

ANÀLISI DELS FLUXOS DE MATERIALS DE SISTEMES

Avaluació del Metabolisme Material a Diferents Escales

MEMÒRIA DE TESI

Cristina Sendra i Sala

Directors: Dr. Xavier Gabarrell i Durany

Dra. Teresa Vicent i Huguet

Programa Doctorat Ciències Ambientals

Grup SosteniPrA

Departament Enginyeria Química

Institut de Ciència i Tecnologia Ambiental (ICTA)

Universitat Autònoma de Barcelona

XAVIER GABARRELL i DURANY i TERESA VICENT i HUGUET, professors titulars del Departament d'Enginyeria Química de la Universitat Autònoma de Barcelona,

CERTIFIQUEM:

Que l'enginyera química CRISTINA SENDRA i SALA ha realitzat sota la nostra direcció, el treball que amb títol "Anàlisi dels fluxos de materials de sistemes. Avaluació del metabolisme material a diferents escales", es presenta en aquesta memòria, i que constitueix la seva Tesi per a optar al Grau de Doctor per la Universitat Autònoma de Barcelona.

I perquè en prengueu coneixement i consti als efectes oportuns, presentem a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la Universitat Autònoma de Barcelona l'esmentada Tesi, signant el present certificat a

Bellaterra, gener 2008

Dr. Xavier Gabarrell i Durany

Dra. Teresa Vicent i Huguet

a la meva família i amics

AGRAÏMENTS

Als companys de SosteniPrA, del grup d'Economia Ecològica, de l'ICTA i del departament d'Enginyeria Química

Als meus directors, Teresa Vicent i Xavier Gabarrell

A la divisió de materials del Wuppertal Institute, especialment a l'Stefan Bringezu, en Helmut Schutz i en Holger Dalkman

Als companys i amics del departament i de la UAB amb qui tant he compartit durant aquests anys de doctorat: ubach, casas, tri, erni, soley, marti, surri, jaume, sandra, guisa, juli, crespo, quim, torrijos, enric, rosi, resi, monroe, paqui, marcel, engracia, torà, carol, juanmi alias miki, edu, laura, nuria, jero, aina, aglaia, neus, marina, laura, gara, arantxa,... i a tota la gent amb qui he compartit bons moments

I com no als que sempre hi sou, la meva família Toni, Orfi, Sion, Antonio, al Moi, i els incondicionals Saga, Campis, Sivi, Sergi, Mire, David, Anna i Ivet

A tots vosaltres moltes gràcies per tot

RESUM

L'anàlisi de les dimensions d'un sistema social o econòmic ja sigui un país, un sector productiu o una empresa, generalment es mesura en unitats monetàries. Com a molt, la sortida dels sistemes productius es quantifica en unitats físiques, ja que aquests són els valors o indicadors que tradicionalment s'han considerat rellevants i útils per a la presa de decisions.

La incorporació de criteris ambientals en la presa de decisions és una necessitat marcada pels límits del nostre planeta. Límits condicionats tant per la capacitat finita de subministrament de recursos, com d'assimilació o regeneració dels fluxos emesos com a conseqüència de les activitats antropogèniques.

Per poder incorporar aquesta perspectiva ambiental a l'anàlisi dels sistemes, una alternativa és combinar l'anàlisi crematístic tradicional dels sistemes econòmics i productius, amb una anàlisi física. Aquesta anàlisi física ha de permetre quantificar l'entrada de material necessari per generar cada unitat de sortida, tant si tenen valor econòmic com si no, ja que en qualsevol cas, tenen o poden tenir un valor ambiental.

En aquest context s'han quantificat les necessitats i el consum de materials de Catalunya entre els anys 1990 i 2004 (capítol 4). Els resultats mostren un clar augment de l'ús de materials en el període analitzat, tant en termes absoluts com per unitat de PIB generat o per capita. Els resultats mostren la forta dependència que Catalunya té de l'exterior per mantenir el ritme de creixement segons el model actual i la gran influència del sector de la construcció en el metabolisme material de tot el país.

Per poder determinar, a una escala més reduïda i en més detall, els impactes ambientals associats a les principals fonts de consum de Catalunya, s'ha avaluat el metabolisme del sector de la construcció a Catalunya per l'any 2001 (capítol 5), i s'ha proposat un mètode per a quantificar el metabolisme de les àrees industrials i empreses (capítol 6). Els resultats mostren l'eficiència en l'ús de materials però a aquesta escala es combinen els indicadors de materials amb les necessitats energètiques i el consum d'aigua dels diferents sistemes.

Els resultats de l'anàlisi del metabolisme del sector de la construcció (capítol 5) posen en rellevància que el principal problema del sector és l'elevat volum de recursos utilitzats. Aquest gran consum té unes fortes implicacions en l'augment de l'estoc de materials artificialitzats dins del territori català any rere any, però també en unes

elevades necessitats energètiques pel transport i processament dels productes utilitzats. Els resultats mostren que la millora en l'eficiència dels processos productius és una mesura insuficient i, que cal combinar-la amb una intervenció que limiti la construcció, si es vol tendir cap a una desmaterialització del país. També mostra la necessitat d'utilitzar l'estoc material present en les construccions existents, com a via per a disminuir la dependència de l'entorn natural propi i extern.

Per acabar de completar l'anàlisi del metabolisme del país i les vies de millora en el sector industrial, s'analitza el metabolisme d'una àrea industrial (capítol 6). A través d'un cas d'estudi d'una àrea situada a Santa Perpètua de Mogoda, es proposa una metodologia per quantificar el metabolisme d'àrees industrials. La metodologia és anàloga i comparable a la utilitzada per a tot Catalunya i pel sector de la construcció, i es centra en avaluar els punts dèbils del sistema i quantificar millores a través de la simbiosi industrial entre empreses.

De totes les anàlisis realitzades se'n desprenen uns indicadors que, si bé sols no són suficients, combinats amb d'altres eines poden ajudar a quantificar les conseqüències dels nivells d'ús de recursos naturals, posar límits, detectar les oportunitats i els punts dèbils del model econòmic de Catalunya.

ABSTRACT

The Earth' limits require the incorporation of environmental criteria in the decision making. Limits are determined by the restrictions in resources availability and the regenerative capacity of the planet to assimilate the anthropogenic activity. More wide spread analysis to evaluate the dimensions and viability of a socio economic systems, has been done in monetary units, although it is unable to incorporate the limits of the Planet.

In order to include the environmental criteria, the monetary analysis should be combined with other tools such as the analysis of the physical dimensions of a socio economic system. This physical quantification allows measuring the material input required per output produced, including its value as a physical resource independently of its monetary value.

In this thesis, the material requirement and consumption of Catalunya has been accounted, between 1990 and 2004 (chapter 4). The results show the materialisation of the region in the period analysed, in absolute terms, per GDP and per capita. Catalunya also has a strong dependence on foreign trade to sustain its growth rate and its economic model. The results also confirm the huge influence of the construction sector in the overall metabolism of the region.

In order to measure the environmental impacts at a lower level, with more detail, the metabolism of the construction sector, in 2001, has been accounted for (Chapter 5). As well as a method for the quantification for companies and industrial area's metabolism has been proposed (Chapter 6). The results show the efficiency in materials use but, at this level, the derived material indicators are combined with indicators of water and energy requirement.

The analysis of the metabolism of construction sector illustrates that the main problem with this sector is the high volume of material used. The high consumption of resources in construction is directly related to the increase of material stock in Catalonia every year but, it also has a strong influence on the freight transport requirements and on the energy profile of the region. The results point out that an improvement in the efficiency in material's manufacturing is not enough for the region's dematerialisation. The increase in efficiency should be combined with the limitation of

constructions activities, efforts in design to dematerialize constructions and the necessity to use the existing stock as a future material source.

To complete the analysis of the metabolism of the region and the means to improve industrial sector the metabolism of an industrial area has been analysed (Chapter 6). Through a case study of an area located in Santa Perpetua de Mogoda, a methodology to quantify industrial's area metabolism is proposed. The methodology is analogous, consistent and comparable with the methods used for the other levels. The aim is to evaluate system's weak points and to quantify the improvements got through industrial symbiosis criteria.

This analysis allows to evaluate a group of indicators which, when combined with other tools, could be useful to quantify the resource rate consumption and its consequences, to limit and to detect opportunities and weaknesses of the Catalan economic model.

1	INTRODUCCIÓ.....	25
1.1	L'Ecologia Industrial.....	32
1.2	Anàlisi dels Fluxos Materials.....	36
1.3	Indicadors de sostenibilitat i els indicadors derivats del MFA	40
1.4	Situació econòmica en el territori de Catalunya.....	44
1.4.1	La indústria catalana.....	46
1.4.2	El sector de la construcció a Catalunya	46
1.5	Bibliografia	49
2	OBJECTIU.....	57
3	METODOLOGIA DE L' ANÀLISI DELS FLUXOS DE MATERIALS.....	61
3.1	Fonament teòric	63
3.2	Definició del sistema	64
3.3	Categories i classificació de fluxos o tipologies de fluxos	64
3.4	Acumulació.....	69
3.5	Indicadors derivats del MFA	70
3.6	Bibliografia	76
4	ANÀLISI DELS FLUXOS DE MATERIALS DE CATALUNYA.....	77
4.1	Introducció	79
4.2	Metodologia i dades usades pel càlcul de l'anàlisi dels fluxos de materials de Catalunya.....	82
4.2.1	Fluxos d'entrada	82
4.2.2	Fluxos exteriors: importacions i exportacions.....	92
4.2.3	Fluxos de sortida.....	93
4.2.4	Altres fluxos per quadrar els balanços	97
4.3	Resultats i discussió	98
4.3.1	Estructura i evolució de la demanda i consum de materials a Catalunya en el període 1990 – 2004	98
4.3.2	Anàlisi dels fluxos de sortida i la variació de l'estoc de material a Catalunya en el període compres entre els anys 2000 i 2004	119
4.3.3	Estimació dels fluxos indirectes.....	125
4.3.4	Anàlisi comparatiu dels resultats	128

4.4 Anàlisi global del MFA de Catalunya i conclusions	139
4.5 Addenda.....	144
4.5.1 Comparació dels resultats de l'estudi amb les dades de disponibles de C-Interreg per al comerç amb l'estat espanyol.....	144
4.5.2 La comptabilització de l'energia nuclear en el TMR.....	145
4.6 Bibliografia	147
5 ANÀLISI DEL METABOLISME DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓ A CATALUNYA.....	157
5.1 Introducció	159
5.2 Adaptació de la metodologia del MFA per la seva implementació a escala sectorial	162
5.2.1 Àmbit de l'estudi o delimitació del sistema: El sector de la construcció.....	162
5.2.2 Consum aparent de productes en el sector de la construcció	165
5.2.3 Activitats d'extracció de recursos minerals.....	171
5.2.4 Processos productius	171
5.2.5 Consum de materials en les activitats de construcció, rehabilitació o reforma d'edificis i infraestructures	183
5.2.6 Consum energètic i d'aigua en la fase de construcció i ús	190
5.2.7 Demolició de construccions.....	190
5.2.8 Gestió de residus, reciclatge i reutilització	190
5.2.9 Transport de materials i productes de la construcció.....	192
5.2.10 Emissions atmosfèriques associades al sector de la construcció.....	194
5.3 Avaluació ambiental del consum de materials de la construcció a Catalunya l'any 2001.....	195
5.4 Anàlisi del metabolisme del sector de la construcció	199
5.4.1 Consum de materials en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001	199
5.4.2 Anàlisi de l'extracció de recursos minerals, el seu ús i processament en el sector de la construcció.....	203
5.4.3 Anàlisi dels processos productius dels principals productes del sector de la construcció	207
5.4.4 Sortides cap a l'entorn: generació de residus i emissions atmosfèriques.....	220
5.4.5 Anàlisi crítica dels resultats del MFA de la construcció i de l'efecte de les aproximacions i estimacions realitzades.....	227
5.5 Anàlisi del cicle de vida (ACV) dels principals materials consumits en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001	230
5.6 Conclusions	240

5.7 Bibliografia	243
6 ANÀLISI DELS FLUXOS DE MATERIALS DE POLÍGONS INDUSTRIALS I EMPRESSES	247
6.1 Introducció	249
6.2 Adaptació de la metodologia del MFA per la seva implementació a escala d'empresa i polígon industrial.....	251
6.2.1 Anàlisi dels fluxos de materials aplicat a àrees industrials i empreses	251
6.2.2 Origen i tractament de les dades pel cas d'estudi.....	258
6.3 Discussió dels indicadors.....	263
6.4 Cas d'estudi: MFA d'un polígon industrial.....	269
6.4.1 El polígon industrial de Santa Perpètua de Mogoda	269
6.4.2 Resultats del MFA i els indicadors pel polígon industrial de Santa Perpètua de Mogoda.....	271
6.5 Conclusions	290
6.6 Bibliografia	292
7 CONCLUSIONS	295
8 ANNEX	301
8.1 Glossari de termes.....	303

Llistat de Figures

Figura 1.1 Intercanvis físics entre el sistema i l'entorn natural.....	30
Figura 1.2 Model d'ús de recursos lineal (esquerra) i cíclic (dreta).....	31
Figura 1.3 Cicle biològic (esquerra) i cicle tecnològic (dreta).....	34
Figura 1.4 Nova òptica d'anàlisi de les problemàtiques ambientals.....	35
Figura 1.5 Diagrama de materials, en funció de les quantitats generades, la seva perillositat i el tipus de política ambiental més adient	42
Figura 1.6 VAB (esquerra) i ocupació (dreta) per sectors econòmics de Catalunya l'any 2006	44
Figura 1.7 Evolució del consum de ciment a Catalunya	47
Figura 1.8 Evolució del nombre d'edificis construïts a Catalunya	47
Figura 1.9 Evolució del consum d'energia elèctrica en les activitats relacionades amb el sector de la construcció a Catalunya.....	48
Figura 3.1 Tipologia de fluxos considerats en l'anàlisi dels fluxos de materials (MFA).....	65
Figura 3.2 Definició i càlcul dels indicadors derivats del MFA	71
Figura 3.3 Definició i càlcul del consum domèstic de materials (DMC).....	72
Figura 3.4 Definició i càlcul del consum total de materials (TMC).....	73
Figura 4.1 Evolució de la superfície de dedicada a pastures a Catalunya.....	85
Figura 4.2 Evolució dels indicadors del MFA a Catalunya, 1990 – 2004	98
Figura 4.3 Evolució dels indicadors d'entrada i de consum de materials derivats del MFA per capita (superior) i per unitat de PIB (inferior) a Catalunya, 1990 – 2004.....	100
Figura 4.4 Evolució de la composició del DMC per capita a Catalunya	102
Figura 4.5 Composició de la DE de recursos biòtics a Catalunya, 1990 – 2004.....	103
Figura 4.6 Evolució dels fluxos de biomassa a Catalunya, 1990 - 2004	103
Figura 4.7 Extracció domèstica (DE) de combustibles fòssils a Catalunya, 1990 – 2004.....	105
Figura 4.8 Evolució de la producció bruta i vendible de carbó a Catalunya.....	105
Figura 4.9 Evolució dels fluxos materials de combustibles fòssils a Catalunya	106
Figura 4.10 Evolució dels fluxos de recursos minerals a Catalunya, 1990 - 2004	108
Figura 4.11 Composició de la DE no usada en els anys 1990 i 2004	108
Figura 4.12 Evolució de les importacions a Catalunya segons el seu origen	112
Figura 4.13 Evolució de les exportacions de Catalunya segons el seu destí.....	112
Figura 4.14 Caracterització de les importacions a Catalunya des d'Espanya i l'estranger	113
Figura 4.15 Caracterització de les exportacions de Catalunya cap a la resta d'Espanya i l'estranger.....	114
Figura 4.16 Evolució del preu mitjà de les importacions i exportacions amb l'estranger	115
Figura 4.17 Composició de les importacions segon el grau de fabricació	115
Figura 4.18 Composició de les exportacions segons el grau de processament	116
Figura 4.19 Evolució del preu de la tona exportada dividit pel preu de la tona importada, segons el continent o zona geogràfica d'origen i destí.....	116
Figura 4.20 Importacions i exportacions entre a Catalunya i l'estranger o l'Estat espanyol, segons el tipus de mitjà de transport	118
Figura 4.21 Evolució dels fluxos de sortida de materials Catalunya	120
Figura 4.22 Caracterització dels fluxos de sortida a l'entorn natural de Catalunya l'any 2004	121
Figura 4.23 Emissions a l'atmosfera de Catalunya entre els anys 2000 i 2004	121
Figura 4.24 Origen i evolució dels residus destinats a abocador a Catalunya.....	123
Figura 4.25 Evolució dels indicadors d'entrada (DE i DMI), consum (DMC) i acumulació de materials a Catalunya entre els anys 2000 i 2004.....	124

Figura 4.26 Comparació de l'acumulació de materials per a diferents països l'any 2000, excepte la mitjana de la UE-15 que són dades per l'any 1996.....	125
Figura 4.27 Importacions (figura superior) i exportacions (figura inferior) i els fluxos indirectes associats per a Catalunya.....	126
Figura 4.28 Fluxos indirectes associats a les exportacions sense els productes de joieria.....	127
Figura 4.29 Composició dels fluxos indirectes associats al comerç exterior.....	127
Figura 4.30 Indicadors derivats del MFA per Espanya i Catalunya.....	129
Figura 4.31 DE, importacions i exportacions pc a Catalunya, al País Basc i a Madrid.....	132
Figura 4.32 Composició del DMI de Catalunya i del País Basc.....	132
Figura 4.33 Indicadors derivats del MFA per Catalunya i la UE-15, pels anys 1990 i 2001.....	134
Figura 4.34 Composició del DMC de Catalunya i la UE 15 l'any 2001 (UE-15).....	135
Figura 4.35 Extracció domèstica per capita a escala mundial l'any 1999.....	137
Figura 4.36 Consum de materials domèstic per capita per a diferents països.....	138
Figura 4.37 Comparació dels resultats del DMI, DMC i PTB segons la quantificació feta en aquest estudi i utilitzant la base de dades de C-Intereg, pel període 2001 – 2004.....	145
Figura 5.1 Evolució del nombre d'habitatges construïts a Catalunya.....	159
Figura 5.2 Evolució de la superfície destinada a la construcció de nous edificis a Catalunya.....	160
Figura 5.3 Fluxos comptabilitzats en l'anàlisi del sector de la construcció.....	164
Figura 5.4 Principals etapes del procés de fabricació de ciment.....	172
Figura 5.5 Balanç de matèria per a l'obtenció d'una tona de ciment.....	173
Figura 5.6 Diagrama del procés de fabricació de la calç viva i apagada.....	176
Figura 5.7 Procediment d'estimació del vidre pla destinat al sector de la construcció.....	181
Figura 5.8 Procés de fabricació del vidre pla.....	181
Figura 5.9 Aproximació per a l'estimació del consum aparent de materials en la construcció.....	188
Figura 5.10 Límits del sistema analitzat i descripció dels processos comptabilitzats.....	196
Figura 5.11 Origen i tipologia dels materials usats en la construcció a Catalunya l'any 2001.....	199
Figura 5.12 Consum segons tipologia de material en la construcció a Catalunya l'any 2001.....	201
Figura 5.13 Usos dels materials en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001.....	202
Figura 5.14 Ús segons el tipus de material i aplicació en la construcció a Catalunya l'any 2001.....	202
Figura 5.15 Composició de la DE (esquerra) i usos dels recursos minerals a Catalunya l'any 2001.....	203
Figura 5.16 DE de productes de pedrera, segons detins i usos principals.....	204
Figura 5.17 Principals recursos minerals extrets a Catalunya l'any 2001.....	205
Figura 5.18 Consum indirecte de productes de pedrera en la construcció.....	206
Figura 5.19 Diagrama de flux dels materials aglomerants a Catalunya l'any 2001.....	208
Figura 5.20 Diagrama de flux dels materials derivats de la biomassa forestal que es consumeixen en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001.....	212
Figura 5.21 Consum de materials ceràmics i productes de terra cuita en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001.....	213
Figura 5.22 Fluxos de materials associats als productes ceràmics i de terra cuita en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001.....	214
Figura 5.23 Consum de materials vitris en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001.....	215
Figura 5.24 Fluxos de materials i productes metàl·lics associats al sector de la construcció a Catalunya l'any 2001.....	216
Figura 5.25 Fluxos de materials i productes minoritaris, consumits al sector de la construcció a Catalunya l'any 2001.....	217

Figura 5.26 Consum dels principals productes químics en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001	218
Figura 5.27 Diagrama de flux dels productes derivats de mescles bituminoses	220
Figura 5.28 Evolució de la gestió de runes a Catalunya	221
Figura 5.29 Generació de residus de la construcció a Catalunya l'any 2001	222
Figura 5.30 Composició de les runes originades en la construcció i demolició d'edificacions a Catalunya l'any 2001	223
Figura 5.31 Generació de residus en les diferents etapes associades al sector de la construcció l'any 2001 a Catalunya	224
Figura 5.32 Percentatge d'emissions atmosfèriques associades a la construcció respecte el total a Catalunya l'any 2001 per a diferents tipus de contaminants	224
Figura 5.33 Emissions atmosfèriques associades a la construcció a Catalunya l'any 2001	225
Figura 5.34 Proporció de les tones kilòmetre de materials de la construcció transportats en l'interior de Catalunya l'any 2001.	226
Figura 5.35 Emissions de CO ₂ associades al transport de materials pel sector de la construcció de Catalunya l'any 2001	227
Figura 5.36 Matèries primeres per a la fabricació dels productes consumits	230
Figura 5.37 Eficiència en la fabricació per cada família de productes	231
Figura 5.38 Eficiència en la fabricació dels diferents productes	232
Figura 5.39 Principals consums d'aigua (m ³) per tona de producte fabricat	232
Figura 5.40 Principals consums energètic (GWh) dels productes consumits	233
Figura 5.41 Fluxos de sortida de materials cap a l'entorn natural associats al consum del sector de la construcció a Catalunya l'any 2001	234
Figura 5.42 Principals residus sòlids generats pel sector de la construcció a Catalunya l'any 2001	235
Figura 5.43 Principals emissions atmosfèriques associades a la fabricació dels principals materials consumits pel sector de la construcció a Catalunya l'any 2001	235
Figura 5.44 Volum d'aigües residuals generat (esquerra) i qualitat de les aigües residuals (dreta) en la fabricació dels productes consumits pel sector de la construcció l'any 2001	236
Figura 5.45 Pes relatiu dels diferents materials consumits pel sector de la construcció en els principals impactes ambientals analitzats	237
Figura 5.46 Impactes ambientals associats als principals materials consumits en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001, usant el mètode CML 2001	238
Figura 6.1 Diagrama d'Entrada - Sortida de Materials per una companyia. En aquest cas es presenta l'exemple d'una companyia o empresa que es dedica a la producció i comercialització de compostos plastificats de PVC	259
Figura 6.2 Matrius de dades inicials del sistema. Es construiran 6 matrius amb aquesta estructura per organitzar les dades inicials obtingudes a través de les enquestes	260
Figura 6.3 Diagrama Entrada – Sortida Completat, després d'aplicar balanços de matèria per quadrar els fluxos d'entrada i sortida. Els cabals subratllats són cabals no especificats a les enquestes que s'han estimat a partir del balanç	261
Figura 6.4 Diagrames Input/Output de fluxos d'un sistema format per tres empreses	264
Figura 6.5 Diagrames Input/Output de fluxos d'un sistema format per tres empreses, amb possibles intercanvis de subproductes	264
Figura 6.6 Visió dels fluxos comptabilitzats en l'anàlisi global	265

Figura 6.7 Sistema “caixa negra”, en el que l’anàlisi es redueix a l’avaluació dels fluxos que creuen els seus límits	265
Figura 6.8 Fotografia l’àrea i ubicació de l’àrea industrial analitzada (part superior dreta)	270
Figura 6.9 Entrada de materials directa, DMI en funció del número assignat a cada empresa	272
Figura 6.10 Eco – Eficiència (Eco-Ef) en funció del número assignat a cada empresa	274
Figura 6.11 Eco-Intensitat (Eco-In) en funció del número assignat a cada empresa	275
Figura 6.12 Coeficient pel càlcul dels fluxos indirectes (CIF) associats als processos productius per a les 40 empreses analitzades	276
Figura 6.13 Productivitat laboral (WP) en funció del número assignat a cada empresa	277
Figura 6.14 DMI per treballador en funció del número assignat a cada empresa	278
Figura 6.15 M-Inef (tones DPO/ tones DMI) en funció del número assignat a cada empresa	281
Figura 6.16 TWI en funció del número assignat a cada empresa	282
Figura 6.17 TWI per treballador en funció del número assignat a cada empresa	284
Figura 6.18 TEI en funció del número assignat a cada empresa	285
Figura 6.19 TEI per treballador/a en funció del número assignat a cada empresa	286
Figura 6.20 TEI per tona de producte fabricat (E-In) en funció del número assignat a cada empresa	287
Figura 6.21 TEI per treballador/a i any en funció del número assignat a cada empresa	288

Llistat de Taules

Taula 1.1 Comparativa de la taxa de variació del PIB, de l'ocupació i PIB per capita	44
Taula 1.2 Sector industrial català l'any 2005, per agrupacions de negoci	46
Taula 3.1 Principals indicadors derivats del MFA usats en aquest treball	74
Taula 4.1 Previsions de creixement de la població en els propers anys.....	79
Taula 4.2 Coeficients de producció i ús de palla i subproductes, per cada tipus de conreu	83
Taula 4.3 Coeficients de requeriments alimentaris anuals per tipus de bestiar	84
Taula 4.4 Pes mig de les peces per espècies.....	86
Taula 4.5 Coeficients per a l'estimació de la DE no usada associada a la biomassa vegetal	87
Taula 4.6 Amplades reglamentàries de la xarxa viària	90
Taula 4.7 Amplada mitja de la xarxa viària catalana.....	90
Taula 4.8 Consum d'argila per a la producció de maons	90
Taula 4.9 Coeficients per a l'estimació de l'extracció domèstica no usada.....	91
Taula 4.10 Emissions de CO ₂ per respiració animal.....	94
Taula 4.11 Contingut en hidrogen dels combustibles fòssils	95
Taula 4.12 DE i consum per capita de productes derivats de la biomassa els anys 1990 i 2004	104
Taula 4.13 DE i consum pc de combustibles fòssils.....	107
Taula 4.14 Extracció domèstica i consum pc de recursos minerals, anys 1990 i 2004.....	110
Taula 5.1. Productes i béns consumits pel sector de la construcció.....	166
Taula 5.2 Taula de correspondència usada entre les classificacions CN2005 (TARIC) i PRODCOM.....	168
Taula 5.3 Correspondència PRODCOM i el comerç exterior amb l'Estat espanyol per carretera	170
Taula 5.4 Coeficients per a l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de formigó ...	174
Taula 5.5 Coeficients per a l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de morter.....	175
Taula 5.6 Coeficients per a l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de blocs de formigó.....	175
Taula 5.7 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en la fabricació de calç viva i apagada	176
Taula 5.8 Estimació producció de guix, escaiola i manufactures derivades a Catalunya l'any 2001	177
Taula 5.9 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de guix	177
Taula 5.10 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació d'escaiola	177
Taula 5.11 Coeficients per l'estimació dels recursos usats per la fabricació de plafons de cartró – guix	178
Taula 5.12 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en la fabricació de materials ceràmics... 179	179
Taula 5.13 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de vidre pla ..	182
Taula 5.14 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en la fabricació de fibra de vidre	182
Taula 5.15 Edificis iniciats a Catalunya segons destinació (m ²)	184
Taula 5.16 Intensitat material en la construcció de nous edificis per tipologia de material i d'edificació... 184	184
Taula 5.17 Superfície mitja dels edificis de Catalunya segons la tipologia d'edificació.....	186
Taula 5.18 Intensitat material (t/m ²) en la rehabilitació i reforma d'habitatges tipologia de material i d'edificació	186
Taula 5.19 Intensitat material (t/m ²) en la rehabilitació i reforma d'edificacions	188
Taula 5.20 Residus construcció.....	191
Taula 5.21 Enderroc d'edificis construïts entre 1900 i 1925	191
Taula 5.22 Generació (m ³ residus/m ² construït).....	191
Taula 5.23 Tipologies de residus en la urbanització de carrers i d'altres espais públics	191
Taula 5.24 Gestió dels residus de la construcció a Catalunya l'any 2001	192
Taula 5.25 Coeficients de consum de combustible i emissions associades al transport interior	192

Taula 5.26 Coeficients de consum de combustibles i emissions associades al transport exterior.....	193
Taula 5.27 Categories de la classificació SNAP considerades.....	194
Taula 5.28 Materials i consums comptabilitzats per a estimar l'ACV del sector de la construcció a Catalunya l'any 2001	197
Taula 5.29 Variació de l'estoc anual i producció per les principals branques d'activitat considerades en aquest estudi, per l'any 2001 a Catalunya	228
Taula 5.30 Consums associats a la fabricació i transport dels materials de la construcció de Catalunya l'any 2001	240
Taula 6.1 Indicadors per a polígons industrials i empreses	263
Taula 6.2 Resum de la tendència dels indicadors en la implementació d'estratègies per convertir una àrea industrial en un EIP.....	268
Taula 6.3 Dimensió de les empreses analitzades, segons el nombre de treballadors/es	270
Taula 6.4 Resultats dels indicadors calculats per a 40 empreses del polígon industrial.....	271
Taula 6.5 Proporció d'empreses generadores de residus i TWO.....	279
Taula 6.6 Generació de residus més comuns.....	280
Taula 6.7 Nombre d'empreses en funció del volum de residus generats per treballador.....	280
Taula 6.8 Fonts de consum energètic total del sistema	285

1 INTRODUCCIÓ

“ All the ants on the planet, taken together, have a biomass greater than that of humans. Ants have been incredibly industrious for millions of years. Yet their productiveness nourishes plants, animals, and soil. Human industry has been in full swing for little over a century, yet it has brought about a decline in almost every ecosystem on the planet. Nature doesn’t have a design problem. People do.”

(McDonough i Braungart, 2002)

Des de la publicació de l'Informe Brundtland l'any 1987, en el qual es va proclamar que la sostenibilitat havia de ser la meta central de la política ambiental, la investigació sobre eines per assolir el desenvolupament sostenible ha estat continuada. La sostenibilitat és la característica d'un estat o procés que pot romandre estable indefinidament, és a dir que es pot mantenir en el temps. En aquest context, el desenvolupament sostenible de les societats i economies s'entén com el camí necessari si es vol fer compatible el benestar actual dels països desenvolupats amb el de les futures generacions de totes les espècies arreu del planeta. Benestar que no només consisteix en protegir l'entorn natural, per assegurar-ne la seva preservació; sinó que és un objectiu ambiciós en el qual s'han de combinar criteris socials, econòmics i ambientals per assolir un estadi òptim d'equitat inter i intra generacional. (Van Hauwermeiren, 1998).

La insostenibilitat del model actual de funcionament i de creixement econòmic de molts països radica, entre d'altres aspectes, en què:

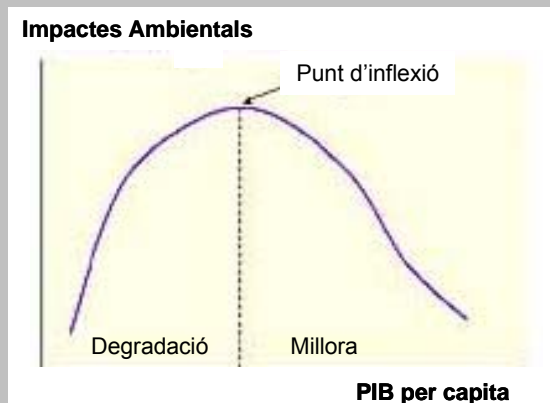
- Compromet la disponibilitat de recursos futurs.
- Suposa una acumulació de residus i emissions, ja que en molts casos s'ha superat la capacitat de regeneració o assimilació del planeta.
- Ha provocat una pèrdua de la diversitat, tant biològica com cultural.
- Determinats models de creixement i funcionament condicionen el desenvolupament d'altres regions del planeta.

Per tal d'evitar que els sistemes econòmics sobrecarreguin l'entorn natural i aconseguir eliminar els problemes associats al desenvolupament, cal una integració de les polítiques econòmiques, socials i ambientals. Però també cal fer un pas que vagi més enllà d'assolir un estat estacionari, cal dissenyar processos que no només no comprometin l'entorn sinó que el millorin. És necessari replantejar les activitats humanes per tal que suposin un benefici per l'entorn natural.

*“Buildings like trees and cities like forests...
 ...Factories and buildings that purify air and clean water...”*
 (McDonough i Braungart, 2002)

Al contrari del que preveia la corba de Kuznets¹, el desenvolupament industrial ha accelerat la degradació de l'entorn natural, incrementant els impactes causats per l'home sobre el medi (Fischer-Kowalski i Amann, 2001). Evidentment el creixement econòmic ha suposat l'eliminació o reducció de determinades problemàtiques com emissions de substàncies tòxiques (partícules en l'aire urbà, SO₂...) o la millora en l'accés a recursos bàsics (sanitaris, aigua potable...). Però en molts d'altres casos el creixement econòmic ha tingut un impacte negatiu sobre l'entorn, ja que l'excedent econòmic no ha revertit en una millora ambiental sinó en un increment de la producció i abaratiment dels costos de producció o bé en un augment de la demanda, generant més impactes. Així, la millora tecnològica dels països desenvolupats, moltes vegades ha anat associada a un increment del consum de recursos naturals, i conseqüentment s'han incrementat determinades pressions sobre l'entorn natural com pot ser la generació de residus o les emissions de CO₂ (Arrow et al., 1995).

La **corba ambiental de Kuznets**, exposa que el creixement econòmic serà compatible amb la protecció ambiental. La teoria postula que el creixement suposa un increment dels recursos financers, que permet invertir-los en la millora ambiental del sistema, i conseqüentment apropen el sistema a la sostenibilitat o millora ambiental (Stern, 2003).



L'apropiament de recursos naturals és un dels impactes més rellevants i que té múltiples conseqüències sobre l'entorn. L'elevada necessitat de recursos que tenen les economies dels països desenvolupats suposa l'esgotament de recursos tant renovables com no renovables i, la generació d'un elevat nombre d'emissions i residus associats a la seva extracció, processament i consum. Cal tenir en compte que la

¹ Economista rus que l'any 1971 va guanyar el premi Nobel d'economia per la seva interpretació del creixement econòmic.

quantitat de materials que acaben a la brossa domèstica és únicament un 5% dels residus extrets (McDonough i Braungart, 2002). A més de l'elevat consum de materials, la proliferació de materials d'un sol ús i la disminució del temps de vida dels productes també suposa un increment de la generació de residus.

Basant-nos en el principi de conservació de la matèria és molt evident que tots els materials que entren en un sistema han de sortir o bé s'acumulen en el seu interior, ja sigui en forma de productes acabats (que amb el temps s'acaben convertint en residus) o bé directament en forma de residus i emissions atmosfèriques. Per tant, qualsevol extracció de materials es pot relacionar directament amb fluxos de sortida de recursos cap l'entorn.

L'anàlisi dels fluxos de materials (*Material Flow Analysis*, MFA) és un mètode que permet mesurar aquests fluxos de recursos en unitats físiques (Eurostat, 2001). El mètode permet obtenir un valor de l'apropiament de "natura" que fan els sistemes, que va més enllà del valor monetari dels recursos, usat tradicionalment. El MFA dona una visió sistemàtica dels fluxos físics de recursos naturals, des de la seva extracció fins a la seva eliminació final, avaluant els processos de producció, ús, reciclatge, i les pèrdues que té associades. Comptabilitza tots els recursos naturals extrets del medi (usats i no usats) que són necessaris pel manteniment de qualsevol activitat. L'aplicació del mètode a un sistema donarà una visió global del fonament físic del seu metabolisme i proporcionarà una sèrie d'indicadors indirectes de sostenibilitat.

El MFA és una anàlisi útil per avaluar la sostenibilitat o sustentabilitat d'un sistema, ja que permet calcular indicadors que quantifiquen l'apropiament de recursos naturals que realitza i mesurar la tendència a la materialització o desmaterialització associada a l'evolució econòmica del sistema.

L'entrada o consum de materials d'un sistema pot augmentar amb el temps, és a dir materialitzar-se o bé disminuir. Aquesta disminució s'anomena **desmaterialització**. La desmaterialització pot ésser **forta o dèbil**, en funció de si es produeix una disminució total, en termes absoluts, o bé si és una desmaterialització en termes relatius. La desmaterialització relativa o dèbil pot ser per capita o bé per unitat de Producte Interior Brut (PIB). També s'han observat sistemes on després d'una etapa de desmaterialització, el sistema torna a augmentar les seves entrades o consum de materials: aquest darrer fenomen és el que es coneix com a **rematerialització**. Una discussió més extensa amb exemples d'aquest fenomen es pot trobar al Handbook of Industrial Ecology de R. Ayres i L. Ayres (2001).

Per aconseguir la desmaterialització d'una economia o d'un sistema serà necessari modificar el model de producció i de consum, millorant l'eficiència en l'ús dels recursos, minimitzant els impactes associats a la producció industrial i als productes. Una opció per aconseguir-ho és aplicar els principis de l'Ecologia Industrial.

L'Ecologia Industrial no analitza el sistema de forma aïllada sinó que les problemàtiques són analitzades dins l'entorn (natural i industrial) en el que es troba situat. Busca evitar l'existència dels impactes ambientals no la seva remeiació. El sistema és tractat com si fos un organisme viu, que extreu materials i energia de l'entorn natural per mantenir el seu metabolisme. Processa o consumeix els recursos extrets i els descarrega o "excreta" com a residus cap aquest entorn natural o bé com a productes que són usats per d'altres organismes (Figura 1.1).

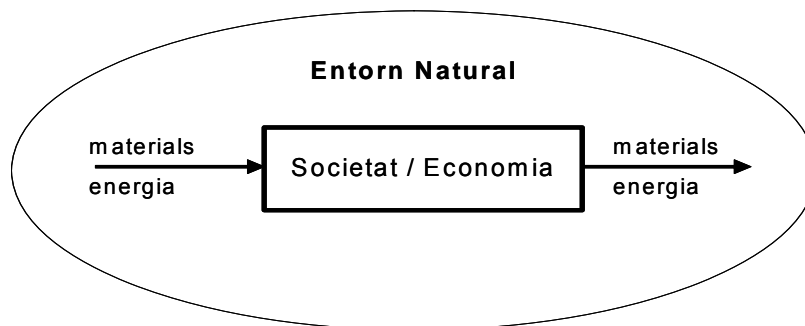


Figura 1.1 Intercanvis físics entre el sistema i l'entorn natural (Eurostat, 2001)

El marc conceptual darrere d'aquesta anàlisi és la comprensió i caracterització de les interaccions que hi ha entre el sistema i l'entorn biogeofísic, per tal de minimitzar els fluxos físics intercanviats i assegurar la coexistència d'ambdós sistemes (Bringezu, 2000).

És curiós que, encara avui en dia, la major part dels productes estan dissenyats segons un model lineal – *cradel to grave* – fruit de la concepció de la natura, prèvia a la Revolució Industrial. Llavors es veia la natura com una font il·limitada de recursos i capaç d'absorbir qualsevol producte.

Una de les estratègies per minimitzar els fluxos entre el sistema i l'entorn és el tancament del cicle dels materials, passant d'un model lineal amb recursos suposadament il·limitats, a un model circular que contempli la limitació de recursos en l'entorn natural i la seva capacitat d'assimilació o regeneració (Figura 1.2) (Jelinski et al., 1992). En aquest nou model, les diferents parts que constitueixen el sistema hauran de cooperar entre elles, per tal que els residus d'uns components siguin les matèries primeres d'altres, i així aconseguir el tancament del cicle de materials i

només dependre de l'entrada d'energia de l'exterior. Creant un model de funcionament dels sistemes industrials que s'assimili al comportament dels ecosistemes naturals.

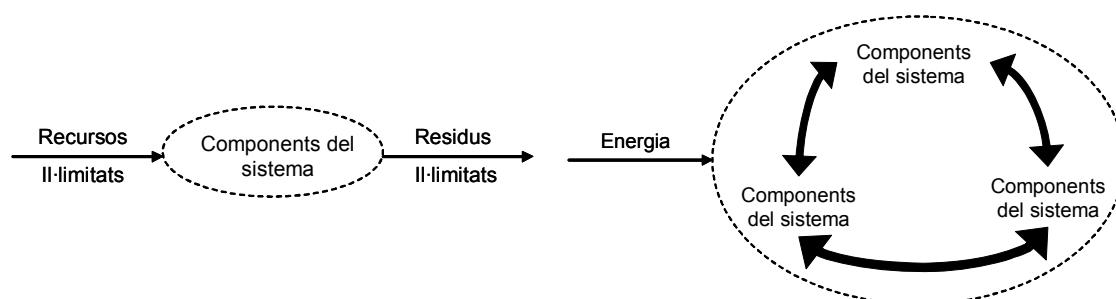


Figura 1.2 Model d'ús de recursos lineal (esquerra) i cíclic (dreta) (Jelinski et al., 1992)

Els ecosistemes naturals han evolucionat al llarg del temps per tal d'aconseguir la màxima eficiència energètica i en l'ús de recursos materials. Els membres que formen l'ecosistema es relacionen entre ells desenvolupant un model de consum tancat en el qual els residus d'una espècie són consumits o transformats per un altre organisme fins a assolir un equilibri entre cada espècie i el seu entorn. L'Ecologia Industrial pretén donar aquest nou enfoc a les societats industrials, buscant o creant interdependències entre els elements que la conformen, per tal de passar d'un model lineal de consum a un model cíclic (Figura 1.2) (Jelinski et al., 1992).

Serà molt important tenir una visió sistemàtica, comprensiva i integrada de tots els components del sistema i de les seves relacions i interdependències amb l'entorn, per constituir sistemes dinàmics que permetin assolir la transició de l'actual model insostenible cap a un ecosistema industrial sostenible.

Aquest treball de recerca es centra en la quantificació de l'extracció de recursos naturals que s'està fent a Catalunya i, a través de balanços de matèria, quantificar i relacionar les entrades al sistema (Catalunya) amb les sortides i la generació de residus, tant a escala global, com en determinats sectors econòmics amb gran demanda de recursos, en concret en el sector de la construcció i en les indústries. Els resultats del treball, és a dir l'anàlisi i mesura dels fluxos de materials, pretenen mostrar la situació de Catalunya i la distància a un hipotètic estat estacionari en el qual, les societats puguin satisfer les seves necessitats sense superar la capacitat d'assimilació ni regeneració de l'entorn natural.

1.1 L'Ecologia Industrial

*“Nature runs on sunlight
 Nature uses only the energy it needs
 Nature fits form to function
 Nature recycles everything
 Nature rewards cooperation
 Nature banks on diversity
 Nature demands local expertise
 Nature curbs excesses from within
 Nature taps the power of limits”*
 (Benyus, 1997)

L'Ecologia Industrial és un marc de treball amb arrels en l'enginyeria i la gestió, centrat en l'anàlisi dels fluxos de substàncies i materials dels sistemes industrials, per tal de minimitzar els impactes ambientals dels processos productius (Duchin i Hertwich, 2003). El concepte està inspirat en la naturalesa i el funcionament dels ecosistemes naturals, on els membres o parts integrants de l'ecosistema col·laboren entre sí, permetent o assegurant la coexistència mútua, a través de relacions simbiòtiques cooperatives entre els elements de la comunitat.

Tot i que el terme Ecologia Industrial és relativament recent, el concepte d'assimilar els ecosistemes industrials als naturals ja era usat en el segle XIX (Fischer-Kowalski, 1998; Fischer-Kowalski i Huttler, 1999). L'any 1969, Ayres i Kneese (1969), comencen a anomenar al concepte precursor d'ecologia industrial “metabolisme industrial”. La seva anàlisi es centra en la quantificació dels fluxos de materials i energia en les societats industrials modernes, a través de la cadena d'extracció, producció, consum i el destí final. L'Ecologia Industrial va més enllà, no només vol descriure els fluxos de materials i energia sinó també vol comprendre com funciona el sistema industrial i quines són les seves relacions amb la biosfera per tal de fer-les compatibles.

El nom d'Ecologia Industrial va sorgir independentment a diferents llocs (Duchin i Hertwich, 2003), probablement el primer en utilitzar-lo va ser un grup de recerca japonès que estudiava com reduir la dependència dels recursos en el Japó l'any 1972 (Watanabe, 1994). Posteriorment un grup d'investigadors belgues van publicar un estudi dels fluxos materials i energètics a Bèlgica (Billen et al., 1983). Però fou la publicació de Robert Frosch i Nicholas Gallopoulos “*Strategies for Manufacturing*” (1989) la que va impulsar definitivament el concepte. En l'article els autors exposen

que cal modificar la visió del sistema productiu, per tal de superar els impactes ambientals i ser capaços de subministrar i cobrir les demandes futures de la població mundial. Proposen que el món industrial ha d'imitar el funcionament dels ecosistemes naturals en els quals no es generen residus gràcies a la seva reutilització.

L'any 1992 l'àmbit de l'Ecologia Industrial va ser reconegut oficialment al congrés de la *National Academy of Engineering* amb la col·laboració de la Fundació AT&T. L'any 1997 es va publicar el primer volum del *Journal of Industrial Ecology*, editat pel *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). L'any 2001 es va crear la *International Society for Industrial Ecology* (ISIE), i es va celebrar la primera conferència internacional sobre Ecologia Industrial a Holanda (Ehrenfeld, 2002), en la que hi hagué una presentació catalana (Gabarrell i Vicent, 2001). Actualment hi ha nombrosos projectes d'Ecologia Industrial arreu del món, especialment a Àsia i als Estats Units.

A Catalunya, tant des de l'àmbit universitari com des de les empreses i l'administració pública, en els darrers anys s'han començat a realitzar projectes relacionats amb l'Ecologia Industrial i hi ha diferents grups d'investigació entorn a aquesta temàtica. L'any 1999 es va crear la Xarxa Temàtica d'Ecologia Industrial de Catalunya, que agrupava professionals i acadèmies amb la voluntat d'intercanviar idees, metodologies i experiències. També destacar que en la conferència sobre Ecologia Industrial de la ISIE, que es va celebrar a Barcelona l'any 2002, hi varen haver 14 presentacions de grups catalans. També hi ha nombrosos grups de recerca que estan treballant en eines que són utilitzades per l'Ecologia Industrial com és l'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV) (Xarxa temàtica ACV, 2002; Castells i Rieradevall, 2005), l'ecodisseny i els ecoproductes (Rieradevall i Vinyets, 1999), la producció més neta (Rigola, 1998), l'anàlisi dels fluxos de materials i exergia (Cañellas et al., 2004; Fragkou, 2006 ; Talens et al., 2007), anàlisi dels fluxos de substàncies (Bartolí, 2003; Villalba et al., 2006), entre d'altres. L'Economia Ecològica també és un camp amb una forta intersecció i influència en l'Ecologia Industrial, i amb importants investigadors tant a escala catalana com espanyola (Martínez-Alier, 1999; Martínez-Alier i Roca, 2000; Naredo i Carpintero, 2002). En els darrers anys s'ha consolidat un important grup de recerca en Ecologia Industrial i en Ecologia Econòmica a la Universitat Autònoma de Barcelona. En l'actualitat el president de la *International Society for Ecological Economics* (ISEE) és el Dr. Martínez-Alier.

Actualment, Catalunya forma part del projecte Ecosind, finançat per la Unió Europea, que pretén establir les bases del desenvolupament industrial a Catalunya i a altres regions del sud d'Europa (Itàlia i Grècia) seguint els criteris de l'Ecologia Industrial. Aquest projecte inclou des de la preparació dels materials per a la realització

d'un màster en Ecologia Industrial (MECOSIND) a projectes de millora ambiental a través de la cooperació industrial (CICLE PELL, MESVAL, EMAS).

Tradicionalment les activitats ambientals en la indústria s'han centrat en solucionar problemes o impactes passats, com poden ser la remeiació de sòls, tractaments d'efluents "end-of-pipe" a la sortida dels processos, dipòsits controlats... L'Ecologia Industrial en canvi, es centra en problemes futurs, redissenyant el procés per tal d'evitar els impactes. És a dir més enllà d'usar els recursos d'una manera eficient, s'ha d'ésser eficaç, dissenyant processos per beneficiar l'entorn (McDonough i Braungart, 2002). Mentre les tecnologies "end of pipe" suposen un cost afegit al procés, les propostes d'Ecologia Industrial han d'afegir valor net al procés, reduint-ne els costos (Patel, 1992). Un dels seus principals objectius serà evitar la generació de residus. Els residus s'hauran de minimitzar (millorant l'eficiència o modificant el sistema productiu) i considerar-los subproductes del procés, buscant altres sortides o usos per aquests materials per tal que es puguin reconduir cap a l'interior del sistema. De manera que el sistema industrial no es veu aïllat del seu entorn sinó que s'analitza conjuntament amb els sistemes del seu voltant, per tal d'optimitzar tot el cicle de materials, des de l'extracció de les matèries primeres fins a la disposició final del producte acabat. Al final cal tenir un cicle biològic pels materials biodegradables, que seran productes de consum. Mentre que s'ha de crear un cicle tecnològic pels materials no biodegradables que han d'ésser productes de servei. El comportament dels materials tecnològics ha d'emular el comportament dels materials biodegradables tancant el cicle dels materials (Figura 1.3).

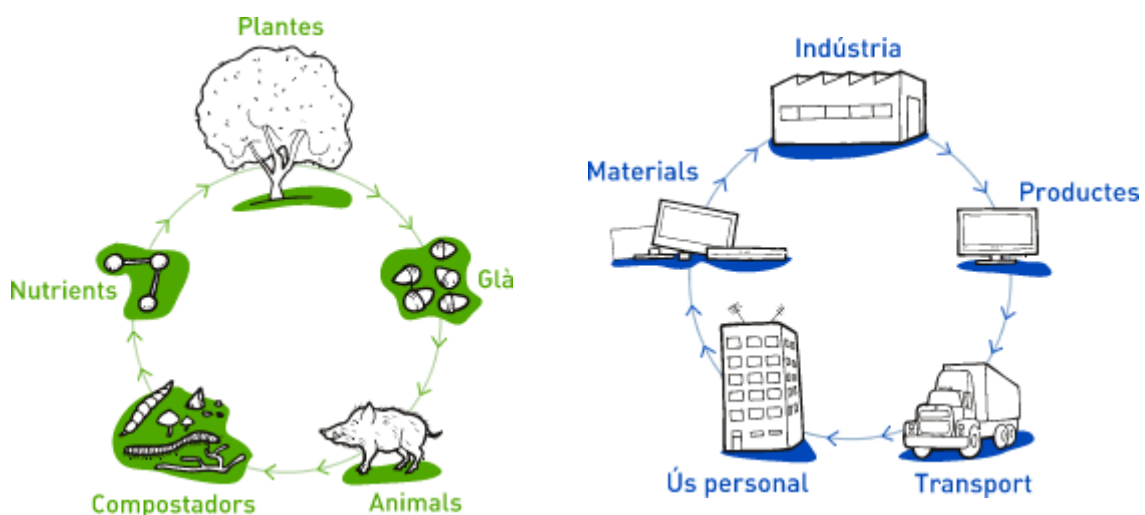


Figura 1.3 Cicle biològic (esquerra) i cicle tecnològic (dreta)²

² Imatges cedides per EcolIntelligent Growth, www.ecointelligentgrowth.net

En base a l'Ecologia Industrial s'ha de definir una estratègia de decisió i un marc d'actuació per desenvolupar sistemes dinàmics que han de permetre la gestió de l'activitat humana amb les següents bases: minimitzar l'energia i la utilització de matèries; assegurar una acceptable qualitat de vida per les persones; minimitzant l'impacte ecològic de l'activitat humana (Lowe et al., 1997).



Figura 1.4 Nova òptica d'anàlisi de les problemàtiques ambientals

L'Ecologia Industrial busca un balanç global de totes les activitats relacionades amb un procés industrial (Figura 1.4). Per tant, en l'estratègia o marc d'actuació cal considerar:

- Productes, serveis i processos
- Infraestructures i instal·lacions
- Fluxos de matèria i energia
- Relacions entre empreses
- Veïns, institucions i societat
- L'entorn natural

Si es vol aconseguir la sostenibilitat és necessari l'aplicació del concepte a diferents escales. No s'haurà d'optimitzar únicament el procés, sinó que utilitzant les eines adients, cal analitzar i optimitzar el sistema en la seva totalitat:

Producte: ACV, certificació *cradle to cradle*, ecodisseny,...

Procés: disseny pel medi ambient (*Design for Environment*, DfE), producció més neta, reaprofitament subproductes, ...

Indústria: SGMA, ISO, EMAS, TIC, ...

Polígon: simbiosi industrial, anàlisi dels fluxos materials i energètics, ...

Regió: anàlisi dels fluxos materials i energètics, ...

1.2 Anàlisi dels Fluxos Materials

“Es pot posar com un axioma incontestable que en totes les operacions d’art i natura, res és creat: una quantitat igual de matèria existeix abans i després de l’experiment; la quantitat i qualitat dels experiments roman constant, i res té lloc més enllà de canvis i modificacions de la combinació d’aquests elements”
(Lavoisier, trad.1989)

El MFA consisteix en determinar i quantificar tots els fluxos que entren i surten d’un sistema, amb la finalitat d’avaluar l’intercanvi total de recursos entre el sistema i l’entorn. És una eina que permet seguir els camins recorreguts pels béns i els productes des de l’entorn natural, a través de la producció i el consum, fins a retornar al medi natural, calculant tant les emissions cap a l’exterior com l’acumulació en l’interior del sistema. És una eina útil però que només té valor si el seu càlcul va seguit d’una anàlisi crítica del significat i la rellevància dels resultats (Brunner, 2002).

La base teòrica de l’anàlisi de fluxos està basada en la llei de conservació de la matèria postulada per Lavoisier (trad.1989). Del primer principi de la termodinàmica, en absència de reaccions nuclears, es dedueix que la matèria no es creada ni destruïda sinó transformada, per tant si s’aplica l’equació del balanç de matèria a un sistema global es pot dir que la suma d’entrades de materials d’un sistema serà igual a la suma de les sortides, més els canvis d’estocs en l’interior del sistema analitzat. Si un sistema és analitzat com un conjunt de compartiments o subsistemes, el metabolisme del sistema global pot ser vist com la suma dels metabolismes de cada subsistema més les seves interaccions o transferències.

Hi ha diferents aproximacions metodològiques per realitzar l’anàlisi de fluxos de materials de cada sistema, en funció dels objectius de l’estudi i les característiques del sistema, però totes estan basades en el principi de conservació de la matèria i tenen en comú el paradigma del metabolisme industrial (Bringezu, 2000).

Des d’una perspectiva més física o ambiental, es realitza l’anàlisi de fluxos de substàncies, de productes o de materials. Es fa el seguiment de les rutes que segueixen els materials: els seus fluxos, els estocs i els processos associats. En general, aquests estudis permeten detectar impactes específics o problemes ambientals expressats per tona de producte. Hi ha nombrosos exemples d’anàlisi de fluxos de metalls en regions (Brunner i Rechberger, 2004; Spatari et al., 2002; Bertram et al., 2002; Moll et al., 2005), fluxos de materials i productes químics (Ayres i Ayres, 1996; Villalba et al., 2006), entre d’altres.

Des d'una perspectiva més social o socioeconòmica es realitza l'anàlisi dels fluxos de materials, en la seva totalitat, que té un sistema per mantenir el seu funcionament ja sigui: una empresa (Sendra et al., 2007), un sector industrial (McEvoy et al., 2004; Smith et al., 2003), un barri (Oliver-Solà et al., 2007), una regió (Eisenmenger et al., 2005) o un país (Adriaanse et al., 1997). Amb aquesta perspectiva, l'anàlisi es centra en la detecció de problemes ambientals relacionats amb el flux total de grans quantitats de materials mobilitzats com a conseqüència del metabolisme del sistema. Un cas particular i pel qual hi ha la metodologia més estandarditzada i que ha estat aplicada per a nombrosos casos és l'*Economy-wide Material Flow Analysis* (Eurostat, 2001), que permet calcular el total d'entrades, sortides i consum de materials d'un estat. La base teòrica d'aquesta metodologia es desenvoluparà més extensament en el tercer capítol d'aquesta memòria, doncs és la usada en aquest treball.

El MFA es pot aplicar a diferents escales, segons les dimensions del sistema que es seleccioni (Fischer-Kowalski i Hüttler, 1999):

- Global, si s'estudia els fluxos de materials a escala mundial. En aquest àmbit es troben estudis sobre l'anàlisi dels fluxos de determinades substàncies i anàlisis energètics a escala mundial.
- Nacional, és l'escala on s'han desenvolupat més estudis, ja que la disponibilitat de dades estadístiques és major.
- Regional, agafant un regió supranacional o subnacional, com és el cas de Catalunya que serà analitzat a continuació.
- Unitat funcional, que podria ésser un sector econòmic o una activitat social (alimentació, transport...), una empresa o un conjunt d'empreses, que es presenta en els capítols 5 i 6 d'aquesta memòria.
- Producte específic o servei, que permet quantificar la intensitat o ús de materials necessaris per produir un bé o un servei.

En quan a les metodologies per avaluar el MFA i els indicadors que se'n deriven, cal distingir entre estudis que quantifiquen únicament els fluxos directes i d'altres en els quals s'avaluen tant els fluxos directes com els indirectes. Els fluxos directes inclouen tots aquells materials que creuen els límits del sistema, mentre que els fluxos indirectes, també anomenats a vegades com a fluxos ocults, són tots aquells materials que són moguts o mobilitzats per tal de produir béns per a un ús econòmic, però que no entren físicament en el sistema. En la quantificació dels fluxos indirectes destaquen les aportacions fetes pel Wuppertal Institute (Alemanya). Per ambdues aproximacions, se'n deriven indicadors que reflecteixen el funcionament del sistema

analitzat. Segons com s'agrupin aquests corrents hi ha indicadors que avaluen els fluxos d'entrada, indicadors de sortida, indicadors de consum o producció. Per altra part, també es distingirà entre indicadors directes i indicadors totals. En els indicadors directes únicament s'inclouran els materials que entrin físicament en els processos productius o de consum. En els indicadors totals, a més d'incloure els fluxos directes s'inclouran també els fluxos ocults i les seves motxilles ecològiques (*Ecological rucksack*) (Bringezu et al., 2004).

Els primers estudis per tal de conceptualitzar i quantificar el metabolisme de les societats daten de mitjans dels anys 60. Entre aquests destaquen els treballs d'Abel Wolman (1965), on es realitzava l'estudi d'una ciutat nord-americana, i el de Robert Ayres i Allen Kneese (1969) que van publicar una primera estimació del MFA dels Estats Units l'any 1969. Els treballs van continuar al llarg dels anys 70 i 80, però no va ser fins als anys 90 que el MFA ha esdevingut una eina reconeguda i ha augmentat la seva aplicació i interès (Fischer-Kowalski, 1998; Fischer-Kowalski i Hüttler, 1999).

A mitjans dels anys 90, els grups de recerca de l'Institut d'Ecologia Social de la facultat *Interdisciplinary Studies* de la *University of Klagenfurt* (IFF) a Àustria, i el Wuppertal Institute a Alemanya, entre d'altres arreu del món, van començar a realitzar importants treballs i a desenvolupar i harmonitzar la metodologia del MFA. La creació de la xarxa *ConAccount* l'any 1996, on participen la major part de les institucions que treballen en el MFA, va suposar un fort impuls en la consolidació d'aquest camp de treball (CONACCOUNT, 2007).

Fins a l'actualitat s'ha realitzat el MFA de nombrosos països i regions arreu del món³, i molts països, com és el cas de l'Estat espanyol (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2007), han incorporat algun dels indicadors derivats del MFA a les seves estadístiques nacionals a proposta d'Eurostat. També s'ha quantificat el MFA de regions supranacionals, com per exemple l'Amazònia (Amann et al., 2002) o per a tota la Unió Europea (Weisz et al., 2004, 2006; Moll et al., 2003). Alhora, s'han realitzat alguns estudis comparatius del MFA de diferents països industrialitzats (Adriaanse et al., 1997; Matthews et al., 2000), i de regions de la Unió Europea, com és el cas de les regions alpines d'Itàlia, França, Alemanya, Àustria, Suïssa i Liechtenstein (Eisenmenger et al., 2005)⁴.

³ Àustria (Krausmann et al., 2004); Brasil (Machado, 2001); Dinamarca (Pederson, 2002); Equador (Vallejo, 2006); Filipines (Rapera, 2004); Finlàndia (Mäenpää i Juutinen, 2002); Hongria (Hammer i Hubacek, 2003); Itàlia (Barbiero et al., 2003; Marco et al., 2001); Regne Unit (Schandl i Schulz, 2002); Portugal (Niza i Ferrao, 2006); Tailàndia (Weisz et al. en premsa); Txèquia (Scansy et al., 2003); Veneçuela (Castellano, 2001); Xile (Giljum, 2004); Xina (Xiaoqiu i Lijia, 2004).

⁴ Projecte MARS: Monitoring Alpine Regions' Sustainability, <http://www.bakbasel.com/wEnglisch/benchmarking/interreg/index.shtml>

En l'àmbit de l'Estat espanyol també s'ha quantificat el MFA des de mitjans dels anys 50 fins a mitjans dels anys 90 (Carpintero, 2002) i entre el 1980 i l'any 2000 (Cañellas et al., 2004), així com també s'ha realitzat l'anàlisi del metabolisme energètic entre els anys 1960 i 1999 (Ramos-Martin, 2001, 2003). A escala regional, destaquen treballs de quantificació dels fluxos de materials i energia per a la Comunitat Autònoma de Madrid (Naredo, 2003), Galícia (Doldán, 2003), el País Basc (IHOBE, 2002) i més recentment s'ha publicat una estimació d'alguns indicadors derivats del MFA de l'Estat espanyol a escala provincial (Sastre, 2007). A Catalunya s'ha realitzat una primera estimació dels fluxos de materials de tota la regió entre els anys 1996 i 2000 (Sendra, 2004; Sendra et al., 2006), que en aquest treball que es presenta s'ampliarà i es completarà. Però també s'està quantificant els fluxos de materials i d'aigua en determinades comarques o regions dins el territori català (Fragkou, 2006).

1.3 Indicadors de sostenibilitat i els indicadors derivats del MFA

“Sustainability indicators: Measuring the immeasurable”

(Bell i Morse, 1999)

El programa 21 de l'ONU, sorgit en la cimera de Rio de Janeiro (Brasil) l'any 1992, en el capítol 40⁵, manifesta la necessitat de crear indicadors de desenvolupament sostenible per tal de donar bases per a la presa de decisions a tots els nivells i contribuir al desenvolupament sostenible. Aquests indicadors serviran per quantificar i simplificar fenòmens complexos com pot ser l'apropiament de natura que realitzen els sistemes. Des de llavors s'han desenvolupat nombrosos treballs⁶ sobre indicadors de sostenibilitat, per tal de quantificar la sostenibilitat a diferents escales (des de mundial a local), indicadors amb diferents finalitats o motivacions que van des de la influència en la presa de decisions i gestió, a la investigació i l'anàlisi (Parris i Kates, 2003).

Per a que un sistema d'indicadors sigui útil, els indicadors que el constitueixen hauran de tenir les següents característiques (Nacions Unides, 2001):

- Rellevància: els indicadors han de reflectir adequadament els principals aspectes i impactes.
- Comprensibles: el seu significat ha de ser clar i han de respondre a la informació que necessita l'usuari.
- Orientat a objectius: han de respondre a objectius ambientals clars i precisos.
- Consistència: han d'ésser comparables i fiables.
- Comparables al llarg del temps i amb d'altres unitats.
- Visió equilibrada: han de ser capaços de mesurar canvis i cobrir tots els seus aspectes importants.
- Continuïtat: esdevindran molt més significatius si poden ser monitoritzats amb el mateix mètode per a períodes llargs de temps.

⁵ El contingut del programa es pot trobar a la web de la cimera mundial sobre desenvolupament sostenible de Johannesburg l'any 2002 (setembre, 2007):

www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/Agenda21/Programacap40.htm

⁶ Parris i Kates (2003) quantifiquen en més de 500, els treballs d'indicadors que mesuren el desenvolupament sostenible.

Els indicadors derivats del MFA aplicats a escala global són indicadors indirectes dels efectes dels impactes ambientals. Es podrien considerar indicadors secundaris que permeten mesurar les activitats econòmiques causants dels canvis que reflecteixen els indicadors primaris (aquells indicadors que fan referència a la qualitat o estat del medi) (Van Hauwermeiren, 1998).

Els indicadors derivats del MFA subministraran dades que poden ésser utilitzades per monitoritzar el progrés del sistema. Per tant, els indicadors podran ésser emprats com un resum, indicant a governs i sectors productius punts dèbils del sistema, però s'han de combinar amb altres eines com l'ACV, disseny pel medi ambient,... per tal de permetre desenvolupar estratègies futures (Duchin i Hertwich, 2003). La relació entre els impactes ambientals i els fluxos de materials és complexa, ja que petites quantitats d'alguns materials poden suposar grans impactes, majors que elevades quantitats d'altres materials. A nivell qualitatiu, és evident que en ser menors els fluxos, menors seran els impactes per a un determinat compost. De la mateixa manera és necessari disminuir la quantitat de recursos consumits, per evitar-ne l'esgotament.

Steurer (1996) va publicar una gràfica en la que es relacionava les quantitats de materials amb la seva toxicitat (Figura 1.5), per tal de poder associar diferents eines i polítiques als diferents fluxos de materials. En la Figura 1.5 es distingeixen tres zones diferenciades, la primera amb materials que es generen en petites quantitats i tenen una elevada toxicitat, per als quals s'haurien d'aplicar polítiques de control, prohibició i substitució. La segona zona són materials que es generen en major quantitat però que els impactes per unitat són menors, per als quals s'hauria de reduir el seu consum o producció, i tancar els cicles dels materials a través del reciclatge. I per últim, hi ha un tercer grup de materials que s'extreuen en grans quantitats però amb impactes específics molt baixos. En aquest darrer cas les polítiques s'hauran de centrar en evitar l'esgotament d'aquests recursos, la disrupció d'hàbitats en la seva extracció, l'acumulació de grans quantitats de materials o els impactes associats a la seva deposició final. El MFA, en ser un indicador agregat, majoritàriament reflecteix la tendència i l'evolució d'aquest tercer grup, ja que tenen més pes en l'avaluació dels indicadors tots aquells materials amb major grau d'utilització. Però cal tenir en compte que per tal d'avaluar tots aquests indicadors agregats, prèviament s'han quantificat els fluxos de tots els materials, per petites quantitats que representin. Per tant, es disposarà d'una base de dades estructurada de tots els fluxos que entren i surten d'una economia, que també pot ser útil per plantejar polítiques per a la primera i segona categories de recursos.

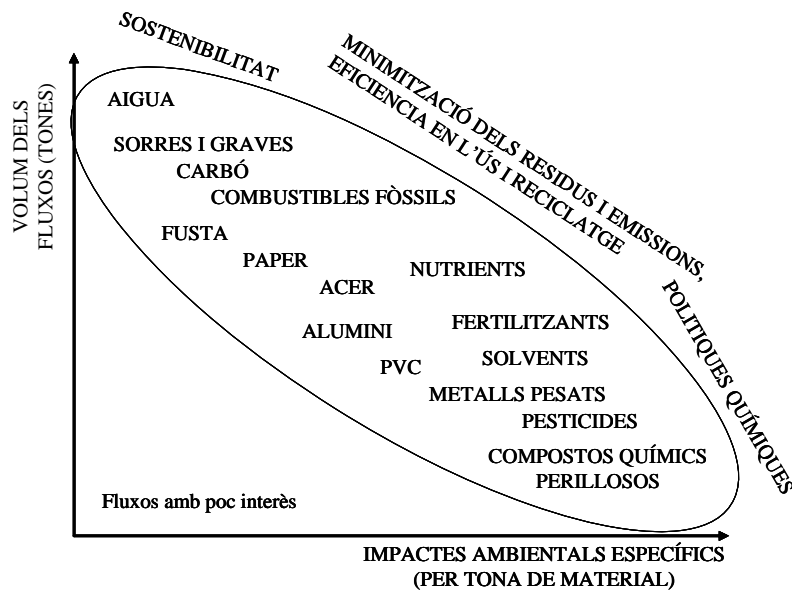


Figura 1.5 Diagrama de materials amb particular interès per a la seva comptabilització, en funció de les quantitats generades, la seva perillositat i el tipus de política ambiental més adient (Steurer, 1996)

També s'han desenvolupat estudis en els quals el MFA es combina amb l'ACV de cadascun dels materials comptabilitzats (Van der Voet et al., 2003), amb la finalitat d'enllaçar les tones de materials desplaçats amb els impactes ambientals que provoquen. Alguns centres d'investigació han creat bases de dades amb l'ACV d'aquests materials, que permeten una caracterització més concreta dels impactes ambientals associats a les tones de materials desplaçades per un sistema.

Per altra part, l'anàlisi del metabolisme d'un sistema, utilitzant el MFA, no es pretén focalitzar en compostos concrets que es generen en petites quantitats, sinó que centra l'atenció en els efectes ecològics de les elevades quantitats de materials (Fischer-Kowalski i Hüttler, 1999). Aquest paradigma ha de permetre l'anticipació a efectes a nivell global de substàncies a priori no tòxiques; per exemple CO_2 (Kneese et al., 1970).

El volum total de fluxos de materials i energètics que circulen a través d'una economia, com una regió, permetran construir macroparàmetres de la millora ambiental i d'eficiència del sistema analitzat que es podran relacionar amb els macroparàmetres econòmics, ja que la metodologia seguida i les bases de dades utilitzades són similars. Igualment els indicadors permetran la comparació internacional, al llarg del temps i amb altres societats (Bringezu et al., 2003).

Els indicadors derivats del MFA també podran ésser usats per fixar objectius de reducció en el consum dels materials : "Factor 10" (Schmidt-Bleek, 1994), "Factor 4" (Weizsäcker et al., 1998), podrien ser matisats i diferenciats els objectius per a les

diferents economies si es disposés de l'anàlisi de fluxos i el requeriment de materials total per cada sistema (Schmidt-Bleek, 1999).

Un dels principals usos d'aquests indicadors és permetre fer comparacions atemporals i entre nacions diferents. També ajudaran a millorar el coneixement sobre els metabolismes de les societats, ja que permetran quantificar els materials, que entren, surten i s'acumulen en l'interior dels sistemes. A més de ser macroindicadors comparables amb el PIB i capaços de reflectir una desmaterialització del sistema analitzat (Kleijn, 2001).

1.4 Situació econòmica en el territori de Catalunya

“the 1991 Exxon Valdez oil spill actually increased Alaska’s GDP... area was registered as economically more prosperous because so many people were trying to clean up the spill. The GDP takes only one measure of progress into account: activity. Economic activity. But what sensible person would call the effects of an oil spill progress?” (McDonough i Braungart, 2002)

Catalunya és una de les nacions d'Espanya amb un PIB per capita i una taxa d'ocupació superior, l'any 2006. El creixement anual del PIB del 3,3% l'any 2005, va ser superior a la mitjana europea (UE-25, 1,7%) però lleugerament inferior a l'espanyol (3,5%) (Direcció General d'Anàlisi i Política Econòmica [DGAPE], 2007) (Taula 1.1).

Taula 1.1 Comparativa de la taxa de variació del PIB, de l'ocupació i PIB per capita

	Variació PIB (2005)	Taxa ocupació (2006)	PIB per capita (2006)
Catalunya	3,3%	71,4%	27.824 €
Espanya	3,5%	65,7%	22.152 €

De l'estructura sectorial catalana l'any 2006 (Figura 1.6), cal destacar el clar domini del sector serveis, tant en termes de Valor Afegit Brut (VAB) com en termes d'ocupació, que representen un 65% i un 62% respectivament. El sector industrial també és rellevant, i aporta gairebé una quarta part del VAB i de la ocupació. El sector de la construcció (no inclou serveis relacionats), tot i haver experimentat un fort creixement en els darrers anys contribueix en un 11% del VAB total i un 12% de l'ocupació. En darrer terme es situa l'agricultura, únicament aporta el 1,5% del VAB i un 3% de l'ocupació (Institut d'Estadística de Catalunya [IDESCAT], 2007).

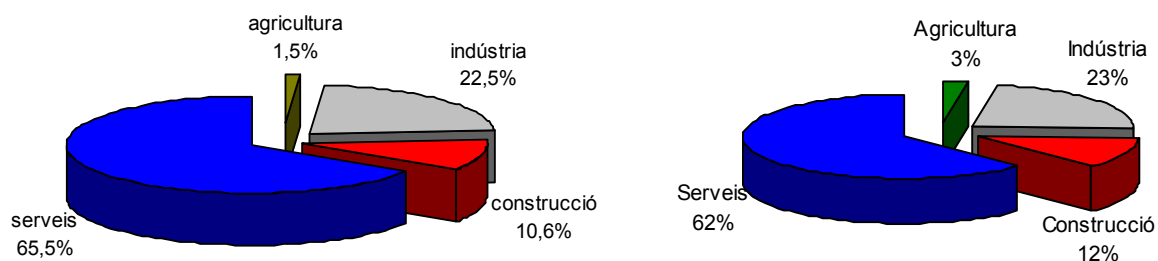


Figura 1.6 Valor Afegit Brut (VAB) (esquerra) i ocupació (dreta) per sectors econòmics de Catalunya l'any 2006

L'anàlisi territorial de l'economia catalana mostra una elevada heterogeneïtat de la distribució dels sectors al llarg del territori (Barceló, 2003; Boada i Zahonero, 1999).

La regió de l'Alt Pirineu és la menys industrialitzada de Catalunya i es caracteritza per la producció energètica, per ser una zona residencial i pel turisme.

Les comarques del gironès es caracteritzen per tenir un elevat equilibri entre activitats econòmiques diverses que els confereix una elevada resistència en les crisis econòmiques. La indústria es concentra majoritàriament en les comarques de La Selva i el Pla de l'Estany, mentre que l'Empordà es dedica majoritàriament al sector serveis i en el Gironès hi ha un equilibri entre indústria i serveis.

En la Catalunya central el PIB per capita és inferior a la mitjana catalana. Tant a l'Anoia, a Osona com al Bages el pes del sector industrial és important mentre que el sector serveis té un pes limitat.

La regió metropolitana de Barcelona té una major concentració de població i indústria, de fet és on es genera més del 60% del PIB català. El sector industrial està concentrat principalment al Vallès i al Baix Llobregat, mentre que el Barcelonès està dedicat majoritàriament al sector serveis. El Maresme està experimentant un elevat creixement de la població degut a què s'està convertint en una zona residencial, a més de tenir una alta diversitat amb presència d'indústria (tèxtil, confecció i transformació dels metalls), sector primari (producció de flors, plantes i pesca) i el sector serveis amb el turisme. En canvi, el Garraf es dedica majoritàriament als serveis i a la construcció.

La regió del pla de Lleida es caracteritza per la baixa diversificació i està centrada entorn l'agricultura, la ramaderia i la indústria agroalimentària. Només la Segarra té un PIB superior a la mitjana catalana, i hi predomina la indústria. Les comarques de la Noguera i les Garrigues es dediquen al sector primari, Pla d'Urgell i l'Urgell hi ha una mescla entre sector primari i indústria, mentre que en la comarca del Segrià hi predomina el sector serveis.

El camp de Tarragona es caracteritza per tenir molts contrastes en quant a sectors (químic, del vi, la construcció i el turisme), coexistint empreses de dimensions molt diferents i amb unes marcades diferències entre les terres de litoral i les de l'interior.

En les terres de l'Ebre té un important pes la generació d'electricitat i la indústria de la fusta, els metalls i l'agroalimentària.

1.4.1 La indústria catalana

El volum de negoci de la indústria catalana està liderat pel sector químic i de l'alimentació, que suposen un 15% respectivament, seguit de les indústries extractives i d'energia (12%) i del sector de l'automoció. La distribució de les branques de negocis és lleugerament diferent si s'analitza el volum d'ocupats i d'establiments (Taula 1.2). Analitzant el volum de persones ocupades, el lideratge el prenen la indústria metal·lúrgica (14%), seguit de l'alimentació (13%), el tèxtil (11%) i el químic (10%).

Taula 1.2 Sector industrial català l'any 2005, per agrupacions de negoci
(IDESCAT, 2007)

Sectors	Establiments	Ocupats	Volum negoci
Indústries extractives, petroli i energia	2%	2%	12%
Alimentació, begudes i tabac	9%	13%	15%
Tèxtil, confecció, cuir i calçat	16%	11%	6%
Indústries de la fusta i del suro	5%	2%	1%
Paper, arts gràfiques i edició	11%	9%	7%
Indústries químiques	3%	10%	15%
Cautxú i matèries plàstiques	4%	6%	5%
Altres productes minerals no metàl·lics	4%	4%	4%
Metal·lúrgia i productes metàl·lics	22%	14%	9%
Maquinària i equips mecànics	8%	8%	5%
Màquines d'oficina i instruments	3%	2%	1%
Materials i equips elèctrics i electrònics	3%	5%	6%
Materials de transport	2%	8%	11%
Indústries manufactureres diverses	8%	5%	3%

El nombre d'establiments per branques de negoci, depèn evidentment del volum de negoci però també de les dimensions de les empreses. El sector industrial català està dominat per petites i mitjanes empreses. El 82% de les empreses catalanes l'any 2005 tenien menys de 20 treballadors, mentre que els establiments amb més de 100 treballadors suposen menys d'un 3%. Per a totes les branques d'activitat les empreses de menys de 20 treballadors/es suposen més del 70% del sector, excepte per l'indústria química i de l'automoció, en les quals hi ha un major domini de les empreses de grans dimensions.

1.4.2 El sector de la construcció a Catalunya

El fort creixement del sector de la construcció en els darrers anys és una evidència, tant a Catalunya com a Espanya. Una mesura indirecta de l'evolució del sector es pot fer a través de les tendències de producció i consum de ciment (Figura 1.7) i el nombre d'edificis construïts (Figura 1.8).

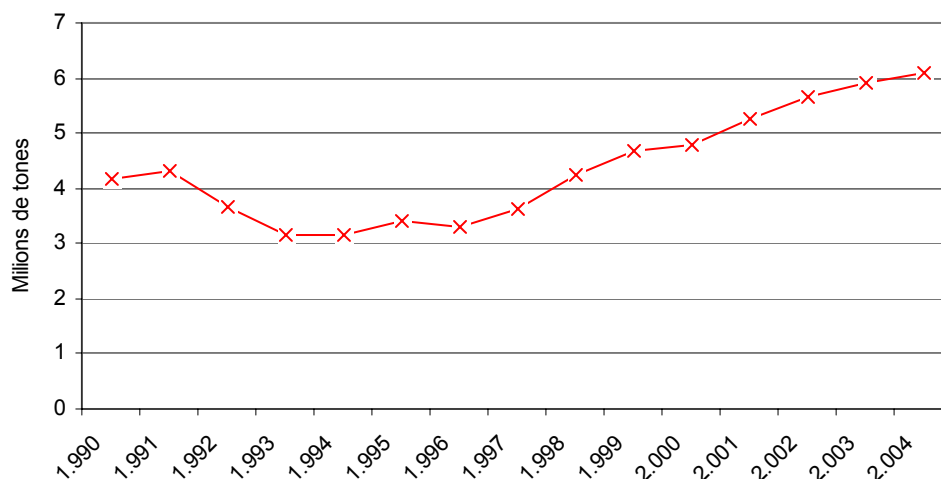


Figura 1.7 Evolució del consum de ciment a Catalunya (IDESCAT, 2007)

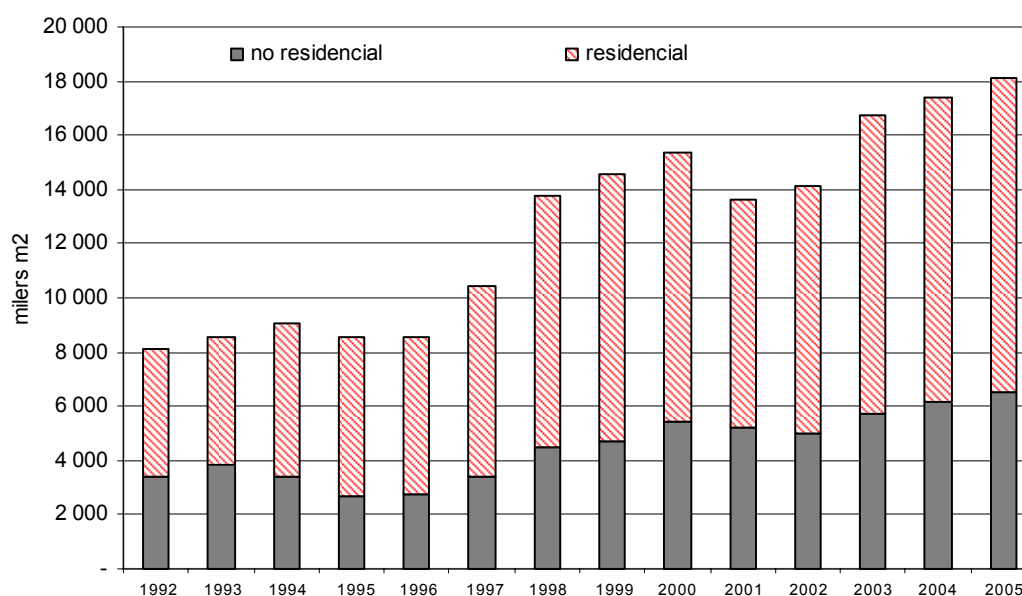


Figura 1.8 Evolució del nombre d'edificis construïts a Catalunya (IDESCAT, 2007)

Fins a l'any 1996 s'observa (Figura 1.7 i Figura 1.8) una etapa d'estancament en la construcció de nous edificis, en la que el consum de ciment fins i tot havia disminuït. A partir de l'any 1996 hi ha un marcat creixement de totes les variables. Aquest creixement que ha tingut el sector està relacionat amb un augment del consum de recursos naturals, de la superfície ocupada i unes elevades taxes de demolició d'edificacions amb la conseqüent generació de residus i despesa energètica que comporta. De fet, l'edat mitjana dels edificis a Espanya és menor que a Alemanya, tot i haver quedat aquest darrer país, desolat després de la segona guerra mundial (Naredo, 2003).

La tendència global de consum i ús de materials en els països i regions està molt vinculada a l'evolució del sector de la construcció. S'estima que entorn a un 75% dels fluxos de materials usats a escala nacional estan lligats de manera directa o indirecta a la demanda del sector. La naturalesa dels problemes ambientals associats a aquests recursos, a diferència del sector industrial, estan vinculats a la gran demanda i als impactes associats al llarg de tot el cicle de vida del procés: extracció, transport, processat i disposició final (McEvoy et al., 2004).

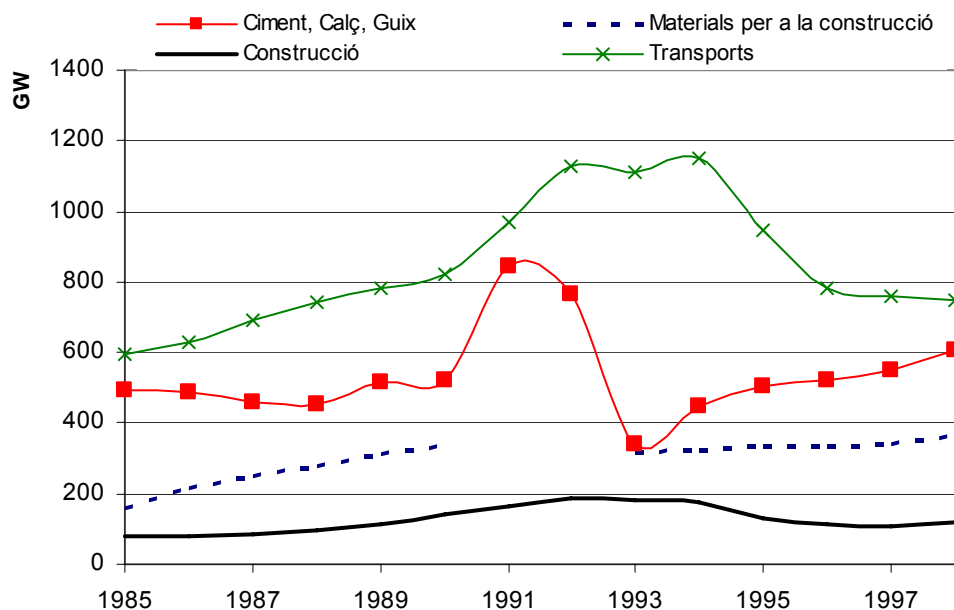


Figura 1.9 Evolució del consum d'energia elèctrica en les activitats relacionades amb el sector de la construcció a Catalunya (Departament de Política Territorial i Obres Públiques [DPTOP], 1996, 1999)

En la Figura 1.9 es mostra com la demanda energètica associada al sector de la construcció està molt vinculada al transport dels materials i a la fabricació de productes altament intensius, des d'un punt de vista energètic, com el ciment. Mentre que la demanda de les activitats in situ és molt més intensiva en mà d'obra i tones de materials usats.

També hi ha una clara tendència en els darrers anys a la sortida de població dels grans nuclis urbans cap a municipis del voltant, provocant una urbanització més dispersa o difosa del territori. Aquest model d'urbanització de més baixa densitat implica una major ocupació del sòl i una major demanda de recursos i infraestructures; i evidentment, també de vehicles. La superfície de sòl urbanitzable ha crescut en els darrers anys, tot i que els nivells d'urbanització són molt diversos en el territori; concentrant-se majoritàriament en la regió metropolitana de Barcelona que té un 26% del sòl urbanitzat. De fet, el Barcelonès registra el valor més elevat amb gairebé un 80% de sòl urbanitzat (Aced et al., 2007).

1.5 Bibliografia

- Aced, J. M., Pedrerol, J., Gallostra, J., Blasco, E., i Ortí, A. (2007). *Diagnosi tecnològica de la construcció a Catalunya. La construcció: un projecte poc eficient*. Barcelona: Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya.
- Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., i Schütz, H. (1997). *Resource flows: The material basis of industrial economies*. Washington, D.C.: World Resources Institute (WRI), Wuppertal Institute, Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning, and Environment i National Institute for Environmental Studies.
- Amann, C., Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., i Grünbühel, C. (2002). Material flow accounting in Amazonia: A tool for sustainable development. *Social Ecology Working Paper 63*. Viena: IFF Social Ecology.
- Arrow, K., Bolin, B., Constanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C., Jansson, B., Levin, S., Maeler, K., Perrings, C., i Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science*, 268, 520-521.
- Ayres, R., i Kneese, A.V. (1969). Production, consumption and externalities. *American Economic Review*, 59, 282-297.
- Ayres, R., i Ayres, L. (1996). *Industrial Ecology: Towards closing materials cycle*. Cambridge: United Press.
- Ayres, R., i Ayres, L. (2001). *A handbook of Industrial Ecology*. Northampton, MA: Edward Elgar Publication.
- Barbiero, G., Camponeschi, S., Femia, A., Greca, G., Macri, A., Tudini, A. i Vannozzi, M. (2003). *1980 – 1998 Material-input-based indicators time series and 1997 material balances of the Italian economy*. Rome: ISTAT.
- Barceló, M. (2003). *Catalunya, un país industrial*. Barcelona: Pòrtic Biblioteca Universitària.
- Bartolí, J. (2003). *Avaluació ambiental del cicle de nitrogen a Catalunya: aplicació de l'anàlisi de flux de substàncies*. Tesi doctoral. Univeristat de Girona, Girona.
- Bell, S., i Moorse, S. (1999). *Sustainability indicators: Measuring the immeasurable*. London: Earthscan Publications.
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: Perennial Harpercollins.
- Bertram, M., Graedel, T.E., Rechberger, H., i Spatari, S. (2002). The contemporary European cooper cycle: waste management subsystem. *Ecological Economics*, 42, 43-57.
- Billen, G., Toussaint, F., Peeters, P., Sapir, M., Steenhout, A., i Vanderborght, J.P. (1983). *L'écosystème Belgique. Essai d'écologie industrielle*. Brussel-les: Centre de Recherche et d'Information Socio - Politique.

- Boada, M. i Zahonero, A. (1999). *Medi ambient: Crisi civilitzadora*. Barcelona: La Magrana.
- Bringezu, S. (2000). Special session on material flow accounting. History and Overview. Dins *30th OECD Meeting. Working group on the state of the environment*.
- Bringezu, S., Schütz, H., i Moll, S. (2003). Rationale for and interpretation of economy-wide materials flow analysis and derived indicators. *Journal of Industrial Ecology*, 7(2), 43-64.
- Bringezu, S., Schütz, H., Steger, S., i Baudisch, J. (2004). International comparison of resource use and its relation to economic growth. The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR. *Ecological Economics*, 51, 97-124.
- Brunner, P.H. (2002). Beyond material flow analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 6(1), 8-10.
- Brunner, P.H., i Rechberger, H. (2004). *Practical handbook of material flow analysis*. Washington, D.C.: Lewis Publishers.
- Cañellas, S., González, A.C., Puig, I., Russi, D., Sendra, C., i Sojo, A. (2004). Material flow accounting of Spain. *International Journal of Global Environmental Issues*, 4, 229-241.
- Carpintero, O. (2002). La economía española: el «dragón europeo» en flujos de energía, materiales y huella ecológica, 1955 – 1995. *Ecología Política*, 23, 85-125.
- Castellano, H. (2001). Material flow analysis in Venezuela. *Report to the European Commission DG XI, EU FP4 INCO-DEV project Amazonia 21*.
- Castells, F., i Rieradevall, J. (2005). *Innovation by Life Cycle Management LCM 2005 International Conference. Vol I i II*. Barcelona: Life Cycle Management International Conference.
- CONACCOUNT. (2007). *ConAccount. Material flow accounting for environmental sustainability*. Recuperat 12 desembre 2007 a, <http://www.conaccount.net/>
- DGAPE. (2007). *Indicadors de conjuntura econòmica: Evolució de l'economia catalana i el seu entorn. Vol. Setembre 2007*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament d'Economia i Finances, Direcció General d'Anàlisi i Política Econòmica.
- Doldán, X.R. (2003). Energía, materiales y agua en la industria manufacturera gallega. *Economía Industrial*, 352, 25-45.
- DPTOP. (1996). *Anuari d'estadística 1992-1995*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- DPTOP. (1999). *Anuari d'estadística 1998*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- Duchin, F., i Hertwich, E. (2003). Industrial Ecology. Dins *Online Encyclopedia of Ecological Economics*. International Society for Ecological Economics. Recuperat 12 desembre de 2007 a, http://www.ecoeco.org/education_encyclopedia.php

-
- Ehrenfeld, J.R. (2002). Industrial Ecology: Coming age. *Environmental Science and Technology*, 36 (13), 281A-285A.
 - Eisenmenger, N., Ramos-Martin, J., i Schandl, H. (2005). The environmental pillar of sustainability. Dins Schoder, T., et al. (ed.) *MARS: Monitoring the Alpine Regions' Sustainability*. Switzerland: BAK Basel Economics.
 - Eurostat. (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
 - Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's metabolism: The intellectual history of material flow analysis, Part I, 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 61-78.
 - Fischer-Kowalski, M., i Hüttler, W. (1999). Society's metabolism: The intellectual history of material flow analysis, Part II, 1970-1998. *Journal of Industrial Ecology*, 2(4), 107-136.
 - Fischer-Kowalski, M., i Amann, C. (2001). Beyond IPAT and Kuznets curves: Globalization as a vital factor in analyzing the environmental impact of socio-economic metabolism. *Population and Environment*, 23(1), 7-41.
 - Fragkou, M. (2006). *The water metabolism in a Mediterranean coastal region*. Treball de recerca programa doctorat en Ciències Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
 - Frosch, R., i Gallopoulos, N. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261, 142-155.
 - Gabarrell, X., i Vicent, T. (2001). Building a new eco-park in Santa Perpetua de Mogoda. Dins *International Conference of Industrial Ecology: The science and culture of Industrial Ecology*. Recuperat 9 gener 2008 a, http://www.is4ie.org/events/leiden/pdf/abstractbook_leiden.pdf
 - Giljum, S. (2004). Trade, material flows and economic development in the South: the example of Chile. *Journal of Industrial Ecology*, 8, 241-261.
 - Hammer, M., i Hubacek, K. (2003). *Material flow and economic development, material flow analysis of the Hungarian economy*. Laxenburg, Austria: IIASA Interim Report IR-02-057.
 - IDESCAT. (2007). *Anuari d'estadística de Catalunya 2007*. Recuperat 10 setembre 2007 a, <http://www.idescat.net>
 - IHOBE. (2002). Necesidad total de materiales de la comunidad autónoma del País Vasco. *Programa Marco Ambiental nº 7*. Euskadi: Gobierno Vasco, Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente
 - INE. (2007). *INE BASE. Cuentas ambientales*. Recuperat 10 desembre 2007 a, <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft26%2Fp067&file=inebase&L=0>
 - Informe Brundtland (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.
 - Jelinski, L.W., Graedel, T.E., Laudise, R.A., i Patel, C.K.N. (1992). Industrial Ecology. *Proceedings National Academy of Science*, 89, 798-799.

- Kleijn, R. (2001). Adding it all up: The sense and non-sense of bulk-MFA. *Journal of Industrial Ecology*, 4 (2), 7-8.
- Kneese, A.V., Ayres, R., i d'Arge R. (1970). *Economics and the environment: A material flow balance approach*. Washington: Resources for the Future.
- Krausmann, F., Haberl, H., Erb, K., i Wackernagel, M. (2004). Resource flows and land use in Austria 1950 – 2000: Using MEFA framework to monitor society – nature interaction for sustainability. *Land Use Policy*, 21, 215- 230.
- Lavoisier, A. (trad. 1989). *Tractat elemental de química*. Barcelona: Societat catalana de química.
- Lowe, E.A., Warren, J.L., i Moran, S.R. (1997). *Discovering Industrial Ecology: An executive briefing and sourcebook*. Ohio: Battelle Press.
- Machado, J.A. (2001). *Material flow analysis in Brazil*. Report to the European Commission DG XI, EU FP4 INCO-DEV project Amazonia 21.
- Mäenpää, I., i Juutinen, A. (2002). Material flows in Finland: Resource use in a small open economy. *Journal of Industrial Ecology*, 5, 33-48.
- Marco, O., Lagioia, G., i Mazzacane, E.P. (2001). Materials flow analysis of the Italian economy. *Journal of Industrial Ecology*, 4, 55-70.
- Matthews, E., Bringezu, S., Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Rogich, D., Schandl, H., Schütz, H., Van der Voet, E., i Weisz, H. (2000). *The weight of nations: Material outflows from industrial economies*. Washington, D.C.: World Resources Institute.
- Martinez-Alier, J. (1999). *Introducción a la economía ecológica*. Barcelona: Rubes.
- Martinez-Alier, J., i Roca, J. (2000). *Economía ecológica y política ambiental*. México, D.F.: Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente, Fondo de Cultura Económica.
- McDonough, W., i Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle*. New York: North Point Press.
- McEvoy, D., Ravetz, J., i Handley, J. (2004). Managing the flow of construction minerals in the North West region of England. *Journal of Industrial Ecology*, 8, 121-140.
- Moll, S., Bringezu, S., i Schütz, H. (2003). *Resource use in European countries: An estimate of materials and waste streams in the community, including imports and exports using the instrument of material flow analysis*. Copenhagen: European Topic Center on Waste and Material Flows.
- Moll, S., Acosta, J., i Schütz, H. (2005). *Iron and steel – a materials system analysis. Pilot study examining the material flows related to the reduction and consumption of steel in the European Union*. Copenhagen: European Topic Centre on Resources and Waste Management.
- Naciones Unidas. (2001). *Environmental management accounting: Procedures and principles*. Nova York: Sustainable Development Division. United Nations.

-
- Naredo, J.M., i Carpintero, O. (2002). *Balance nacional de la economía española: 1984 – 2000*. Madrid: Fundación de las cajas de ahorros confederadas para la investigación económica y social.
 - Naredo, J.M. (2003). El metabolismo económico de la conurbación madrileña: 1984 – 2001. *Economía Industrial*, 351, 87-112.
 - Niza, S., i Ferrao, P. (2006). A transitional economy's metabolism: The case of Portugal. *Resources, Conservation and Recycling*, 46, 265-280.
 - Oliver-Solà, J., Núñez, M., Gabarrell, X., Boada, M., i Rieradevall, J. (2007). Service sector metabolism: Accounting for energy impacts of the Montjuïc urban park in Barcelona. *Journal of Industrial Ecology*, 11(2), 83-98.
 - Parris, T.M., i Kates, R.W. (2003). Characterization and measuring sustainable development. *Annual Review of Environmental Resources*, 28(13), 1-28.
 - Patel, C.K.N. (1992). Industrial Ecology. *Proceedings National Academy of Science*, 89, 798-799.
 - Pederson, O.G. (2002). *DMI and TMR for Denmark 1981, 1990, 1997: An assesment of the material requirements of the Danish Economy*. Copenhagen: Statistics Denmark.
 - Rapera, C.L. (2004). *Southeast Asia in transition. The case of the Philippines 1981 to 2000. Part 1*. Laguna: SEARCA Publishing.
 - Ramos-Martin, J. (2001). Historical analysis of the energy intensity of Spain: From a «conventional view» to an «integrated assessment». *Population and Environment*, 22, 281-313.
 - Ramos-Martin, J. (2003). Intensidad energética de la economía española: Una perspectiva integrada. *Revista de Economía Industrial*, 351(III), 59-72.
 - Rieradevall, J., i Vinyets, J. (1999). *Ecodisseny i ecoproductes*. Barcelona: Rubes.
 - Rigola, M. (1998). *Producció + Neta*. Barcelona: Rubes.
 - Sastre, S. (2007). *Material flow accounting of Spain: A regional perspective*. Treball de recerca programa doctorat en Ciències Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
 - Scansy, M., Kovanda, J., i Hák, T. (2003). Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: results and recommendations for methodological improvement. *Ecological Economics*, 45, 41-57.
 - Schandl, H., i Schulz, N. (2002). Changes in United Kingdom's natural relations in terms of society's metabolism and land use from 1850 to the present day. *Ecological Economics*, 41, 203-221.
 - Sendra, C. (2004). *Anàlisi dels fluxos de materials de Catalunya en el període 1996 – 2000*. Treball de recerca programa doctorat en Ciències Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
 - Sendra, C., Gabarrell, X., i Vicent, T. (2006). Análisis de los flujos de materiales de una región: Cataluña (1996 – 2000). *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 4, 41-52.

- Sendra, C. Gabarrell, X., i Vicent, T. (2007). Material flow analysis adapted to an industrial area. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1706-1715.
- Schmidt-Bleek, F. (1994). *Wieviel umwelt braucht der Mensch?*, ha estat publicat un resum en anglès en el Factor 10 Club (1994), The Carnoules Declaration. Wuppertal: Wuppertal Institute.
- Schmidt-Bleek, F. (1999). *The factor 10/ MIPS-Concept: Bridging ecological, economic, and social dimensions with sustainability indicators*. Recuperat 14 desembre 2007 a, <http://www.factor10-institute.org/pdf/MIPS.pdf>
- Smith, R.A., Kersey, J.R., i Griffiths, P.J. (2003). *The construction industry mass balance: Resource use, wastes and emissions* (revised version). UK: Viridis.
- Spatari, S., Bertram, M., Fuse, K. Graedel, T.E., i Rechberger, H. (2002). The contemporamporary European copper cycle: 1 year stocks and flows. *Ecological Economics*, 42, 27-42.
- Stern, D. (2003). The environmental Kuznets curve. Dins *Ecological Economics Encyclopedia*. International Society of Ecological Economics. Recxuperat 23 gener 2008 a, <http://www.ecoeco.org/pdf/stern.pdf>
- Steurer, A. (1996). Materials flow accounting and analysis: Where to go at a European level. Dins *Proceedings of the third meeting of the London group on natural resource and environmental accounting*. Estocolm: Statistics Sweden.
- Talens, L., Gabarrell, X., i Villalba, G. (2007). Exergy analysis applied to biodiesel production. *Resource, Conservation and Recycling*, 51(2), 397-407.
- Vallejo, M. C. (2006). *La estructura biofísica de la economía ecuatoriana: el comercio exterior y los flujos ocultos del banano*. Quito: FLACSO.
- Van der Voet, E., van Oers, L., i Nikolic, I. (2003). *Desmaterialization: not just a matter of weight*. CML report 160. Leiden: Universitat de Leiden.
- Van Hauwermeiren, S. (1998). *Manual de Economía Ecológica*. Santiago de Chile: Instituto de Ecología Polftica.
- Villalba, G., Ayres, R., i Ayres, L. (2006). A proposal for emission calculations for chemical processes: Part I. *Resurces, Conservation and Recycling*, 48, 280-299.
- Watanabe, C. (1994). Industrial Ecology and Japan's industrial policy. Dins Richardson, D.J. (ed.) *Industrial Ecology U.S. Japan Perspectives*. Washington, D.C.: National Academy of Engineering.
- Weisz, H., Amann, C., Eisenmenger, N., i Krausmann, F. (2004). *Economy-wide material flow accounts and indicators of resource use for the EU-15: 1970-2001*. Luxemburg: Eurostat.
- Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K. i Fischer-Kowalski, M. (2006). The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of the material consumption. *Ecological Economics*, 58, 676-698.

-
- Weisz, H., Krausmann, F., i Sangkaman, S., in press. *Resource use in a transition economy. Material- and energy-flow analysis for Thailand 1970/1980–2000*. Laguna: SEARCA Publishing.
 - Weizsäcker, E. U. von, Lovins, A. B., i Lovins, L. H. (1998). *Factor four. Doubling wealth, halving resource use*. Londres: Earthscan.
 - Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213, 178-193.
 - Xarxa temàtica ACV (2002). *Llibre didàctic de l'anàlisi del cicle de vida*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament medi ambient i Departament d'universitats, recerca i societat de la informació. Recuperat 13 gener 2007 a, http://mediambient.gencat.net/cat/empreses/ipp/llibre_acv.pdf
 - Xiaoqiu, C., i Lijia, Q. (2004). A preliminary material input analysis of China. *Population and Environment*, 23, 117-126.

2 OBJECTIU

L'objectiu d'aquesta tesi doctoral és la quantificació del metabolisme de diferents sistemes. Per assolir-ho s'ha aplicat una metodologia de comptabilització física de fluxos de materials generalitzada a escala nacional, el *Material Flow Analysis (MFA)*, a d'altres escales: regional, sectorial, polígon industrial i empresa. Aquesta metodologia dóna informació valuosa, complementaria i comparable en funció de les dimensions del sistema o de l'escala d'aplicació.

En primer lloc, s'ha adaptat la metodologia per avaluar i analitzar els fluxos de materials a escala regional. S'ha calculat el ***MFA de Catalunya des de l'any 1990 fins a l'any 2004***, per tal d'analitzar la vinculació entre l'economia catalana i l'extracció de recursos naturals o la demanda de materials del país. Per tenir una visió completa del metabolisme de la regió, no només cal la demanda de materials per sustentar el sistema sinó també les emissions i productes que excreta cap a l'entorn natural o que són usats per altres sistemes. Per tant, s'han analitzat els fluxos de sortida de materials pels darrers 5 anys analitzats (entre els anys 2000 i 2004). Seguint l'adaptació de la metodologia estandarditzada del MFA proposada per Eurostat⁷ s'han calculat els indicadors derivats del MFA que permeten agregar les dades i analitzar la dependència de materials i les pressions sobre el medi ambient que suposa el model de consum i producció de Catalunya, i s'ha comparat amb el d'altres països o regions. S'ha pogut així analitzar l'evolució del metabolisme de Catalunya, l'origen de les pressions i proposar estratègies que permetin millorar-ne la tendència.

EL MFA és una metodologia que mostra la tendència dels materials usats o mobilitzats en grans quantitats. Un dels sectors econòmics més rellevants per l'elevada quantitat de materials usats és el sector de la construcció. El fort pes d'aquest sector en els resultats del MFA a escala nacional és una evidència, sobretot en nacions com Catalunya, on el creixement del sector en els darrers anys ha estat molt remarcable. Per aquest motiu s'ha considerat important analitzar exclusivament la demanda de materials del sector de la construcció per un any. Però, en aquest cas, s'ha analitzat a més dels recursos directes que s'estan extraient i incorporant a les edificacions i infraestructures, ja sigui pel seu manteniment o per nova construcció; també els recursos indirectes usats pel sector, és a dir els materials i energia necessaris per al processament i transport dels materials que s'acaben incorporant en les edificacions i infraestructures del país. Per aquest motiu s'ha desenvolupat una

⁷ L'any 2001 Eurostat va publicar la guia, *Economy wide material flow accounts and derived indicators: a methodological guide*, amb la finalitat de definir una metodologia estandarditzada per al càlcul del MFA a escala nacional, i harmonitzar tant la terminologia com els mètodes de càlcul i estimació dels fluxos de materials, emprats per les diferents escoles fins al moment.

metodologia pròpia, i equivalent a la usada per a escala regional, per tal d'estimar el **MFA del sector de la construcció a Catalunya per l'any 2001**.

Per últim, l'objectiu és analitzar el **MFA de sistemes econòmics d'escala més reduïda, com són empreses o bé aglutinacions d'aquestes, és a dir, polígons o àrees industrials**. Per aquest motiu s'ha desenvolupat una metodologia pel càlcul del MFA a aquesta escala i s'han deduït indicadors anàlegs, per ésser aplicats a escala de polígon industrial. A aquesta escala, l'anàlisi dels fluxos de materials es complementa amb l'anàlisi dels fluxos d'aigua i energia del sistema. La metodologia desenvolupada s'ha aplicat a un cas d'estudi, a 40 empreses d'un polígon industrial situat a Santa Perpètua de Mogoda l'any 2000.

Evidentment, el MFA és una metodologia aplicable a moltes més escales de les presentades en aquest treball. Però la metodologia necessària en d'altres casos serà similar a la desenvolupada a una de les tres escales d'aplicació presentades en aquesta tesi. Així doncs, l'objectiu global de la tesi **és desenvolupar una metodologia del MFA que es pugui estandarditzar i sigui consistent per poder ésser aplicada a diferents escales**. L'estandardització de la metodologia independentment de l'escala permetrà poder comparar sistemes anàlegs però també sistemes de diferents dimensions o característiques, en l'espai i el temps.

3 METODOLOGIA DE L' ANÀLISI DELS FLUXOS DE MATERIALS

3.1 Fonament teòric

El *Material Flow Accounting (MFA)*⁸ és una metodologia per al càlcul dels fluxos de materials. En aquesta memòria, s'ha adaptat la metodologia publicada per Eurostat (2001) per a la comptabilització dels fluxos de materials a escala nacional, per ser emprada a diferents escales: regional, sectorial, polígons industrials i empreses. La publicació d'Eurostat és una guia metodològica creada amb la finalitat d'harmonitzar la terminologia, els conceptes i els càlculs per tal que els diferents estudis siguin comparables. Per aquest motiu, s'ha considerat oportú la seva adaptació per l'anàlisi dels fluxos de materials dels sistemes analitzats en aquest treball.

En aquest capítol es presenten les característiques generals de la metodologia del MFA publicada per Eurostat (2001) i posteriorment, en cada capítol, es presentaran les particularitats metodològiques aplicades per tal d'adaptar-la als diferents tipus de sistemes analitzats en aquest treball.

La base teòrica del MFA és la llei de conservació de la matèria, en absència de reaccions nuclears, la matèria en un procés no es creada ni destruïda sinó que es transforma (ja sigui en un procés productiu o bé de consum) (Smith i Van Ness, 1987).

El MFA com qualsevol balanç de matèria, tindrà en compte quatre termes:

- I. **Entrada**, és la matèria transferida per unitat de temps, de l'exterior cap a l'interior del sistema analitzat. En aquest cas són les entrades de materials al sistema, ja siguin procedents d'altres sistemes o bé els materials extrets de l'entorn natural del sistema.
- II. **Sortida**, és la transferència de materials per unitat de temps cap a fora del sistema ja sigui cap a d'altres sistemes, o bé cap a la natura (emissions atmosfèriques, residus...).
- III. **Generació**, és la quantitat que apareix o desapareix del sistema per unitat de temps i unitat de volum i no ha estat transferida a través dels seus límits.
- IV. **Acumulació física**, és la variació de massa en l'interior del sistema amb el temps, és a dir la variació de l'estoc de materials en l'economia.

⁸ La nomenclatura dels fluxos i indicadors derivats del MFA, utilitzada en aquesta tesi, ha estat adaptada a partir del significat del seu concepte i de consultes terminològiques a professionals. Però s'ha mantingut els seus acrònims en anglès ja que són d'ús internacional en aquest llengua.

Segons l'expressió del balanç de matèria:

Equació 3.1 **Entrada + Generació = Sortida + Acumulació**

En el MFA, tots els balanços es realitzen en unitats màssiques, per tant el terme de generació és nul i l'acumulació de matèria a l'interior del sistema (*Net stock change*) pot ser calculat com la diferència entre les entrades i les sortides, segons l'Equació 3.2

Equació 3.2 **Acumulació = Entrada – Sortida**

3.2 Definició del sistema

Com en qualsevol balanç, el primer pas en el MFA és definir i delimitar el sistema i el període de temps al qual s'ha d'aplicar. El període de temps analitzat en aquest treball és d'un any i els límits del sistema venen definits per:

- Entorn territorial del sistema, d'on s'extreuen les matèries primeres i on es descarreguen els materials en forma de residus o emissions.
- Entorn o límits polítics (administratius), determinen els fluxos intercanviats entre el sistema analitzat i d'altres sistemes.

3.3 Categories i classificació de fluxos o tipologies de fluxos

En el MFA es poden incloure tots els materials mobilitzats pel funcionament del sistema, entrin o no físicament en el sistema, analitzant tots els materials associats al cicle vida d'un producte. Els fluxos tenen tres dimensions o categories:

- 1 - Dimensió territorial: segons l'origen o destí final dels fluxos.
 - i. *Domèstics*: fluxos extrets o dipositats a l'entorn natural del sistema (ex. collites nacionals en el cas d'analitzar una regió).
 - ii. *Externs*: fluxos extrets o dipositats fora dels límits del sistema (ex. collites exportades o importades)
- 2 - Dimensió productiva o en el cicle de vida: segons si els fluxos creuen directament els límits del sistema o bé els fluxos es calculen a partir dels requeriments de materials associats a les cadenes superiors del procés productiu.
 - i. *Directes*: materials que s'incorporen al producte final (ex. les tones de gasolina importada).

ii. *Indirectes*: materials associats al procés productiu, que no s'acaben incorporant al producte final, però que es mobilitzen i són necessaris per a la seva obtenció (ex. tones de cru de petroli que cal extreure de l'entorn per produir cada tona de gasolina importada).

3 - Dimensió de producte: es diferencia entre els materials que s'utilitzen o entren al sistema i els materials mobilitzats però que no són utilitzats o no entren en el procés productiu.

i. *Usats o Processats*: agrupa tots els materials mobilitzats que entren en el sistema i són utilitzats (ex. mineral pur).

ii. *No - Usats o No - Processats*: materials associats a l'extracció d'altres que necessàriament són mobilitzats però no són utilitzats ni processats (ex. ganga associada a l'extracció d'una mena)

Seguint aquesta classificació a continuació es defineixen els fluxos inclosos en cada terme del balanç de matèria (Figura 3.1):

- Extracció domèstica i extracció domèstica no usada
- Importacions i exportacions
- Fluxos indirectes associats a les importacions i exportacions
- Sortides a l'entorn natural
- Fluxos d'aire, aigua i d'altres substàncies

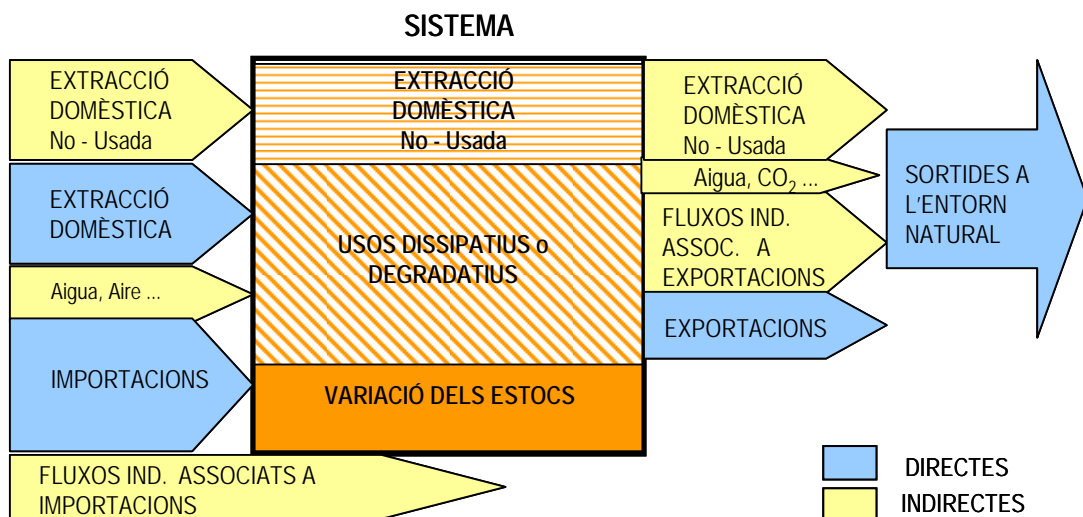


Figura 3.1 Tipologia de fluxos considerats en l'anàlisi dels fluxos de materials (MFA)

Extracció domèstica

L'extracció domèstica (*Domestic Extraction*, DE) és un flux d'entrada que comptabilitza els recursos materials extrets de l'entorn natural del propi sistema. Són fluxos directes i usats. S'han agrupat en tres categories: recursos minerals, combustibles fòssils i biomassa, cadascuna d'aquestes categories es pot desglossar en altres més específiques.

- i. Recursos minerals: inclou minerals metàl·lics, no metàl·lics i productes de pedrera extrets de l'entorn natural.
- ii. Biomassa: inclou biomassa vegetal (productes agrícoles, fusta i pastures), caça i pesca. La ramaderia no s'inclou, ja que es comptabilitza el consum de pinso i pastures i per tant, si també s'incloués el creixement animal hi hauria una doble comptabilització.
- iii. Combustibles fòssils: s'inclouen els combustibles fòssils extrets del territori (gas natural, petroli i carbó). Les altres fonts energètiques: renovables, nuclear i hidroelèctrica, per conveni, han estat omeses per les següents raons:
 - a. L'energia nuclear consumeix una quantitat relativament petita de massa per produir energia, comparat amb l'energia obtinguda a partir del petroli. Segons Institut Català de l'Energia, 1 tona d'urani (en reactors d'aigua lleugera) és equivalent a d'entre 10000 i 16000 tones de petroli (Institut Català de l'Energia [ICAEN], 2003). Els impactes ambientals relacionats amb l'urani com són la generació de residus radioactius, la perillositat de les instal·lacions... no es poden veure reflectits mitjançant indicadors de consum de materials. A més, l'única mina d'extracció d'urani a l'Estat espanyol està situada a Salamanca (Instituto Geológico y Minero Español [IGME], 2003), i tot l'urani processat prové d'importacions amb l'Estat espanyol o internacionals. Tot i així, si en l'estudi s'inclou la comptabilització dels fluxos indirectes, la seva comptabilització seria pertinent (veure Addenda, apartat 4.5.2).
 - b. L'energia hidroelèctrica és produïda pel flux de l'aigua, de manera que el material no és transformat directament, per tant la massa d'aigua utilitzada per a l'obtenció d'energia hidroelèctrica no serà comptabilitzada com un flux de materials per a l'avaluació del MFA. A més cal tenir en compte, que els impactes socials (expropiació de terrenys i reassentament de la població en altres zones en cas d'ocupació d'una vall per un embassament) i medi ambientals (pèrdua d'àrees naturals, modificació del microclima, erosió del sòl, acumulació

de sediments...) associats a aquesta font energètica tampoc es poden veure reflectits en el MFA. Els impactes ambientals associats a aquest tipus d'energia en les fases de construcció i explotació, la generació de pols, olis i metalls que van a les aigües entre d'altres residus, sí que estaran comptabilitzats. Les tones de materials consumits per a la construcció de les preses i embassaments, seran inclosos com a fluxos d'entrada del sistema en l'any o el període de construcció, i els residus generats i abocats a l'aigua també hauran de ser comptabilitzats com a fluxos de sortida del sistema.

- c. Les energies renovables, suposen una proporció molt baixa de l'energia total produïda. L'any 2003 les energies renovables representaven únicament un 3,2% del consum d'energia primària produïda. Si extraiem l'energia renovable d'origen hidràulic i la procedent de la biomassa forestal i dels residus sòlids urbans, la resta d'energies renovables suposen aproximadament un 0,07% del consum d'energia primària produïda (IDESCAT, 2007). A més de suposar un baix consum de recursos materials. Ni el vent, ni la radiació solar ni les altres fonts d'energia renovables han estat considerades com a fluxos de materials d'entrada, exceptuant la biomassa utilitzada com a font d'energia, que sí ha estat comptabilitzada, en la categoria de biomassa vegetal.

Extracció domèstica no usada

L'extracció domèstica no usada (DE No Usada) són els materials mobilitzats degut a l'extracció domèstica però que no s'han utilitzat en el procés econòmic. Els fluxos no usats considerats com a entrades al sistema són els següents:

- i. Recursos minerals i combustibles fòssils: sobreextracció minera o ganga, comptabilitza el conjunt de minerals sense interès pràctic associats a l'explotació d'un mineral o recurs.
- ii. Biomassa: inclou els rebuigs de les captures de pesca, subproductes de les collites no utilitzats (fusta deixada en els boscos, palla, fulles i altres residus de les collites)
- iii. Excavació i drenatge: comptabilitza les terres i roques desplaçades per les activitats de construcció i dragatge de ports i platges.
- iv. Erosió de les terres: opcionalment pot ser quantificada i tractada com un flux no usat, ja que suposa una disminució del rendiment productiu del terreny. Es pot comptabilitzar però no s'inclou per al càlcul dels indicadors.

Importacions i exportacions

Les importacions i exportacions són totes les entrades i sortides de materials amb origen o destí en d'altres sistemes. Es podran classificar segons la tipologia del component principal (biomassa, combustibles fòssils o recursos minerals) i pel grau de processament distingint entre matèries primeres, productes semi-manufacturats i productes acabats. Aquesta classificació permetrà analitzar l'estructura i la tendència del comerç o dependència exterior del sistema.

Fluxos indirectes associats a les importacions i a les exportacions

En aquesta categoria es comptabilitzen els materials associats a les importacions o exportacions que no són importats o exportats físicament, és a dir, que no creuen els límits del sistema. Es comptabilitzen les tones equivalents de recursos primaris extrets; és a dir, és la quantitat de material necessari (usat i no usat) per produir les matèries importades o exportades, menys la quantitat de producte final.

Sortides a l'entorn natural

Les sortides cap a l'entorn natural són tots els fluxos de materials procedents del sistema analitzat i que entren al medi natural que l'envolta. Aquestes sortides poden tenir lloc durant i després dels processos de producció i consum. Per tant, es pot diferenciar entre sortides de materials processats i sortides de materials no - processats (o no - usats). En aquesta categoria de flux, s'inclou les emissions a l'atmosfera i a l'aigua, els residus sòlids als abocadors, els materials amb usos dissipatius (fertilitzants, adobs, pèrdues per corrosió i abrasió de productes i infraestructures, pèrdues per ús de les carreteres, sorres, sal...), i el destí de la DE no usada.

Entrades i sortides d'aire, aigua i altres substàncies

Estrictament l'aigua i l'aire són materials, i com a tal s'haurien de comptabilitzar, i ser considerats entrades i sortides del sistema. Però els seus fluxos tenen un ordre de magnitud superior a la resta dels materials. Comptabilitzar-los suposa que la tendència global del MFA segueixi i reflecteixi principalment el comportament d'aquestes dues substàncies i no deixaria veure la tendència de la resta. Per tant, el flux d'aquestes substàncies s'analitza separatament i en l'anàlisi de fluxos del sistema únicament s'inclou l'aigua i l'aire incorporats en la matèria (biomassa, minerals,...) i que intervenen directament en el procés productiu o econòmic.

S'introdueixen unes convencions en els càlculs perquè els fluxos d'entrada i sortida siguin consistents. Per exemple s'inclou com a entrada, l'aire o oxigen necessari per a la combustió dels combustibles fòssils, per a la respiració dels humans..., i com a sortida, el diòxid de carboni produït, el vapor generat en la combustió o evaporació de productes...⁹

3.4 Acumulació

L'acumulació és la variació de l'estoc de materials presents a l'interior del sistema. A escala nacional o regional, l'acumulació de materials està constituïda majoritàriament per infraestructures, edificis, vehicles i maquinària. Però a escala sectorial i de polígon industrial o empresa aquesta està també vinculada a la variació de l'estoc de béns i equips.

Estrictament s'hauria de comptabilitzar el creixement de la biomassa animal, però aquesta variació de la biomassa és menyspreable, front els estocs de materials d'edificis, infraestructures... Per altra part, els abocadors no s'inclouen en l'interior del sistema, i per tant els residus que s'hi aboquen es consideren fluxos de sortida del sistema.

Els estocs es classificaran segons siguin infraestructures i edificis o altres estocs, que inclouran la maquinària i altres béns perdurables. L'acumulació o variació dels estocs és calculada com la diferència entre les entrades i les sortides del sistema. També es pot calcular, a partir de les entrades i, tenint en compte el temps de residència dels diferents productes o materials en l'interior del sistema, deduir les sortides i l'acumulació.

⁹ Alternativament, el CO₂ i el vapor produït poden ser comptabilitzats en funció del seu contingut en carboni i hidrogen, és a dir en lloc de quantificar les tones de CO₂ es quantificarien les tones de carboni equivalents, així s'evita haver d'introduir substàncies per fer consistent el balanç.

3.5 Indicadors derivats del MFA

La metodologia d'Eurostat (2001) també defineix un conjunt d'indicadors que agrupen els diferents fluxos de materials del sistema. Hi ha tres grups d'indicadors segons quantifiquin, els fluxos d'entrada, de sortida o el consum del sistema. A continuació es presenten els principals indicadors derivats de la metodologia i emprats en aquest treball (Figura 3.2).

Indicadors d'entrada

Mesuren els materials utilitzats o mobilitzats directament o indirecta per l'activitat metabòlica del sistema, per tant estan estretament relacionats amb el procés productiu del sistema.

- **Entrada directa de materials** (*Direct Material Inputs, DMI*): comptabilitza tots els materials que entren en el sistema per tal d'ésser processats o consumits. Està compost per la suma de l'extracció domèstica (DE) i les importacions (I).
- **Entrada total de materials** (*Total Material Input, TMI*): és la suma del DMI i l'extracció domèstica no usada, per tant comptabilitza les tones de materials totals que s'estan extraient o mobilitzat i entren en el sistema.
- **Requeriment total de materials** (*Total Material Requirement, TMR*): és el TMI més els fluxos de materials indirectes associats a les importacions. Mesura totes les entrades de materials al sistema (directes, indirectes, usades, no – usades, domèstics i externs) i quantifica les tones totals equivalents de materials mobilitzats per part del sistema. Per tant, inclou els impactes a altres sistemes, això fa que aquest indicador no sigui additiu entre els diferents països o sistemes per als quals es calcula.
- **Requeriment total de materials domèstics** (*Domestic Total Material Requirement, Domestic TMR*): inclou l'extracció domèstica usada i no usada. Mesura els fluxos de materials moguts en l'entorn natural del propi sistema. En aquest cas, es pot sumar entre països.

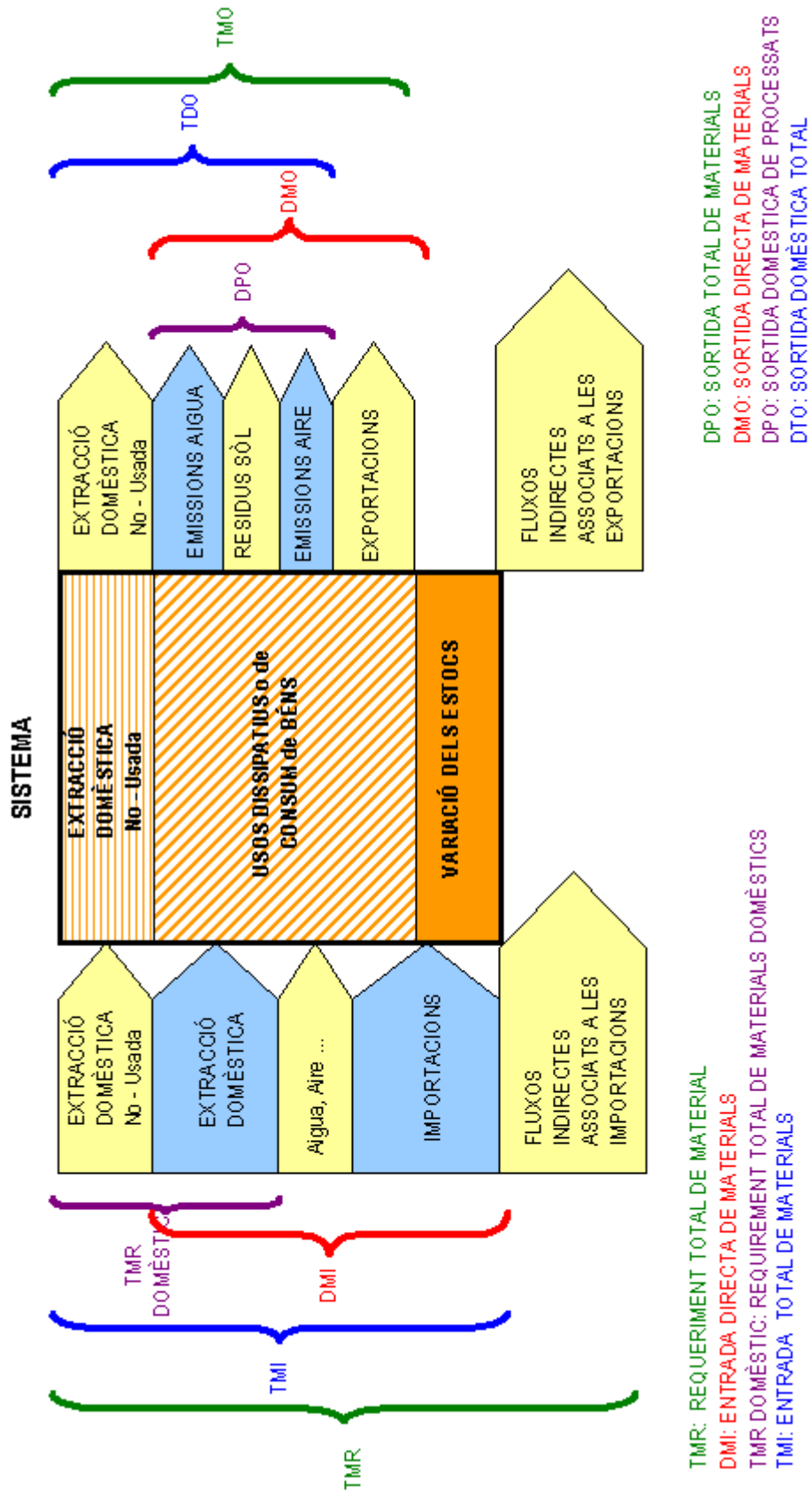


Figura 3.2 Definició i càlcul dels indicadors de fluxos d'entrada i de sortida derivats del MFA

Indicadors de sortida

- **Sortida domèstica de processats** (*Domestic Processed Output to Nature, DPO*): és la sortida de matèria processada o bé utilitzada pel sistema, cap a la natura ja sigui en forma d'emissions, de residus o bé en usos dissipatius dels productes. És la suma de les emissions a l'aire, més els residus sòlids dipositats en abocadors, les càrregues en les aigües residuals i els materials dispersats a l'entorn natural com a conseqüència dels seus usos dissipatius. Els fluxos reciclats no es comptabilitzen.
- **Sortida domèstica total** (*Total Domestic Output (to Nature), TDO*): mesura la quantitat total de materials que surten del sistema i són dipositats a la natura. Es calcula com la suma entre la DPO i els residus de l'extracció no utilitzats.
- **Sortida directa de materials** (*Direct Material Output, DMO*): mesura la quantitat total de materials utilitzats que surten del sistema, ja siguin dipositats a la natura o bé vagin cap a altres sistemes. És calcula com la suma del DPO i les exportacions.
- **Sortida total de materials** (*Total Material Output, TMO*): mesura la quantitat total de materials que surten del sistema. Es calcula com la suma del TDO més les exportacions.

Indicadors de flux, de consum o producció

Són indicadors que reflecteixen el model de consum o de producció del sistema, i es caracteritzen per ser, generalment, més estables al llarg del temps.

- **Consum domèstic de materials** (*Domestic Material Consumption, DMC*): és la diferència entre el DMI i les exportacions (Figura 3.3). Mesura la quantitat de material total utilitzat en el sistema i que és consumit en el seu interior.

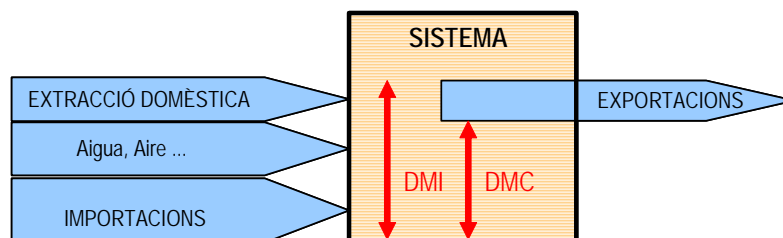


Figura 3.3 Definició i càlcul del consum domèstic de materials (DMC)

- **Consum total de materials** (*Total Material Consumption, TMC*): es calcula com la diferència entre TMR menys les exportacions i els fluxos indirectes associats a les exportacions (Figura 3.4). És un indicador agregat a escala nacional com el PIB, que mesura el material total usat associat al consum del sistema.

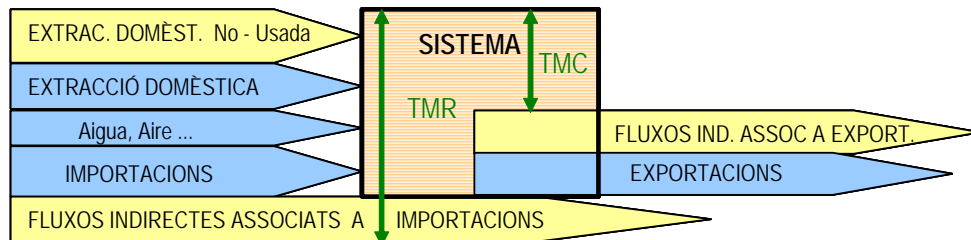


Figura 3.4 Definició i càlcul del consum total de materials (TMC)

- **Balanç físic del comerç** (*Physical Trade Balance, PTB*): és una mesura del comerç físic del sistema. Es calcula com la diferència entre les importacions i les exportacions (Equació 3.3), opcionalment es poden incloure els fluxos indirectes associats a les exportacions i importacions d'un sistema, per tal d'incloure dins el balanç del comerç, l'externalització de les càrregues del sistema (Equació 3.4).

Equació 3.3
$$PTB = \text{Importacions} - \text{Exportacions}$$

Equació 3.4
$$PTB = \text{Importacions} + \text{Fluxos indirectes assoc. a importacions} - \text{Exportacions} - \text{Fluxos indirectes assoc. a exportacions}$$

- **Augment net dels estocs** (*Net Addition to Stocks, NAS*): mesura el creixement físic del sistema, és a dir, la variació dels estocs de materials del sistema que pot ésser calculat de dues maneres. Una opció és a l'estoc antic del sistema es suma l'estoc de les noves infraestructures, edificis i altres béns (maquinària, vehicles...) i es resten els edificis enderrocats i les infraestructures i altres convertits en residus. En l'altre el NAS es calcula com la diferència entre el consum directe de materials (DMC) i les sortides cap a la natura de materials processats (DPO) (Equació 3.5).

Equació 3.5
$$NAS = DMC - DPO = DMI - \text{Exportacions} - DPO$$

En la Taula 3.1 es presenta un resum de la definició i terminologia dels principals indicadors utilitzats en aquesta memòria:

Taula 3.1 Principals indicadors derivats del MFA usats en aquest treball

Indicador	Definició
Extracció domèstica, DE	Materials extrets de l'entorn natural del sistema
Entrada directa de materials, DMI	Quantitat total de materials que entren en una economia $DMI = DE + \text{Importacions}$
Requeriment total de materials, TMR	Entrada total de materials a un sistema incloent els fluxos no usats i indirectes $TMR = DMI + DE \text{ No Usada} + F. \text{ Ind. assoc. a importacions}$
Consum domèstic de materials, DMC	Quantitat de materials que es consumeixen en una economia $DMC = DMI - \text{Exportacions}$
Balanç físic del comerç, PTB	Importacions netes $PTB = \text{Importacions} - \text{Exportacions}$
Augment net dels estocs, NAS	Variació de l'estoc de materials en l'interior del sistema $NAS = \sum \text{Entrades} - \sum \text{Sortides}$

Relacions entre indicadors

A partir d'aquests indicadors es calculen indicadors relatius. Es defineixen com la relació entre indicadors absoluts i variables característiques del sistema com seran la població, el PIB o la superfície del sistema. Seran útils per a poder comparar el sistema estudiat amb altres sistemes de diferents dimensions.

- ***Relacions amb el Producte Interior Brut (PIB)***

Igual que els indicadors derivats del MFA i definits en el punt anterior, el PIB és un indicador macroeconòmic agregat. Cal tenir en compte però, que per al càlcul del PIB les exportacions es sumen i les importacions es resten, mentre que per al càlcul d'indicadors de consum de materials com el TMC o bé el DMC, les importacions es sumen mentre que les exportacions es resten. També esmentar, que la relació entre un material processat respecte al material verge utilitzat per a produir-lo augmenta en valor monetari però disminueix el seu contingut material. És a dir, l'augment de valor monetari dels productes és oposat al seu contingut material.

- ***Relacions amb la població***

Donar valors per capita, permet la comparació de valors a escala individual, i per tant desvincular la influència que tinguin els canvis demogràfics, en la quantitat dels fluxos de materials.

- ***Relacions amb la superfície del sistema***

La superfície d'un territori resta aproximadament constant, si menyspreem l'erosió de les costes i la sedimentació de materials, i pot donar una mesura de la intensitat per unitat de superfície o l'extensió del medi receptor.

3.6 Bibliografia

- Eurostat. (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
- ICAEN. (2003). *Glossari energètic: Unitats*. Barcelona: Institut Català de l'Energia. Recuperat 19 juny 2003 a, <http://www.icaen.net>
- IDESCAT. (2007). *Anuari d'Estadística de Catalunya 2006*. Recuperat 15 setembre 2007 a, <http://www.idescat.net>
- Instituto Geológico y Minero Español. (2003). *Panorama minero español*. Recuperat 15 setembre 2007 a, <http://www.igme.es/internet/RecursosMinerales/panoramaminero/minerales>
- Smith, J.M., i Van Ness, H.C. (1987). *Introduction to chemical engineering thermodynamics*. New York: McGraw-Hill, Inc.

4 ANÀLISI DELS FLUXOS DE MATERIALS DE CATALUNYA

Part d'aquest treball ha estat presentat en:

- *L'Anàlisi del Metabolisme Energètic de l'Economia Catalana* editat per l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) (IEC, 2007).
- *Análisis de los flujos de materiales de una región*, publicat en la Revista Iberoamericana de Economía Ecológica (Sendra et al., 2006b).
- *El análisis de los flujos de materiales: Una herramienta para la Ecología Industrial y el Desarrollo Sostenible*, publicat a Ingeniería Química, (Sendra et al., 2006a).

4.1 Introducció

Des de la conferència de Rio de Janeiro l'any 1992, la societat manté un fort debat sobre el concepte de sostenibilitat i de desenvolupament sostenible, tant a escala local com global. La controvèrsia del triple objectiu: social, ambiental i econòmic, i la seva relació intrínseca amb el creixement econòmic de les regions ha estat àmpliament discutida (Islam et al., 2003).

Per una part, el creixement econòmic és moltes vegades necessari per al desenvolupament econòmic, social i fins i tot ambiental dels països i les regions. En general i fins al moment, les societats s'han preocupat de la seva millora ambiental, una vegada que les seves necessitats bàsiques han estat cobertes. És més, algunes millores tecnològiques de les societats industrialitzades, han permès una disminució dels fluxos emesos a l'entorn natural, tant en termes quantitius com en perillositat i toxicitat. Però per altra part, aquest mateix creixement econòmic està directament relacionat amb un augment del consum i de les necessitats de materials de les societats industrialitzades o "ben estants" (evidentment, des d'un punt de vista material). Aquest creixement, és causa o conseqüència, d'un augment de l'extracció de recursos naturals, de les emissions i residus dispersats en l'entorn natural (Bourg i Erkman, 2003). A més, les perspectives empitjoren si es té en compte les previsions de creixement de la població mundial (Taula 4.1).

Taula 4.1 Previsions de creixement de la població en els propers anys (Nacions Unides, 2007¹; IEC, 2007²):

	2005	2015	
Catalunya ²	7 milions	7,8 milions	11%
Europa ¹	731 milions	711 - 743 milions	(-3) – 2%
Mundial ¹	6.514 milions	7.127 - 7.459 milions	9,5 – 14,5 %

És evident que la sostenibilitat requereix la transició cap a sistemes econòmics en estat estacionari, on els fluxos de matèria i energia romanguin estables a nivells sostenibles (Daly, 1991). Per assolir aquest punt, les solucions tècniques són necessàries però probablement no suficients. Han d'ésser combinades amb mesures socioeconòmiques, i fomentades a través de la política (Huesemann, 2004).

Un altre paràmetre clau en aquesta anàlisi de les necessitats de materials de països i regions, és l'acumulació de materials en l'interior dels sistemes i el creixement de les sortides o la dispersió de materials en l'entorn natural. Una opció és la conversió de tots aquests fluxos en futurs recursos (Dijkema et al., 2000; Brunner i Rechberger,

2004); però calen desenvolupar estratègies de gestió de materials que ens permetin acostar-nos cap a un model cíclic en l'ús dels materials (Ayres i Ayres, 1996).

La quantificació o diagnosi de l'ús de materials per part dels sistemes econòmics, feta amb el MFA, és el primer pas per tendir cap a aquest nou model. Aquesta no només permet la quantificació del fluxos de materials en el model actual, sinó que també ha de permetre i reflectir l'impacte de les mesures tecnològiques i polítiques que s'adoptin.

Com ja s'ha esmentat, el MFA es pot aplicar a sistemes de diferents escales o dimensions des de l'anàlisi de fluxos a escala global o mundial, fins a escala de ciutat, empresa o producte (Fischer-Kowalski i Hüttler, 1999). A escala regional, destaquen els treballs sobre la quantificació dels fluxos de determinades substàncies com metalls o nutrients (Brunner i Rechberger, 2004); l'anàlisi dels fluxos de materials de ciutats (Wolman, 1965; Newcombe et al., 1978; Hammer i Hubacek, 2003); vessants de rius i costes (Ayres et al., 1985; Stigliani et al., 1993); i d'algunes regions més extenses i similars a Catalunya, com la regió Valona (Bèlgica) (ICEDD, 2004), el nord-oest d'Anglaterra (McEvoy et al., 2004) o Suïssa (Hendriks et al., 2000).

En l'estat espanyol, també s'han realitzat diferents treballs de quantificació dels fluxos materials i energètics tant a escala nacional (Carpintero, 2002; Cañellas et al., 2004; Ramos-Martín, 2001) com a escala regional: Euskadi (IHOBE, 2002), Comunitat de Madrid (Naredo, 2003), Lanzarote (Hercowitz, 2003), Galícia (Doldán, 2003), Catalunya (Sendra, 2004) i per a tot l'Estat espanyol (Sastre, 2007).

Tot i que, el MFA a escala regional i local ja es va començar a fer als anys 60 (Wolman, 1965; Newcombe et al., 1978) encara hi ha poques publicacions, en comparació amb el nombre d'estudis a escala nacional. La manca de dades i la seva dispersió, a més de la dificultat d'establir un límits clars del sistema, que permetin quantificar-ne els fluxos d'entrada i sortida, són alguns dels principals problemes d'aplicació a escala regional. A més a més, no hi ha una metodologia estandarditzada i generalitzada, que sigui equiparable a la publicada per Eurostat (2001) a escala nacional, fet que dificulta la comparació entre els diferents estudis.

A escala nacional, la majoria dels estudis són realitzats des d'una perspectiva socioeconòmica. En canvi, quan les dimensions del sistema disminueixen, el MFA és útil per l'anàlisi ambiental dels fluxos d'entrada, sortida i la interrelació entre ambdós, des d'una perspectiva més "ambiental" o d'"ecosistema" (Fischer-Kowalski i Hüttler, 1999; Brunner i Rechberger, 2004). Quan el MFA és avaluat per a regions o països dins d'estats, com el cas de regions subnacionals, l'anàlisi pot ésser una combinació d'ambdues perspectives. A escala regional, les característiques socioeconòmiques són

molt rellevants, però les dades són prou específiques per mostrar la realitat i els impactes ambientals dels fluxos en l'àrea. Alguns països, són tant extensos i heterogenis, que els resultats del MFA a escala nacional, no són el reflex del MFA de les regions que el constitueixen; i els resultats de les dues anàlisis poden discrepar en gran mesura.

A continuació es presenten els resultats del MFA de Catalunya per al període comprès entre els anys 1990 i 2004. S'ha quantificat l'evolució dels fluxos d'entrada i el consum de materials a Catalunya, al llarg d'aquests 15 anys. La manca de dades estadístiques fiables, ha fet que els fluxos de sortida cap a l'entorn natural i la variació de l'estoc de materials a Catalunya únicament s'hagin quantificat en els darrers 5 anys analitzats, entre l'any 2000 i 2004.

El capítol s'ha estructurat en tres parts, després d'aquesta introducció teòrica, es presenten les particularitats metodològiques de l'aplicació del MFA a escala regional. Les principals diferències metodològiques respecte la metodologia del MFA usada a escala nacional són degudes a la menor disponibilitat i major dispersió de les dades estadístiques. Aquest fet implica que quan es calcula el MFA a escala regional, s'hagin de fer algunes estimacions i creuaments de dades per comprovar-ne la consistència. En aquest mateix punt, també es detallen les fonts emprades, les estimacions i les comprovacions fetes per a l'obtenció de dades. En el tercer punt del capítol, es presenten els principals resultats de l'anàlisi realitzat així com, una comparació dels resultats del MFA de Catalunya amb el de l'Estat espanyol i d'altres països d'arreu del món.

4.2 Metodologia i dades usades pel càlcul de l'anàlisi dels fluxos de materials de Catalunya

A continuació, es presenta com ha estat aplicada a escala regional, la metodologia proposada per Eurostat (2001), les fonts estadístiques utilitzades, i les aproximacions emprades per a l'obtenció i la contrastació de les dades estadístiques.

4.2.1 Fluxos d'entrada

4.2.1.1 Biomassa

Fluxos comptabilitzats

En el sector de biomassa s'inclourà la biomassa procedent de l'agricultura (cereals, fruiters, vegetals...), dels boscos, de la pesca, la caça i un últim apartat que inclourà altres activitats com són la producció de mel, bolets, fruits silvestres i llenya recollits per al consum propi.

La biomassa procedent de l'agricultura inclou les collites, els subproductes de les collites i les pastures agrícoles pels animals. La producció ramadera no ha estat considerada una entrada al sistema, ja que el creixement dels animals és un procés que es dona en l'interior del sistema, per tant no es comptabilitza. Com a entrades es comptabilitzaran la biomassa utilitzada per a alimentació animal, i els animals i derivats càrnics importats des de l'exterior del sistema. Les collites i les plantes han estat considerades com a entrades del sistema, en lloc d'ésser considerades una part del sistema. Així s'evita haver d'incloure el metabolisme de les plantes que dificultaria l'obtenció de dades i en canvi no incrementaria la informació obtinguda a l'aplicar la metodologia.

Origen de les dades

Les dades de producció agrícola, pel període 1992 – 2000, s'han obtingut de l'Anuari d'Estadística Agrària i Pesquera de Catalunya (Departament Agricultura Ramaderia i Pesca [DARP], 1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000). Per als anys 2001, 2002 i 2003 les produccions anuals dels conreus més importants a Catalunya han estat publicades a l'Estadística i Conjuntura Agrària (DARP 2003, 2004, 2005). Per obtenir la producció agrària total, la resta de cultius (no reportats en la publicació anterior) han estat calculats usant les dades de producció agrícola total publicades en l'Anuari d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2005). Per als anys 1990 i 1991, únicament es disposava de dades de producció dels conreus més importants

dins del sector agrari català i la resta de conreus han estat estimats usant les següents relacions:

- Els conreus industrials s'han estimat a partir de la producció anual de gira-sol, considerant que el gira-sol suposa entorn un 65% de la producció total de conreus industrials. Entre els anys 1992 i 2003 la producció de gira-sol ha suposat entre el 51 i el 84% del total de cultius industrials, s'ha agafat la mitja ponderada.
- La resta de conreus llenyosos s'han considerat un 0,7% de la producció agrícola total; ja que entre els anys 1992 i 2003 a Catalunya els conreus llenyosos han representat entre un 0,6 i un 0,8% de la producció total.

Els subproductes de l'agricultura usats, han estat estimats a partir de la producció de palla i residus (fulles...) que són utilitzats pels diferents tipus de cultius (Taula 4.2). La quantificació ha estat feta usant coeficients. Per alguns cereals, els coeficients han pogut ésser estimats a partir de dades d'estadístiques de la producció de palla per tona de gra pels anys 1995 i 2000 a Catalunya (DARP, 1995, 2000). Per a la resta, degut a la manca de dades estadístiques a Catalunya, s'ha utilitzat els coeficients bibliogràfics per Europa.

Taula 4.2 Coeficients de producció i ús de palla i subproductes, per cada tipus de conreu (tona subproducte usat/tona producte)

Conreu	Coefficient ¹⁰	Conreu	Coefficient ¹¹
Blat	0,76	Arròs	0,84
Ordi	0,68	Blat de moro	1,08
Civada	0,98	Sorgo	0,84
Sègol	1,11	Mill	0,84
Espelta	0,99	Escaiola	0,84
Mestall	0,65	Altres cereals	0,84
Triticacle	0,56	Remolatxa	0,63

Per convenció, per a l'estimació dels farratges i les pastures, s'ha establert que el contingut en aigua de la biomassa farratgera ha d'ésser d'un 15% en pes (Eurostat, 2001). Per aquest motiu les dades estadístiques de produccions farratgeres en verd publicades en l'Anuari d'Estadística Agrària i Pesquera de Catalunya (DARP, 1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000) i en l'Estadística i Conjuntura

¹⁰ Estimació pròpia.

¹¹ Base de dades del Wuppertal Institute.

Agrària (DARP, 2003, 2004, 2005), han estat corregides i el seu contingut en aigua ha estat reduït fins al 15%, usant les Equacions 4.1 i 4.2:

Equació 4.1
$$Factor_{mc} = \frac{1 - mc_{fresc}}{1 - mc_{airesec}} = \frac{1 - 0,8}{1 - 0,15} = 0,235$$

Equació 4.2 **Pes (15% en aigua) = Pes Fresc · Factor_{mc}**

- On: Factor_{mc}: factor del contingut d'humitat
 mc_{fresc}: contingut d'humitat en fresc, s'ha pres un valor mig del 80%.
 mc_{aire sec}: contingut d'humitat en aire sec, per conveni es pren un 15%.

Per altra part, les pastures permanents, poden ésser collides per a la producció de pinsos animals o bé consumides directament pels animals de pastura. Aquest darrer ús, és una altra entrada de biomassa no inclosa en les estadístiques. Per tal de comptabilitzar-la, s'han utilitzat dos mètodes d'estimació i posteriorment s'han contrastat els resultats dels dos mètodes.

El primer mètode consisteix en la comptabilització dels requeriments de biomassa per alimentació animal, a partir del nombre de caps de bestiar (IDESCAT, 2005, 2006, 2007a) i el valor mig de consum anual per cada tipus d'animal (Taula 4.3):

Taula 4.3 Coeficients de requeriments alimentaris anuals per tipus de bestiar¹² (tones/cap bestiar *any)

	Requeriment alimentari anual (tones/cap*any)	Valors usats (tones/cap*any)
Boví	3,6 – 5,5	3,6
Oví i cabrú	0,35 – 0,7	0,4
Equí	2,9 – 4,4	2,9
Ases i mules	1,8 – 2,6	2,9

Per tant, un valor aproximat del requeriment de biomassa per alimentació animal es pot calcular amb l'Equació 4.3:

Equació 4.3 **Requeriment farratge = N° Caps bestiar · Requeriment alimentari anual**

Llavors, per a calcular les pastures no incloses en les estadístiques a aquest valor s'ha de restar els cultius farratgers (Farratge) i la biomassa recollida dels prats de

¹² Base de dades del Wuppertal Institute.

pastura (Biomassa de pastures). De manera que la demanda de biomassa per pastures es podrà calcular amb l'Equació 4.4:

Equació 4.4 Demanda pastura = Req. farratge – Farratges – Biomassa de pastures

En el segon mètode s'ha de quantificar el potencial de producció de biomassa en les pastures a Catalunya, a partir de l'àrea destinada a pastures permanents. L'àrea total destinada a pastures permanents s'ha estimat a partir del cens agrari fet per l'Institut d'Estadística de Catalunya l'any 1989 (DARP i IDESCAT, 1989) i de la distribució general de la superfície a Catalunya (DARP, 2003, 2004, 2005) per al període 2001 – 2005:

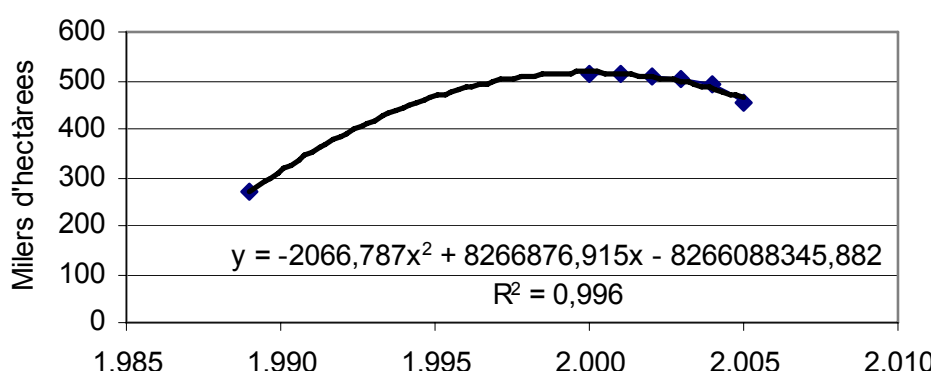


Figura 4.1 Evolució de la superfície de dedicada a pastures a Catalunya

El coeficient de producció de biomassa en les pastures permanents és entre 1 i 10 tones per hectàrea de pastures¹³, s'ha utilitzat 3,5 tones per hectàrea, valors recomanats per països del sud d'Europa amb règim pluviomètric similar al de Catalunya.

Les dades de producció anual de fusta, llenya i suro són de l'Anuari d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2005), excepte per a l'any 2004 que han estat extretes de les Estadístiques Forestals (DARP, 2005). Les dades són subministrades en unitats volumètriques, per passar a unitats màssiques s'ha utilitzat la densitat mitjana de la fusta (amb un 20% d'humitat) de 0,55 tones/m³ per a les coníferes i 0,73 tones/m³ per a les no coníferes¹⁴.

La producció anual de mel i cera s'ha obtingut a partir de l'Anuari d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2005, 2006, 2007b).

Les dades de captures pesqueres marítimes s'han obtingut de les publicacions estadístiques del DARP (2007b) i de l'Anuari d'Estadística de Catalunya 1992 – 2004

¹³ Base de Dades del Wuppertal Institute

¹⁴ Base de Dades del Wuppertal Institute

(IDESCAT, 2006, 2007b). Per conveni, les captures pesqueres provinents de l'aqüicultura no es consideren una entrada del sistema.

Les dades de captures de caça s'han obtingut de l'Anuari d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2007b), excepte per l'any 1997 que, degut a la manca de dades estadístiques, ha estat calculat com el valor mig entre els anys 1996 i 1998. La temporada de caça s'inicia a principis d'octubre i finalitza a principis de febrer del següent any, de manera que totes les estadístiques anuals reportades, corresponen a 2 anys naturals. En aquest estudi, els valors s'han imputat a l'any d'inici de la temporada. Les dades estadístiques són publicades en nombre de peces capturades, per tal d'obtenir les dades en unitats massiques s'han considerat els pesos mitjos presentats a continuació en la Taula 4.4, estimats a partir de les dades dels Anuaris d'Estadística Agroalimentària del Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació Espanyol (MAPyA) (MAPyA, 2007b, 2007c, 2007d).

No s'han pogut obtenir dades estadístiques sobre els bolets, fruits silvestres i llenya recollits per al consum propi, per tant aquests fluxos finalment no han estat comptabilitzats.

Taula 4.4 Pes mig de les peces per espècies

Espècie	Pes mig (kg/peça)			
	1997	1999	2002	mitja
Cérvol	54,06	59,53	72,22	61,9
Porc senglar	35,66	47,44	43,26	42,1
Altres caça major	36,54	37,86	30,71	35,0
Llebre	1,90	2,26	1,94	2,0
Conill	0,90	0,92	0,91	0,9
Altra caça menor (mamífers)	4,58	4,89	4,92	4,8
Perdiu	0,43	0,40	0,51	0,4
Guatlla	0,17	0,15	0,11	0,1
Altra caça volàtil	0,15	0,21	0,21	0,2

Extracció domèstica no usada

S'han considerat els fluxos no usats associats a la pesca marina degut als rebuigs. S'ha pres el percentatge que apareix en un informe del World Resources Institut (2001). En l'informe s'estima, utilitzant dades de la Food and Agriculture Organization (FAO) de les Nacions Unides, que els descartes de pesca suposen un 25% de les captures totals tant en el mar Mediterrani com en l'Oceà Atlàntic.

També una part dels residus de les collites (palla, fulles...) no són usats i han d'ésser comptabilitzats en aquesta categoria. Per a estimar-ne la generació s'han utilitzat els coeficients presentats en la Taula 4.5:

Taula 4.5 Coeficients per a l'estimació de l'extracció domèstica no usada associada a la biomassa vegetal (tona DE no usada /tona DE usada)¹⁵

Cultiu	Coeficient	Cultiu	Coeficient
Blat	0,24	Patates	0,03
Ordi	0,52	Pèsols	0,59
Civada	0,22	Faves	0,73
Sègol	0,09	Colza	0,40
Espelta	0,21	Mostassa	0,50
Mestall	0,55	Trèvol	0,10
Trititacle	0,64	Llegums	0,10
Arròs	0,36	Alfals	0,17
Blat de moro	0,12	Fusta	0,45
Sorgo	0,36	Altres cereals	0,36
Mill	0,36	Remolatxa	0,07
Escaiola	0,36	Canya de sucre	0,05

4.2.1.2 Combustibles fòssils

Fluxos comptabilitzats

S'han comptabilitzat el carbó, el petroli i el gas natural. Aquesta categoria inclou els combustibles fòssils, tant si són usats com a fonts d'energia o bé tenen altres usos, excepte quan estigui clarament especificat, ja que empíricament està demostrat que l'ús no energètic és pràcticament negligible (0,5% pel carbó i 0,2% pel gas natural), excepte pel petroli que suposa un 25% (IEC, 2007).

Origen de les dades

Les dades d'extracció de carbó, petroli i gas natural s'han obtingut de l'Estadística Minera d'Espanya (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo [MICT], 1990; Instituto Nacional de Hidrocarburos [INH], 1991; Ministerio de Industria y Energía [MIE], 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998; Ministerio de Economía, 1999, 2000)¹⁶ i contrastades amb les dades de l'Anuari Estadístic de Catalunya 1992-2004 (IDESCAT, 2005), i dades subministrades per la Direcció General d'Energia i Mines de la Generalitat de Catalunya¹⁷. No s'han trobat dades estadístiques de la producció de gas natural l'any 1990, i ha estat estimada a partir de la regressió lineal de les dades producció de gas natural a Catalunya en el període 1988 – 2004.

¹⁵ Base de dades del Wuppertal Institute.

¹⁶ Pels anys 2001, 2002, 2003 i 2004 el personal del Ministeri d'Economia van subministrar les dades en format digital.

¹⁷ Comunicació personal.

En les fonts estadístiques, les dades de producció de gas natural a Catalunya són subministrades en unitats volumètriques (m³). La massa de gas extret s'ha calculat a partir de la producció en volum a condicions normals, aplicant la llei dels gasos ideals; considerant el pes molecular mitjà de 19 g/mol (Gas Energia, 2004). Els coeficients de conversió de recursos energètics han estat extrets de l'apèndix de l'ICAEN (2003). Aquesta metodologia és anàloga a la proposada pel Report n° 56 de l'Agència Europea del Medi Ambient (Bringezu i Schütz, 2001).

Extracció domèstica no usada

Per a l'estimació dels fluxos no usats associats a l'extracció domèstica de combustibles fòssils, s'ha utilitzat els coeficients calculats per l'Institut Wuppertal. Els coeficients multiplicats pel cabal extret en unitats màssiques dóna un cabal estimatiu de les tones de materials mobilitzats per l'extracció de cada tona de material útil.

El carbó extret a Catalunya és hulla subbituminosa o lignit negre, i és extret a les conques del Baix Segre (Lleida) i a la Conca de Saldés (Barcelona). Pel tipus d'extracció (cambres i pilars i el mètode de subnivells horitzontals) (Mitjà et al., 2000) i els jaciments existents a Catalunya es recomana utilitzar 0,9 tones per tona de carbó extreta.

La producció petrolífera catalana està concentrada en la província de Tarragona, als jaciments de Casablanca-Montanazo, Rodaballo i Boquerón en la plataforma continental. El camp marí de Casablanca ha estat en explotació des de 1977 fins a 1986, a partir de 1987 l'extracció ha continuat, unificant el camp de Casablanca al de Montanazo. El jaciment de Rodaballo va començar a produir en l'any 1996 (IGME, 2007). Per al petroli s'han comptabilitzat 0,006 tones per tona extreta .

La producció de gas natural a Catalunya prové del jaciment de Casablanca (Tarragona) i és residual de l'extracció de petroli en aquest camp, en vies d'esgotament (IGME, 2007), com a subproducte associat a l'extracció de petroli no porta associats fluxos no usats, ja que s'imputen tots als petroli.

4.2.1.3 Recursos minerals

Fluxos comptabilitzats

Els minerals en aquesta categoria s'agrupen en metàl·lics, no metàl·lics o industrials (sals, sorres especials...), i productes de pedrera (sorres, graves...). També s'inclouen tots els productes derivats, semimanufacturats i acabats on el seu contingut majoritari sigui d'origen mineral, com els productes ceràmics i el formigó, entre molts d'altres.

Origen de les dades

Les dades estadístiques de l'extracció minera a Catalunya han estat subministrades pels anuaris *d'Estadística Minera de Espanya* en el període 1990 – 2004 (MICT, 1990; MIE, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998; Ministerio de Economía, 1999, 2000)¹⁸. Aquestes dades han estat completades i contrastades amb els informes de l'IGME, del *Panorama Nacional de Recursos Minerales* (IGME, 2007), amb les estadístiques publicades per la Direcció General d'Energia i Mines del Departament d'Indústria, Comerç i Turisme de la Generalitat de Catalunya (Mitjà et al., 2000)¹⁹ i amb les dades del *European Mineral Statistics* (British Geological Survey, 2007).

Determinats minerals, com les sorres i les argiles, es caracteritzen per tenir dades estadístiques incompletes o poc fiables. En aquests casos, s'han fet comprovacions creuades per contrastar la fiabilitat de les dades. Les comprovacions fetes han estat les següents:

1. La sorra, grava i roques calcàries, són materials bàsics per a l'elaboració de formigó i la construcció de les subbases de les carreteres. En el cas de Catalunya són els seus usos més importants. Si es té en compte que les importacions i exportacions d'aquests recursos són mínimes, la seva extracció a Catalunya ha d'ésser igual o superior a la quantitat necessària per al manteniment i la construcció de noves carreteres, més la quantitat necessària per a la fabricació de formigó.

El consum de sorra, grava i roques necessaris per a la fabricació de formigó i els seus productes derivats es pot estimar a partir del consum anual de ciment, considerant que per cada 0,35 t de ciment es necessiten entorn unes 2,1 tones de roques, sorres i grava, per obtenir un formigó amb una composició mitja²⁰. Per altre part, el consum d'aquests productes es pot estimar a partir de les dades dels kilòmetres de carreteres de Catalunya (DPTOP, 1991, 1992, 1995, 1997, 1998, 1999). Llavors, cal tenir en compte les amplades típiques i reglamentàries segons els tipus de via segons la *Norma 3.1-IC de la instrucció de carreteras*, presentades a la Taula 4.6:

¹⁸ Pels anys 2001, 2002, 2003 i 2004 el personal del Ministeri d'Economia van subministrar les dades en format digital.

¹⁹ A més de la informació descrita en la bibliografia, algunes de les dades han estat subministrades per comunicació oral amb personal de la Direcció General d'Energia i Mines de la Generalitat de Catalunya.

²⁰ Comunicació personal amb professionals del sector a Catalunya. Es pot estimar que són necessàries entorn a 2,1 tones sorra i grava per cada 0,35 t de ciment, en la fabricació de formigó.

Taula 4.6 Amplades reglamentàries de la xarxa viària

Tipus carretera	Velocitat (km/h)	Amplada (m)					
		carril	voral exterior	voral interior	berma mínima	berma màxima	
Calçada separada	120	3,5	2,5	1-1,5	0,75	1,5	
	100	3,5	2,5	1-1,5	0,75	1,5	
	80	3,5	2,5	1	0,75	1,5	
Calçada única	vies ràpides	100	3,5	2,5		0,75	1,5
		80	3,5	2,5		0,75	1,5
	carreteres convencionals	100	3,5	1,5-2,5		0,75	1,5
		80	3,5	1,5		0,75	1,5
		60	3,5	1,0-1,5		0,75	1,5
		40	3,5	0,5		0,75	1,5
		40	3	0,5		0,75	1,5

Tenint en compte que les autopistes normalment són projectades en dos carrils s'han considerat les següents amplades mitges (Taula 4.7), per tal de poder estimar la superfície de la xarxa viària catalana i la seva variació anual.

Taula 4.7 Amplada mitja de la xarxa viària catalana

Tipus de via	Amplada (km)
Autopistes de peatge	0,02275
Autopistes lliures i autovies	0,02275
Carreteres de doble calçada	0,01525
Carreteres de calçada única	
<i>menys de 5 metres d'ample</i>	0,005
<i>de 5 a 7 metres d'ample</i>	0,006
<i>més de 7 metres d'ample</i>	0,007

El consum de sorra, grava i roques per a la construcció de noves carreteres ha estat estimat considerant que es necessita²¹ 500 kg/m², mentre que per al seu manteniment²² es necessiten 153 t/km.

2. Argiles. L'extracció d'argiles s'ha estimat a partir de la quantitat d'argila necessària per fabricar maons, tenint en compte els consums de la Taula 4.8:

Taula 4.8 Consum d'argila per a la producció de maons

Tipus maó	Consum argila per unitat de maó fabricat
Maons ordinaris	2.2 t/m ³
Maons revestiment	2.73 t/m ³
Teules de terra cuita	2,73 kg/unit

²¹ Consulta amb expert de l'empresa INHA, tenint en compte una densitat 2,65 t/m³, una porositat de 0,3 i un gruix de la capa de sorra de 30 cm.

²² Dada de consum mig per Alemanya, a partir de les estadístiques oficials.

La producció anual catalana de maons ha estat extreta dels anuaris de l'Institut d'Estadística de Catalunya *d'Estadística, producció i comptes de la indústria* (IDESCAT, 2007c).

Extracció domèstica no usada

Els fluxos no usats associats a l'extracció de recursos minerals a Catalunya, es poden calcular a través dels següents coeficients obtinguts de la base de dades del Wuppertal Institute. Els coeficients emprats són presentats a la Taula 4.9:

Taula 4.9 Coeficients per a l'estimació de l'extracció domèstica no usada

Mineral	Coeficient (t/t)	Mineral	Coeficient(t/t)
Baritina	0,78	Quarsita	0,207
Caolí	0,51	Dolomia	0,33
Feldespat	0,019	Granit	0,23
Sal gemma	0,087	Margues	0,23
Sals potàssiques	3,84	Marbre	0,23
Argila	0,24	Pissarra	0,25
Sorra i grava	0,14	Pòrfirs	0,23
Sorrenques	0,02	Síllice i sorres silíciques	0,02
Calicàries	0,33	Guix	0,019
Creta	0,24	Altres	0,23

4.2.1.4 Excavació i dragat

Fluxos comptabilitzats

Les terres mogudes degut al dragatge de ports i platges per a l'excavació per a la construcció són fluxos de materials que es mobilitzen per al funcionament de l'economia i com a tal han d'ésser comptabilitzats com a fluxos d'entrada al sistema analitzat, concretament com extracció domèstica no usada. En la metodologia proposada per l'Agència Europea del Medi Ambient (EEA) (Bringezu i Schütz, 2001), es proposen uns coeficients per estimar les tones de materials excavats a partir del valor afegit associat a la construcció. Aquests coeficients han estat calculats fent una mitjana ponderada dels valors obtinguts per a Alemanya, Països Baixos, Àustria i Finlàndia (Adriaanse et al., 1997).

A escala de Catalunya, únicament s'han pogut obtenir dades econòmiques sobre els costos de dragatge dels ports de la Generalitat de Catalunya i de Tarragona, però no s'ha trobat cap estimació de les tones de materials desplaçats com a conseqüència d'aquesta activitat, per la qual cosa no ha estat estimat, ja que el coeficient proposat per la EEA, s'ha considerat massa aproximat.

4.2.2 Fluxos exteriors: importacions i exportacions

Fluxos comptabilitzats

Per a quantificar les importacions i exportacions totals de Catalunya, s'ha tingut en compte el comerç amb l'Estat espanyol i amb la resta del món. Els materials comercialitzats s'han classificat segons el seu contingut majoritari distingint entre: biomassa, energia i minerals; i segons els seu grau de processament: matèries primeres, productes semi manufacturats i productes acabats. També s'ha inclòs una categoria anomenada altres per a productes amb composició desconeguda o productes no classificables en cap de les categories anteriors.

Origen de les dades

Les dades d'importacions i exportacions de Catalunya amb la resta de països (UE i fora de la UE) s'ha obtingut de les Estadístiques de Comerç Exterior de Catalunya 1994-2004, (IDESCAT, 2007b). El comerç exterior entre els any 1990 i 1993, s'ha obtingut a partir de les Estadístiques d'Aduanes de l'Agència Tributària d'Espanya (Agència Tributaria, 2007).

Les dades de comerç amb l'Estat espanyol, s'han obtingut a partir de les estadístiques de transport de mercaderies per diferents mitjans de transport.

El transport de mercaderies per carretera s'han obtingut per al període 1995 – 2004 a partir de la base de dades de la *Enquesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera* subministrada per personal del Ministerio de Fomento (MF). Les dades han estat tractades per tal d'excloure el transport intern a Catalunya i el transport amb d'altres països. Les dades per l'any 1993 i 1994 han estat extretes dels Anuaris d'Estadística de Catalunya dels anys 1993, 1994 i 1996 (IDESCAT, 1995, 1997). Les dades dels anys 1985 i 1990 han estat extretes de l'Anuari d'Estadística del Departament de Política Territorial i Obres Públiques 1992 – 1995 (DPTOP, 1995). Les dades d'aquest darrer període han estat contrastades amb la publicació del Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente (MOPyMA) (MOPyMA, 1992, 1993b, 1993c, 1993d, 1993e, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d). Les dades dels anys 1991 i 1992 han estat interpolades a partir dels valors de tota la sèrie temporal.

Les dades de transport ferroviari de mercaderies entre Catalunya i Espanya per l'any 1998 i entre els anys 2000 i 2004, han estat extretes de l'Anuari d'Estadística d'Espanya, publicat per l'Institut d'Estadística de Espanya (INE, 2001, 2003, 2004, 2005) i de RENFE (RENFE, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006). Per als anys 1995 -1998, s'ha utilitzat la base de dades del grup de recerca del Dr. Josep Oliver Alonso del departament

d'Economia Aplicada de la Universitat Autònoma de Barcelona. Les dades de transport ferroviari de mercaderies per al període 1990 – 1994 han estat extrapolades a partir de les valors de la sèrie temporal disponible.

El transport marítim de mercaderies entre Catalunya i l'Estat espanyol ha estat extret de les estadístiques de transport per cabotatge publicades a les estadístiques de tràfic portuari i de les memòries anuals dels diferents ports (Autoritat Portuària Tarragona [APT], 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005; Autoritat Portuària Barcelona, 1995; Junta Puerto Tarragona, 1991, 1992; Ports Generalitat [PG], 2002, 2003, 2004, 2005; Ports Generalitat de Catalunya [PGC], 2000, 2001; Port Autònom de Barcelona, 1991, 1992, 1993; Port de Barcelona, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005).

Per últim les dades de transport aeri nacional van ésser obtingudes a partir de les dades estadístiques de tràfic interior dels aeroports de Barcelona, Reus, Girona i Sabadell amb els aeroports espanyols. Les dades han estat extretes de *l'Anuario Estadístico del Transporte Aéreo de España* (Ministerio Fomento, 1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003; MOPTyMA 1993a).

Fluxos indirectes associats a les importacions i exportacions

Els fluxos indirectes associats a les importacions i a les exportacions han estat calculats utilitzant la base de dades del Wuppertal Institute. La manca de dades estadístiques més desagregades sobre el comerç exterior amb l'Estat espanyol, ha impedit calcular aquests fluxos per tota la sèrie i amb més precisió. Igualment cal remarcar, que els coeficients usats són aproximats i actualitzats, en base al comerç exterior d'Alemanya. Per tant, els càlculs fets són únicament una primera estimació, que permet avaluar la importància i l'ordre de magnitud d'aquests fluxos, però no una quantificació precisa.

4.2.3 Fluxos de sortida

Els fluxos de sortida de materials de Catalunya únicament han estat avaluats pel període comprès entre l'any 2000 i el 2004, degut a la manca de dades disponibles per avaluar series històriques més àmplies.

4.2.3.1 Emissions atmosfèriques

Fluxos comptabilitzats

En la categoria d'emissions atmosfèriques s'inclourà les emissions associades als usos energètics, al transport (terrestre i aeri), les emissions no energètiques associades a processos industrials, la respiració dels humans i d'animals i els fluxos originats en la incineració de residus.

Les substàncies comptabilitzades seran: CO₂ total, SO₂, NOx com a NO₂, COV, CO, pols, N₂O (excloent N d'origen agrícola i d'abocadors), NH₃ (excloent fertilitzants), HFC, CH₄, SF₆, partícules, metalls pesats i vapor d'aigua dels processos de combustió i evaporació dels materials.

Origen de les dades

Les dades d'emissions atmosfèriques provenen de l'Inventari d'Emissions Atmosfèriques d'Espanya, que han estat subministrades per personal del ministeri de Medi Ambient de l'Estat espanyol. D'aquestes dades, s'han exclòs les emissions dels abocadors i el nitrogen d'origen agrícola i dels fertilitzants, per evitar doble comptabilització.

Les emissions de CO₂ de la respiració animal i la generació de vapor, han estat estimades seguint els següents criteris:

1. Les emissions de CO₂ procedents de la respiració humana i de la ramaderia s'han estimat utilitzant els coeficients proposats pel World Resources Institute per a l'estimació d'aquests fluxos als Països Baixos (Matthews et al., 2000). En la Taula 4.10, es presenten els factors de conversió utilitzats:

Taula 4.10 Emissions de CO₂ per respiració animal

Espècies	Coefficient (kg/animal*dia)	Espècies	Coefficient (kg/animal*dia)
Homes	0,9	Porcs menjar	0,67
Dones	0,9	Equins	6
Boví	8	Conills ²³	0,04
Oví	0,65	Gallines	0,03
Cabrú	0,65	Polles ponedores	0,04
Porcs cria	0,98	Pollastres i galls	0,03

El nombre caps de bestiar de cadascuna de les espècies, ha estat obtingut a partir de dades estadístiques (IDESCAT, 2006).

²³ Aproximació.

2. Les emissions de vapor d'aigua degut a la combustió de combustibles fòssils i l'evaporació del seu contingut en aigua, ha estat quantificat a partir de la composició típica dels combustibles fòssils (Matthews et al., 2000). El contingut aproximat d'hidrogen en els combustibles fòssils, es presenta en la Taula 4.11:

Taula 4.11 Contingut en hidrogen dels combustibles fòssils
(Matthews et al., 2000)

Combustible	Contingut en hidrogen
Petrolí	12%
Carbó	5%
Gas Natural	25%

A partir de l'estimació de la composició típica dels combustibles fòssils i el consum²⁴ anual d'aquests a Catalunya, s'han calculat estequiòmicament el vapor d'aigua generat.

3. L'evaporació del contingut en aigua de la biomassa, ha estat estimada en un 15% del seu pes (Eurostat, 2001).
4. Les emissions de vapor d'aigua originades en la respiració animal, han estat comptabilitzades estequiòmicament a partir de les emissions de CO₂ d'origen animal.
5. L'evaporació del contingut d'aigua dels materials d'origen minerals no ha estat quantificades.

4.2.3.2 Residus sòlids

Fluxos comptabilitzats

En aquest treball com ja s'ha esmentat, al definir els límits del sistema analitzat, s'han considerat els abocadors i els dipòsits controlats com elements externs al sistema analitzat. Amb aquesta delimitació es comptabilitzaran com a fluxos de sortida del sistema, els residus sòlids que s'hi dipositin. Opcionalment, els abocadors podrien haver estat considerats en l'interior del sistema; en aquest cas en lloc de comptabilitzar els residus sòlids, s'hagués hagut d'avaluar com a fluxos de sortida del sistema les emissions, els lixiviats i la resta de corrents de sortida d'aquestes instal·lacions. Per contra les incineradores han estat comptabilitzades en l'interior del sistema, per tant en

²⁴ Consum s'ha avaluat com l'extracció domèstica més les importacions menys les exportacions.

lloc de comptabilitzar els residus sòlids incinerats s'avaluaran com a fluxos de sortida del sistema les escòries i les emissions atmosfèriques que s'hi generin.

Per tant, dins d'aquesta categoria s'han comptabilitzat tots els residus industrials i municipals declarats amb destins a abocadors, els residus de la construcció, residus de la ramaderia i fangs de depuració d'aigües.

Origen de les dades

Les dades de generació anual de residus han estat obtingudes de les estadístiques de l'Agència Catalana dels Residus (ARC) (ARC, 2007).

4.2.3.3 Aigües residuals

Fluxos comptabilitzats

Els sistemes de tractament i depuració d'aigües residuals es consideren part del sistema i per tant, les emissions a l'aigua es comptabilitzaran després del tractament físic – químic i biològic de les aigües residuals. Es comptabilitzen els contaminants emesos (càrrega orgànica, fòsfor, nitrogen i partícules) en unitats màssiques, sense incloure el volum d'aigua tractada.

Origen de les dades

Les dades estadístiques dels anys 2002 al 2004, han estat extretes de l'Enquesta sobre subministrament i tractament d'aigües de l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2006). Per a l'any 2001, s'han obtingut de la *Encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua. Año 2001. Características de las aguas residuales por clase de indicador y comunidad autónoma y recogida y tratamiento de las aguas residuales por clase de indicador y comunidad autónoma* del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2007). Per a l'any 2000, el cabal tractat ha estat extret de l'Enquesta sobre el subministrament i el tractament d'aigües. Recollida i tractament de les aigües residuals, publicada per l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2007a), però la seva composició ha estat extrapolada a partir de les dades disponibles pel període 2001 – 2004.

4.2.3.4 Dades de usos dissipatius de productes i pèrdues

Fluxos comptabilitzats

En aquesta categoria s'hauria d'haver inclòs l'erosió i corrosió d'infraestructures, l'abració dels pneumàtics i frens dels cotxes, el desgast de les

carreteres, el consum de fertilitzants, pesticides i llavors, les pèrdues d'aigua per evaporació dels materials descongelats... Però degut a la manca de dades per poder estimar aquests fluxos, únicament s'han comptabilitzat en aquesta categoria de fluxos: l'ús de fertilitzants, pesticides i llavors, el compost i els fems abocats en terrenys agrícoles.

Origen de les dades

El consum de fertilitzants a Catalunya ha estat obtingut a partir de la comunicació personal i d'informes estadístics del Departament Agricultura Ramaderia i Pesca (DARP, 2005), les estadístiques de consum de fertilitzants del Ministeri de Agricultura, Pesca i Alimentació d'Espanya (MAPyA, 2007a) i de *l'Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes* (2007). L'ús de llavors i pesticides a Catalunya ha estat quantificat a partir de la comunicació personal amb el Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya.

La producció anual de fems, ha estat extreta de l'Anuari d'Estadística de Catalunya de l'any 2006 (IDESCAT, 2007a) i s'ha corregit per avaluar el pes sec, considerat que un 75% del seu contingut és aigua.

La producció de compost a Catalunya ha estat extreta de la presentació de Francesc Giró de la Agència de Residus de Catalunya, feta a la I Jornades tècniques i de treball sobre compostatge, el 14 de març del 2007.

4.2.4 Altres fluxos per quadrar els balanços

Fluxos comptabilitzats

En aquesta categoria es comptabilitzen les entrades d'oxigen, aigua, nitrogen i d'altres substàncies incloses en els fluxos de sortida i que no han estat comptabilitzades al quantificar els fluxos d'entrada.

En el present treball el contingut en aigua de les extraccions i de les importacions ja ha estat inclòs en els fluxos d'entrada, per tant no cal afegir una entrada addicional. Únicament s'ha comptabilitzat l'oxigen atmosfèric que s'acaba incorporant als productes de sortida.

Origen de les dades

El flux d'entrada d'oxigen atmosfèric ha estat estimat estequiomètricament a partir dels productes de sortida. S'ha considerat que hi havia un consum d'O₂, per a la formació de CO₂, NO_x, SO₂, N₂O, CO i vapor d'aigua format en els processos de combustió.

4.3 Resultats i discussió

A continuació es presenta l'evolució de les entrades, el consum i les sortides de materials en el període 1990 – 2004, així com els principals indicadors derivats del MFA.

Els resultats mostren la tendència global seguida pel país, es presenta l'estructura i composició de les matèries consumides i requerides pel manteniment del seu metabolisme, distingint en funció del seu origen (entorn propi o mercat exterior) i la seva composició (biomassa, recursos minerals i combustibles fòssils). També es quantifica el comerç exterior de Catalunya en termes massics (tant amb l'Estat espanyol com amb tercers països) i els fluxos indirectes associats al comerç exterior, pel període comprès entre l'any 2000 i 2004. Com ja s'ha esmentat també es presenten els fluxos de sortida i acumulació per al període comprès entre els anys 2000 i 2004. Finalment, es compara la situació a Catalunya, amb la de l'Estat espanyol, la de la Unió Europea i d'altres països d'arreu del món.

4.3.1 Estructura i evolució de la demanda i consum de materials a Catalunya en el període 1990 – 2004

Els resultats del MFA (Figura 4.2) mostren un augment global tant en l'entrada de materials (DE i DMI) com en el consum (DMC) al llarg dels 15 anys analitzats. Els fluxos nets intercanviats amb l'exterior (PTB) s'han mantingut entorn als 20 milions de tones.

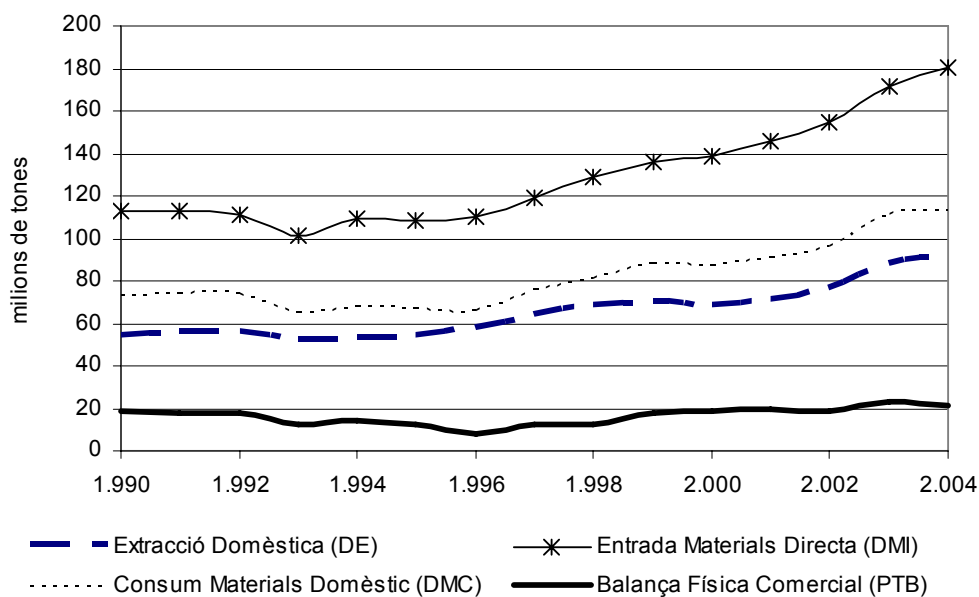


Figura 4.2 Evolució dels indicadors del MFA a Catalunya, 1990 – 2004

En global, en aquests 15 anys, tots els indicadors han crescut. El creixement més fort ha estat de l'extracció domèstica (DE) que ha tingut un creixement del 70%, equivalent a un 3,6% anual, tot i que no ha estat constant. La DE es va mantenir estable entorn als 50 milions de tones anuals, entre els anys 1990 i 1996. El creixement va ser a partir de l'any 1996, passant de menys de 60 milions a més 91 milions de tones l'any 2004, conduint a un creixement anual mig en aquest segon període del 5,35%. Creixement que, com es veurà més endavant, està fortament relacionat amb l'augment de l'extracció de minerals de construcció en els darrers anys.

La tendència de l'entrada directa de materials (DMI) és similar a la del DE. En aquest cas el creixement global és del 60% o del 3,2% anual, passant de 112 milions de tones l'any 1990 a més de 180 milions l'any 2004. El creixement més fort del DMI ha estat experimentat a partir de l'any 1996, i en el període 1990 - 1996 s'ha mantingut estable entorn dels 108 milions de tones. L'única diferència és el lleuger mínim que experimenta l'any 1993, després dels Jocs Olímpics de Barcelona de 1992, on conflueixen una disminució de la DE amb una baixada de les importacions netes (PTB).

La tendència seguida pel consum de materials domèstic (DMC) és més accentuada, ja que és la suma de l'evolució de la DE més el PTB. Pel DMC s'observen dues fases, una primera en la que es produeix un lleuger decreixement entre els anys 1990 i 1996, i una segona fase, entre l'any 1996 i 2004, on el DMC experimenta una forta recuperació o rematerialització. La primera fase és deguda a l'efecte conjunt de l'estabilització de la DE més una disminució de les importacions netes. Però en la segona, hi ha un augment global tant de la DE com del PTB, es supera amb escreix aquesta disminució, conduint a un creixement global del DMC del 56% al llarg dels 15 anys, que equival a un 3,0% anual.

El PTB segueix una tendència diferent a la resta d'indicadors presentats. Entre els anys 1992 i 1996 hi ha un clar descens de les importacions netes, degut a una estabilització de les importacions i un augment en les exportacions. Però a partir de l'any 1996 hi ha una forta recuperació i les importacions comencen a tenir una taxa de creixement superior a la de les exportacions, provocant una tendència a l'alça de les importacions netes, que reflecteix una dependència creixent del mercat exterior.

Tot i l'etapa inicial d'estabilització en l'entrada de materials, i fins i tot una lleugera desmaterialització entre els anys 1990 i 1996, Catalunya s'ha tornat a materialitzar i actualment està superant en gran mesura els nivells d'entrada i consum de materials de principis dels anys 90.

Des de l'any 1996 hi ha una tendència a l'alça de tots els indicadors amb taxes de creixement interanual superiors a les del creixement del PIB, d'un 2,3% anual, i de la població, que ha estat d'un 9% en tot el període.

El consum de materials (DMC) ha passat d'11,8 a 16,9 tones per capita, amb un creixement del 2,4% anual, mentre que la DE ha augmentat en gairebé 5 tones per habitant. Però el creixement més fort en termes absoluts ha estat del DMI, que ha passat de 18,3 a 26,9 tones per capita, equivalent a un 2,6% anual (Figura 4.3 superior).

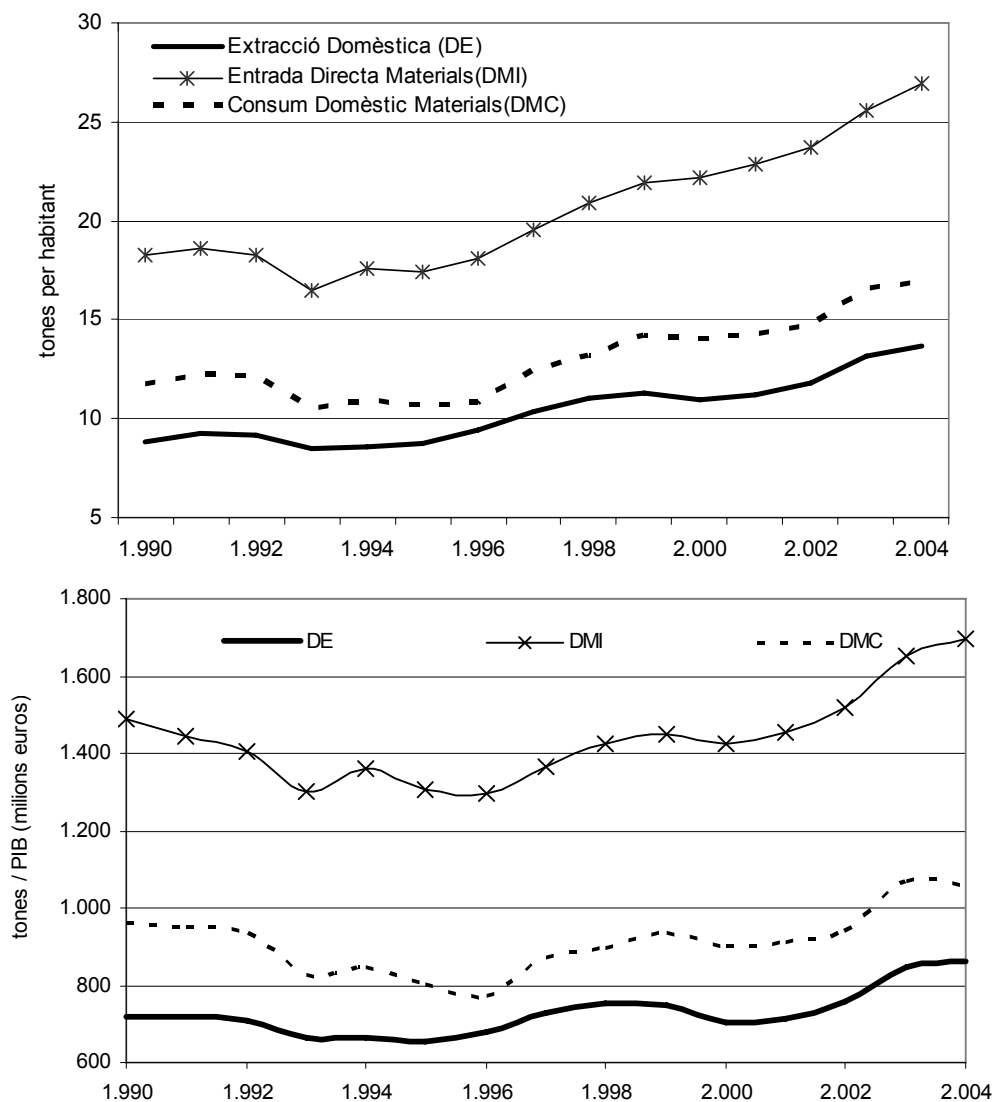


Figura 4.3 Evolució dels indicadors d'entrada i de consum de materials derivats del MFA per capita (superior) i per unitat de PIB (inferior) a Catalunya, 1990 – 2004

Les tendències dels indicadors en termes absoluts es veuen accentuades, quan es representen els mateixos indicadors en termes relatius, respecte el PIB de Catalunya (Figura 4.3 inferior). En aquest cas, s'observa una clara etapa de desmaterialització relativa entre els anys 1990 i 1996, on tots els indicadors per unitat

de PIB van disminuir. Aquest període va coincidir amb una etapa de recessió econòmica de tot l'Estat espanyol que es va iniciar a finals dels anys 80, però que a Catalunya es va veure lleugerament atenuada fins l'any 1992, degut a l'impuls econòmic i la inversió en infraestructures que van suposar els Jocs Olímpics de Barcelona 92. Fins l'any 1996, exceptuant l'any 1994, el creixement del consum de materials, especialment recursos minerals, va ser inferior al creixement del PIB català.

A partir de l'any 1996, Catalunya ha experimentat una etapa de rematerialització amb uns creixements anuals del consum i de l'entrada de materials molt superiors a les taxes de creixement del PIB. Per tant, cada vegada sembla que necessitem més materials per generar una unitat de riquesa, mesurada en termes de PIB. Segons aquests indicadors, una tona de materials consumida a l'any 1990 generava 1.021 € de PIB, mentre que l'any 2004, només en va generar 912 €.

Tant el creixement de l'extracció domèstica (DE) com el consum domèstic de materials (DMC) per unitat de PIB a partir de l'any 1996 ha estat superior a la disminució experimentada durant l'etapa de desmaterialització; compensant totalment i neutralitzant la disminució de principis dels anys 90. Així, la tendència seguida per Catalunya és més pròxima a una corba amb forma de N (amb pujades i baixades), que no pas a la U invertida predita per la corba ambiental de Kuznets (que preveu que quan s'arriba a un determinat nivell de riquesa l'impacte ambiental disminueix).

En termes globals, sembla que s'ha incrementat la ineficiència en l'ús de materials en relació al creixement econòmic. Aquest fet està clarament relacionat amb el fort creixement que ha tingut el sector de la construcció al nostre país, sector que es caracteritza per l'elevat consum de recursos però que únicament suposa entre el 7 i el 9% del VAB entre els anys 2000 i 2004 (IDESCAT, 2007a).

Totes les tendències observades estan clarament marcades per l'evolució seguida pels recursos minerals, en concret els productes de pedrera, ja que són els materials amb un pes predominat en tots els indicadors, com es veurà més endavant.

Analitzant la composició del consum de materials (Figura 4.4) al llarg dels 15 anys, s'observa el domini dels productes d'origen mineral i un augment del consum per capita de totes les famílies de materials. El consum de biomassa i combustibles fòssils ha augmentat un 28 i un 24% respectivament, mentre que el creixement més fort ha estat el dels recursos minerals, que han augmentat en un 77%, passant de 7,5 a 12 tones per capita de l'any 1990 al 2004.

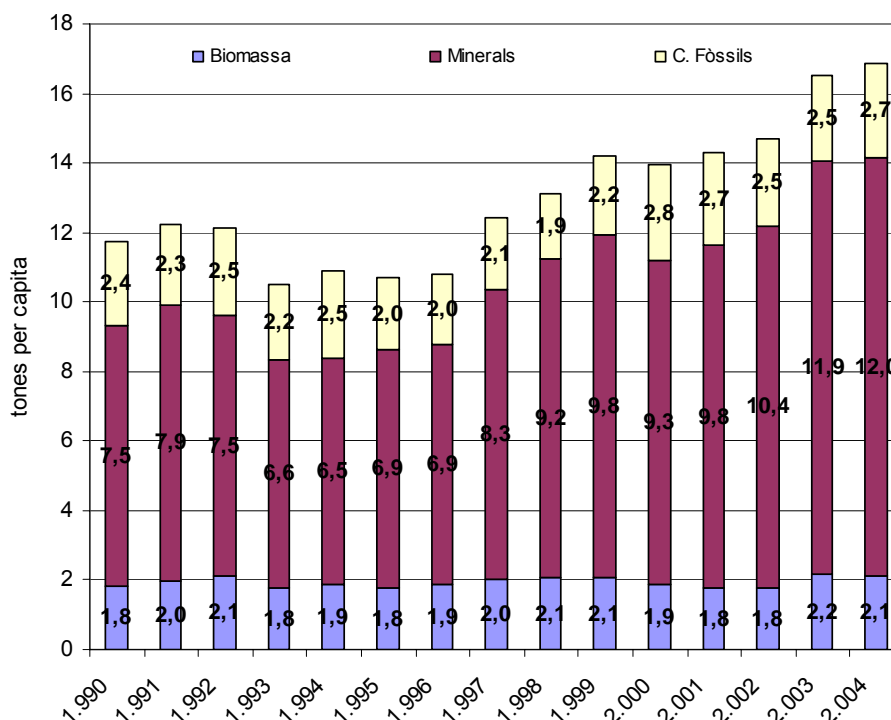


Figura 4.4 Evolució de la composició del consum de materials domèstic (DMC) per capita a Catalunya

A continuació es realitzarà una anàlisi per a cada grup de recursos materials, per a poder analitzar les característiques principals i les diferents tendències seguides per cada tipologia de materials.

4.3.1.1 Biomassa

L'extracció domèstica (DE) de biomassa està totalment dominada per les collites agrícoles, que suposen entre un 55 i un 60% (Figura 4.5). Les pastures i els farratges suposen gairebé un 20%, les explotacions forestals són un 10%, i els residus del les collites usats com la palla o fulles suposen entorn del 12% de la DE d'aquesta categoria. La pesca marítima suposa menys de l'1% i la caça és pràcticament menyspreable. Cal recordar que, per evitar la doble comptabilització, la ramaderia catalana no es considera dins la DE, sinó que forma part de l'estoc de biomassa que hi ha a Catalunya. Únicament es comptabilitzen les importacions i exportacions ramaderes, és a dir, les entrades i sortides de bestiar que fan variar aquest estoc.

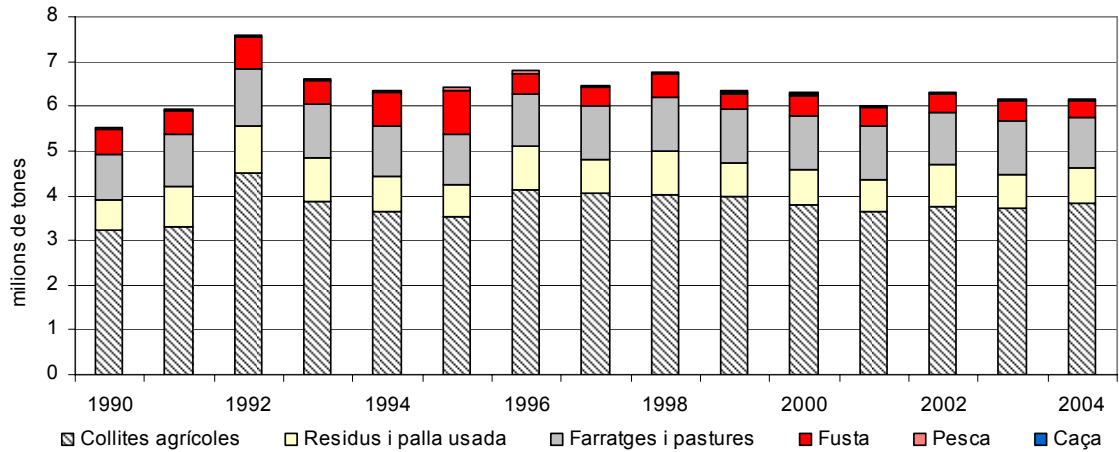


Figura 4.5 Composició de la DE de recursos biòtics a Catalunya, 1990 - 2004

En la DE de biomassa s'observa una tendència creixent des de l'any 1990 fins a l'any 1992, però a partir de l'any 1993 s'ha mantingut bastant estable, entre els 6 i 7 milions de tones anuals (Figura 4.6). Tot i tenir un creixement global del 12%, en aquests 15 anys no s'observa una tendència a l'alça constant, sinó que ha tingut variacions cada any, en funció de les collites, el mercat i la meteorologia, entre d'altres variables.

La DE no usada associada a la biomassa, suposa una fracció mínima de la DE total, inferior al 3%, i està majoritàriament associada a la producció de cereals.

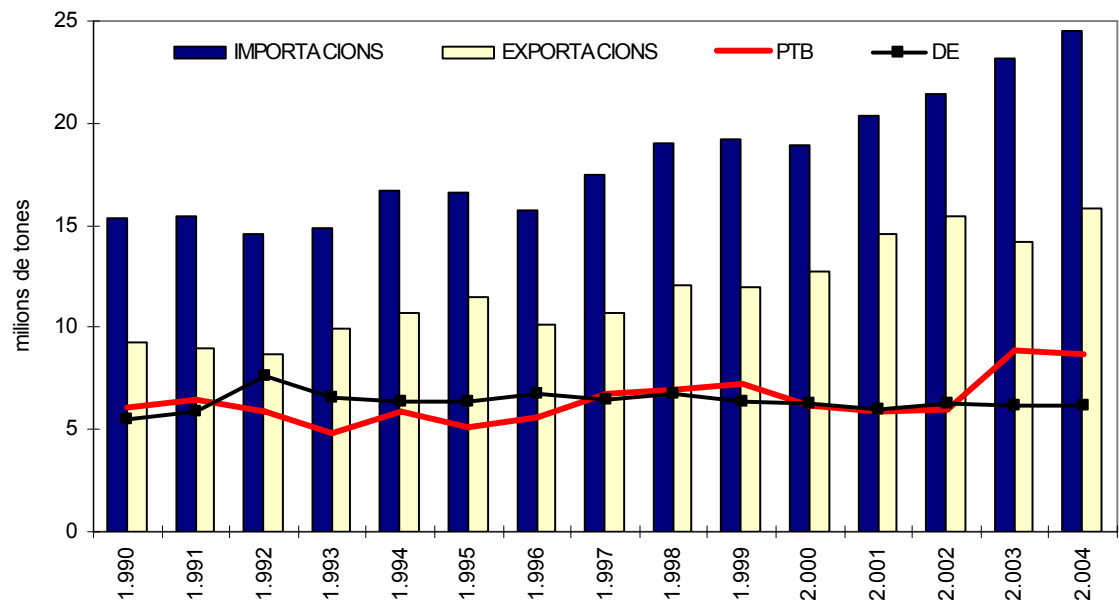


Figura 4.6 Evolució dels fluxos de biomassa a Catalunya, 1990 - 2004

Per contra, en les importacions sí que s'observa una clara tendència a l'alça, especialment a partir de l'any 1996 (Figura 4.6). En termes globals, hi ha hagut un

creixement de més del 60%, passant de 15 milions l'any 1990 a gairebé 25 l'any 2004. Aquest augment està associat majoritàriament a un creixement de les importacions provinents de la resta de l'Estat espanyol, que han passat de 8 a 15 milions de tones en aquests 15 anys.

Les exportacions també mostren una tendència a l'alça amb un creixement del 71%, similar al de les importacions. De fet les importacions netes s'han mantingut aproximadament estables amb valors pròxims a la DE, excepte per als dos darrers anys analitzats. Per tant, el consum (DMC) de biomassa a Catalunya és aproximadament el doble de l'extracció domèstica de biomassa (DE), mostrant una clara manca d'autosuficiència per aquest tipus de recursos.

Així, tant en termes absoluts com en termes relatius, el consum i l'extracció domèstica de biomassa s'ha mantingut aproximadament estable, entorn a les 2 tones per capita, al llarg del període analitzat (Taula 4.12).

Taula 4.12 Extracció domèstica i consum per capita de productes derivats de la biomassa els anys 1990 i 2004

tones pc /any	1990	2004
DE biomassa pc	0,90	0,92
DMC biomassa pc	1,86	2,16

4.3.1.2 Combustibles fòssils

Analitzant la DE de combustibles fòssils a Catalunya, destaca l'escassetat de recursos autòctons (Figura 4.7). Durant els primers anys del període analitzat, la DE total de combustibles fòssils es manté més o menys, ja que mentre l'extracció de carbó creix, la de petroli disminueix. El màxim s'assoleix l'any 1991, quan hi va haver un lleuger augment de la producció tant de cru de petroli com de carbó a les mines catalanes, assolint la DE de combustibles fòssils una xifra màxima de 1,9 milions de tones anuals. Però a partir de l'any 1997 hi ha una clara disminució de l'extracció d'ambdós recursos, que en termes globals, entre l'any 1990 i 2004 va disminuir en un 51%.

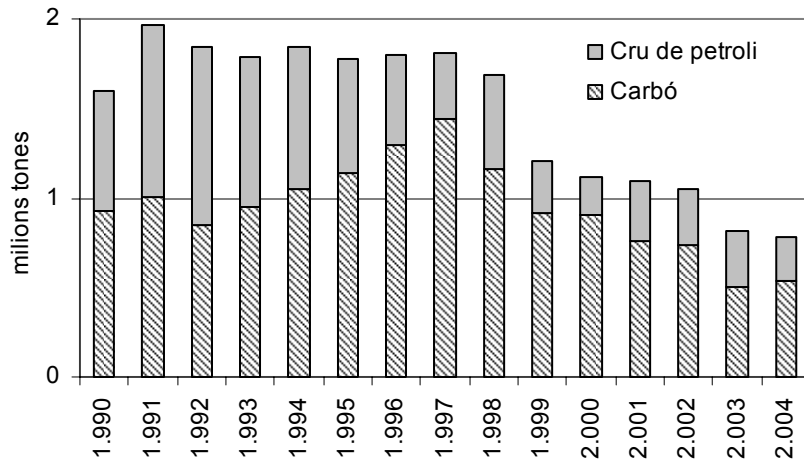


Figura 4.7 Extracció domèstica (DE) de combustibles fòssils a Catalunya, 1990 – 2004

Aquesta disminució encara és més marcada si en lloc de representar l'extracció domèstica de combustibles fòssils es representa la producció vendible, ja que tot i que s'observa un augment en l'extracció de carbó fins l'any 1997, la fracció vendible d'aquest material respecte les tones extretes ha disminuït al llarg del temps (Figura 4.8). Aquest fet es correspon amb l'evolució del consum d'energia primària procedent del carbó, que té una tendència decreixent en tot el període.

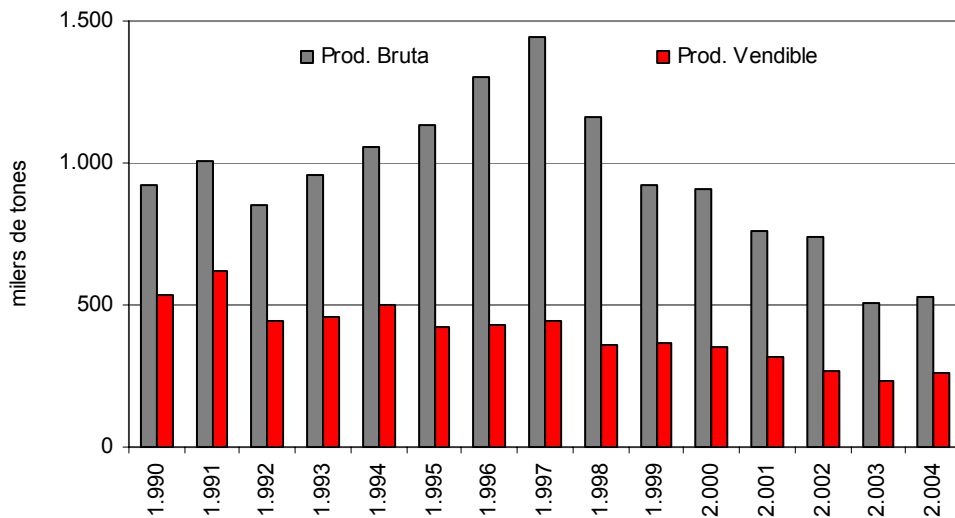


Figura 4.8 Evolució de la producció bruta i vendible de carbó a Catalunya

El carbó extret a Catalunya és lignit negre o hulla subbituminosa, majoritàriament utilitzat en centrals tèrmiques per a la producció d'energia elèctrica, tot i que petites fraccions poden ser usades en produccions industrials com la fabricació de ciment (Mitjà et al., 2000). Al llarg del període analitzat hi ha hagut una disminució del nombre d'explotacions, passant de 7 l'any 1990 a 3 l'any 2004, que junt amb la disminució de la relació entre la producció bruta i a vendre, ha fet que la producció

neta passés de més de mig milió de tones l'any 1990 a poc més de 250.000 tones l'any 2004.

Pel que fa al petroli, dins del període analitzat l'extracció de cru de petroli va assolir el seu màxim de producció l'any 1992, i des de llavors el progressiu esgotament del camp de Casablanca – Montanazo D ha suposat una disminució gradual de la producció de cru. El descobriment i l'inici de l'explotació de nous camps com el de Rodaballo l'any 1996, Boquerón l'any 1997 i Nécora i Bocarte l'any 2001, provoquen les lleugeres recuperacions de la producció dels anys 1998 i 2001, però en cap mesura són capaços de canviar les tendències decreixents (IGME, 2007).

L'extracció de gas natural a Catalunya és molt petita, entorn a 2.000 tones anuals. De fet l'extracció d'aquest combustible a Catalunya correspon al gas residual que s'extreu juntament amb el petroli en el camp de Casablanca.

És important remarcar que la producció vendible extreta a Catalunya de combustibles fòssils suposa únicament entre l'1 i el 2% del consum de combustibles fòssils a Catalunya. Aquest dèficit es compensa amb importacions, provinents de la resta del món. També cal destacar que la DE no usada associada a l'extracció de combustibles fòssils és d'entre mig milió i un milió de tones anuals, és a dir entorn d'un 60% de la DE de combustibles fòssils. La seva producció està majoritàriament associada a la mineria del carbó i per tant té una clara tendència a la baixa, seguint la tendència a l'esgotament d'aquest recurs.

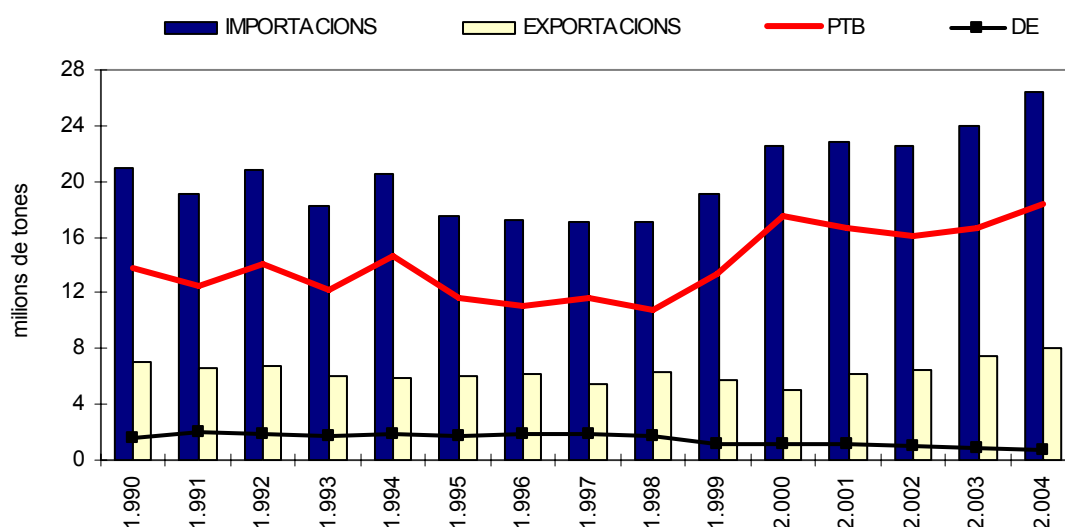


Figura 4.9 Evolució dels fluxos materials de combustibles fòssils a Catalunya

Catalunya es caracteritza per l'alta dependència que té del mercat exterior per aquest tipus de recurs. Les importacions de combustibles fòssils a Catalunya són entre 10 i 34 vegades més grans que la DE (Figura 4.9). Al llarg de la dècada dels 90, les importacions de combustibles fòssils han oscil·lat entorn als 17 - 20 milions de tones

anuals. A partir de l'any 2000 hi va haver un primer augment fins arribar als 22 milions, nivell que es va mantenir fins l'any 2002, i en els dos darrers anys l'augment ha estat del 7 i el 10% anual.

Les exportacions també són clarament superiors a la DE i es situen entorn als 6 milions de tones anuals, amb una clara tendència al creixement en els darrers 5 anys analitzats. Així, una part dels productes importats són reexportats cap a Espanya i a l'estranger, un cop transformats.

Entre el 80 i el 90% de les importacions de combustibles fòssils provenen de l'estranger, mentre que les exportacions són majoritàriament venudes a la resta de l'Estat espanyol.

Les importacions provinents de l'Estat espanyol estan dominades per productes derivats del petroli com la gasolina, el gasoil i el fueloil. Per a les exportacions, a més dels productes esmentats, el gas natural també suposa una elevada fracció. En el mercat estranger també destaca l'alta fracció que suposa la importació de cru de petroli i els hidrocarburs gasosos.

Tenint en compte que, segons dades d'ICAEN pel 2005, més del 41% dels combustibles fòssils consumits a Catalunya són destinats a la combustió per a l'obtenció d'energia, les tendències a l'alça dels darrers anys, no són massa esperançadores per al compliment dels objectius fixats en el protocol de Kioto o per a tendir cap a una substitució dels combustibles fòssils per altres fonts energètiques. En el període analitzat el consum de combustibles fòssils a Catalunya ha augmentat en un 24%, passant de 15 milions de tones l'any 1990 a més de 19 milions l'any 2004. Els resultats per capita es presenten en la Taula 4.13.

Taula 4.13 Extracció domèstica i consum per capita de combustibles fòssils els anys 1990 i 2004

tones pc /any	1990	2004
DE fòssils pc	0,26	0,12
DMC fòssils pc	2,47	2,79

4.3.1.3 Recursos minerals

Les tendències dels recursos minerals són completament oposades a les dels combustibles fòssils. En aquest cas hi ha un clar domini de l'extracció domèstica (DE), que és entre 4 i 5 vegades més gran que els fluxos importats o exportats (Figura 4.10). El baix preu monetari d'algunes de les matèries primeres i els alts costos econòmics

de transport d'aquest tipus de recursos, comporten que el mercat interior sigui preferent, sempre que hi hagi disponibilitat de recursos.

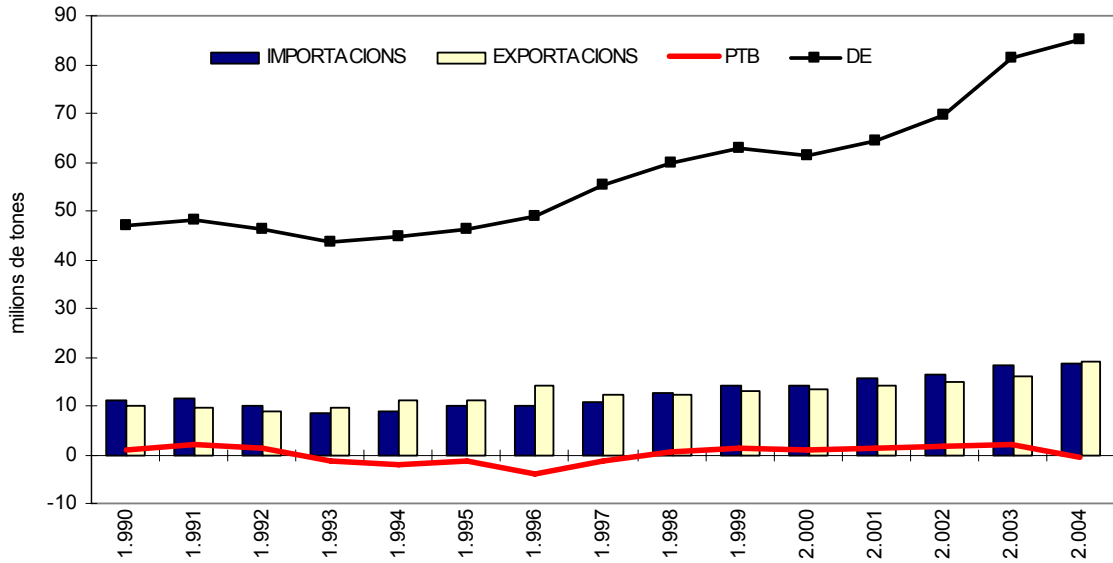


Figura 4.10 Evolució dels fluxos de recursos minerals a Catalunya, 1990 - 2004

Al llarg dels 15 anys analitzats hi ha hagut un creixement global de la DE de recursos minerals del 81%, és a dir un 4,0% anual. Entre els anys 1990 i 1996, la DE es va estabilitzar entre el 43 i el 48 milions de tones, coincidint amb l'estancament de l'economia i el baix creixement del sector de la construcció a principis dels 90. Però a partir dels anys 1994 / 1995 hi ha lleugers indicis de recuperació del sector, que es veu reflectida en una tendència a l'alça de la DE de recursos minerals. Aquesta tendència es reforça totalment a partir dels anys 1996 -1997, on la DE d'aquest tipus de recursos creix un 13% en un any.

Una altre factor directament relacionat amb l'elevada extracció de recursos minerals, és la generació de DE no usada. De fet, la DE no usada associada a l'extracció de recursos minerals suposa més del 90% de la DE no usada total a Catalunya. La seva generació està principalment associada a l'extracció de les sals potàssiques. La tendència és a l'alça, en paral·lel a la DE usada.

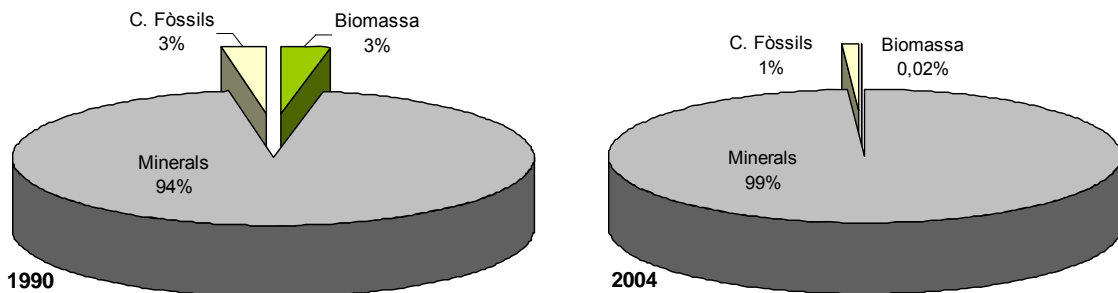


Figura 4.11 Composició de la DE no usada en els anys 1990 i 2004

La tendència global tant de les importacions com de les exportacions també ha estat a l'alça amb creixements del 71 i 88% respectivament, entre el 1990 i el 2004. Els fluxos de recursos minerals importats i exportats són d'ordres de magnitud semblants, entre 10 i 20 milions de tones anuals, i amb un baix pes relatiu dins del sector, en comparació amb els grans volums de l'extracció domèstica. Tot i així, la dependència del mercat exterior per aquest tipus de recursos és notable, a causa de la total escassetat de minerals metàl·lics que hi ha en el territori català. De fet, entorn del 50% dels minerals importats són matèries primeres o productes acabats i semi-manufacturats d'origen metàl·lic.

Els mercats d'origen i destí dels fluxos exteriors estan aproximadament repartits al 50% entre Espanya i la resta del món. Cal destacar que l'any 1996 hi va haver un augment puntual de les exportacions de productes minerals, conseqüència d'un creixement de les exportacions de fosa de ferro i acer amb l'estranger. Aquestes van passar d'unes 200.000 tones a gairebé 2 milions.

Distingint entre els diferents tipus de recursos minerals comptabilitzats en aquest estudi (minerals metàl·lics, no metàl·lics i els productes de pedrera) s'observa que els productes de pedrera suposen més del 90% dels recursos minerals extrets a Catalunya. La major part d'aquests productes són molt abundants, tot i així, l'elevada extracció que s'està realitzant pot suposar futurs problemes en l'obtenció d'aquests recursos si es continua amb els ritmes de creixement actuals, i no n'augmenta el seu reciclatge. El seus impactes estan associats a la disrupció de l'entorn natural que suposa l'extracció de grans quantitats de materials i les emissions associades al seu transport o processament. De fet, el transport dels recursos minerals i materials associats a la construcció, majoritàriament realitzat per carretera, suposa una fracció molt important del transport total de mercaderies per carretera dins de la regió.

Els minerals no metàl·lics extrets a Catalunya més importants són les sals potàssiques, sòdiques i el feldespat. Catalunya és el principal productor de sals potàssiques dins l'Estat espanyol, material que majoritàriament s'utilitza en la fabricació de fertilitzants o per l'exportació. En el període analitzat també hi ha hagut en funcionament explotacions de caolí, bauxita o d'altres minerals, però amb escassa importància, a més aquestes mines ja estan tancades en l'actualitat.

Catalunya, tot i tenir una llarga tradició en l'explotació de minerals metàl·lics, no té cap explotació des dels anys 70 i els minerals metàl·lics són importats en la seva totalitat. Així, la indústria metal·lúrgica i de productes metàl·lics, que suposen al voltant del 13% del VAB industrial (IDESCAT, 2007a), i d'altres derivades com el sector de la construcció, són clarament dependents del mercat exterior. Des del punt de vista ambiental cal tenir en compte que l'extracció de determinats metalls suposa importants

emissions de productes contaminants tant a l'aigua com a l'aire, i tenen greus implicacions socials en molts casos (Ayres i Ayres, 2001). En el cas de Catalunya, com molts d'altres països importadors, aquests impactes s'externalitzen cap a tercers països, en aquest cas països extractors.

Dels recursos minerals extrets a Catalunya al voltant del 90% són materials extrets pel sector de la construcció. Aquests poden ésser usats de manera directa o bé són matèries primeres de processos industrials estrictament lligats al sector, com la fabricació de ciment, formigó, guix, ceràmica o derivats. Així, les tendències globals en termes massics dels recursos minerals, en ésser dominades per la DE, estan completament vinculades a l'evolució i al ritme de creixement de l'edificació i les infraestructures del país.

La gran quantitat de materials mobilitzats pel sector de la construcció i la tendència creixent del consum (Taula 4.14), comporta el deteriorament de les zones d'extracció, la disminució de la superfície natural i l'acumulació de grans quantitats de materials al llarg de tot el territori català, en forma d'edificis o infraestructures majoritàriament, les quals a la llarga s'acabaran convertint en residus a gestionar. Només un augment en el reciclatge dels residus de la construcció i demolició, junt amb la substitució de matèries primeres d'origen minerals per d'altres de més sostenibles pot canviar aquesta situació. La sostenibilitat dels materials s'entén tant des d'un punt de vista de *renovabilitat* de materials com de materials de construcció menys intensius des d'un punt de vista energètic. Com es veurà més a fons en el capítol 5, també cal tenir en compte que determinats processos productius de materials constructius, com el ciment i derivats i els ceràmics, són grans consumidors energètics dins de Catalunya. També poden ésser efectives mesures de foment de l'aprofitament dels recursos locals, ja sigui a través de l'ús de materials autòctons com a través de la reutilització i reciclatge dels materials ja presents en el territori, i així disminuir les necessitats de transport associades al sector. Evidentment, el control del creixement de l'edificació i el disseny d'edificacions i d'infraestructures més sostenibles també són paràmetres clau que poden tenir una gran incidència no només en el consum de recursos minerals sinó també en el consum energètic, tant per al transport de matèries primeres com durant les etapes de construcció i ús dels habitatges.

Taula 4.14 Extracció domèstica i consum pc de recursos minerals, anys 1990 i 2004

tones pc /any	1990	2004
DE minerals pc	7,64	12,67
DMC minerals pc	7,66	12,32

4.3.1.4 La dependència dels mercats exteriors

Com s'ha vist, Catalunya té una forta dependència del mercat exterior, tant pels combustibles fòssils com per a determinats recursos minerals i per a la biomassa, dependència que ha anat creixent al llarg del període analitzat.

L'anàlisi realitzat mostra una clara manca d'autosuficiència per nombrosos recursos, que es tradueix en una explotació dels recursos d'altres països o regions. La majoria de les importacions són d'origen espanyol i europeu (Figura 4.12). Tot i que les tendències dels dos mercats mostren lleugeres diferències. Mentre que el volum de les importacions europees han crescut al llarg de tot el període, les importacions espanyoles es van veure afectades per la crisi de principis dels anys 90, i van disminuir fins l'any 1996. Tot i així, a partir de llavors, el seu creixement ha estat continuat. En termes globals, en aquests 15 anys, les importacions de productes espanyols han augmentat un 28%, passant de 28 milions de tones a més de 36 l'any 2004. Però el creixement més fort ha estat l'augment global de les importacions de l'estranger, que en termes globals han augmentat un 75%, i en concret les importacions europees, que s'han doblat en aquests 15 anys.

El volum de productes importats d'origen Africà, que tot i haver augmentat al llarg del període en termes totals, ha disminuït el seu pes relatiu. El pes de les importacions asiàtiques també ha tingut una lleugera tendència a l'alça, en especial en els darrers anys analitzats.

Les importacions nord-americanes s'han mantingut estables, entorn als 4 milions de tones anuals, mentre que el mercat sud-americà ha experimentat un fort creixement des de l'any 1998, passant de 1,5 milions de tones anuals (entre els anys 1990 i 1998) a més de 4 milions l'any 2004.

En canvi, les importacions des d'Amèrica Central i el continent austral, tot i tenir una lleugera tendència a l'alça, són mínimes ja que suposen menys de l'1% de les tones importades.

El destí de les exportacions catalanes és més homogeni (Figura 4.13). Les exportacions cap a l'Estat espanyol suposen entorn del 70% del mercat exterior català. La seva tendència és anàloga a la experimentada per la resta d'indicadors derivats del MFA, disminueix un 21% fins a l'any 1996, mentre que experimenten un creixement del 72% entre l'any 1996 i l'any 2004. En global, en aquest 15 anys, les exportacions de productes espanyols han augmentat un 62%.

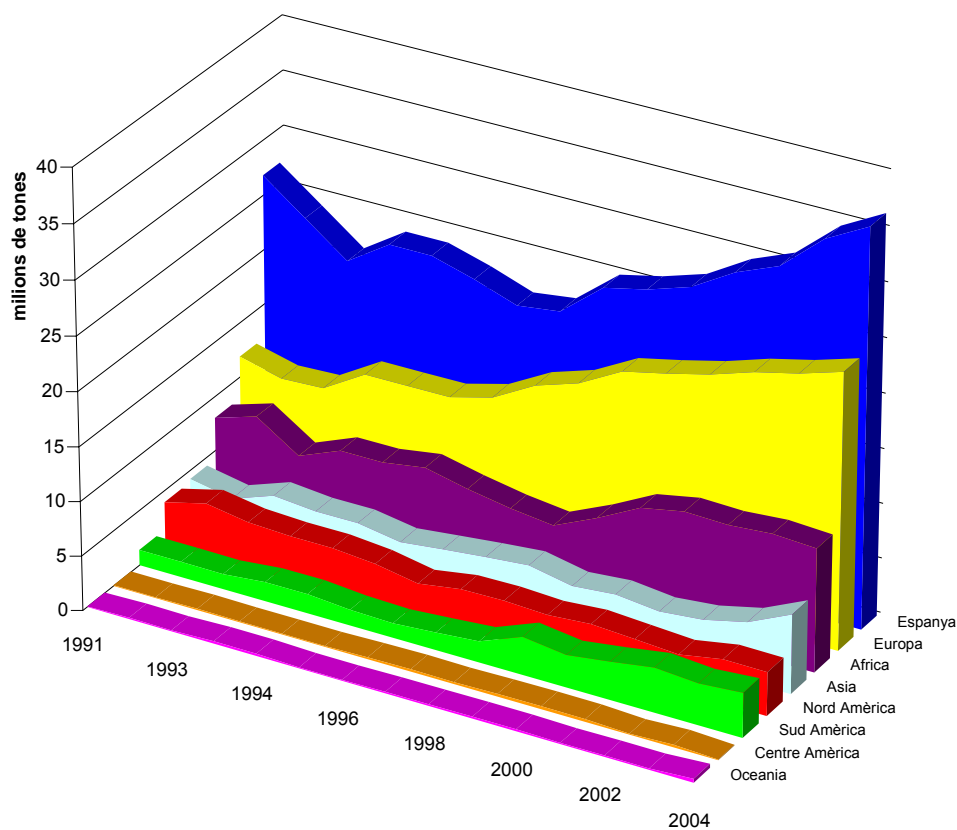


Figura 4.12 Evolució de les importacions a Catalunya segons el seu origen

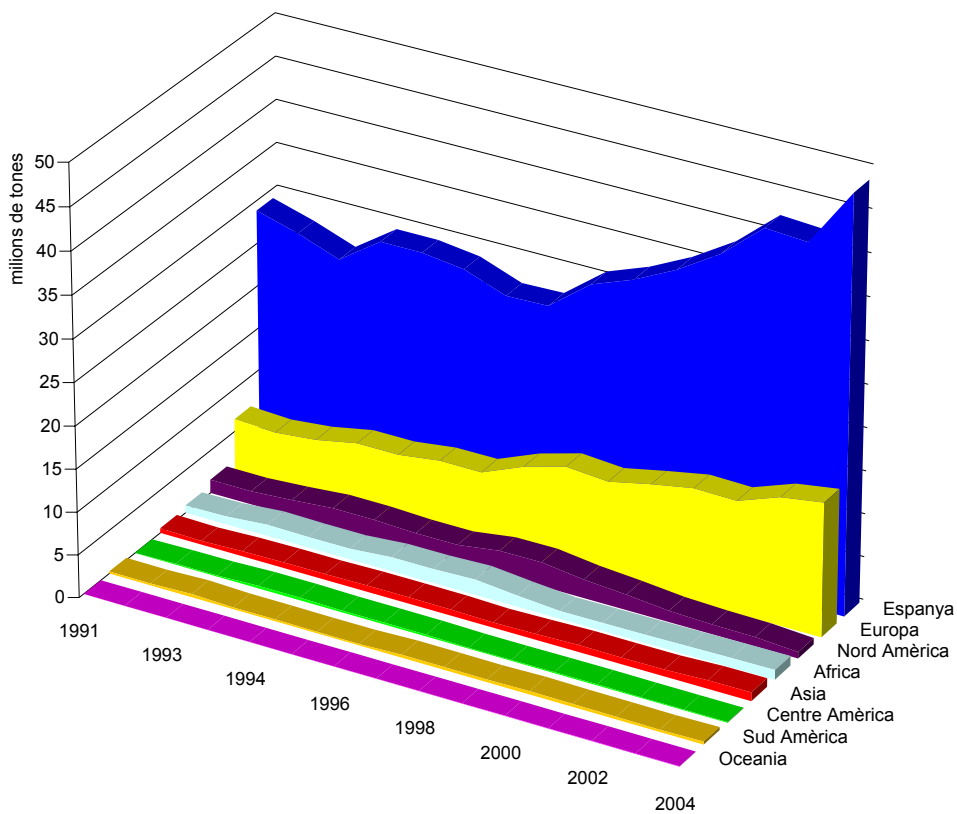


Figura 4.13 Evolució de les exportacions de Catalunya segons el seu destí

En canvi, les exportacions catalanes dins del mercat europeu en el període analitzat han tingut un creixement progressiu. Mentre que l'any 1991 s'hi destinaven un 17% de les exportacions catalanes, l'any 2003 i 2004 Europa va absorbir un 25% de les exportacions. Les exportacions a d'altres continents suposen en total una fracció molt petita (entre 3 i 5 milions de tones anuals), entorn al 10% anual del total de productes exportats. En termes globals, s'observa una obertura cap a l'exterior dels productes catalans a partir de l'any 1996 cap a Europa i de l'any 1998 cap l'Estat espanyol.

Analitzant la composició de les importacions de l'Estat espanyol, s'observa el domini de productes derivats de la biomassa i d'origen mineral (Figura 4.14), mentre que la fracció de combustibles fòssils i químics suposa entorn d'un 30%. La manca de dades més desagregades a escala estatal fa que una fracció considerable dels productes importats no es pugui classificar, i s'inclouï en la categoria "Altres", que suposa entre el 14 i el 30%, la qual cosa provoca una elevada incertesa i impedeix una anàlisi més acurada.

Pel que fa a les importacions de la resta del món, cal destacar l'elevat pes que suposen els combustibles fòssils i la biomassa (Figura 4.14). També s'observa una evolució creixent de les importacions de tot tipus.

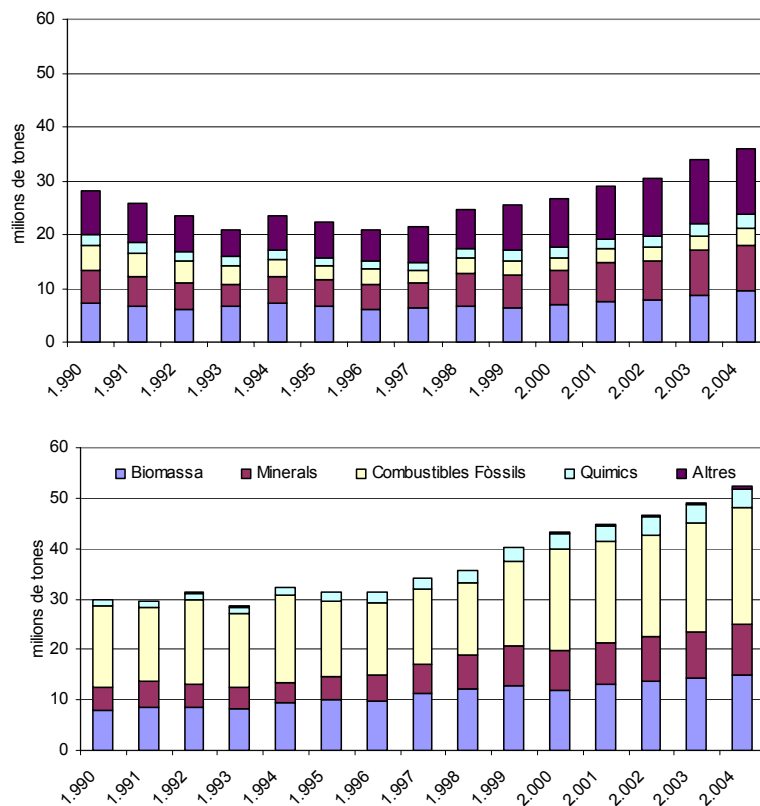


Figura 4.14 Caracterització de les importacions a Catalunya des de la resta d'Espanya (superior) i des de l'estranger (inferior)

La composició de les exportacions amb l'Estat espanyol també és heterogènia i similar a la de les importacions (Figura 4.15). Únicament destaca el major pes de productes químics, ja que a Catalunya hi té un fort pes aquesta indústria, i ha estat un exportador net d'aquest tipus de mercaderies al llarg del període analitzat.

Cal destacar el pes dels productes d'origen mineral en les exportacions cap a l'estranger, i la relativa estabilització tant en quantitat total com en composició des de l'any 1997 fins al 2004, respecte al període anterior. Entre els anys 1992 i 1996 gairebé es van duplicar; però des de llavors la quantitat s'ha mantingut estable entorn dels 17 milions de tones anuals. En la Figura 4.15 s'observa que tot i l'augment al llarg del període, la quantitat de productes exportats a l'estranger és mínima en comparació amb la aportada a la resta de l'Estat i la quantitat de productes importats (Figura 4.14).

Així doncs, l'augment de la quantitat de matèries exportades en els darrers anys es deu al creixement del comerç amb l'Estat espanyol, no pas al mercat exterior.

Per contra, les importacions provinents de l'estranger, tot i tenir un pes menor, han tingut un creixement del 75%, més fort que no pas l'augment de les que provenen de l'Estat espanyol, que ha estat del 28%.

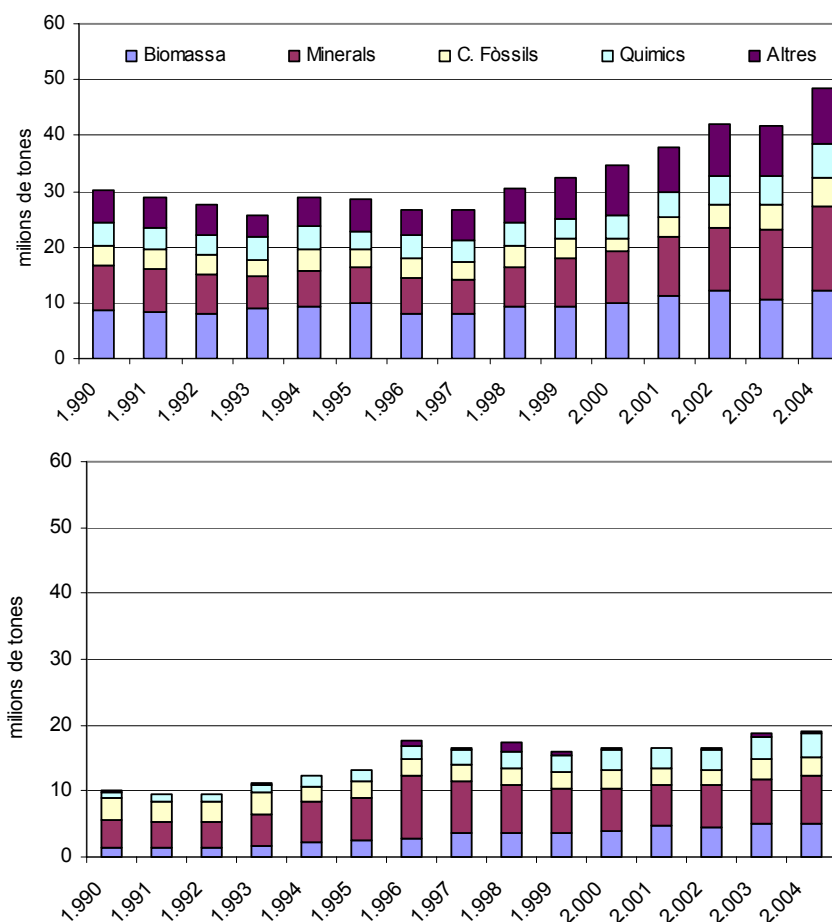


Figura 4.15 Caracterització de les exportacions de Catalunya cap a la resta d'Espanya (superior) i l'estranger (inferior)

Si a més es considera el valor econòmic dels productes importats i exportats amb l'estranger (Figura 4.16), s'observa que al llarg de tot el període, el preu de la tona exportada és aproximadament el doble del preu monetari de la tona importada.

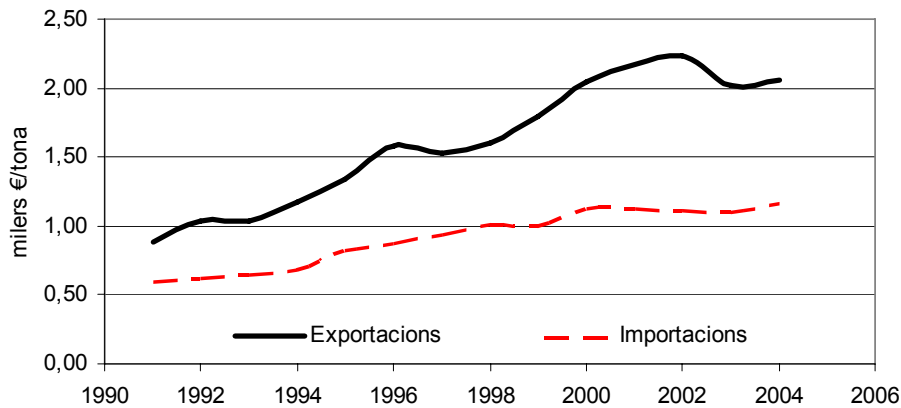


Figura 4.16 Evolució del preu mitjà de les importacions i exportacions amb l'estranger (sense incloure les importacions i exportacions amb l'Estat espanyol)

És a dir, Catalunya està important grans quantitats de materials de l'estranger a preus relativament baixos, mentre que exporta quantitats menors de materials amb valors monetaris més elevats. Aquest fet es deu al clar domini que tenen els productes primaris en les importacions de l'estranger, que suposen entre un 60 i un 70%, mentre que les exportacions de productes primaris ha anat disminuint al llarg del període analitzat (Figura 4.17).

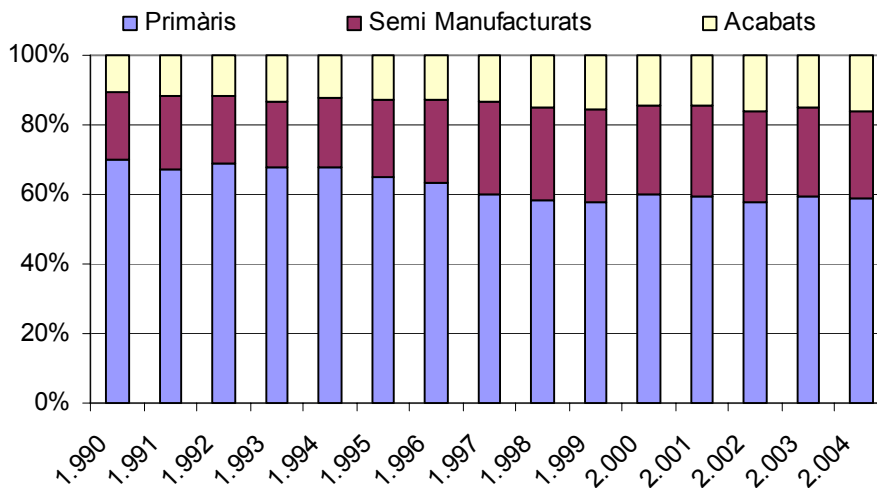


Figura 4.17 Composició de les importacions segon el grau de fabricació

L'any 1990 més del 50% de les exportacions eren de productes primaris; el creixement econòmic i la industrialització de Catalunya en aquests darrers anys s'ha traduït en un augment del grau de manufactura de les exportacions. De fet, des de l'any 2000 els productes primaris suposen únicament entorn del 30% de les

exportacions i ha augmentat el domini dels productes semi-manufacturats i acabats, que són un 40% i un 30% respectivament (Figura 4.18).

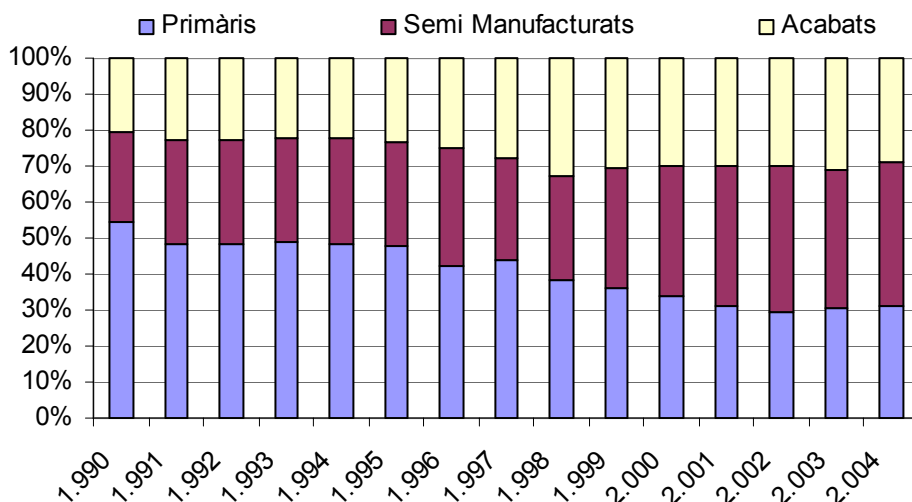


Figura 4.18 Composició de les exportacions segons el grau de processament

Aquesta desigualtat entre el preu de les exportacions i importacions és més remarcable si es realitza una anàlisi distingint entre els diferents continents o zones geogràfiques (Figura 4.19).

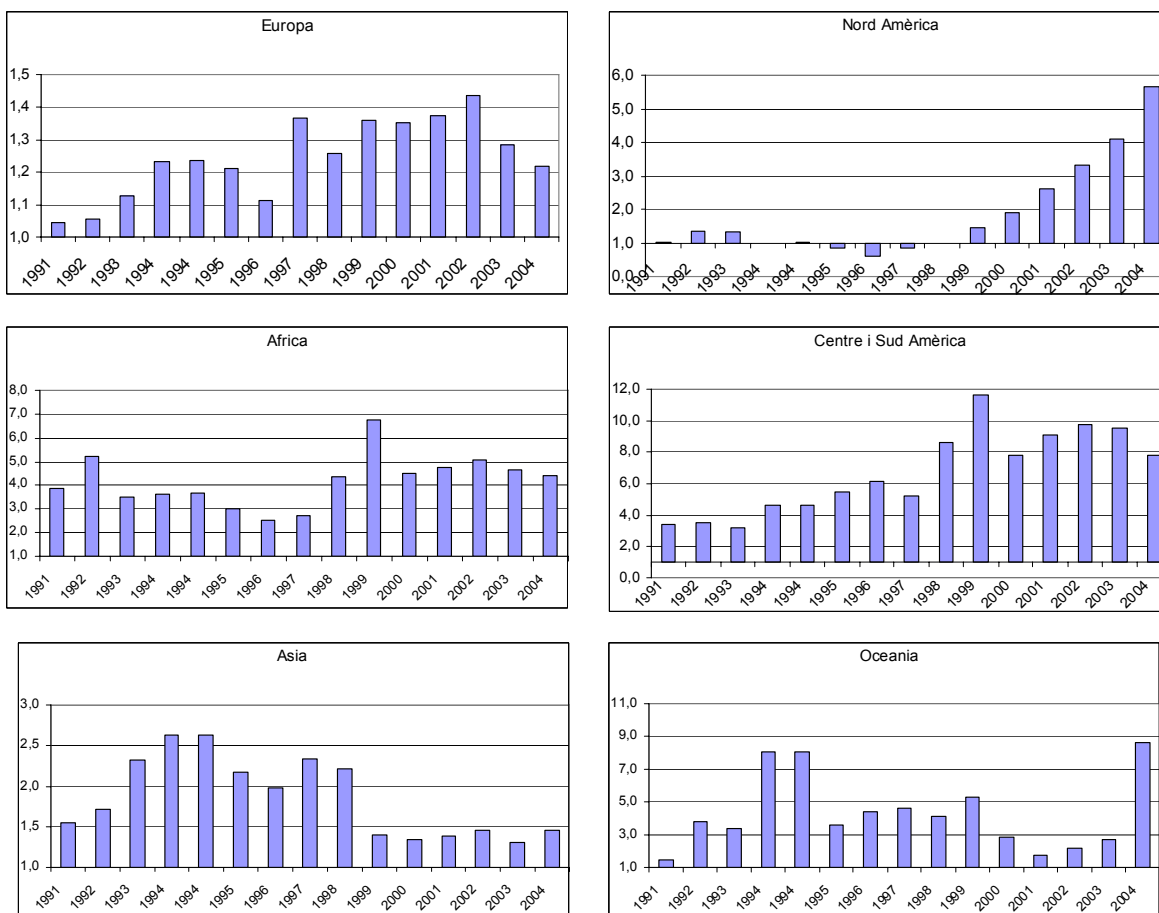


Figura 4.19 Evolució del preu de la tona exportada dividit pel preu de la tona importada, segons el continent o zona geogràfica d'origen i destí

En la Figura 4.19 s'ha representat la relació entre el preu de la tona exportada i importada en funció del continent destí o origen. Pel cas d'Europa s'observa que el preu dels productes exportats és molt similar al dels importats i la relació es manté entorn a 1. Una situació similar la podem trobar amb Nord Amèrica durant la dècada dels anys 90, on la relació es va mantenir entorn a 1 amb lleugeres variacions anuals. Però a partir de l'any 2000, s'observa una clara tendència a l'alça del preu de les exportacions molt superior al valor econòmic de les importacions. Aquest augment és degut a l'efecte conjunt de la disminució de valor monetari de les importacions mexicanes i l'encariment de les exportacions a Mèxic i Estats Units.

Tant pel continent Africà com per centre i sud Amèrica, zones on es concentren països amb gran riquesa de recursos naturals però baixos nivells de desenvolupament econòmic, s'observa clarament que el preu de les exportacions és molt superior al de les importacions. De mitjana, al llarg del període analitzat el valor econòmic de les exportacions a Àfrica és entorn a 4 vegades més alt que les importacions. Aquesta tendència encara és més marcada pel cas de centre i sud Amèrica, on es veu una clara tendència a l'alça del preu de les exportacions, on en els darrers anys el preu de les exportacions ha estat entre 8 i 10 vegades superior al de les importacions.

Amb el continent asiàtic la tendència és la inversa on, des de finals dels anys 90, hi ha hagut una forta baixada de la ràtio, fins a aproximar-la a 1, degut a un augment del preu de la tona importada, que s'ha duplicat.

Per últim, també s'observa un major valor monetari de les exportacions cap al continent austral respecte a les importacions que s'hi originen. En aquest cas no s'observa tendència, i les variacions estan associades a moviments puntuals de productes, ja que la quantitat total intercanviada amb aquest continent és tant petita, tant en termes econòmics com quantitativus, que qualsevol variació puntual té molta rellevància, i influeix en la tendència global.

En conclusió, Catalunya té una gran dependència de l'exterior, no només per les grans quantitats de materials que està important de l'estranger, sinó també perquè en molts casos aquest productes tenen poc valor afegit, reflectit en un preu baix per tona. Aquest tipus d'importacions en molts casos poden suposar greus problemes ambientals en els països exportadors (Muradian i Martinez-Alier, 2000), problemes que Catalunya estaria externalitzant a tercers països per sustentar el seu metabolisme. Aquesta forta dependència que té Catalunya de l'exterior, té unes implicacions directes en les necessitats de transport del país.

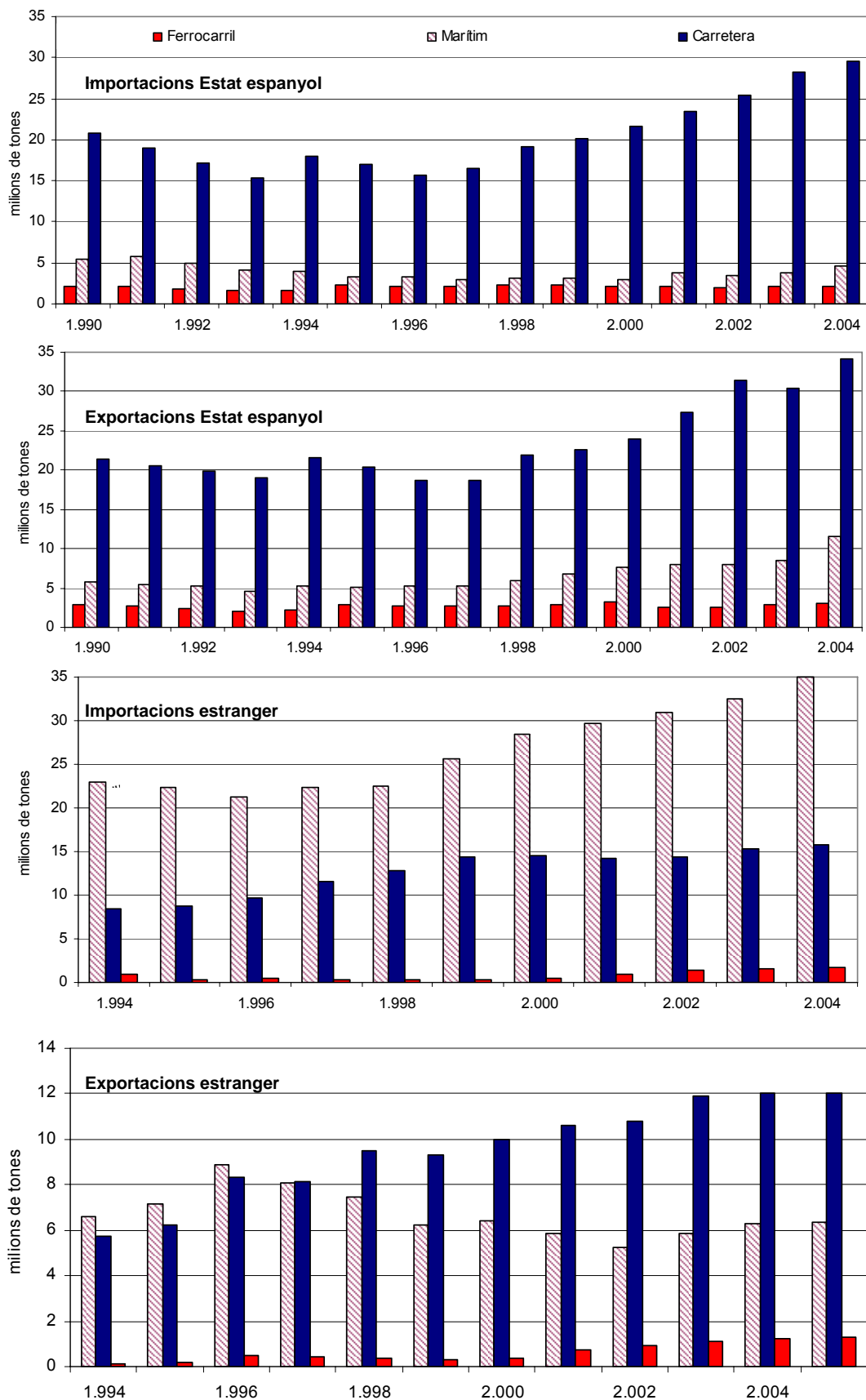


Figura 4.20 Importacions i exportacions entre a Catalunya i l'estranger o l'Estat espanyol, segons el tipus de mitjà de transport

Entre el 70 i el 80% del transport de mercaderies entre Catalunya i l'Estat espanyol es realitza per carretera (Figura 4.20). Mentre que el transport marítim és d'entorn al 20%, el ferroviari suposa menys del 10% i el transport aeri és mínim, i representa menys d'un 0,1% del total de comerç amb l'Estat espanyol.

El transport de mercaderies entre Catalunya i l'estranger mostra tendències similars, però amb un major pes del transport marítim (Figura 4.20). Tot i només disposar de dades a partir de l'any 1994, per als productes importats s'observa un clar creixement tant del transport marítim com per carretera, que han augmentat un 63 i un 89%, respectivament.

Per a les exportacions cap a l'estranger (Figura 4.20) s'observa un augment del trànsit per carretera en detriment del transport marítim. El transport d'exportacions per carretera ha tingut un creixement del 109% en els 10 anys analitzats, mentre que les exportacions marítimes cap a l'estranger s'han mantingut entorn als 6 milions de tones, amb excepció del període 95-97, quan van ser lleugerament superiors. Per tant, l'augment de les exportacions de materials es fa gairebé íntegrament per carretera.

Tant per a les exportacions com les importacions el transport ferroviari i aeri tenen un pes molt petit, entre un 1% i un 2% del trànsit de mercaderies amb l'estranger.

Resulta sorprenent que sigui tan escàs el pes que té el transport ferroviari en el comerç exterior, més eficient des d'un punt de vista ambiental que el transport per carretera (Liechti, 2002). A més, a aquest estudi cal afegir que el transport interior de mercaderies a Catalunya, no inclòs en aquest resultat, també està dominat pel transport per carretera, ja que és el mitjà pràcticament inevitable per a les etapes inicials i finals de qualsevol altra forma de transport.

4.3.2 Anàlisi dels fluxos de sortida i la variació de l'estoc de material a Catalunya en el període comprès entre els anys 2000 i 2004

En aquest apartat es presenta l'evolució dels fluxos de sortida de Catalunya en el període comprès entre els anys 2000 i 2004, així com la variació de l'estoc de materials dins del territori català. El destí principal dels materials que entren i són processats a Catalunya és acabar dipositats o alliberats a l'entorn natural (Figura 4.21) cada any. De mitjana en els 5 anys analitzats, les sortides cap a l'entorn natural suposen entorn al 48%, mentre que les exportacions i l'acumulació de materials en territori català suposa un 23 i un 28%, respectivament.

En el període analitzat, l'evolució tant dels fluxos de sortida com la variació de l'estoc de materials ha estat a l'alça, la mateixa que els fluxos d'entrada a Catalunya. Aquesta situació, és una de les principals conseqüències de l'augment de les

necessitats materials de Catalunya. Dels materials que Catalunya està extraient de l'entorn natural propi o d'altres països, entorn a un 23% s'exporta per a ésser consumit a d'altres sistemes econòmics, però el 77% restant, roman a Catalunya, en forma de maquinària o infraestructures, o bé s'allibera a l'entorn natural, en forma de residus i emissions. Aquestes xifres fan reflexionar, una vegada més, sobre la insostenibilitat del model actual. Les grans quantitats de materials dispersats cap a l'entorn natural, reflecteixen la necessitat de passar d'un sistema amb un ús lineal dels recursos a un model cíclic, on es minimitzi l'extracció de recursos de l'entorn, a través de la reutilització dels materials ja extrets.

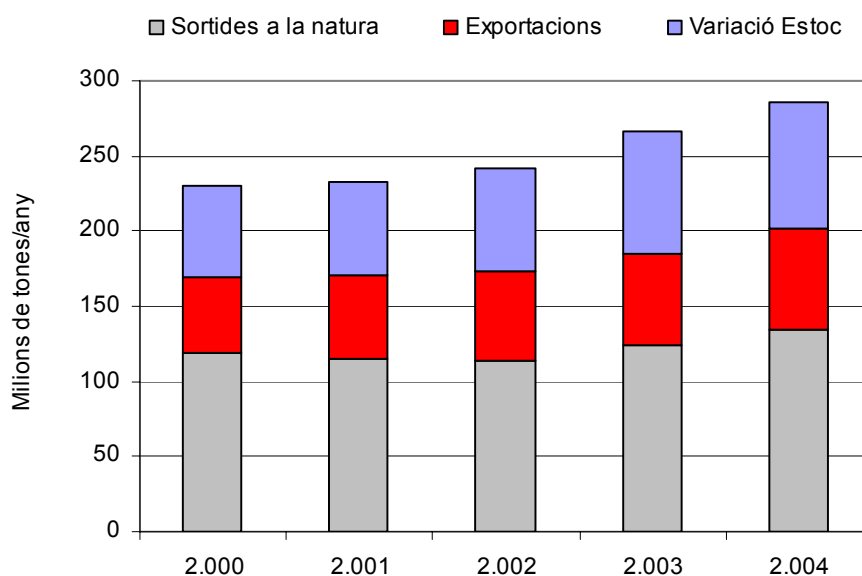


Figura 4.21 Evolució dels fluxos de sortida de materials Catalunya

4.3.2.1 Fluxos de sortida cap a l'entorn natural

Els fluxos de sortida estan clarament dominats per les emissions a l'atmosfera (Figura 4.22), que suposen més del 60% de les sortides de materials cap a l'entorn natural²⁵. En la Figura 4.22 es presenta la caracterització dels fluxos de sortida cap a l'entorn natural per l'any 2004, però les proporcions són molt similars al llarg del període analitzat (de l'any 2000 al 2004).

²⁵ Cal recordar que únicament s'inclou l'aire i l'aigua incorporat en els productes.

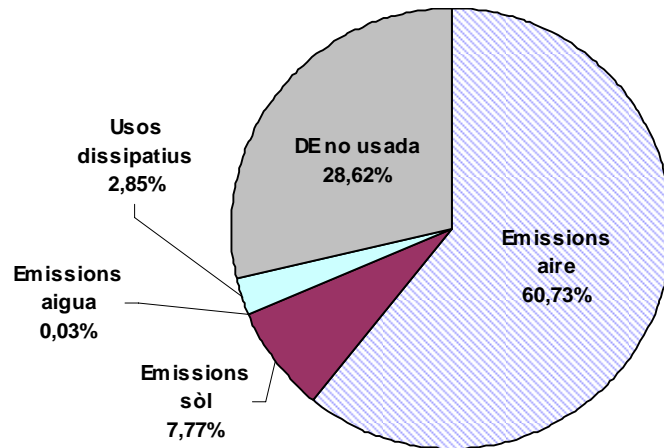


Figura 4.22 Caracterització dels fluxos de sortida a l'entorn natural de Catalunya l'any 2004

Més del 98% d'aquestes emissions atmosfèriques són CO_2 i vapor d'aigua, majoritàriament provinents de processos de combustió. En aquests 5 anys, la quantitat de CO_2 i vapor d'aigua emès a l'atmosfera han augmentat un 16 i un 17%, respectivament. La resta de compostos emesos a l'atmosfera (NO_x , SO_x , partícules, CH_4 , CO ...), suposen una fracció pràcticament negligible des d'un punt de vista massiu, en comparació amb els altres dos compostos. Evidentment, l'alta reactivitat o toxicitat d'alguns d'aquests compostos emesos en "petites" quantitats té importants implicacions ambientals, que no es veuen reflectides en una anàlisi d'aquest tipus. La discussió dels impactes ambientals associats a tots aquests compostos, queda fora de l'abast d'aquesta metodologia i conseqüentment d'aquest estudi. Tot i així, els seus fluxos han estat comptabilitzats i inclosos en el MFA de Catalunya, i els resultats es presenten en la Figura 4.23. A diferència de les emissions de CO_2 i H_2O , en aquest cas hi ha una disminució global de totes les emissions amb excepció dels NO_x i el SF_6 , que augmenten en un 4 i un 31%, respectivament.

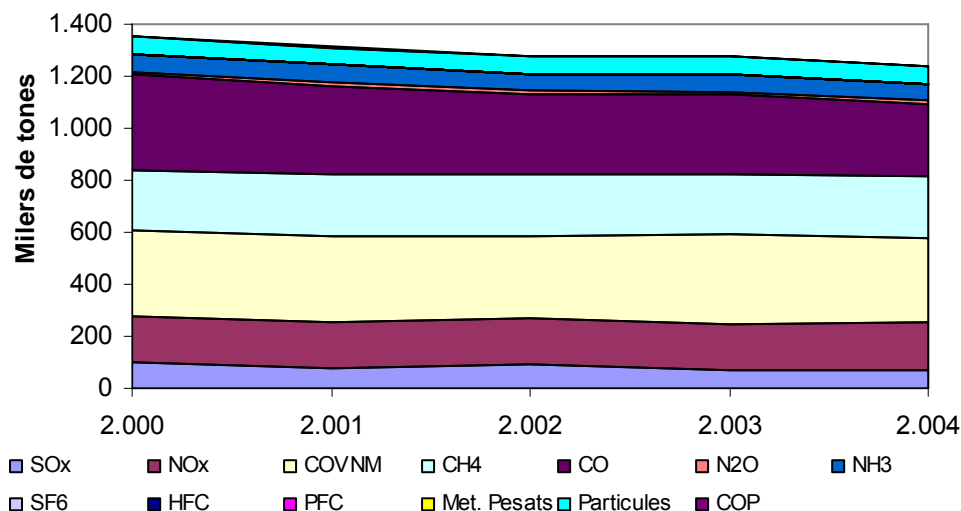


Figura 4.23 Emissions a l'atmosfera de Catalunya entre els anys 2000 i 2004

Evidentment, la disminució de les emissions atmosfèriques està plenament subjecta a l'estructura energètica actual, i al fort pes que hi tenen els combustibles fòssils. La disminució en el seu consum o bé la substitució per altres fonts energètiques són les úniques estratègies raonables, per fer disminuir aquest fluxos a límits assimilables per l'entorn.

Des d'un punt de vista quantitatiu, també destaca la important quantitat que representa l'extracció domèstica no usada de gairebé un 30% de les sortides a l'entorn natural (Figura 4.22). Com s'ha vist anteriorment, majoritàriament associada a l'extracció de recursos minerals. En el cas de la DE no usada associada a la biomassa, en general es deixa sobre el terreny i no s'aprofita; mentre que les restes de l'extracció de recursos minerals s'acumulen i es fan servir en molts casos per a reomplir pedreres. La disminució d'aquests està plenament condicionada per la disminució de l'extracció de recursos del medi. Aquesta disminució de l'extracció de recursos naturals o "verges" de l'entorn, es pot aconseguir a través de la seva substitució per recursos ja presents en la tecnosfera o en circulació, convergint cap a al model cíclic abans esmentat.

Les emissions al sòl considerades, suposen gairebé un 8% de les sortides de materials cap a l'entorn natural (Figura 4.22), i són majoritàriament els residus generats, destinats a abocador. La generació de residus municipals i industrials destinats a abocador, en aquests 5 anys ha disminuït en un 5 i un 11% respectivament (Figura 4.24), degut principalment a augments en els processos de separació i reciclatge de residus. Per contra, la generació de runes o residus de la construcció i demolició ha augmentat en un 30%. Aquest fort augment, en part és degut a l'augment de la construcció d'edificis i infraestructures i a la demolició d'altres ja existents. Però també cal considerar, que en els darrers anys ha augmentat considerablement el nombre de dipòsits controlats per a runes a Catalunya²⁶, i per tant la quantitat de runa gestionada correctament i comptabilitzada estadísticament.

²⁶ L'any 1997 només hi havia 7 dipòsits controlats de runa, mentre que l'any 2004 n'hi havia 45 (ARC, 2007).

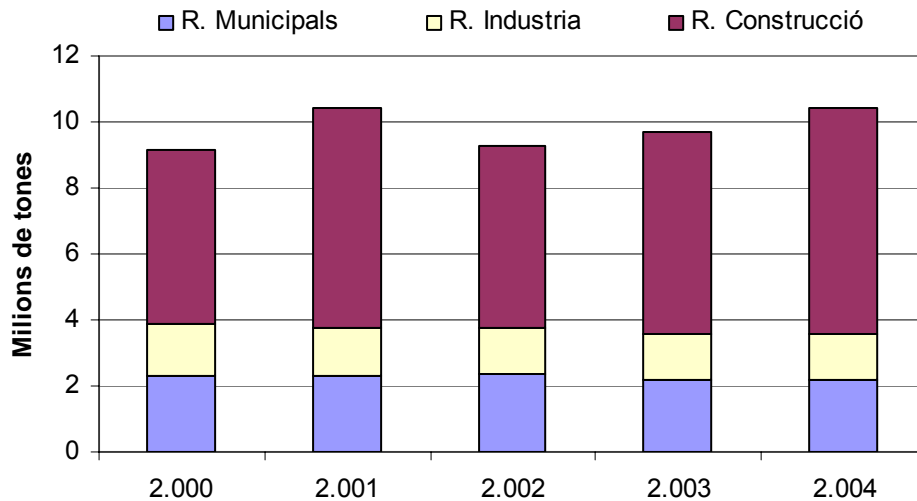


Figura 4.24 Origen i evolució dels residus destinats a abocador a Catalunya

Com es tractarà en més profunditat en el capítol 5, actualment a Catalunya el reciclatge de residus de la construcció és mínim, menys d'un 5% (ARC, 2007). Molt allunyat del reciclatge de països centre europeus, com Dinamarca, on supera el 90% (Symonds, 1999). Així doncs, tot i que hi ha un llarg camí per recórrer en aquesta àrea, degut a la manca de mitjans i moltes vegades de conscienciació del sector, les tendències i les opcions de millora són clares. A més, aquest reciclatge o reutilització del 90% dels residus de la construcció permetria disminuir la DE de recursos minerals en més d'un 10%, fet que permetria assolir un creixement zero de la DE de minerals.

Els productes amb usos dissipatius, com els pesticides, fertilitzants, fems, compost... que l'home diposita a l'entorn natural i en perd el control, suposen gairebé el 3% de les sortides de materials a l'entorn natural. Aquests fluxos sovint s'ometen en les quantificacions, tot i que la seva aplicació desmesurada pot representar importants impactes, com la nitrificació o l'augment de la salinitat del sòl. També, s'està analitzant actualment l'acumulació de compostos persistents, com ara productes farmacèutics, que tot i abocar-se en petites quantitats, la llargada de la seva vida o la dificultat per tal d'ésser assimilats per l'entorn suposa la seva acumulació en el medi natural, incrementant els impactes que tenen associats, que en alguns casos encara no s'han quantificat i no existeix una normativa específica al respecte.

Per últim, les emissions a l'aigua suposen una fracció mínima de les sortides de materials cap a l'entorn natural, el 0,03% (Figura 4.22). Aquesta sortida inclou el nitrogen, fòsfor o les partícules contingudes en l'aigua a l'efluent de les estacions depuradores, i és molt menor als fangs associats pel seu tractament.

4.3.2.2 Variació de l'estoc de materials a Catalunya

El fort augment que han tingut les entrades de materials a Catalunya es tradueix no només en un augment de les sortides materials cap a l'entorn natural, sinó també en un creixement de la quantitat de materials "acumulats" en territori català. La tendència a l'alça seguida per l'acumulació de materials és molt semblant a la seguida pels fluxos d'entrada (DMI i DE) i per l'indicador de consum de materials per capita (DMC) (Figura 4.25).

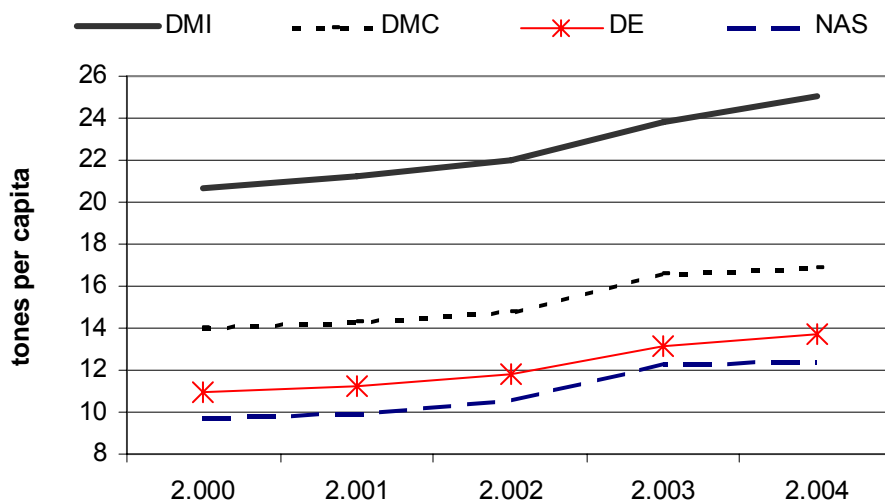


Figura 4.25 Evolució dels indicadors d'entrada (DE i DMI), consum (DMC) i acumulació de materials a Catalunya entre els anys 2000 i 2004

Mentre que l'any 2000 l'augment de l'estoc de materials era de 9,7 tones per habitant; a l'any 2004 era de gairebé 12,4 tones per habitant; una taxa mitjana de creixement del 5,05% anual. És a dir, cada vegada estem acumulant més materials en el territori català, i aquest augment de l'estoc cada vegada és fa més ràpid.

La major part d'aquests materials que s'estan acumulant és en forma d'infraestructures i habitatge, i una menor proporció en béns i equips.

L'acumulació d'aquests materials per una part està relacionada amb l'augment de la superfície ocupada per l'home i conseqüentment amb la disminució de la superfície natural, i per tant la capacitat d'assimilació del territori. Però també cal tenir en compte que, sinó canvia el model lineal d'ús de recursos que hi ha en l'actualitat, aquesta acumulació de materials s'acabarà convertint en residus futurs que caldrà gestionar. És clau, dissenyar totes aquestes infraestructures i equipaments per ser deconstruïts o desmantellats i poder reaprofitar tots els constituents. L'objectiu final seria doncs, convertir tot aquest estoc de materials en les pedreres i jaciments del futur.

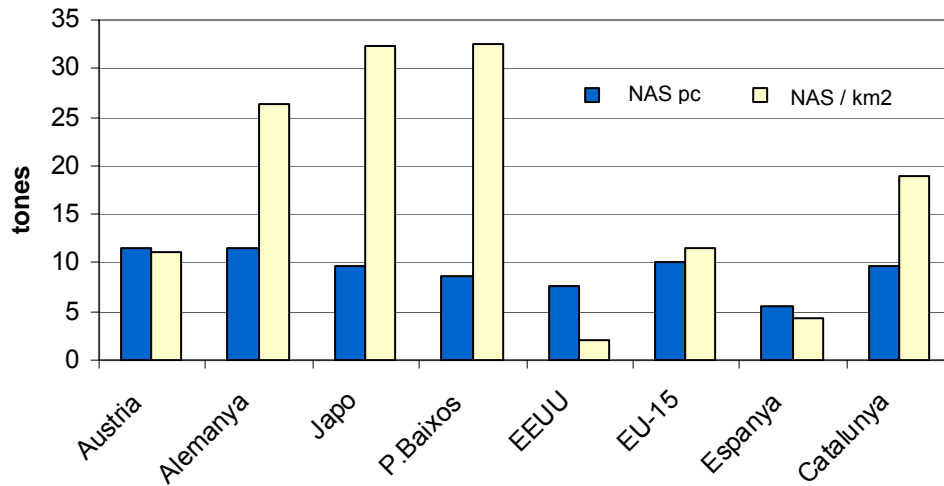


Figura 4.26 Comparació de l'acumulació de materials per a diferents països l'any 2000, excepte la mitjana de la UE-15 que són dades per l'any 1996 (Matthews et al., 2001; Moll et al., 2003; INE, 2003)

L'acumulació de materials per capita es situa dins els barems de la UE, i d'altres països com Japó, Àustria o Alemanya. Però, l'alta densitat de població i la petita superfície de Catalunya, fan que l'acumulació de materials per km², sigui molt major a la mitja europea (Figura 4.26). El creixement de l'estoc a l'any 2000 s'aproxima a les 19 tones anuals per hectàrea, mentre que l'any 2004 era de 26 tones per hectàrea. Per tant, la pressió que suporta el territori són aquestes tones de materials acumulats més les sortides cap a la natura, que són unes 30 tones per hectàrea, és a dir un total de més de 50 tones hectàrea.

4.3.3 Estimació dels fluxos indirectes

Els fluxos indirectes són totes les tones de materials necessaris per a la obtenció i fabricació dels productes importats i exportats. En un país amb una dependència de l'exterior tant forta com té Catalunya, és molt interessant des d'un punt de vista ecològic quantificar, a més de les tones de matèries importades, les tones de matèries primeres que realment s'estan extraient, i així poder comptabilitzar fluxos que generalment s'externalitzen a tercers països o regions.

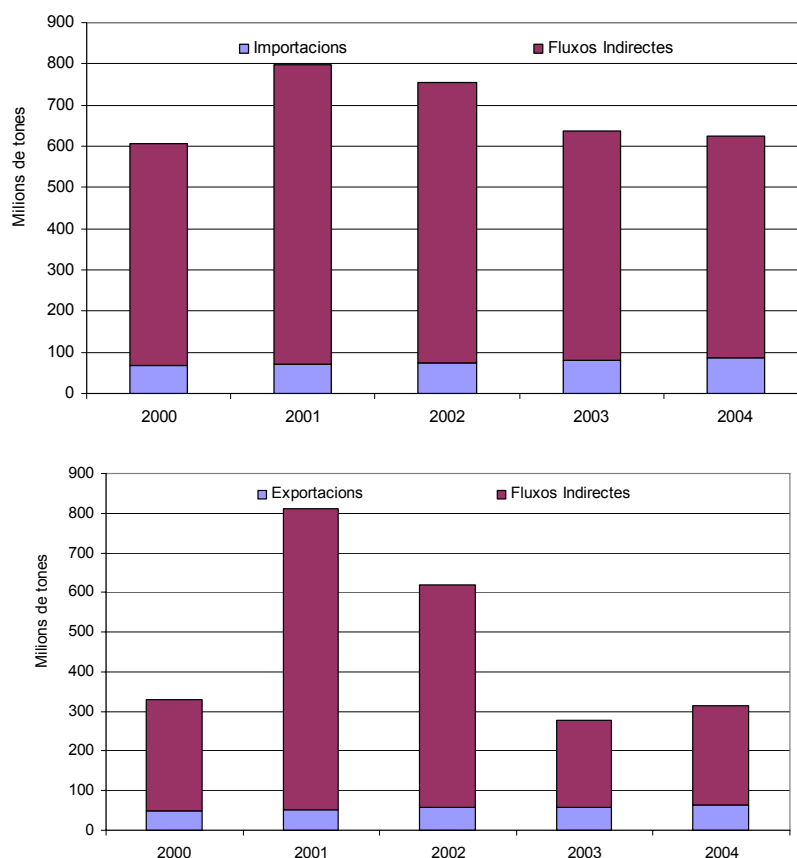


Figura 4.27 Importacions (figura superior) i exportacions (figura inferior) i els fluxos indirectes associats per a Catalunya

És important remarcar, com ja s'ha explicat en la metodologia, que l'estimació dels fluxos indirectes associats al comerç exterior és aproximada i únicament en pretenem analitzar l'ordre de magnitud, ja que caldria desenvolupar una base de dades pròpia per Catalunya, per poder fer una estimació més acurada. Però de moment, i mentre no es disposi de dades més precises i desagregades sobre el comerç exterior entre Catalunya i l'Estat espanyol, això no és possible.

Com es pot observar en la Figura 4.27, els fluxos indirectes associats tant a les importacions (part superior) com a les exportacions (part inferior), són entre 6 i 14 vegades més grans que els fluxos directes importats o exportats.

El fort augment en els fluxos indirectes associats a les exportacions que s'observa entre els anys 2001 i 2002, és degut a un augment de les exportacions de productes de joieria. Aquests fluxos tot i suposar una fracció mínima del comerç exterior tenen uns elevats fluxos indirectes associats i si s'eliminen, els resultats varien completament, com es pot observar en la Figura 4.28.

És a dir, destaca l'alta sensibilitat que tenen els fluxos indirectes de productes amb alt valor afegit, com els metalls preciosos o els productes de joieria, petites variacions dels quals poden suposar grans canvi en el total de fluxos.

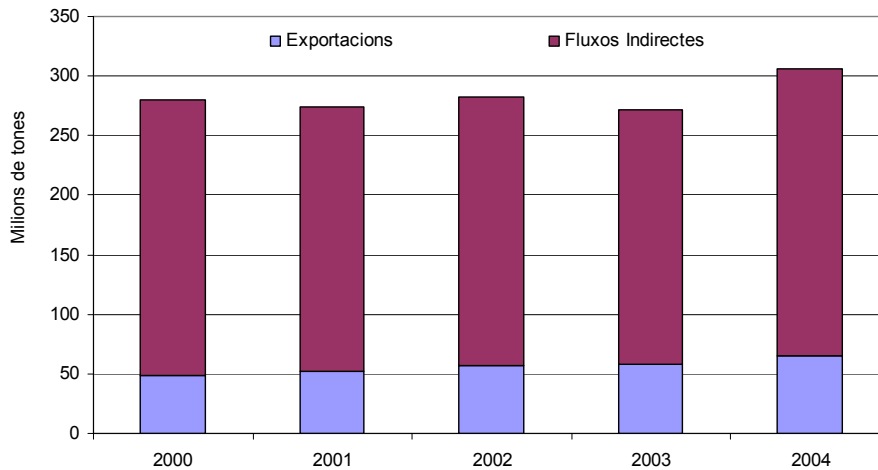
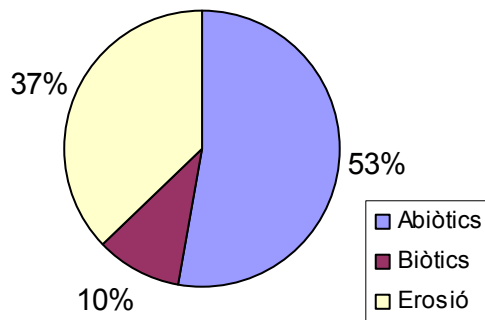


Figura 4.28 Fluxos indirectes associats a les exportacions sense comptabilitzar els productes de joieria

Per últim presentem la composició mitjana dels fluxos indirectes associats a les importacions i exportacions, al llarg del període analitzat (Figura 4.29). En aquest cas, i com ja s'ha esmentat a la introducció, es quantifiquen els materials biòtics i els abiòtics, però també es pot quantificar i incloure l'erosió associada al comerç exterior.

Importacions



Exportacions

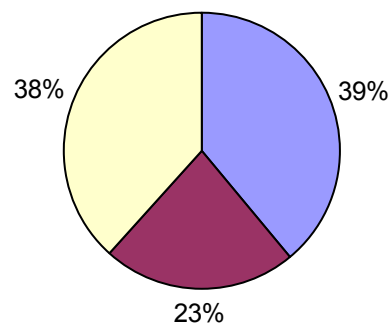


Figura 4.29 Composició dels fluxos indirectes associats al comerç exterior

Com es pot observar, els fluxos indirectes, tant per a les importacions com per a les exportacions, estan dominats per materials abiòtics, tenint en compte que la pèrdua de sòl per erosió també és un flux abiòtic. En primer lloc destaca que el pes de l'erosió és similar tant per a les importacions com exportacions i suposa entorn a un 37%. En canvi, els pes dels materials biòtics en les exportacions tot i no ésser dominants és superior al de les importacions. Aquest fet, és conseqüència del major pes que té la fracció de biomassa en els fluxos exportats.

4.3.4 Anàlisi comparatiu dels resultats

A continuació es comparen els resultats obtinguts amb els de l'Estat espanyol, la Unió Europea i alguns països d'arreu del món. Així, es podran situar els resultats del MFA de Catalunya en un context més ampli, que ens permetin tenir una millor perspectiva del seu significat.

4.3.4.1 Situació a l'Estat espanyol

El MFA de l'Estat espanyol ha estat quantificat en diferents estudis per diversos períodes (Carpintero, 2002; Cañellas et al., 2004). A més, actualment ja es disposa de publicacions anuals dels indicadors derivats del MFA d'entrada, sortida i consum de materials per part de l'Instituto Nacional de Estadística a l'anuari de *Cuentas de flujos de materiales* (INE, 2007). També es poden trobar els resultats del MFA d'Espanya en els diferents estudis realitzats en la quantificació del MFA per a tots els països de la Unió Europea (Moll et al., 2003; Weisz et al., 2004).

En els anys de solapament dels diferents estudis s'observen diferències en els resultats dels treballs publicats d'un 13%, degut probablement a les diferents fonts de dades estadístiques utilitzades. S'ha decidit comparar les dades de Catalunya amb els resultats per Espanya recollits en la publicació d'Eurostat (Weisz et al., 2004)²⁷.

En termes globals les tendències seguides per l'Estat espanyol són semblants a les mostrades per Catalunya. El flux de materials corresponents a Catalunya està inclòs dins del de l'Estat espanyol, i de fet, la DE i el DMC de Catalunya l'any 2001 suposava entorn d'un 14% del total de la DE i el DMC espanyol, proporció similar a la fracció de PIB i població que suposa Catalunya dins l'Estat espanyol.

Taula 4.15 Proporcions entre Catalunya i Espanya l'any 2004 (INE, 2007):			
	Població	PIB (milions €)	Superfície (ha)
Catalunya	6,8 milions	840.106	3.205.780
Espanya	43 milions	157.818	50.536.848
Cat/Esp.	16%	19%	6%

A l'Estat espanyol tampoc hi ha hagut una desmaterialització ni en termes absoluts ni per capita. Ans al contrari, el consum de materials entre l'any 1990 i 2001 ha augmentat en un 26%, mentre que la població ha crescut només un 3%. L'anàlisi de l'evolució DMC i DMI per PIB, és també similar a la catalana: hi va haver una

²⁷ S'ha escollit aquesta publicació per diferents motius. En primer lloc, perquè està basada en els treballs publicats anteriorment (Carpintero, 2002). En segon lloc, perquè és l'estudi que es cenneix més al període de temps analitzat en aquesta tesi; a més d'ésser el mateix que s'usarà per realitzar l'estudi comparatiu amb la resta d'Europa.

lleugera desmaterialització entre el 1990 i 1994 (Figura 4.30), i a partir del 1994 experimenta una nova etapa de materialització. En termes globals, aquesta desaceleració del consum de materials experimentada a principis dels anys 90, té un impacte mínim si és té en compte la forta materialització que ha tingut lloc a l'Estat des de mitjans dels anys 50. Segons Carpintero (2002) el DMC a mitjans dels anys 50 era de poc més 100 milions de tones anuals; mentre que l'any 1995 superava els 490 milions de tones, i a l'any 2001 ja era de 624 milions (Weisz et al., 2004) .

Comparant els resultats per capita, s'observa que l'extracció domèstica de l'Estat espanyol, segueix una tendència similar a la catalana (Figura 4.30). Per una part, destaca el fet que en tot el període analitzat la DE per capita de Catalunya és d'unes 2 tones menor a la DE espanyola. Aquesta diferència és deguda a què la DE de biomassa a Catalunya se situa entorn a 1 tona per habitant mentre que a Espanya es situa entorn a les 3 tones per capita. Tot i que aquesta diferència es manté al llarg del període, el fort creixement que està tenint la DE de recursos minerals a Catalunya, superior a l'espanyol, fa disminuir aquesta diferència. De fet, en valor absolut, la DE espanyola entre els anys 1990 i 2001, ha crescut un 17%, molt per sota del 32% experimentat per la DE catalana.

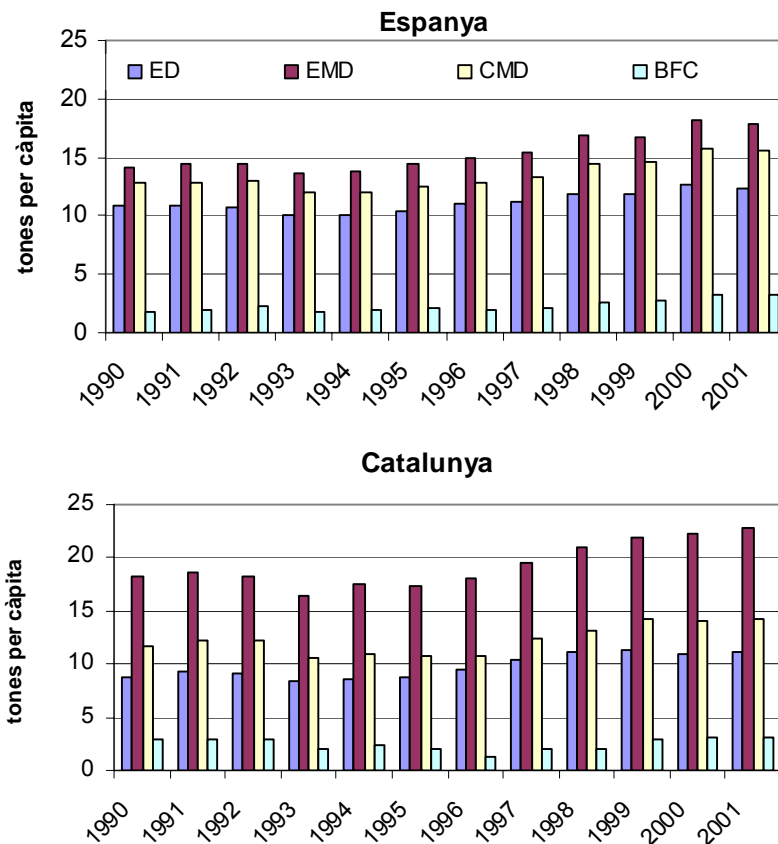


Figura 4.30 Indicators derivats del MFA per Espanya i Catalunya

Per contra, degut a la diferència de densitats de població, la DE per unitat de superfície a Catalunya és més del doble que a l'Estat espanyol. En aquests anys, la DE a Catalunya ha estat entre 1.600 i 2.200 t/km², mentre que a Espanya s'ha situat entre 800 i 1.000 tones per km². Així, Catalunya, tot i tenir nivells de DE per capita inferiors als de l'Estat espanyol, exerceix una pressió sobre l'entorn, mesurada en tones extretes per unitat de superfície, molt superior a la de l'Estat espanyol.

Aquesta manca de recursos materials en el territori català per satisfer les necessitats dels seus habitants, com ja s'ha esmentat, es compensa important grans quantitats de materials d'altres regions i països. Les importacions per capita catalanes són clarament superiors a les espanyoles. D'aquesta manera no només es compensa la diferència entre les DE per capita dels dos territoris, sinó que situa l'entrada de materials directa (DMI) catalana per damunt de l'espanyola. Tot i així, les tendències observades són similars: el DMI d'ambdues nacions és estable, amb un lleuger decreixement entre els anys 1990 i 1995/6, però des de mitjans dels anys 90, experimenta un creixement progressiu fins l'any 2001.

El DMC per capita a Catalunya és menor a l'espanyol al llarg de tot el període. A Catalunya ha passat de poc més d'11 tones per capita l'any 1990 a més de 14 l'any 2001, mentre que el DMC espanyol ha passat de gairebé 13 a 15,5 tones per capita. Generalment, els valors baixos de consum de materials per capita són propis de països amb densitats de població elevades, que suposen un volum d'infraestructures per habitant menor a regions menys densament poblades (Weisz et al., 2006). Però en el cas de Catalunya, aquest DMC baix respon més a consums de biomassa i combustibles fòssils baixos, que no pas de recursos minerals, com es veurà més endavant. Catalunya, tot i tenir una elevada densitat de població, ha experimentat un elevat creixement del nombre d'infraestructures i habitatges des de finals dels anys 90, fet que ha implicat superar l'avantatge en el consum de materials que suposa una alta densitat de població.

Si s'analitza també el DMC per unitat de superfície, es pot veure la càrrega que aquest consum suposa cap a l'entorn natural. Per a Espanya el DMC és entre 900 i 1.220 tones/km² anuals, mentre que a Catalunya es situa entre 2.100 i 2.800 t/km², és a dir més del doble.

També destaca que l'obertura al mercat exterior de Catalunya és molt superior a la de l'Estat espanyol. Aquesta és una característica pròpia de les regions i països petits. La seva superfície de dimensions limitades, juntament amb la manca de determinats recursos, provoca la necessitat d'importar elevades quantitats de recursos. De fet, les importacions suposen més del 50% del DMI, mentre que a Espanya tant sols suposen entre un 20 i un 30%. Però com s'ha vist, bona part

d'aquestes importacions no són consumides a Catalunya, sinó que són reexportades cap a d'altres regions, principalment de l'Estat espanyol. Aquests fluxos comercials dins l'Estat espanyol, no es veuen reflectits en el MFA d'Espanya, que únicament inclou el comerç amb tercers països. Això fa que el pes de les exportacions suposin un 15% del DMC a Espanya, mentre que a Catalunya suposen entre un 50 i un 70% del DMC.

Si de les exportacions catalanes s'extreuen les destinades a l'Estat espanyol i únicament s'inclouen les exportacions a l'estranger, llavors suposen entre un 15 i un 30% del DMC; encara superior al valor espanyol. Així doncs, el mercat exportador de Catalunya amb l'estranger és superior a la resta de l'Estat. Però també cal destacar l'elevat pes que té Catalunya en el comerç dins l'Estat espanyol, ja sigui per la seva ubicació en la frontera amb la resta d'Europa o per l'existència de grans infraestructures de transport com són els ports de Barcelona i Tarragona, que fa que Catalunya concentri un elevat trànsit de mercaderies cap a la resta de l'Estat.

4.3.4.2 País Basc i Comunitat Autònoma de Madrid

També s'han quantificat els fluxos de materials pel País Basc (IHOBE, 2002) i per Madrid (Naredo, 2003). En aquest cas la comparació serà més limitada, ja que únicament per a l'estudi realitzat per al País Basc la metodologia és anàloga a la utilitzada per a Catalunya. Es presentaran els resultats per a les dues comunitats autònomes, però cal tenir en compte que els treballs són comparables únicament des d'un punt de vista qualitatiu, a més hi ha una diferència temporal entre les sèries analitzades. Tot i aquestes limitacions s'ha considerat oportú fer una anàlisi qualitativa d'alguns fluxos de les diferents comunitats.

En primer lloc, destaca que la DE per capita de Catalunya és la més elevada, fet raonable si considerem que la superfície del territori és entre 4 i 5 vegades més extensa que la de les altres dues comunitats, i per tant és la que té un major potencial (Figura 4.31). Analitzant la DE per unitat de superfície, la productivitat pren valors similars en els diferents territoris. Per al País Basc i la Comunitat de Madrid és de 2500 t/km² i de 3500 t/km², respectivament; mentre que per a Catalunya era entorn de 2000 t/km².

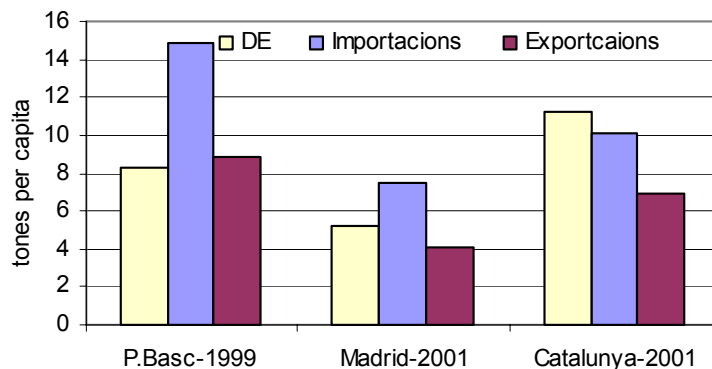


Figura 4.31 Extracció domèstica (DE), importacions i exportacions per capita a Catalunya, al País Basc i a Madrid

Cal comentar que, els baixos valors de la Comunitat Autònoma de Madrid, en comparació amb Catalunya i el País Basc, són en part fruit de les altes densitats de població i de l'origen exterior de bona part dels productes que hi entren amb alts nivells de processament, degut al baix pes del sector industrial. Però per una anàlisi més a fons, recomanem la lectura del treball realitzat per Naredo (2003).

La comunitat amb una major obertura a l'exterior és el País Basc, on la quantitat dels productes importats, pràcticament dobla la DE, mentre que les exportacions són lleugerament superiors a les de Catalunya. També a Madrid les importacions són superiors a la DE. Pel País Basc i Madrid, el pes de les importacions en el DMI, és un 64 i un 87% respectivament, superior al pes que tenen dins DMI català. Una tendència similar s'observa per la relació entre les exportacions i el DMC.

En termes absoluts, tant les importacions com exportacions estan liderades per Catalunya, seguit de Madrid i per últim es situaria el País Basc. En canvi, si l'anàlisi es realitza per capita el lideratge el pren el País Basc, mentre que en relació a la resta de fluxos Madrid es situa al capdavant.

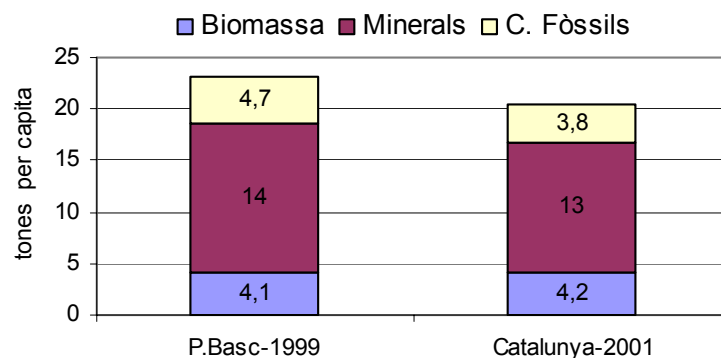


Figura 4.32 Composició del DMI de Catalunya i del País Basc

La manca de dades fa que únicament s'hagi pogut comparar la composició del DMI del País Basc i Catalunya (Figura 4.32). El DMI de biomassa en ambdues regions és semblant, i les diferències més importants vénen marcades pels recursos minerals i els combustibles fòssils, que són superiors per al País Basc. Aquestes diferències són explicables pel major pes que té el sector siderúrgic i metal·lúrgic al País Basc i les diferències entre els sectors energètics de les dues comunitats.

Així, en les tres comunitats autònomes analitzades s'observa la mateixa manca d'autosuficiència material, que han d'ésser subministrats per altres regions i països. En tots els casos, el percentatge que suposen les importacions dins dels fluxos d'entrada de recursos és molt superior a la mitjana mostrada per l'Estat espanyol. Aquesta xifra es pot relacionar amb les relativament petites dimensions dels territoris analitzats i els elevats valors de la DE per km² que tenen en tots els casos. D'altres regions espanyoles amb majors superfícies i menor densitats de població tindrien resultats oposats a les comunitats aquí presentades, que faran compensar la mitja.

4.3.4.3 Context europeu

En aquest apartat es comparen els resultats de Catalunya amb els dels 15 països que constitueixen la Unió Europea l'any 2001, i es presenten els valors mitjans dels indicadors derivats del MFA per a tota la Unió Europea (UE-15) (Figura 4.33).

Igual que en l'Estat espanyol, dins la UE – 15, al llarg de tot el període analitzat, hi ha una gran disparitat dels resultats dels indicadors per als diferents països. En primer lloc, destaca l'elevat valor dels indicadors per Finlàndia, que té una DE per capita molt elevada. Aquest fet és degut a l'alt consum per capita de materials de la construcció i biomassa forestal, relacionat amb la baixa densitat de població del país.

També cal destacar l'elevat pes que té el mercat exterior a Bèlgica/Luxemburg²⁸ i als Països Baixos. Aquest es pot observar a partir de la gran diferència que hi ha entre l'indicador d'entrada de materials (DMI) i l'extracció domèstica (DE) o el consum de materials (DMC) d'aquests països. En termes relatius les importacions suposen per aquests tres països entre un 60 i un 70% del DMI. Una tendència similar s'observa per a les exportacions que suposen entre el 60 i el 130% del consum de materials (DMC) per Bèlgica, Luxemburg i Països Baixos mentre que per la resta de països de la UE són el 10 i 30%. Aquesta gran diferència reflecteix el que s'anomena *Efecte Rotterdam* (Eurostat, 2001), és a dir, la presència del port més gran d'Europa fa que tinguin un elevat trànsit de mercaderies on bona part de les

²⁸ Bèlgica i Luxemburg són analitzats conjuntament ja que ambdós països formen una unió estadística.

mercaderies són de trànsit directe, és a dir, moltes de les importades són reexportades. Tant per a les importacions com per a les exportacions, Catalunya està situada al llindar; amb valors molt superiors a la majoria dels països de la UE, però lleugerament inferiors als països del Benelux. A Catalunya la relació Importacions/DMI és més del 50%, i la relació Exportacions/DMC és d'entorn a un 60%. És a dir, Catalunya mostra símptomes d'Efecte Rotterdam, que probablement vagi en augment degut al creixement de les infraestructures de transport tant marítimes com ferroviàries i de carretera, que està tenint lloc i que estan projectades pel futur.

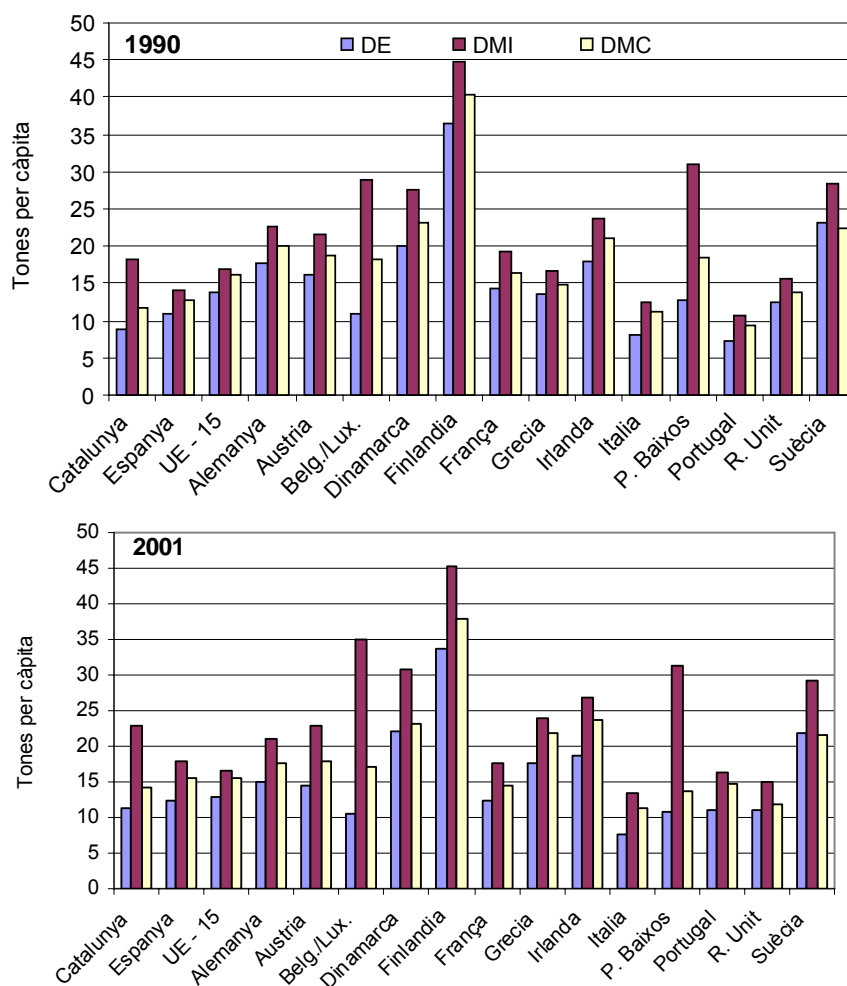


Figura 4.33 Indicadors derivats del MFA per Catalunya i els països de la UE-15, per als anys 1990 i 2001

La DE per capita de Catalunya és una de les més baixes de la UE-15. L'any 1990 únicament superava els valors de la DE d'Itàlia i Portugal. La forta materialització seguida tant per Portugal com per Catalunya al llarg del període, juntament amb la disminució de la DE patida per molts països de la UE, ha aproximat la DE catalana a la mitjana europea. De fet, la DE per capita a Catalunya l'any 2001, tot i seguir a la cua

de la UE, va assolir valors semblants als de Països Baixos, Regne Unit, Bèlgica i Luxemburg, tots ells països amb elevades densitat de població.

En canvi, el DMI català ha seguit una clara tendència a l'alça; l'any 1990 tenia valors similars a la mitjana de la UE. El fort creixement del mercat exterior ha suposat que el DMI per capita català superi la mitjana europea, amb valors molt semblants als d'Àustria i Alemanya.

També comparant-ho amb la resta de la UE-15, l'indicador de consum de materials domèstic (DMC) català està situat a la cua de la UE amb valors semblants als Països Baixos, França i Portugal l'any 2001, però apropant-se molt a la mitjana UE-15. La composició del DMC al llarg del període analitzat es manté aproximadament estable per a tots els països, per tant únicament compararem la composició del DMC de les diferents economies per l'any 2001 (Figura 4.32).

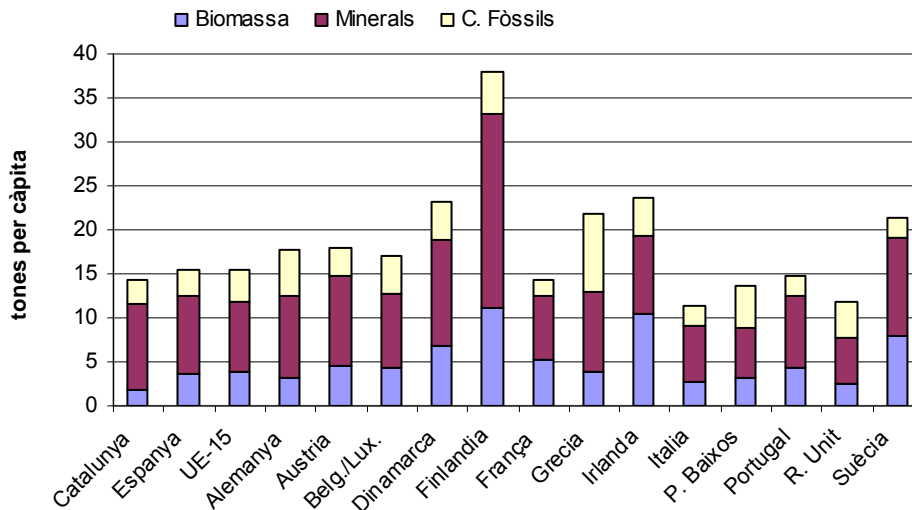


Figura 4.34 Composició del DMC de Catalunya i els 15 països que constituïen la Unió Europea l'any 2001 (UE-15)

El consum de biomassa per capita a Catalunya és el menor de tota la Unió Europea. Aquest baix consum de biomassa s'ha de relacionar amb dos aspectes. En primer lloc, el baix valor de la DE de biomassa a Catalunya, d'unes 200 tones/km², propi dels països mediterranis com Grècia i Espanya i molt inferior al que trobem a alguns països nòrdics com Suècia i Finlàndia. En segon lloc, cal tenir en compte l'elevat pes que suposen les importacions d'aquest tipus de productes que doblen la seva DE i suposen entre un 70 i un 80% del DMI de biomassa. Aquests productes poden ésser importats com a productes acabats i semimanufacturats, i en aquest cas, es caracteritzen per tenir un baix pes en relació amb la quantitat de matèries primeres necessàries per a obtenir-los. Si únicament es quantifiquen els fluxos directes que entren a l'economia catalana, pot ser que per a determinats materials, com la

biomassa, el consum quantificat sigui menor al valor esperat tenint en compte les dimensions de la població i la ramaderia.

També el consum de combustibles fòssils és lleugerament inferior a la mitjana de la UE-15, amb valors semblants als d'Itàlia, Portugal i Suècia. En el cas de Catalunya aquest fet està associat a l'alt pes que té l'energia nuclear en el nostre territori, tot i que el consum és superior al de França, que té el DMC de combustibles fòssils menor de tota la UE-15.

Per últim, és important destacar que Catalunya té un consum de recursos minerals força elevat, superior a la mitjana europea i amb valors semblants a Alemanya, Grècia i Espanya. Com ja s'ha esmentat, aquest elevat consum de recursos minerals està associat al sector de la construcció.

En termes relatius, els materials no renovables (recursos minerals i combustibles fòssils) són els que tenen un pes més gran en el DMC de tots els països de la UE, amb una mitjana del 75% dels materials consumits. Catalunya segueix el mateix patró, ja que el consum de materials renovables (biomassa) suposa únicament un 12% del DMC, molt menor a la d'altres països com Irlanda, Suècia, França i Finlàndia, que són els que tenen una major consum de renovables.

4.3.4.4 Escala mundial

Per poder realitzar una anàlisi comparatiu dels resultats del MFA de Catalunya a escala mundial, els països s'han agrupat segons continents per a l'any 1999 (Schandl i Eisenmenger, 2006). Comparant la DE de Catalunya, amb els valors mitjans per a cada continent (Figura 4.35), s'observa que els valors per capita són semblants a la mitjana europea i als de Sud Amèrica. Destaca, l'elevat volum de materials extrets per capita d'Oceania, en aquest cas es justifica plenament per la baixa densitat de població d'aquest continent (4 habitants per km²), situació semblant al cas finlandès a escala europea. En canvi, la DE per capita nord-americana es situa en posicions capdavanteres, a pesar de l'alta densitat de població. En aquest cas, els elevats valors s'han de relacionar amb la gran quantitat de combustibles fòssils i minerals extrets per a la construcció. De fet els volums extrets a Nord Amèrica únicament són superats en termes absoluts pel continent asiàtic, molt més extens i poblat. Per aquest motiu el continent asiàtic, tot i ésser d'on s'extreuen una major quantitat de recursos, es situa a la cua en valors per capita, juntament amb el continent Africà.

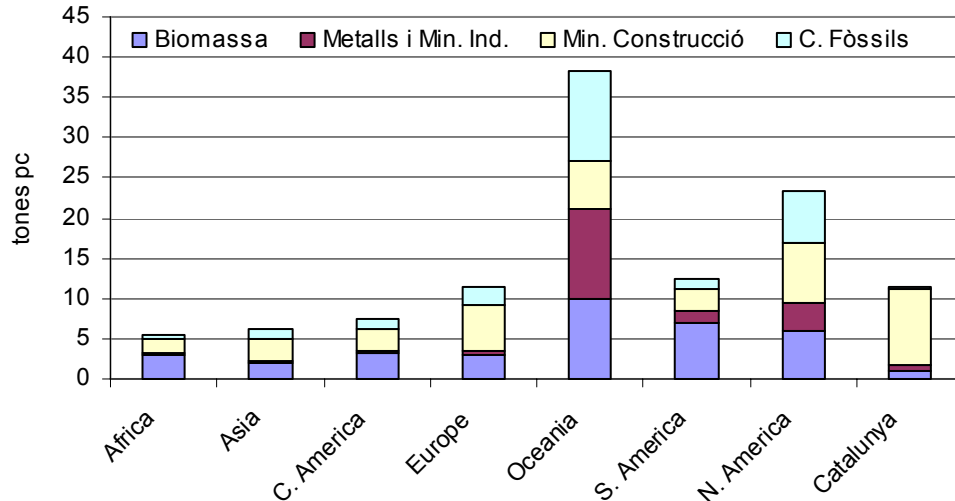


Figura 4.35 Extracció domèstica per capita a escala mundial l'any 1999

Per tal d'analitzar la composició de la DE, s'ha cregut convenient distingir entre minerals de la construcció i els minerals metàl·lics i amb usos industrials. Comparant les composicions s'observa que la DE per capita de biomassa catalana és molt menor a la de la resta de continents, mentre que la DE de minerals de la construcció per capita és clarament superior.

Finalment, comparant el DMC per a diferents països arreu del món (Figura 4.36), s'observa una major similitud del consum català amb el d'economies de països desenvolupats, com és el cas del Japó i dels països de la Unió Europea l'any 2000, tant per a la composició com per a nivell de consum per capita.

Amb la resta de països la situació és molt més heterogènia. Per Veneçuela i Brasil, destaca l'elevada fracció que suposa la biomassa mentre que per Xile, l'alt pes que hi ha de consum de minerals està associat a l'extracció de coure, del que Xile és un dels primers productors mundials.

També es presenten els resultats de consum per alguns països asiàtics, on els nivells tant de desenvolupament econòmic, com de consum són menors, i també es diferencien per baixos consums de combustibles fòssils per capita.

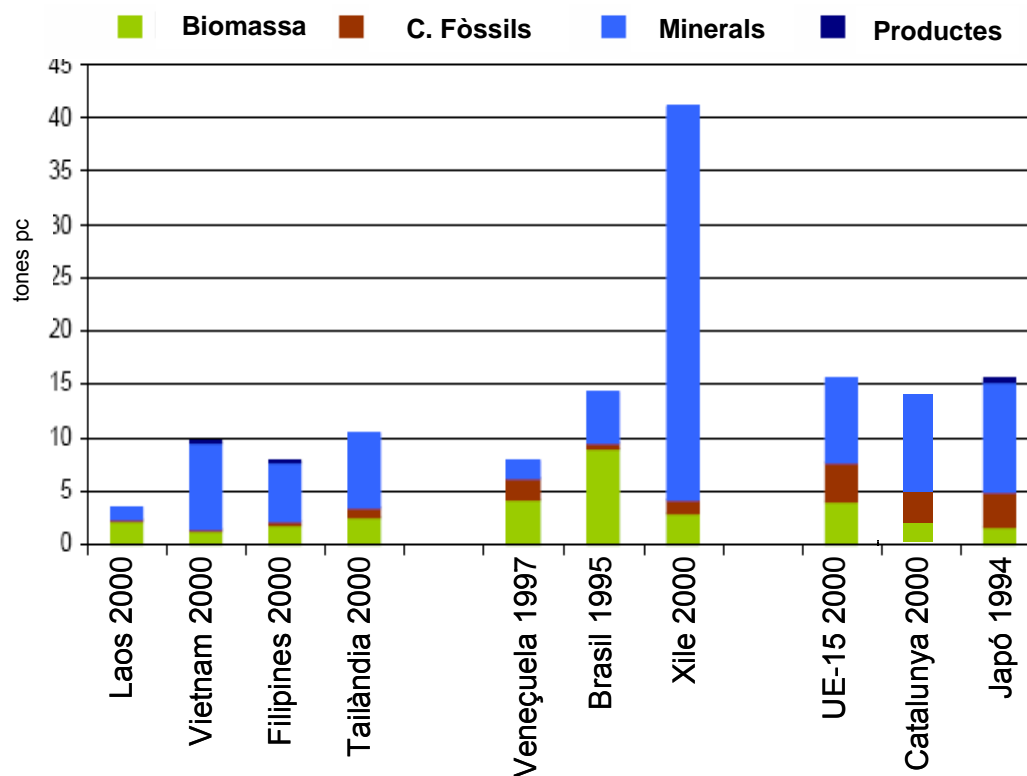


Figura 4.36 Consum de materials domèstic per capita per a diferents països

Per últim, cal remarcar l'alta heterogeneïtat que hi ha en els resultats dels indicadors derivats del MFA per a les diferents economies, però també hi ha una clara relació entre els estats de desenvolupament tant econòmic com industrial amb els resultats observats. Així doncs, no es pot parlar d'uns valors òptims per aquests indicadors, ja que valors baixos, com els que s'observen per a Laos o Vietnam, estan lluny d'una situació de sostenibilitat econòmica i social. Tot i així, la seva anàlisi sí que ens permet comparar diferents economies en termes físics i així complementar els indicadors econòmics, moltes vegades deficientes per a subministrar informació ambiental.

4.4 Anàlisi global del MFA de Catalunya i conclusions

L'anàlisi dels fluxos de materials de Catalunya entre l'any 1990 i 2004 mostra una forta materialització tant en termes absoluts com en termes relatius. El consum de materials ha augmentat en un 56%, passant d'11,8 a 16,9 tones per habitant i any. És més, el creixement del consum de materials ha estat superior al creixement econòmic, si aquest es mesura en unitats de PIB.

Amb el model de metabolisme actual de Catalunya el creixement econòmic suposa un augment en les necessitats materials. Fins i tot podem dir que cada vegada les necessitat de materials per unitat de PIB són majors. Així, mentre que l'any 1990 el consum d'una tona de materials generava 1.021 € de PIB, l'any 2004 únicament en va generar 912 €. Catalunya està creixent al llarg del temps però alhora s'està convertint en una economia cada cop més ineficient. Aquest fet, molt negatiu, implica que si no hi ha cap canvi, el creixement futur tindrà cada vegada més impacte ambiental, ja sigui a Catalunya, o als països d'on provenen els materials consumits. L'augment de la dependència exterior té repercussions també sobre variables econòmiques com la balança comercial, que empitjora contínuament, i amb ella, la competitivitat de la nostra economia. Així doncs, tant per motius ambientals com econòmics, s'evidencia la necessitat de canviar de model de creixement.

Les etapes de recessió econòmica es tradueixen en etapes d'estancament i fins i tots lleugers decreixements en el consum de materials. Els resultats del MFA de Catalunya mostren una lleugera disminució de les tones de materials consumits per unitat de PIB des de l'any 1990 fins l'any 1996. Aquesta disminució coincideix amb l'etapa de recessió econòmica que es va iniciar a finals dels anys 80. Però, des de llavors, com ja s'ha esmentat, el creixement de l'economia catalana, mesurat en unitats de PIB, ha anat vinculat a un fort augment del consum de materials. Així doncs, la tendència observada a Catalunya de tones de materials consumides per unitat de PIB és més similar a una forma de N, és a dir d'etapes de desmaterialització seguida de rematerialització, que no pas la U inversa predita per Kuznets.

Aquest fet és en part explicable pel model de creixement que tenim, fortament basat en el sector de la construcció, molt més intensiu en termes materials. L'aspecte clau és el pes que tenen els materials de construcció en els resultats de l'anàlisi global, de manera que una disminució de l'activitat constructiva s'observa clarament com una baixada del consum de materials.

A banda del pes de la construcció, el creixement econòmic de Catalunya també ha estat conseqüència d'un augment de la industrialització. Aquesta industrialització es veu reflectida en un augment del grau de manufactura dels productes exportats.

Aquest major grau de manufactura ha implicat una disminució de la intensitat material, és a dir, menys quantitat de materials a major preu, i amb el creixent valor econòmic de la tona exportada. En relació amb el mercat exterior, Catalunya ha tendit a importar productes a baix preu amb menor grau de manufactura i els processa o reexporta a preus superiors, aquesta situació és molt evident per als combustibles fòssils, però també té lloc en altres mercats com el metal·lúrgic. Aquesta desigualtat és especialment rellevant per a països en vies de desenvolupament econòmic, sent un reflex de la regla del notari.

Segons els resultats que s'han presentat, Catalunya es situaria en la part dreta de la corba del Notari, regió ocupada pels països "rics", que es centren en les fases finals d'elaboració i comercialització de productes. Catalunya exporta productes amb un elevat valor econòmic per unitat de cost físic. Tot i que els productes importats

La **Regla del Notari** que estableix que hi ha una tendència general en l'acceleració de la taxa de revalorització respecte els augments dels costos físics a mesura que els processos de fabricació s'acosten a la venda del producte final (Naredo i Valero, 1999). Aquesta relació es reflexa en la concavitat de les corbes que relacionen la valoració monetària i el valor físic al llarg dels processos.

d'Àfrica, sud i centre Amèrica, majoritàriament d'activitats extractives i amb escassa elaboració, tenen un baix valor afegit per unitat de cost físic. Precisament, molts dels països d'aquests continents, estarien situats a la part inferior esquerra d'aquesta corba, zona ocupada pels països "pobres".

L'anàlisi també fa palesa l'escassetat de recursos en el territori català per abastir les necessitats de consum de la societat catalana. A Catalunya hi ha una manca no sols de combustibles fòssils, sinó també de determinats minerals, com els productes metàl·lics i de biomassa. Aquesta dependència de l'exterior, a més de suposar una situació fràgil de Catalunya front a les fluctuacions del mercat exterior, també implica unes grans necessitats de transport. Les tendències creixents en els consums d'aquests recursos, i la manca de recursos propis, fan preveure un agreujament de la situació si no hi ha una intervenció que condueixi cap al decreixement o estabilització del seu consum en termes absoluts. Cada vegada el pes de les importacions de llarga distància va en augment. Al llarg dels 15 anys analitzats les importacions amb Espanya han augmentat en un 28% però amb la resta del món han crescut un 75%. En aquest sentit, són molt discutibles totes les estratègies de

creixement econòmic futur que vagin encaminades a potenciar aquests sectors, que són cada cop més dependents de les importacions i que tenen un fort impacte en termes de demanda de transport i per tant de combustibles fòssils.

També cal tenir en compte que el transport de mercaderies, tant amb l'Estat espanyol com amb la resta del món, està plenament dominat pel trànsit marítim i per carretera. A més, sembla que les polítiques d'infraestructures implementades, com les ampliacions del ports i de la xarxa viària, tendiran a accentuar aquesta tendència creixent. Tenint en compte la congestió actual de les carreteres i l'elevat consum de combustibles fòssils del sector i les necessitats de minimitzar-lo, cal avaluar alternatives per minimitzar el transport per carretera, com a mínim per al transport de mercaderies de llarg recorregut, que és el que es veu reflectit en els resultats presentats en aquest capítol. El fet que el 70-80% del transport de mercaderies amb l'Estat espanyol sigui per carretera i que estigui creixent a ritmes molt forts degut a la dependència creixent de Catalunya fan que es "fixin" demandes de combustibles fòssils en el futur, només per tal de mantenir l'actual nivell de generació de valor afegit, i que la situació empitjori amb el creixement, que és més dependent del transport ara que el 1990. El mateix passa en el cas del comerç amb l'estranger, on el transport per carretera ha crescut moltíssim, sobretot les exportacions, que en els últims 10 anys ho han fet un 109%, és a dir s'han doblat. Per tant, un resultat positiu des d'un costat (l'augment d'exportacions) té una contrapart negativa en el sentit que gairebé tot es fa per carretera i augmenta d'aquesta manera l'impacte ambiental de l'activitat catalana, la dependència dels combustibles fòssils, i de l'exterior.

Comparant els resultats de Catalunya amb els de l'Estat espanyol es poden observar tendències molt similars probablement associades a polítiques comunes, i al fet que els models de creixement i l'elevat pes del sector de la construcció són similars. Les principals diferències observades es poden relacionar amb la major densitat de població de Catalunya, una de les més altes de l'Estat espanyol. Mentre que el consum per capita català és lleugerament inferior al de l'Estat espanyol (tot i que els ritmes de creixement del consum a Catalunya són superiors i aquest diferència s'ha escurçat en aquests 15 anys). Des d'un punt de vista ambiental, també és molt important l'anàlisi de la pressió que es fa sobre el territori, en termes del que es coneix com a càrrega, és a dir, l'extracció i consum de materials per unitat de superfície. En aquest cas, la situació a Catalunya és molt pitjor a la de l'Estat espanyol i els nivells de càrrega sobre el territori català són aproximadament el doble als de l'Estat espanyol.

La conseqüència directa d'aquesta tendència de consum de materials, és el creixement de les emissions cap a l'entorn natural i l'acumulació de materials en l'interior del sistema. L'estoc de materials en l'interior del sistema, suposa únicament

un 22% del DMI i si es comptabilitzen les tones de materials indirectes associades als productes importats (TMI) l'acumulació de materials a Catalunya l'any 2000 suposa un 19%. Aquest fet, el considerem molt rellevant perquè significa que, malgrat la construcció, únicament entorn un 20% dels materials es converteixen en bens amb un temps de vida superior a un any a dins del sistema. La resta, entorn un 80%, es converteixen en sortides. Els residus i els compostos que s'acaben dipositant a l'entorn natural, representen un 55%. Aquest fet no únicament emfatitza sobre els impactes naturals que estem causant sobre el nostre entorn si no que també ressalta l'elevada ineficiència del nostre sistema com consumidor de recursos naturals. A més de suposar unes elevades pèrdues econòmiques. Per una part, el fet que aquesta gran quantitat de recursos siguin dipositats a l'entorn natural suposa una pèrdua econòmica pel propi valor de les matèries primeres, que al sortir del sistema econòmic perden el seu valor monetari, i per un altre part, cal comptabilitzar els costos de tractament per a minimitzar els seus impactes al ser dipositats a l'entorn natural.

Comparant els resultats de Catalunya amb els que presenten els 15 països que constituïen la Unió Europea l'any 2001, els resultats són molt més heterogenis. Mentre que l'any 1990, Catalunya es situava a la cua de la UE, tant en termes d'extracció com de consum, el fort creixement que hi ha hagut fa que l'any 2001 el seu consum sigui similar al de la mitjana europea. És més, el fort ritme de materialització seguit des de l'any 2000, i el continuat creixement del sector de la construcció, fan suposar que el consum de materials de l'any 2006 hagi estat ja superior al de la mitjana de la UE. L'anàlisi dels països de la UE mostra una estabilització i inclús decreixement en el consum de materials per capita de la major part dels països del centre i nord d'Europa. En canvi, països del sud d'Europa com Grècia, Portugal i Espanya, a més d'Irlanda, són els que tenen unes taxes de creixement del consum de materials per habitant positives, com és el cas de Catalunya.

Catalunya, a més de tenir característiques pròpies dels països del sud d'Europa, amb nivells d'extracció baixos i creixements alts, també es veu limitada per la seva manca de superfície i de capacitat d'autoabastiment. El comerç exterior català mostra similituds amb el de països com Bèlgica, Luxemburg o Holanda, on les importacions i exportacions de materials tenen tant o més pes que l'extracció de materials del propi territori.

D'aquestes dades una de les primeres fites que ens hauríem de proposar és tendir cap a la minimització del consum de recursos naturals, allargant el temps de vida dels productes i l'eficiència dels processos de producció o de consum. Aquesta disminució del consum de recursos tindria dos efectes directes, per una part evitar l'esgotament dels recursos naturals i l'apropiament de natura que està realitzant el

sistema, i per altre part, disminuir les sortides de materials cap a l'entorn natural. D'aquesta manera s'aconseguirà minimitzar els impactes i les carregues sobre l'entorn, a la vegada que pot arribar a representar un estalvi econòmic. Per tant, caldrà utilitzar d'altres eines i disciplines com poden ésser l'ecologia industrial, l'ecodisseny, tecnologies més netes, l'anàlisi del cicle de vida que permetin millorar aquesta eficiència.

4.5 Addenda

4.5.1 Comparació dels resultats de l'estudi amb les dades de disponibles de C-Interreg per al comerç amb l'estat espanyol

El mes de maig de 2007 es va publicar a través d'una pàgina web, la base de dades C-Interreg (2007a) sobre comerç interregional de béns a l'Estat espanyol. La base de dades compta amb una estimació dels fluxos de materials entre províncies de l'Estat espanyol des de l'any 1995 fins a l'any 2005. Aquest projecte ha estat promogut per CEPREDE i finançat per la Junta d'Andalusia, la Junta de Castella i Lleó, la Junta de Castella la Manxa, la Generalitat Valenciana, la Junta d'Extremadura, la Comunitat de Madrid, l'Institut d'Estadística de Navarra i el govern Basc.

La metodologia (C-Interreg, 2007b) seguida per a la quantificació dels fluxos està basada també en l'estimació del comerç a través de les estadístiques de tràfic de mercaderies pels diferents mitjans de transport: carretera, aeri, marítim i ferrocarril. Les fonts estadístiques emprades per a l'obtenció de dades en C-Interreg també són similars a les usades en aquest treball i citades en aquest capítol. A partir de la informació disponible (C-Interreg, 2007a, 2007b), s'ha trobat que les principals diferències entre la metodologia de C-Interreg i la emprada en aquest estudi estan en l'estimació del tràfic marítim i per oleoducte.

El comerç entre Catalunya i l'estat espanyol per oleoducte no ha estat inclòs en aquest capítol, en canvi sí que s'ha inclòs en C-Interreg. En aquest capítol no s'ha pogut incloure ja que no s'ha pogut disposar de les dades que quantifiquin aquest fluxos, i únicament s'ha inclòs el transport per oleoducte entre Catalunya i l'estranger.

El tràfic marítim considerat en aquest capítol inclou també, el transport per cabotatge en tots els ports de Catalunya, mentre que en l'estudi de C-Interreg únicament s'ha inclòs el tràfic dels principals ports, és a dir, Barcelona i Tarragona. En la base de dades de C-Interreg els ports que depenen de la Generalitat de Catalunya s'han considerat menyspreables, tot i que tenen un important pes especialment en els darrers anys²⁹.

Els fluxos de comerç exterior amb l'estat espanyol estimats pels dos mètodes tenen importants diferències, d'un 20% per les importacions i del 25% per a les exportacions. Fins al moment únicament s'ha pogut tenir accés a les dades finals agregades i no s'ha pogut veure en detall a quins mitjans de transport ni a quin tipus

²⁹ El flux d'importacions i exportacions per cabotatge dels Ports de la Generalitat són variables en el període considerant, oscil·lant entre 40 mil per les importacions fins a més de 4 milions de tones per les exportacions de l'any 2004.

de mercaderia s'associaven aquestes grans diferències. Ja que hi ha dos nivells d'accés a la base de dades de C-Intereg, un per les entitats promotores i patrocinadores, i un accés més restringit per al públic en general. Si s'afegeix el fet que la sèrie disponible en la base de dades de C-Intereg és únicament a partir de l'any 1995, i no cobria tot el període de temps d'aquest estudi, s'ha preferit seguir utilitzant les dades pròpies.

Tot i la considerable diferència en els fluxos amb l'Estat espanyol, l'efecte en els resultats finals dels indicadors agregats com el DMI i el DMC és d'entre un 4 i un 7%. En la Figura 4.37 es presenta una comparativa dels resultats d'alguns indicadors derivats del MFA (DMI, DMC i PTB) pels dos mètodes. Els resultats mostren una tendència anàloga per ambdues metodologies i com la diferència dels resultats es veu amortida quan es comptabilitzen la resta de fluxos materials per a calcular els indicadors agregats presentats en aquest treball.

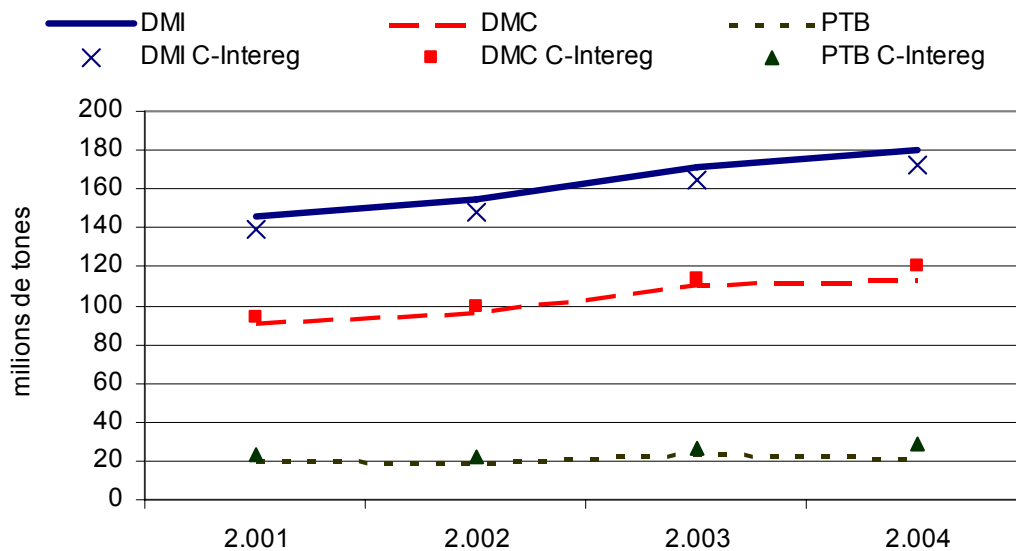


Figura 4.37 Comparació dels resultats del DMI, DMC i PTB segons la quantificació feta en aquest estudi i utilitzant la base de dades de C-Intereg, pel període 2001 – 2004

4.5.2 La comptabilització de l'energia nuclear en el TMR

Per conveni, en el càlcul del MFA d'un país únicament s'inclou el consum de combustibles fòssils com a recursos energètics (veure punt 4.2.1.2 de la metodologia), ja que són els que tenen major importància en termes massics. Tot i que si s'estimen els fluxos no usats i indirectes, el pes de l'energia nuclear deixa d'ésser menyspreable i podria ésser interessant la seva inclusió. Aquest fet permetria ponderar països com Catalunya, en els quals l'energia nuclear té un gran pes i que com s'ha vist en la

comparació en el context europeu (apartat 4.3.1.4), el DMC associat al sector energètic és inferior a la mitjana.

En un informe de l'any 2004 publicat per l'observatori de l'energia nuclear a Catalunya³⁰ es quantificava que per l'any 2003 a Catalunya es van generar més de 25 mil GWh d'electricitat d'origen nuclear, i va ésser necessari mobilitzar més de 7 milions de tones de recursos minerals per obtenir l'urani, a la vegada que es van generar més de 7 milions de tones de residus, part dels quals eren radioactius.

Aquests materials mobilitzats són fluxos indirectes que suposen una petita fracció dels fluxos indirectes del país, poc més de l'1%. Però el seu pes és molt més rellevant si es consideren únicament els fluxos indirectes associats al sector energètic.

³⁰ Informació facilitada pel Dr. Josep Puig del Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona.

4.6 Bibliografia

- Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., i Schütz, H. (1997). *Resource flows: The material basis of industrial economies*. Washington, D.C.: World Resources Institute (WRI), Wuppertal Institute, Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning, and Environment i National Institute for Environmental Studies.
- Agencia Tributaria. (2007). *Estadísticas Comercio Exterior*. Recuperat desembre 2007 a, http://www.aeat.es/aeat/aeat.jsp?pg=aduanas/estad/ComExt/es_ES
- APT. (1993). *Memoria Anual 1992*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (1994). *Memoria Anual 1993*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (1995). *Memoria Anual 1994*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (1996). *Memoria Anual 1995*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (1997). *Memoria Anual 1996*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (1998). *Memoria Anual 1997*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (1999). *Memoria Anual 1998*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (2000). *Memoria Anual 1999*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (2001). *Memoria Anual 2000*. Tarragona: Autoridad Portuària de Tarragona.
- APT. (2002). *Memoria Anual 2001*. Tarragona: Autoritat Portuària de Tarragona.
- APT. (2003). *Memoria Anual 2002*. Tarragona: Autoritat Portuària de Tarragona.
- APT. (2004). *Memoria Anual 2003*. Tarragona: Autoritat Portuària de Tarragona.
- APT. (2005). *Informe anual, 2004*. Tarragona: Autoritat Portuària de Tarragona.
- ARC. (2007). *Estadística producción residuo a Catalunya*. Recuperat el setembre del 2007 a, www.arc-cat.net/ca/
- Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes. (2007). *Estadísticas consumo de fertilizantes en España por comunidades autónomas*. Recuperat el maig del 2007 a, www.anffe.com/evolucion.html
- Autoritat Portuària de Barcelona. (1995). *Estadístiques de trànsit, 1994*. Barcelona: Autoritat Portuària de Barcelona, 111 – 114.
- Ayres, R.U., Ayres, L.W., McCurley, J., Small, M.J., Tarr, J.A., i Ridgery, R.C. (1985). *A historical reconstruction of major pollutants levels in the Hudson-Raritan Basin: 1880-1980*. Pittsburgh: Variflex Coro.
- Ayres, R., i Ayres, L. (1996). *Industrial Ecology. Towards closing the materials cycle*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Ayres, R., i Ayres, L. (2001). *A handbook of Industrial Ecology*. Northampton, MA: Edward Elgar Publication.
- Bourg, D., i Erkman, S. (2003). *Perspective on industrial ecology*. Sheffield: Greenleaf Publishing Limited.
- Bringezu, S., i Schütz, H. (2001). *Technical report No 56. Total Material Requirement of the European Union. Technical Part*. Copenhagen: European Environmental Agency.

- British Geological Survey. (2007). *European mineral statistics 2001-05*. Nottingham: Keyworth.
- Brunner, P.H., i Rechberger, H. (2004). *Practical handbook of material flow analysis*. Washington, D.C.: Lewis Publishers.
- Cañellas, S., González, A.C., Puig, I., Russi, D., Sendra, C. i Sojo, A. (2004). Material flow accounting of Spain. *International Journal of Global Environmental Issues*, 4, 229-241.
- Carpintero, O. (2002). La economía española: el «dragón europeo» en flujos de energía, materiales y huella ecológica, 1955 – 1995. *Ecología Política*, 23, 85-125.
- C-Intereg. (2007a). Estadísticas de la base de datos C-intereg. Recuperat setembre de 2007 a, <http://www.c-intereg.es/estadisticas.asp>
- C-Interreg. (2007b). *La base de datos C-intereg sobre el comercio interregional de bienes (1995-05): metodología*. Documento de trabajo del Instituto Lawrence R. Klein. Centro Stone. Recuperat el gener del 2007 a, http://www.c-intereg.es/informe_metodologico.pdf
- Daly, H.E. (1991). *Steady-state economics*. Washington D.C.: Island Press.
- DARP. (1991). *Estadístiques agràries, 1991*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (1993). *Estadístiques agràries i pesqueres, 1992 i 1993*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (1994). *Estadístiques agràries i pesqueres, 1994*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (1995). *Estadístiques agràries i pesqueres, 1995*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (1996). *Estadístiques agràries i pesqueres, 1996*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (1997). *Estadístiques agràries i pesqueres, 1997*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 108 - 126
- DARP. (1998). *Estadístiques agràries i pesqueres, 1998*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (1999). *Estadístiques agràries i pesqueres, 1999*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (2000). *Anuari d'estadístiques agràries i pesqueres de Catalunya, 2000*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (2003). *Estadística i conjuntura agrària Num. 188 – 189*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (2004). *Estadística i conjuntura agrària Num. 190 – 191*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DARP. (2005). *Estadística i conjuntura agrària Num. 194 – 195*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.

- DARP. (2007a). *Consum de fertilitzants nitrogenats a Catalunya 1990 – 2006*. Barcelona: Departament Agricultura Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya. Recuperat el maig del 2007 a, <http://www.gencat.net/darp/c/dades/fertilit/fert01.htm>
- DARP. (2007b). *Captures pesqueres*. Barcelona: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Direcció General de Pesca i Afers Marítims del. Recuperat el 2005 a, www.gencat.net/darp/
- DARP i IDESCAT. (1982). *Cens agrari català 1982*. Barcelona: Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca i Institut d'Estadística de Catalunya.
- DARP i IDESCAT. (1989). *Cens agrari català 1989*. Barcelona: Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca i Institut d'Estadística de Catalunya.
- DARP i IDESCAT. (1999). *Cens agrari català 1999*. Barcelona: Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca i Institut d'Estadística de Catalunya.
- DICT. (2002). *Plà de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010*. Barcelona: . Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria, Comerç i Turisme.
- Dijkema, G., Reuter, M., i Verhoef, E. (2000). A new paradigm for waste management. *Waste Management*, 20, 633.
- Doldán, X.R. (2003). Energía, materiales y agua en la industria manufacturera gallega. *Economía Industrial*, 352, 25-45.
- DPTOP. (1991). *Memòria 90. Comissió de Ports de Catalunya*. Barcelona: Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- DPTOP. (1992). *Memòria 91. Comissió de Ports de Catalunya*. Barcelona: Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- DPTOP. (1995). *Anuari d'estadística del Departament de Política Territorial i Obres Públiques 1992 - 1995*. Barcelona: Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- DPTOP. (1997). *Anuari d'estadística del Departament de Política Territorial i Obres Públiques 1996*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- DPTOP. (1998). *Anuari d'estadística del Departament de Política Territorial i Obres Públiques. 1997*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- DPTOP. (1999). *Anuari d'estadística del Departament de Política Territorial i Obres Públiques 1998*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- Eurostat. (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Fischer-Kowalski, M., i Hüttler, W. (1999). Society's metabolism: The intellectual history of material flow analysis, Part II, 1970-1998. *Journal of Industrial Ecology*, 2(4), 107-136.
- Gas Energia (2004). Recuperat el juny del 2004 a, www.gasenergia.com

- Hammer, M., i Hubacek, K. (2003). *Material flow and economic development, material flow analysis of the Hungarian economy*. Laxenburg, Austria: IIASA Interim Report IR-02-057.
- Hendriks, C., Obermosterer, R., Müller, D., Kytzia, S., Baccini, P., i Brunner, P. (2000). Material flow analysis: A tool to support environmental policy decision making. Two case studies on the city of Vienna and the swiss lowlands. *Local Environment*, 5, 311 – 328.
- Hercowitz, M. (2003). *Metabolismo social y turístico de Lanzarote*. Lanzarote: Cabildo de Lanzarote.
- Huesemann, M.H. (2004). The failure of eco-efficiency to guarantee sustainability: Future challenges for Industrial Ecology. *Environmental Progress*, 23(4), 264-270.
- ICAEN. (2003). *Glossari energètic: Unitats*. Barcelona: Institut Català de l'Energia. Recuperat el juny 2003 a, www.icaen.net
- ICEDD. (2004). *Indicateurs de flux de materies en region Wallonne. Final Rapport*. Namur: Institut de Conseil et d'Etudes en Developpement Durable.
- IDESCAT. (1995). *Anuari d'estadística de Catalunya 93/94*. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya.
- IDESCAT. (1997). *Anuari d'estadística de Catalunya 96*. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya.
- IDESCAT. (2005). *Anuari d'estadística de Catalunya 1992-2004*. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya.
- IDESCAT. (2006). *Anuari d'estadística de Catalunya 2005*. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya.
- IDESCAT. (2007a). *Anuari d'estadística de Catalunya 2006*. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya.
- IDESCAT. (2007b). *Dades estadístiques de comerç exterior. Duanes*. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya. Recuperat el desembre de 2007 a, <http://www.idescat.net/sexterior/Comest?TC=1&L=1&R=N>
- IDESCAT. (2007c). *Estadística de producció i comptes de la indústria*. Recuperat el desembre del 2007 a, <http://www.idescat.net/cat/economia/industria/>
- IEC. (2007). *Anàlisi del metabolisme energètic de l'economia catalana*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Document intern del Consell Assessor de Desenvolupament Sostenible (CADS).
- IHOBE. (2002). Necesidad total de materiales de la comunidad autónoma del País Vasco. *Programa Marco Ambiental nº 7*. Euskadi: Gobierno Vasco, Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente
- IGME. (2007). *Panorama minero español*. Recuperat el maig del 2007 a, www.igme.es/internet/RecursosMinerales/panoramaminero/minerales
- INE. (2001). *Anuario estadístico de España 2001*. Madrid: Instituto Nacional Estadística.
- INE. (2003). *Anuario estadístico de España 2002-2003*. Madrid: Instituto Nacional Estadística.

- INE. (2004). *Anuario estadístico de España 2004*. Madrid: Instituto Nacional Estadística.
- INE. (2005). *Anuario estadístico de España 2005*. Madrid: Instituto Nacional Estadística.
- INE. (2007). *Anuario de estadística de España. INE-Base*. Recuperat el juny del 2007 a, <http://www.ine.es/inebase/index.html>
- INH. (1991). *Informe estadístico, 1991*. Madrid: Instituto Nacional de Hidrocarburos.
- Islam, S.M.N., Munasinghe, M., i Clarke, M. (2003). Making long-term economic growth more sustainable: evaluating the costs and benefits. *Ecological Economics*, 47, 149-166.
- Junta de Residus. (2001). *Programa de gestió de residus de la construcció 2001-2006*. Barcelona: Junta de Residus. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.
- Junta del Puerto de Tarragona. (1991). *Memoria anual 1990*. Tarragona: Junta del Puerto de Tarragona.
- Junta del Puerto de Tarragona. (1992). *Memoria anual 1991*. Tarragona: Junta del Puerto de Tarragona.
- Liechti, M. (2002). *Safe and sustainable freight transport. Final report*. Brussels: T&E Project. Freight from Road to Rail.
- Matthews, E., Amann, S., Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Rogich, D., Schandl, H., Schütz, H., Van der Voet, E., i Weisz, H. (2000). *The weight of nations. Material outflows from industrial economies*. Washington, D.C.: World Resources Institute.
- MAPyA. (2007a). *Estadística mensual consumo de fertilizantes en la agricultura. Boletín mensual Diciembre, 2006 i 2005*. Recuperat el maig del 2007 a, <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/medios/fertilizantes/fertilizantes.htm#art1>
- MAPyA. (2007b). *Anuario estadística agroalimentària 1999 (Datos 1996, 1997, 1998)*. Recuperat el maig del 2007 a, <http://www.mapya.es/estadística/>
- MAPyA. (2007c). *Anuario estadística agroalimentària 2001 (Datos 1999, 2000, 2001)*. Recuperat el maig del 2007 a, <http://www.mapya.es/estadística/>
- MAPyA. (2007d). *Anuario estadística agroalimentària. Anexo 2001. Resultados provinciales 2000*. Recuperat el maig del 2007 a, <http://www.mapya.es/estadística/>
- McEvoy, D., Ravetz, J., i Handley, J. (2004). Managing the flow of construction minerals in the North West region of England. *Journal of Industrial Ecology*, 8, 121-140.
- MICT. (1990). *Estadística minera de España, 1990*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- MIE. (1991). *Estadística minera de España, 1991*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria y Energía.
- MIE. (1992). *Estadística minera de España, 1992*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria y Energía.
- MIE. (1993). *Estadística minera de España, 1993*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria y Energía.

- MIE. (1994). *Estadística minera de España, 1994*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria y Energía.
- MIE. (1995). *Estadística minera de España, 1995*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria y Energía.
- MIE. (1996). *Estadística minera de España, 1996*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria y Energía.
- MIE. (1997). *Estadística minera de España, 1997*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria y Energía.
- MIE. (1998). *Estadística minera de España, 1998*. Madrid: Secretaria General Técnica. Subdirección General de Estudios. Ministerio de Industria y Energía.
- Ministerio de Economía. (1999): *Estadística minera de España, 1999*. Madrid: Secretaria de estado de economía, de la energía y de la pequeña y mediana empresa. Dirección general de política energética y minas. Ministerio de Economía.
- Ministerio de Economía. (2000). *Estadística minera de España, 2000*. Madrid: Secretaria de estado de energía, desarrollo industrial y de la pequeña y mediana empresa. Dirección general de política energética y minas. Ministerio de Economía.
- Ministerio de Fomento. (1990). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1990: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (1991). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1991: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (1992). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1992: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (1994). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1994: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (1995). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1995: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (1996). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1996: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (1997). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1997: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (1998). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1998: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (1999). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1999: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (2000). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 2000: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (2001). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 2001: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. (2003). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 2003: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Fomento.

-
- Mitja, A., Sort, X., Bascompte, F., Oliveras, J., i Tarrasón, J.C. (2000). *Recursos minerales de Catalunya*. Barcelona: Direcció General d'Energia i Mines. Departament d'Indústria, Comerç i Turisme. Generalitat de Catalunya.
 - Moll, S., Bringezu, S., i Schütz, H. (2003). *Resource use in European countries: An estimate of materials and waste streams in the community, including imports and exports using the instrument of material flow analysis*. Copenhagen: European Topic Center on Waste and Material Flows.
 - MOPyMA. (1992). *Transporte mercancías por carretera: Cuarto trimestre 1992*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las Comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - MOPTYMA. (1993a). *Anuario estadístico del transporte aéreo, 1993: España*. Madrid: Dirección General de Aviación Civil. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.
 - MOPyMA. (1993b). *Transporte mercancías por carretera: Primer trimestre 1993*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las Comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - MOPyMA. (1993c). *Transporte mercancías por carretera: Segundo trimestre 1993*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - MOPyMA. (1993d). *Transporte mercancías por carretera: Tercer trimestre 1993*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - MOPyMA. (1993e). *Transporte mercancías por carretera: Cuarto trimestre 1993*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - MOPyMA. (1994a). *Transporte mercancías por carretera: Primer trimestre 1994*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - MOPyMA. (1994b). *Transporte mercancías por carretera: Segundo trimestre 1994*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - MOPyMA. (1994c). *Transporte mercancías por carretera: Tercer trimestre 1994*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - MOPyMA. (1994d). *Transporte mercancías por carretera: Cuarto trimestre 1994*. Madrid: Instituto de Estudios del Transporte y las comunicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente.
 - Muradian, R., i Martinez-Alier, J. (2000). Trade and the environment: From a 'Southern' perspective. *Ecological Economics*, 36, 281 – 297.

- Naciones Unidas. (2007). *World population prospects: The 2006 population revision database*. Recuperat el Setembre 2007 a, <http://esa.un.org/unpp/p2k0data.asp>
- Naredo, J.M. (2003). El metabolismo económico de la conurbación madrileña: 1984 – 2001. *Economía Industrial*, 351, 87-112.
- Naredo, J.M., y Valero, A. (1999). *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Madrid: Fundación Argentaria, 301 – 309.
- Newcombe, K., Kalma, I.D., i Aston, A.R. (1978). The metabolism of a city: the case of Hong Kong. *Ambio*, 7, 3-15.
- PG. (2002). *Anuari estadístic, 2001*. Barcelona: Ports de la Generalitat. Generalitat de Catalunya.
- PG. (2003). *Anuari estadístic, 2002*. Barcelona: Ports de la Generalitat. Generalitat de Catalunya.
- PG. (2004). *Anuari estadístic, 2003*. Barcelona: Ports de la Generalitat. Generalitat de Catalunya.
- PG. (2005). *Anuari estadístic, 2004*. Barcelona: Ports de la Generalitat. Generalitat de Catalunya.
- PGC. (2000). *Anuari estadístic 1999*. Barcelona: Ports de la Generalitat de Catalunya. Generalitat de Catalunya.
- PGC. (2001). *Anuari estadístic 2000*. Barcelona: Ports de la Generalitat de Catalunya. Generalitat de Catalunya.
- Port Autònom de Barcelona. (1991). *Memòria 1990*. Barcelona: Port Autònom de Barcelona.
- Port Autònom de Barcelona. (1992). *Memòria 1991*. Barcelona: Port Autònom de Barcelona. Ministerio de Obras públicas y Transportes.
- Port Autònom de Barcelona. (1993). *Memoria 1992*. Barcelona: Port Autònom de Barcelona. Puertos del Estado.
- Port de Barcelona. (1998). *Memoria anual, 1997*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Port de Barcelona. (1999). *Memoria anual, 1998*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Port de Barcelona. (2000). *Memoria anual, 1999*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Port de Barcelona. (2001). *Memoria anual, 2000*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Port de Barcelona. (2002). *Memoria anual, 2001*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Port de Barcelona. (2003). *Memoria anual, 2002*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Port de Barcelona. (2004). *Memoria anual, 2003*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Port de Barcelona. (2005). *Memoria anual, 2004*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Ramos-Martin, J. (2001). Historical analysis of the energy intensity of Spain: From a «conventional view» to an «integrated assessment». *Population and Environment*, 22, 281 – 313.
- RENFE. (1991). *Informe de gestión, 1990*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (1992). *Memoria RENFE, 1991*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (1993). *Informe de gestión, 1992*. Madrid: RENFE.

- RENFE. (1994). *Informe de gestión, 1993*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (1995). *Informe de gestión, 1994*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (1996). *Datos estadísticos 1993 - 94 – 95*. Madrid: RENFE
- RENFE. (1997). *Informe anual, 1996*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (1998). *Informe anual, 1997*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (1998). *Datos estadísticos 1995 - 96 – 97*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (2000). *Datos estadísticos 1997 - 98 – 99*. Madrid: RENFE
- RENFE. (2001). *Informe anual, 2000*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (2002). *Informe anual, 2001*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (2003). *Informe anual, 2002*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (2004). *Informe anual, 2003*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (2005). *Informe anual, 2004*. Madrid: RENFE.
- RENFE. (2006). Boletín on-line N°47.1, 2006. Madrid: Ministerio de Fomento i RENFE.
- Sastre, S. (2007). *Material flow accounting of Spain: A regional perspective*. Treball de recerca programa de master en Estudis Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Schandl, H., i Eisenmenger, N. (2006). Regional patterns in global resource extraction. *Journal of Industrial Ecology*, 10(4), 133-147..
- Sendra, C. (2004). *Anàlisi dels fluxos de materials de Catalunya en el període 1996-2000*. Treball de recerca programa de màster en Ciències Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Sendra, C., Gabarrell, X., i Vicent, T. (2006a). El análisis de los flujos de materiales: Una herramienta para Ecología Industrial y desarrollo sostenible. *Ingeniería Química*, Abril 2006.
- Sendra, C., Gabarrell, X., i Vicent, T. (2006b). Análisis de los flujos de materiales de una región. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 4, 41-51.
- Stigliani, W.M., Jaffé, P.R., i Anderberg, S. (1993). Heavy metals pollution in the Rhine basin. *Environmental Science and Technology*, 27, 786-793.
- Symonds. (1999). *Construction and demolition waste management practices, and their economic impact. Report to DGXI*. Brussels: European Comission.
- Weisz, H., Amann, C., Eisenmenger, N., i Krausmann, F. (2004). *Economy-wide material flow accounts and indicators of resource use for the EU-15: 1970-2001*. Luxemburg: Eurostat.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213, 178-193.
- World Resources Institute. (2001). *Marine Fisheries, Yield and State of Exploitation*. Recuperat el 6 Maig 2007 a, www.wri.org/facts/data-tables-oceans.html

5 ANÀLISI DEL METABOLISME DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓ A CATALUNYA

5.1 Introducció

El MFA de Catalunya, presentat en el capítol anterior, ha mostrat que l'evolució del sector de la construcció té unes implicacions directes en la forta materialització que està experimentant l'economia catalana des de l'any 1996. La tendència global de consum i ús de materials dins del país està completament vinculada a l'evolució dels productes de pedrera i a d'altres materials elaborats en grans quantitats, com el formigó o els productes ceràmics, plenament associats a la demanda d'aquest sector. Per aquest motiu, s'ha considerat interessant poder complementar aquesta anàlisi global dels materials a Catalunya, presentat en el capítol anterior, amb una de més específica centrada únicament en el sector de la construcció.

El sector de la construcció va tenir una forta crisi a principis dels anys 90, que es veu reflectida en la disminució del nombre d'habitatges iniciats (Figura 5.1), que es va reduir pràcticament a la meitat en només un any, passant de més de 63 mil habitatges l'any 1989, a entorn a 37 mil l'any 1990, xifra que es va mantenir pràcticament constant fins l'any 1993.

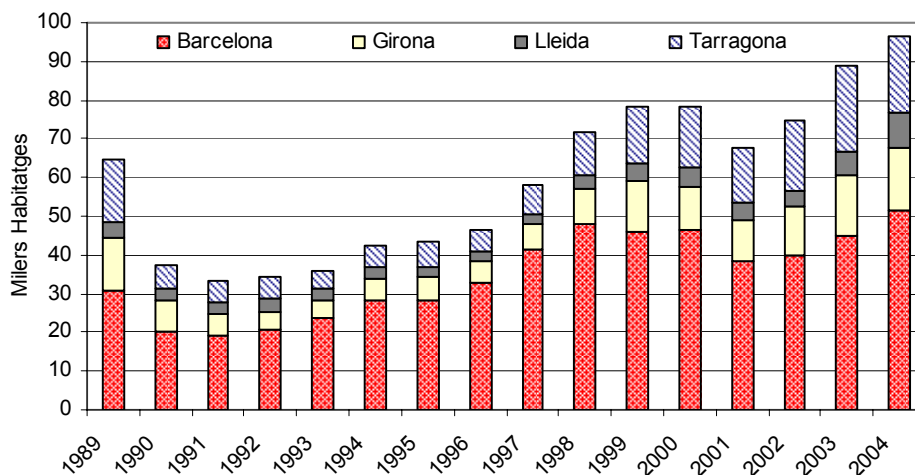


Figura 5.1 Evolució del nombre d'habitatges construïts a Catalunya.

Tot i la davallada del sector, en la construcció d'habitatges, la crisi es va veure lleugerament amortida per la construcció de grans infraestructures i la remodelació que tenia Catalunya en aquells anys, en particular la ciutat de Barcelona per la preparació dels Jocs Olímpics de l'any 1992.

És a partir dels anys 1996 i 1997 quan comença a remuntar la construcció d'edificacions, tant d'habitatges com d'edificis per a usos no residencials (Figura 5.2). Entre l'any 1996 i el 2005, el nombre d'habitatges iniciats anualment pràcticament s'ha duplicat i la superfície de nous edificis ha passat de 8,5 milions de m² a més de 18 milions de m².

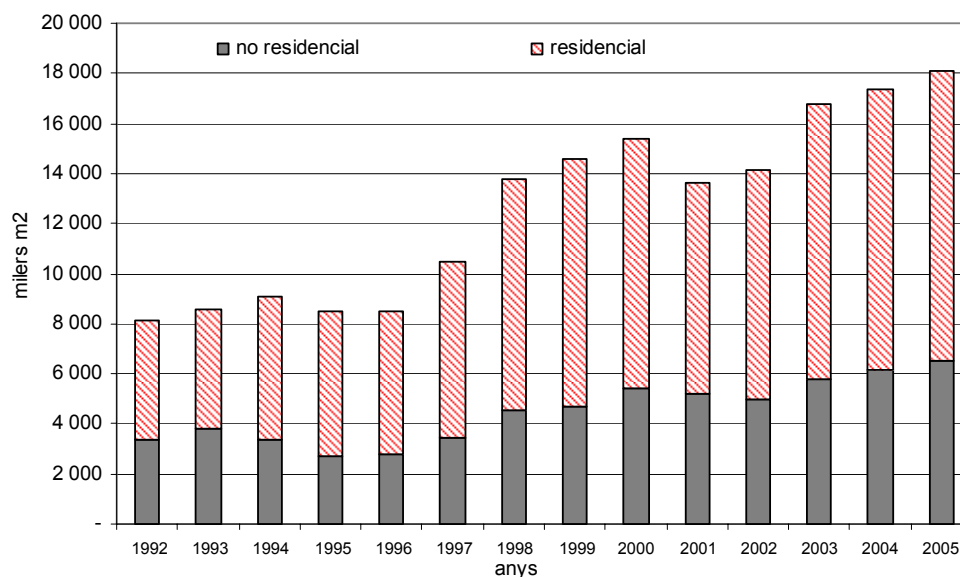


Figura 5.2 Evolució de la superfície destinada a la construcció de nous edificis a Catalunya.

En paral·lel a aquest creixement de l'edificació també hi ha hagut un desenvolupament de les infraestructures. La xarxa viària també ha crescut tot i que de forma més moderada, només un 9% en 15 anys, passant de 11 mil kilòmetres l'any 1990 a poc més de 12 mil l'any 2004. El creixement de la infraestructura ferroviària ha estat mínim fins que es van començar les obres del tren d'alta velocitat. Les infraestructures portuàries han estat les que han tingut un desenvolupament més rellevant.

Aquest creixement que ha tingut el sector des de l'any 1996 ha implicat un fort augment del consum de recursos naturals: materials, energètics i de superfície. Però també de les sortides cap a l'entorn natural, ja sigui en forma de residus o d'emissions atmosfèriques.

En general, la naturalesa dels problemes ambientals associats a l'extracció dels materials de construcció és diferent al de la resta de recursos. En aquest cas l'esgotament i la contaminació associada a aquests recursos queda en segon terme, i el més important passa a ésser els impactes al llarg de tot el cicle de vida: extracció, transport, processat i deposició final (McEvoy et al., 2004). Per això, en aquest estudi s'analitzen les activitats de construcció en un marc més ampli, que va més enllà de les activitats d'execució d'obres in situ. Es descriuen els principals fluxos de materials associats al sector, des de l'extracció de les matèries primeres, tant nacionals com a l'exterior, fins la fabricació de productes i materials de construcció com el ciment, el formigó, ceràmica entre d'altres. Aquesta anàlisi té la finalitat de calcular la quantitat

anual de materials que s'acaben incorporant a les activitats constructives, tant edificacions com infraestructures.

A la vegada s'analitzen els residus i les sortides a l'entorn generades en totes les fases del procés, des de l'extracció de les matèries primeres fins a la seva execució in situ, avaluant-ne també el consum energètic i hídric de cada fase. És un sector on la demanda i abastiment de productes així com la gestió dels residus és predominantment local, i per tant més interessant una anàlisi a escala regional, que és on tenen lloc la majoria de processos i on l'administració té capacitat d'actuació o de solució de problemes a nivell local.

Una opció per poder estimar els impactes ambientals associats al sector, és combinar l'anàlisi dels fluxos de materials amb l'ACV dels principals productes consumits. L'ACV és una eina de gestió normalitzada i molt estesa que permet avaluar els aspectes ambientals associats a un producte, un servei o un conjunt de productes, com és el cas que es presenta en aquest capítol (Xarxa temàtica ACV, 2002; Castells i Rieradevall, 2005).

L'objectiu és tenir un mapa dels impactes ambientals i de la demanda de recursos naturals associats a les diferents etapes del procés constructiu del país. Per aquest motiu, a continuació es presenta una imatge del metabolisme associat al sector de la construcció a Catalunya l'any 2001. El capítol s'ha estructurat en les següents parts, a continuació d'aquesta breu introducció es presenta la metodologia emprada. Es descriu la metodologia seguida per fer una primera estimació del consum de materials del sector, les fonts de dades emprades i el procediment per estimar l'ACV dels principals productes consumits. En l'apartat de resultats, per una part, es presenten les entrades i sortides de recursos (materials, energia i aigua) dels principals processos productius i de transport, així com la generació de residus en tot el procés; per altra part, s'ha fet una primera quantificació dels impactes ambientals associats al sector, combinant els resultats del MFA amb l'ACV. Finalment, es presenten les principals conclusions extretes d'aquest treball.

5.2 Adaptació de la metodologia del MFA per la seva implementació a escala sectorial

En general, la metodologia del MFA aplicada a escala nacional i regional, usada en el capítol 4 d'aquesta memòria, analitza els sistemes com una caixa negra. És a dir, es quantifiquen els fluxos de materials que creuen els límits del sistema, però no s'analitza la circulació de materials o ús en el seu interior. A mesura que el sistema es focalitza en un únic sector, les dades a analitzar disminueixen, resulta més assequible l'estudi i comprensió de la circulació dels fluxos en el seu interior. Això ens permetrà entendre el funcionament del sistema i detectar els punts crítics o susceptibles d'intervenció. Aquest és el cas del MFA del sector de la construcció, on s'ha volgut analitzar els materials que són necessaris per sustentar-lo, però també les emissions, l'energia i les implicacions ambientals que porta associat el processament d'aquests materials en l'interior del sistema.

5.2.1 Àmbit de l'estudi o delimitació del sistema: El sector de la construcció

En aquest estudi s'analitza el consum de materials i el flux de recursos naturals associats al sector de la construcció a Catalunya l'any 2001. Les activitats del sector de la construcció inclouen tant l'obra nova com les activitats de rehabilitació, i es poden agrupar en tres camps:

- Habitatge o edificacions amb usos residencials
- Edificacions amb usos no residencials: serveis i industrials
- Infraestructures i grans obres

Els fluxos comptabilitzats són:

- *Materials*: es quantificaran els materials que s'acaben incorporant en les edificacions i infraestructures realitzades a Catalunya l'any 2001. Analitzant els requeriments de recursos naturals i els fluxos dins l'economia pel processament dels principals materials usats. Es comptabilitzen els fluxos de materials extrets a Catalunya, les importacions, les exportacions i la producció dels principals materials i béns. També es quantifica les emissions atmosfèriques, la generació de residus i qualsevol altra sortida de materials cap a l'entorn natural associada a les diferents fases del procés: extracció de recursos, producció, construcció, demolició d'edificis i transport d'aquests materials dins el territori català.

- *Energia*: es quantifica el consum energètic associat al processament dels materials de construcció i el seu transport dins el territori català.
- *Aigua*: es quantifica les necessitats d'aigua en el processament de materials i en la fase de construcció.

No s'inclouen els fluxos associats a l'etapa d'ús de les edificacions, tot i que pels vectors aigua i energia tenen una gran rellevància i poden ésser superiors als valors de la fase de construcció. Un esquema sintètic del sistema analitzat en aquest estudi es presenta en la Figura 5.3.

Les activitats o processos industrials inclosos en aquesta anàlisi són els següents:

- Activitats d'extracció de recursos minerals que s'acaben usant de manera directa o bé indirecta en el sector de la construcció³¹.
- Processos productius de:
 - Ciment, formigó, morter, calç, guix i derivats
 - Productes ceràmics, maons i altres productes derivats de terra cuita
 - Productes de pedrera i minerals no metàl·lics
 - Productes derivats de la fusta i biòtics
 - Vidre
- Anàlisi global i qualitatiu de productes d'altres sectors i usats en la indústria com els plàstics, el cautxú, les pintures i els productes metàl·lics.
- Activitats de construcció, rehabilitació o reforma d'edificis i infraestructures (excavació i residus de la construcció).
- Activitat de demolició de construccions.
- Gestió de residus, reciclatge i reutilització.
- Transport de matèries primeres, productes semimanufacturats i acabats.

A continuació, es detalla les estimacions fetes i el procediment seguit per quantificar els fluxos associats a aquestes activitats.

³¹ Per ús directe s'entenen els recursos minerals que s'incorporen en construccions amb un processament mínim (com ara les pedres d'esclera), mentre que ús indirecte inclou aquells recursos minerals que són processats i convertits en un producte (per exemple, els minerals usats en la fabricació del ciment) i que s'acaba incorporant en les construccions.

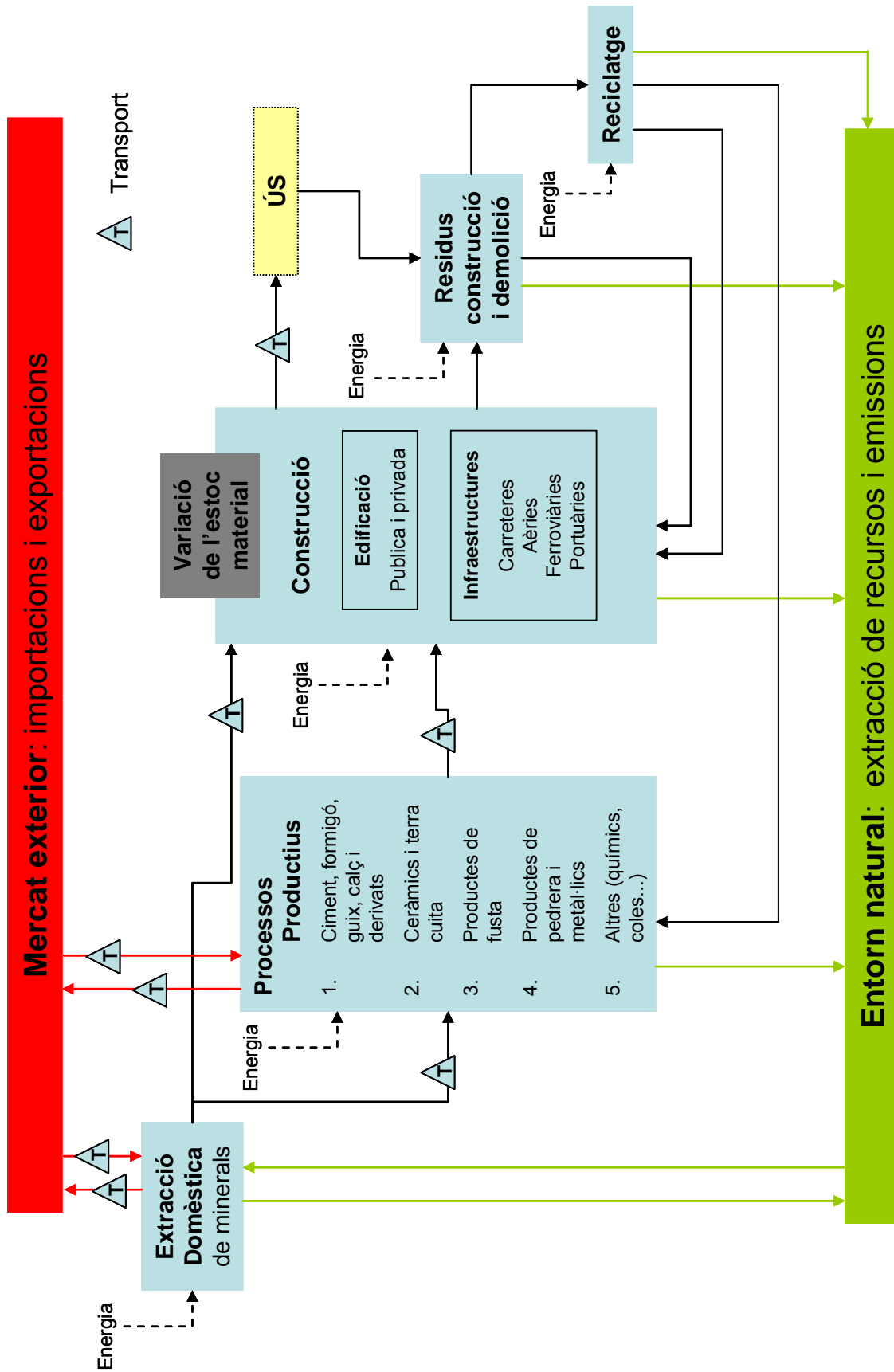


Figura 5.3 Fluxos de recursos comptabilitzats en l'anàlisi del sector de la construcció a Catalunya

5.2.2 Consum aparent de productes en el sector de la construcció

La quantificació del consum de productes i materials pel sector de la construcció, s'ha estimat a partir del consum aparent de béns. El consum aparent s'ha calculat com la producció de cada bé més les importacions menys les exportacions anuals, en unitats màssiques, menyspreant la variació de l'estoc de materials.

Equació 5.1 Consum Aparent = Producció + Importacions – Exportacions

Les dades de producció industrial a Catalunya, s'han extret de l'anuari d'Estadística, Producció i Comptes de la Indústria publicat per l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2001b). Les dades de comerç exterior són extretes a partir de les quantificacions fetes per avaluar el MFA de Catalunya (capítol 4). El comerç amb l'exterior s'ha extret de les publicacions anuals de l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2001a), i per quantificar el comerç amb l'Estat espanyol s'ha comptabilitzat el tràfic marítim i per carretera, capítol 4. El comerç ferroviari de productes de la construcció amb l'Estat espanyol s'ha omès degut a la manca d'informació al respecte, a més aquest només suposa un 7% del comerç total amb l'Estat espanyol i un 4% del total. Mentre que el tràfic aeri per aquests tipus de recursos es considera mínim.

Els productes i materials considerats en aquest estudi s'han definit a partir dels productes inclosos en l'informe *The construction industry mass balance: resource use, waste and emissions* (Smith et al., 2002), a més també s'han inclòs els productes usats en la construcció de vies fèrries i altres estructures d'obra civil no contemplades en l'esmentat informe. Els productes comptabilitzats en aquest estudi s'especifiquen en la Taula 5.1, segons la classificació PRODCOM, usada pels béns i productes industrials fabricats en la Unió Europea.

La correspondència entre la classificació PRODCOM i CN-2005 o TARIC, usada per a la classificació del comerç exterior, s'ha fet a partir del programa RAMON d'Eurostat (Eurostat, 2006), i s'adjunta en la Taula 5.2. La correspondència entre la classificació de comerç amb l'estat espanyol i la classificació PRODCOM és pròpia i es presenta en la Taula 5.3.

Les dades estadístiques utilitzades en aquest estudi han estat extretes de les seves fonts en unitats màssiques. En els casos que no s'hagi disposat de dades en unitats màssiques, s'ha convertit d'unitats monetàries a unitats físiques fent servir el preu mig de les importacions i exportacions del producte corresponent per l'any 2001, publicades per l'IDESCAT (IDESCAT, 2001a).

Taula 5.1. Productes i béns consumits pel sector de la construcció

Codi PRODCOM	Descripció
1411	Extracció de pedra per a la construcció
1412	Extracció de pedra calcària, guix i creta
1413	Extracció de pissarres
1421	Extracció de graves i sorres
1422	Extracció d'argila i caolí
1450.1000	Betums i asfalts; asfaltites naturals i roques asfàltiques
1450.2340	Amiant
1450.2363	Feldespat
2010	Serrada, planejament i preparació industrial de la fusta, excepte 2010.9000, 2010.22 i 2010.23
2020	Fabricació de fulloles, taulers contraplacats, enllistonats, de partícules aglomerades, de fibres i altres taulers i plafons
2030	Fabricació d'estructures de fusta i peces de fusteria i ebenisteria per a la construcció
2430.1150	Pintures i vernissos a base de polímers acrílics o vinílics, en un medi aquós
2430.1170	Altres pintures i vernissos, dispersos o dissolts
2430.1172	Altres pintures i vernissos, dispersos o dissolts a base de resines alquídiques
2430.1173	Altres pintures i vernissos, dispersos o dissolts pintures electroforètiques
2430.1175	Altres pintures i vernissos, dispersos o dissolts per a ús en interiors
2430.1177	Altres pintures i vernissos, dispersos o dissolts per a ús en exteriors
2430.1225	Pintures i vernissos, etc., a base de polièsters
2430.1229	Altres pintures i vernissos a base de polièsters
2430.1230	Pintures i vernissos a base de polímers acrílics o vinílics (veure nota 4 capítol 32 NC)
2430.1250	Altres pintures i vernissos a base de polímers acrílics o vinílics
2430.1255	Altres pintures i vernissos a base de polímers acrílics
2430.1257	Altres pintures i vernissos a base de polímers vinílics
2430.1270	Pintures i vernissos: dissolucions
2430.1290	Altres pintures i vernissos a base de polímers sintètics
2430.2220	Assecants preparats
2430.2230	Fulls per al marcatge al foc
2430.2245	Altres pigments; tints i altres matèries colorants cvd
2430.2253	Màstics
2430.2255	Pastes de farciment utilitzades en pintura
2430.2260	Massilles, etc., pastes no refractàries
2430.2273	Dissolvents o diluents orgànics compostos a base d'acetat de butil, ncaa
2430.2279	Altres dissolvents o diluents orgànics compostos, ncaa
2462	Fabricació de coles i gelatines, excepte 2462.10.30
2466.4867	Preparacions ignífugues, hidròfugues i altres, utilitzades per a la protecció en la construcció
2521.2153	Tubs rígids de polímers d'etilè
2521.2155	Tubs rígids de polímers de propilè
2521.2157	Tubs rígids de polímers de clorur de vinil
2521.2170	Tubs rígids de polímers dels altres plàstics, ncaa
2521.2270	Accessoris, per a tubs, de plàstic
2523	Fabricació de productes de matèries plàstiques per a la construcció
2524.2400	Parts de plàstic per a aparells d'enllumenat, etc.
2611	Fabricació de vidre pla, excepte 2611.11.13, 2611.11.75 i 2611.11.79
2612	Manipulació i transformació del vidre pla, excepte 2612.11.50, 2612.12.15 a 19, 2612.12.53, 2612.12.55, 2612.13.50 i 2612.13.90
2614	Fabricació de fibra de vidre
26151.200	Blocs per pavimentar, etc., de vidre, per a edificacions o construccions, ncaa
2622	Fabricació d'aparells sanitaris ceràmics
2623	Fabricació d'aïlladors i peces aïllants de material ceràmic
2630	Fabricació de rajoles de València i rajoles de ceràmica
2640	Fabricació de maons, teules i productes de terra cuita per a la construcció
2651	Fabricació de ciment
2652	Fabricació de calç
2653	Fabricació de guix
2661	Fabricació d'elements de formigó per a la construcció
2662	Fabricació d'elements de guix per a la construcció
2663	Fabricació de formigó fresc
2664	Fabricació de morter

Continuació Taula 5.1

Codi PRODCOM	Descripció
2665	Fabricació de fibrociment
2666	Fabricació d'altres productes de formigó, guix i ciment, excepte 26661200
2670	Indústries de la pedra
2682.1253	Manufactures d'asfalt o productes similars per a cobriments i revestiments, en rotlles
2682.1259	Altres manufactures d'asfalt o productes similars, en rotlles
2682.1290	Manufactures d'asfalt o productes similars (llevat en rotlles)
2682.1300	Mescles bituminoses a base d'asfalt o betums naturals, etc. (tipus "cut-back")
2682.1630	Mescles i manufactures de matèries minerals per a aïllament tèrmic o acústic
2682.1690	Manufactures de pedra o altres substàncies minerals ncaa
2811	Fabricació d'estructures metàl·liques i les seves parts
2812	Fabricació de tancaments metàl·lics
2822	Fabricació de radiadors i calderes per a calefacció central
2863.1230	Altres panys, de cilindre
2863.1250	Altres panys dels utilitzats per a portes d'edificis
2863.1410	Frontisses de qualsevol classe (inclosos els golfos), de metalls comuns
2863.1440	Altres guarnicions, forrellats i articles similars, per a edificis, de metalls comuns
2863.1443	Altres guarnicions, forrellats i articles similars, per a edificis (portes i finestres), de ferro o acer
2863.1445	Altres guarnicions, forrellats i articles similars, per a edificis (portes i finestres), de metalls comuns
2863.1447	Altres guarnicions, forrellats i articles similars, diferents dels utilitzats per a portes i finestres
2863.1460	Altres guarnicions, forrellats i articles similars, de metalls comuns
2863.1470	Tancaportes automàtics, de metalls comuns
2874.1113	Cargols, tornejats "a la barra", de tija el diàmetre de la qual < 6mm
2874.1115	Altres cargols i femelles per a la fixació de vies fèrries i per a material de construcció de bugies, de ferro o acer
2874.1117	Cargols i femelles sense cap, d'acer
2874.1123	Cargols de cap i creu, d'acer inoxidable
2874.1125	Altres cargols i femelles amb cap
2874.1127	Cargols de buit de sis cares, d'acer inoxidable
2874.1129	Altres cargols de buit de sis cares
2874.1131	Cargols amb cap hexagonal, d'acer inoxidable
2874.1133	Cargols amb cap hexagonal, d'altres acers amb una resistència a la tracció < 800 MPa
2874.1135	Cargols amb cap hexagonal, d'altres acers amb una resistència a la tracció => 800 MPa
2874.1139	Altres
2874.1153	Tirafons roscats, de fosa, ferro o acer
2874.1155	Altres cargols per a fusta, de fosa, ferro o acer
2874.1157	Escàrpiers i armelles, roscades, d'acer inoxidable
2874.1173	Cargols trepadors d'acer inoxidable
2874.1175	Altres cargols trepadors, de ferro o acer
2874.1183	Femelles fabricades, per tornejat "a la barra", d'un diàmetre de forat <= 6mm
2874.1185	Femelles d'acer inoxidable
2874.1187	Altres femelles, de fosa, ferro o acer
2874.1190	Altres articles roscats, de fosa, ferro o acer
2875.1110	Aigüeres i lavabos, d'acer inoxidable
2875.1121	Aigüeres de fosa, fins i tot esmaltades
2875.2737	Contrafinestres d'aïllament no mecànica, canalons, ganxos i les altres manufactures utilitzades en la indústria de la construcció
2875.2741	Reixes de xapa i articles similars per filtrar l'aigua a l'entrada de les clavegueres
3130	Fabricació de fils i cables elèctrics aïllats
3150	Fabricació de llums elèctrics i aparells d'il·luminació, excepte 3150.31.00, 3150.32.00, 3150.33.00 i 3150.42.30
3150.4100	Parts de làmpades de filament o de descàrrega
3150.4250	Parts (llevat del vidre i plàstic) d'aparells citats en la partida del SH 9405
3150.4253	Guies per a aparells d'enllumenat elèctric i parts
3150.4255	Pantalles de paper i cartó
3150.4257	Altres parts (llevat del vidre i plàstic) dels aparells citats en la partida del SH 9405

Taula 5.2 Taula de correspondència usada entre les classificacions CN2005 (TARIC) i PRODCOM

TARIC	PRODCOM	TARIC	PRODCOM	TARIC	PRODCOM	TARIC	PRODCOM
25151100	14111133	44079997	20101050	44083935	20202118	39172290	25212155
25151220	14111135	44072490	20101055	44130000	20202200	39172310	25212157
25151250	14111135	44072510	20101055	44181010	20301110	39172390	25212157
25151290	14111137	44109000	20201350	44181050	20301110	39172912	25212170
25152000	14111150	44072530	20101055	44181090	20301110	39172915	25212170
25161100	14111233	44072905	20101055	44182010	20301150	39172919	25212170
25161210	14111235	44072930	20101055	44182050	20301150	39172990	25212170
25161290	14111237	44072969	20101055	44182080	20301150	391740	25212270
25162100	14111253	44079131	20101077	44183010	20301215	39174000	25212270
25162200	14111256	44091011	20102110	44183091	20301219	39181010	25231155
25169000	14111290	44091018	20102110	44183099	20301219	39181090	25231159
25201000	14121030	44092011	20102153	44184000	20301230	39189000	25231190
25210000	14121050	44092098	20102153	44185000	20301250	39221000	25231250
25090000	14122010	44092091	20102155	44189010	20301300	39222000	25231270
25181000	14122030	44031000	20103115	44189090	20301300	39229000	25231290
25182000	14122050	44069000	20103200	94060010	20302000	39251000	25231300
25183000	14122070	44013010	20104005	32091000	24301150	39252000	25231450
25140000	14131000	44013090	20104009	32099000	24301170	39253000	25231470
25051000	14211150	44121310	20201103	32081010	24301225	39259010	25231550
25059000	14211190	44121390	20201105	32081090	24301229	39259020	25231590
25171010	14211210	44121400	20201105	32082010	24301230	39259080	25231590
25171020	14211230	44121900	20201109	32082090	24301250	940592	25242400
25171080	14211230	44122210	20201233	32089011	24301270	94059200	25242400
25174100	14211250	44122300	20201233	32089013	24301270	70031291	26111115
25174900	14211290	44129980	20201259	32089019	24301270	70031299	26111115
25172000	14211330	44122291	20201235	32089091	24301290	70031990	26111115
25173000	14211350	44122920	20201235	32089099	24301290	70032000	26111130
25070020	14221140	44122299	20201239	32110000	24302220	70033000	26111150
25070080	14221160	44122980	20201239	32121010	24302230	70051005	26111212
25081000	14221210	44129210	20201253	32121090	24302230	70051025	26111214
25082000	14221210	44129300	20201253	32141010	24302253	70051030	26111217
25083000	14221230	44129291	20201255	32141090	24302255	70051080	26111217
25084000	14221250	44129920	20201255	32149000	24302260	70052125	26111230
25085000	14221270	44129299	20201259	38140010	24302273	70052130	26111230
25086000	14221270	44111110	20201413	38140090	24302279	70052180	26111230
25087010	14221290	44111190	20201413	35019010	24621013	70052925	26111280
25087090	14221290	44111910	20201415	35019090	24621015	70052935	26111280
27149000	14501000	44111990	20201415	35022091	24621020	70052980	26111280
25240000	14502340	44112110	20201433	35022099	24621020	70053000	26111280
44061000	20101010	44112190	20201433	35029020	24621020	70060010	26121150
44071015	20101032	44112910	20201435	35029070	24621020	70060090	26121190
44071031	20101034	44112990	20201435	35029090	24621020	70071910	26121230
44071033	20101034	44113110	20201453	35030080	24621050	70071920	26121230
44071038	20101034	44113190	20201453	35052010	24621060	70071980	26121230
44071091	20101035	44113910	20201455	35052030	24621060	70072900	26121270
44071093	20101037	44113990	20201455	35052050	24621060	70080020	26121330
44071098	20101039	44119100	20201473	35052090	24621060	70080081	26121330
44079115	20101050	44119900	20201475	35061000	24621095	70080089	26121330
44079139	20101050	44081015	20202113	35069100	24621095	70191100	26141110
44079190	20101050	44081091	20202113	35069900	24621095	70191200	26141130
44079200	20101050	44089015	20202113	38244000	24664750	70191910	26141150
44079910	20101050	44081093	20202118	38249070	24664867	70191990	26141170
44079930	20101050	44081099	20202118	39172110	25212153	70193100	26141210
44079950	20101050	44083130	20202118	39172190	25212153	70193200	26141230
44079991	20101050	44083931	20202118	39172210	25212155	70193900	26141250

Continuació Taula 5.2

TARIC	PRODCOM	TARIC	PRODCOM	TARIC	PRODCOM	TARIC	PRODCOM
70199010	26141293	68101931	26611150	94060039	28111030	73181691	28741187
70199099	26141293	68101939	26611150	94060090	28111030	73181699	28741187
70199030	26141295	68101990	26611150	73081000	28112100	73181900	28741190
70199091	26141299	68109110	26611200	73082000	28112200	73269060	28752737
70169010	26151200	68109190	26611200	73084010	28112310	73269070	28752741
70169080	26151200	68091100	26621050	73084090	28112310	85441110	31301130
69101000	26221050	68091900	26621090	73089010	28112330	85441910	31301130
69109000	26221050	38245010	26631000	73089051	28112340	85441190	31301150
85461000	2623	38245090	26641000	73089059	28112350	85441990	31301150
85469010	2623	68080000	26651100	73089099	28112360	85442000	31301200
85469090	2623	68111000	26651230	76109010	28112370	85444110	31301330
85462010	26231033	68112011	26651230	76109090	28112370	85444920	31301330
85462091	26231035	68112080	26651230	73083000	28121030	85444190	31301350
85462099	26231039	68113000	26651250	76101000	28121050	85444980	31301350
85471010	26231053	68119000	26651290	73221100	28221130	85445110	31301370
85471090	26231055	68099000	26661100	73221900	28221150	85445190	31301370
69071000	26301010	68022100	26701100	84031010	28221200	85445910	31301370
69081010	26301020	68029110	26701100	84031090	28221200	85445920	31301370
69081090	26301020	68029190	26701100	84039010	28221300	85445980	31301370
69079010	26301030	68010000	26701210	84039090	28221300	85446010	31301400
69079091	26301053	68021000	26701230	83014011	28631230	85446090	31301400
69079093	26301055	68022200	26701240	83014019	28631250	85447000	31301500
69079099	26301059	68029210	26701240	83021090	28631410	85393110	31501510
69089011	26301071	68029290	26701240	83024100	28631440	85393190	31501530
69089031	26301071	68022300	26701260	830249	28631460	85393210	31501553
69089091	26301073	68029310	26701260	83024900	28631460	85393250	31501556
69089093	26301075	68029390	26701260	83026090	28631470	85393290	31501559
69089021	26301079	68022900	26701280	73181510	28741113	85393900	31501559
69089029	26301079	68029910	26701280	73181520	28741115	85394100	31501570
69089051	26301079	68029990	26701280	73181530	28741117	85394910	31501570
69089099	26301079	68030010	26701290	73181541	28741117	85394930	31501570
69041000	26401110	68030090	26701290	73181549	28741117	94056020	31502400
69049000	26401130	68071010	26821253	73181551	28741123	94056080	31502400
69051000	26401250	68071090	26821259	73181559	28741125	940510	31502530
69059000	26401270	68079000	26821290	73181561	28741127	94051021	31502530
69060000	26401300	27150000	26821300	73181569	28741129	94051028	31502530
25231000	26511100	68069000	26821630	73181570	28741131	94051030	31502530
25232100	26511210	73021010	2811	73181581	28741133	94051050	31502530
25232900	26511230	73021031	2811	73181589	28741135	94051091	31502530
25233000	26511250	73021039	2811	73181590	28741139	94051098	31502530
25239010	26511290	73023000	2811	73181100	28741153	94054031	31503430
25239080	26511290	73024010	2811	73181210	28741155	94054035	31503430
25221000	26521033	73024090	2811	73181290	28741155	94054039	31503430
25222000	26521035	73029030	2811	73181300	28741157	94054091	31503430
25223000	26521050	73029090	2811	73181410	28741173	94054095	31503430
25202010	26531000	86080010	2811	73181491	28741175	94054099	31503430
25202090	26531000	86080030	2811	73181499	28741175	85399010	31504100
68101110	26611130	86080090	2811	73181610	28741183	85399090	31504100
68101190	26611130	94060031	28111030	73181630	28741185		
68101910	26611150	94060038	28111030	73181650	28741187		

Taula 5.3 Taula de correspondència entre la classificació PRODCOM i el comerç exterior amb l'Estat espanyol per carretera

PRODCOM	NSTR3	DESCRIPCIÓ
2020	55	<i>Las demás maderas en grumos</i>
2010.3200	56	<i>Traviesas de madera para vías férreas y las demás maderas escuadradas o aserradas</i>
1450.1000	343	<i>Betunes de petróleo y mezclas bituminosas</i>
2811	537	<i>Raíles y elementos de vía férrea en acero</i>
2811	545	<i>Flejes y tiras de acero, hierro blanco</i>
2811	546	<i>Los demás flejes y tiras de acero</i>
2521	551	<i>Tubos y accesorios de tubería</i>
2811	552	<i>Moldes y piezas forjadas de hierro o de acero</i>
2811	568	<i>Productos acabados y semiacabados de metales no ferrosos, excepto artículos manufacturados</i>
1421	612	<i>Arenas comunes y gravas</i>
1421	613	<i>Piedra pómez, arenas y gravas parecidas al pómez</i>
14221250	614	<i>Arcillas y tierras arcillosas</i>
14211230	631	<i>Piedras trituradas, cantos, macadán, tarmacadán</i>
14.111.290	632	<i>Piedras de talla o de construcción en bruto</i>
1421	634	<i>Tiza</i>
1421	639	<i>Los demás minerales en bruto</i>
2651	641	<i>Cementos</i>
2652	642	<i>Cal</i>
2653	650	<i>Yeso</i>
2661	691	<i>Aglomerados de pómez, piezas de hormigón y de cemento o similares</i>
2640	692	<i>Ladrillos, tejas y los demás materiales de construcción arcillosos y refractarios de construcción</i>
2811	949	<i>Los demás artículos manufacturados de metal</i>
2612	951	<i>Vidrio</i>
2010	976	<i>Artículos manufacturados de madera y corcho, excepto muebles</i>
No especif.	992	<i>Material para empresas de construcción, coches y material de circo, usados</i>
No especif.	10	<i>Altres minerals</i>
No especif.	36	<i>Altres productes metal·lúrgics</i>
1450.1000	5	<i>Asfalt</i>
2651	18	<i>Ciment i clínquer</i>
No especif.	20	<i>Materials construcció</i>
2010	19	<i>Fustes i suro</i>

La manca d'informació més detallada sobre els productes importats i exportats amb l'Estat espanyol, ha fet que en determinats casos, s'hagi suposat una composició proporcional a la del comerç amb l'estranger.

La manca de dades estadístiques sobre la variació anual dels estocs dels productes analitzats en el sector, ha impossibilitat la seva comptabilització. Així, es considera que la variació del estocs d'aquestes matèries és menyspreable front al seu elevat consum anual.

També és molt important analitzar la circulació de materials en el sistema productiu per tal d'evitar la doble comptabilització de fluxos. Per exemple, part de l'extracció de recursos minerals és usada en la fabricació de ciment i una fracció molt gran d'aquest ciment és usat per fabricar formigó. Si es comptabilitzessin els tres fluxos com a entrada al sistema s'hauria inclòs tres vegades la mateixa quantitat de materials. Per tant, serà molt important determinar els materials que són precursors d'altres per evitar la doble comptabilització.

5.2.3 Activitats d'extracció de recursos minerals

Les dades estadístiques sobre la quantitat de recursos minerals que s'extreuen a Catalunya anualment i els seus usos o aplicacions s'ha extret de l'anuari d'*Estadísticas Mineras Anuales de España* publicat pel Ministerio de Economía (2001), amb excepció dels usos de guix mineral i del consum de recursos per la fabricació de formigó i morter. L'ús de recursos minerals per la fabricació de formigó, morter i prefabricats ha estat estimat a partir de les dades de producció de Catalunya l'any 2001 (apartat 5.2.4 vii). Mentre que les aplicacions de guix per al sector de la construcció han estat estimades a partir del consum en el sector de la construcció (apartat 5.2.4 viii).

En el mateix anuari d'*Estadística Minera* també es publica el consum energètic (electricitat i combustibles fòssils) de les activitats extractores.

5.2.4 Processos productius

Les característiques dels processos de fabricació dels productes consumits, s'han extret a partir d'informes sectorials a escala de Catalunya, Estat espanyol o europeu; i de les bases de dades d'EcoInvent (Frischknecht et al., 2007) i *Construction Extension* (PE Europe GmbH, 2007). El programari utilitzat per accedir a les bases de dades és GABI, desenvolupat per l'Institut für Kunststoffprüfung de la Universitat de Stuttgart i de l'empresa PE Europe GmbH (2007).

v. Productes de pedrera

El consum energètic i de materials associat a l'extracció de recursos minerals ha estat obtingut de l'anuari d'*Estadística Minera* (Ministerio de Economía, 2001). L'extracció domèstica no usada ha estat calculada usant els coeficients de la base de dades del Wuppertal Institute, ja utilitzats en l'avaluació del MFA de Catalunya (capítol 4).

L'ús o destí final de l'extracció domèstica està definida en el mateix anuari. En canvi, no hi ha dades sobre l'ús o destí de les importacions de recursos minerals. Com que els materials provinents del comerç exterior suposen menys de l'1% del materials petris usats a Catalunya, s'ha suposat que els materials importants s'usen amb finalitats anàlogues i proporcionals als usos de l'extracció domèstica definits en l'anuari.

vi. Ciment

Es disposa de dades de producció, consum i vendes de ciment a Catalunya l'any 2001 (IDESCAT, 2005). Per tal de poder estimar les tones de matèries primeres incorporades en el ciment fabricat a Catalunya, s'ha usat les dades de producció de ciment per l'any 2001 i s'ha considerat un procés de fabricació de ciment (Figura 5.4) que consta de les següents etapes (Departament Medi Ambient [DMA], 2001; Ciment Català, 2006; Ministerio Medio Ambiente [MMA], 2004; European Commission [EC], 2001a):

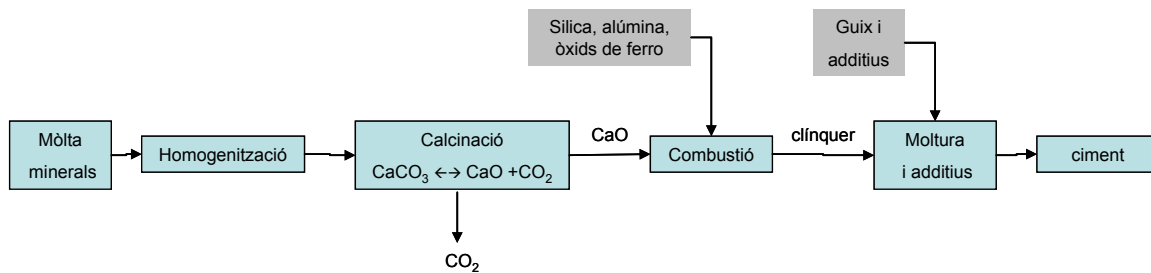


Figura 5.4 Principals etapes del procés de fabricació de ciment (EC, 2001)

Extracció de matèries primeres: En general, el CaCO_3 s'extreu de dipòsits calcaris naturals, per exemple, calcària, marbre o guix. La sílica, el ferro i l'esquist es poden trobar en diversos metalls i minerals. Parcialment algunes matèries primeres es poden substituir per residus com cendres d'incineració o de forns, entre d'altres. A Catalunya, les pedres calcàries usades majoritàriament s'extreuen a cel obert amb micro detonacions i són homogeneïtzades, en pedreres pròximes a la fàbrica, per tal de minimitzar les despeses en transport. Les argiles són extretes en camps de conreu a cel obert, sense necessitat d'utilitzar explosius. També s'utilitza margues, sorres, pissarra i minerals de ferro.

Homogeneïtzació i moltura: La pedra natural, calcària i l'argila de diferents qualitats, són barrejades en les dosis adequades i pre-homogeneïtzades per tal d'aconseguir una composició mineralògica òptima i homogènia. En els molins de cru, es realitza la mòlta i l'assecatge d'aquesta barreja, aprofitant el calor dels gasos residuals del forn, i posteriorment s'emmagatzema en sitges o vasos d'homogeneïtzació, on s'acabarà d'homogeneïtzar i corregir la composició química del material³².

³² L'etapa d'homogeneïtzació pot ésser realitzada per "via seca" o "via humida", en funció si els materials son barrejats amb aire o bé amb aigua. El procés en sec requereix de maquinària especial però hi ha un major control i una menor consum energètic. Totes les cimenteres catalanes funcionen per via seca (DMA, 2001).

Fabricació clínquer: La farina de cru homogeneïtzada passa per uns ciclons de calcinació o precalcinació, per aconseguir una etapa de preclínquerització abans que entri al forn. El procés de fabricació del clínquer consisteix en una sèrie de processos físics i químics que tenen lloc a diferents temperatures. Les principals etapes són l'assecatge, l'eliminació de l'aigua de l'argila, descarbonatació o calcinació del carbonat càlcic i finalment la clínquerització o reacció de l'òxid de calci, resultant de la calcinació, amb sílice, alumina i òxids de ferro per formar silicats, aluminats i ferrats càlcics, que té lloc entre 1400 i 1500°C. Finalment, el clínquer produït, es refreda i s'emmagatzema en els hangars o sitges de clínquer.

Moltura i additius: Finalment el clínquer es mòlt juntament amb el guix i d'altres additius (filder calcari, cendres, putzolanes,...) fins a aconseguir el ciment.

Per tal d'estimar les matèries primeres necessàries per fabricar ciment per via seca i les emissions que tenen lloc en el procés productiu s'han usat els valors mitjos del procés pels països de la Unió Europea (MMA, 2004), que es presenten en la Figura 5.5. Per estimar les emissions de NO_x, SO₂ i pols associades al procés productiu s'han considerat els màxims legals i informació sectorial³³.

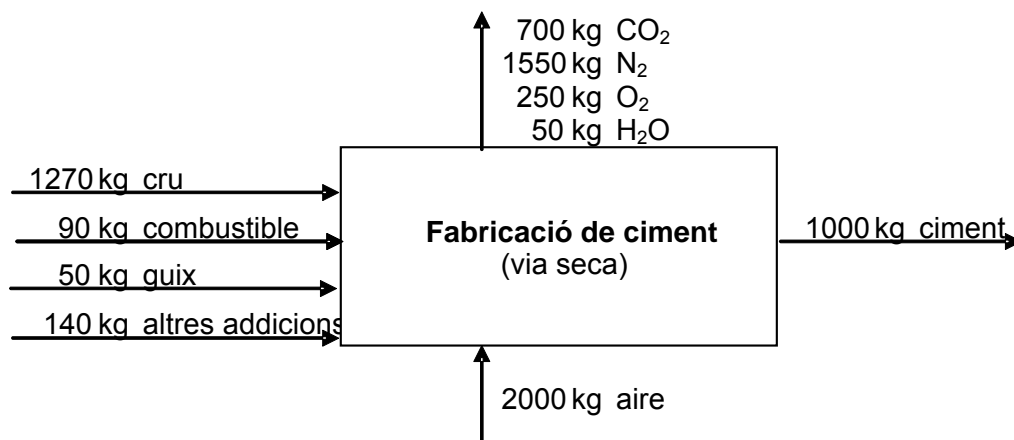


Figura 5.5 Balanç de matèria per a l'obtenció d'una tona de ciment (MMA, 2004)

La demanda elèctrica del procés de fabricació és entre 90 i 130 kWh/ tona de ciment per la mitjana dels fabricats europeus (EC, 2001). Per a Catalunya s'ha agafat el valor mig de 110 kWh elèctrics per tona de ciment. Mentre que el consum de combustible és variable en funció del tipus de forn i la composició de les matèries

³³ Valor límit anual, de NO_x com a NO₂ segons Reial Decret 717/1987 vigent el 2001: 40Ug/Nm³, usant correlacions taula 1.8 (EC, 2001) per fer els canvis d'unitats. Valor límit anual de SO₂, segons Reial Decret 1613/1985 vigent el 2001: 250Ug/Nm³, usant correlacions (EC, 2001) per fer els canvis d'unitats. Segons publica ciment català (2006) es genera 100mg/Nm³ de pols, conversió (EC, 2001) 0,2 kg/tona ciment.

primeres. Per via seca s'estima entre 3000 i 5000 MJ per tona de clínquer (MMA, 2004) i es pren com a valor mig 90kg de combustible per tona de ciment fabricat. Considerant que el combustible es majoritàriament coc de petroli, s'obté una intensitat energètica de 0,9 MWh/tona xifra similar als treballs de recerca previs al llibre blanc de la construcció, Dr. Albert Cuchi (comunicació personal, març 2007).

vii. Formigó, morter i derivats

La major part del ciment produït es destina a la fabricació de formigó. El **formigó** és una barreja de conglomerants (generalment ciment) amb àrids i aigua. En determinats casos, també s'afegeixen certs additius per tal de modificar-ne alguna propietat. El pesat i la mescla del formigó pot ésser realitzat in situ, és a dir a l'obra, o en plantes externes i posteriorment es transportat.

A partir de la base de dades d'EcolInvent, adaptada per utilitzar en el programari GABI i de la consulta amb experts del sector³⁴, s'han utilitzat els coeficients presentats en la Taula 5.4 de consum de recursos per kilogram de formigó produït, on s'ha fet la mitja entre els diferents tipus de formigó de la base de dades d'EcolInvent, excloent el consum de combustibles fòssils associat al transport de materials, ja que aquest punt es tractarà independentment. Així, en els coeficients que es presenten en la Taula 5.4, igual que en la resta de taules d'aquest apartat, únicament s'inclou el consum de combustibles fòssils associat al procés productiu de fabricació del producte. Per evitar la doble comptabilització de consums energètics tampoc s'ha inclòs l'energia consumida per la fabricació de les matèries primeres. És a dir, en el càlcul del consum energètic de fabricació de formigó no s'inclou l'energia necessària per a l'obtenció del ciment ni altres matèries primeres utilitzades.

Taula 5.4 Coeficients per a l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de formigó (excloent el transport)

Electricitat	MJ/kg	0,0066
Combustibles fòssils	MJ/kg	0,0169
Residus	kg/kg	0,0071
Altres materials	kg/kg	0,0003
Grava	kg/kg	0,8073
Ciment	kg/kg	0,1238
Aigua	kg/kg	0,0655

La producció de **morter** a Catalunya l'any 2001 no es dona desagregada per tipologia i el procés productiu s'ha aproximat a la fabricació de morter de ciment (Taula 5.5).

³⁴ Comunicació personal d'enginyers del sector d'obres públiques (empresa GPO).

Taula 5.5 Coeficients per a l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de morter (excloent el transport)
(Cement mortar, at plant, Ecolnvent)

Electricitat	MJ/kg	0,1
Ciment Portland	kg/kg	0,2
Sorres silíciques	kg/kg	0,8

La producció de **blocs, maons, rajoles i altres productes prefabricats de formigó, ciment i pedra artificial** s'ha aproximat al procés de fabricació de blocs formigó d'Ecolnvent amb les necessitats de recursos presentades en la Taula 5.6.

Taula 5.6 Coeficients per a l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de blocs de formigó (excloent el transport)
(Concrete block, at plant, Ecolnvent)

Electricitat	MJ/kg	0,007
Combustibles Fòssils	MJ/kg	0,022
Formigó	kg/kg	1

Segons l'anuari d'Estadística Minera (Ministerio Economía, 2001) l'ús de recursos minerals per la fabricació de formigó, morter i prefabricats va ser de 34 milions de tones. Segons les estimacions fetes, i descrites en aquest apartat, van ésser necessàries gairebé 26 milions de tones de productes de pedrera, per obtenir la producció de formigó, morter i derivats a Catalunya l'any 2001. La diferència de 8 milions de tones entre les estadístiques i l'estimació feta, s'han considerat productes de pedrera usats in situ i majoritàriament usats en la edificació. Aquesta suposició ha estat contrastada amb la quantificació de la demanda de materials en la construcció i rehabilitació d'edificacions, realitzat en l'apartat 5.2.5. En l'apartat 5.2.5 s'ha quantificat que la demanda de recursos petris l'any 2001 a Catalunya per edificacions va ésser de més de 16 milions de tones en canvi, la quantificació de l'anuari sobre els recursos minerals per a edificacions és pràcticament menyspreable.

viii. Calç, guix i productes derivats

Hi ha diferents tipus de **calç** segons les característiques del producte acabat (IGME, 2007). Es pot distingir entre calç aèria, que s'endureixen amb CO₂ i calç hidràulica que s'endureix amb aigua. A Catalunya només es fabrica calç aèria; en funció de la seva composició o procés productiu es pot distingir entre:

- Calç viva o l'òxid de calci (CaO)
- Calç apagada o hidratada, l'hidròxid de calci (Ca(OH)₂)

El procés de fabricació de la calç consta de les etapes mostrades en la Figura 5.6 (EC, 2001a).

Extracció de matèries primeres i preparació: La matèria primera bàsica per la fabricació de calç és el CaCO_3 que s'extreu majoritàriament de pedres calcàries i dolomítiques. Aquestes es trituren o molen i les que tenen una dimensió adequada entren en el procés productiu mentre que la resta són usades com a pedra trossejada.

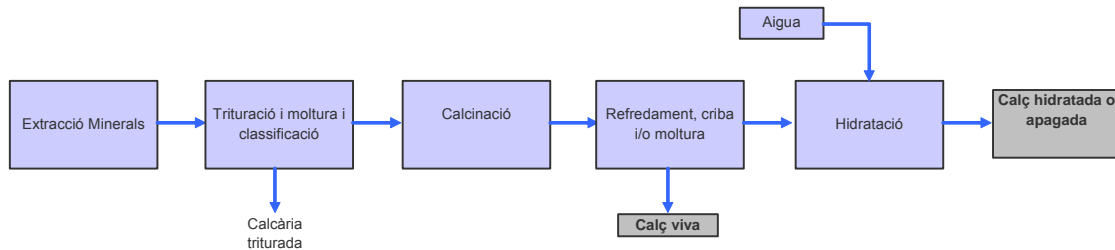


Figura 5.6 Diagrama del procés de fabricació de la calç viva i apagada (EC, 2001a).

Calcinió: En un forn vertical o horitzontal les pedres calcàries triturades són calcinades o descarbonitzades, obtenint òxid de calci o calç viva (CaO).

Hidratació: Part de la calç produïda és tractada per hidratar-la, amb aigua, i se'n obté hidròxid de calci (Ca(OH)_2).

El balanç global del procés productiu es presenta en la Taula 5.7. Les dades han estat extretes de la base de dades de GABI i contrastades amb el procés de la Guia tecnològica, sobre la fabricació de calç i derivats (Fundación Entorno, 2004).

Taula 5.7 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en la fabricació de calç viva i apagada (excloent el transport)

Calç viva – (Quicklime, in pieces, loose, at plant, Ecolnvent)			
INPUTS		OUTPUTS	
Pedra calcària	1,73 kg	Calç viva	1 kg
Electricitat	0,338 MJ	CO_2	0,909 kg
C. Fòssils	0,0920 MJ	CO	0,0048 kg
		SO_2	0,0003 kg
		NOx com NO_2	0,0003 kg
		NMVOG	4,5E-05 kg
		Pols	6,8E-05 kg
Calç apagada – (Lime hydrated, loose, at plant, Ecolnvent)			
INPUTS		OUTPUTS	
Calç viva	0,769 kg	Calç Apagada	1 kg
Aigua	0,602 kg		
Electricitat	0,046 MJ		
C. Fòssils	0,0015 MJ		

El **guix** extret a Catalunya majoritàriament és usat pel sector de la construcció (fabricació de ciment, guix, escaiola i prefabricats) i una fracció molt petita es destina com a guix quirúrgic, en la indústria ceràmica o en l'alimentària (Mitjà, 2000).

El consum de guix en la fabricació de ciment és de 375 milers de tones i s'ha estimat a partir de la producció de ciment a Catalunya l'any 2001 (apartat vi). La resta, 750 mil tones es reparteix per altres usos, majoritàriament fabricació de guix, escaiola i d'elements prefabricats. La manca de dades sobre la producció de guix, escaiola i productes derivats a Catalunya, ha fet que el seu consum s'estimés a partir del consum de materials en l'edificació (apartat 5.2.5) més les exportacions netes (Taula 5.8).

Taula 5.8 Estimació de la producció de guix, escaiola i manufactures derivades a Catalunya l'any 2001 (tones)

	Consum	Importacions	Producció
		Netes	
Manufactures i prefabricats de guix i escaiola	15.449	-128.353	143.801
Guix	148.085	42.235	105.850
Escaiola	14.412	--	14.412

El guix usat en les activitats de construcció s'obté a partir de la calcinació del mineral prèviament triturat. El balanç de matèria per a la fabricació de guix s'ha extret de la base de dades d'Ecolnvent, i els valors es presenten en la Taula 5.9. El producte d'aquest procés es pot usar tant per la fabricació d'escaiola, com per motlles o panells. S'ha utilitzat el procés productiu més simple, tot i que a vegades també s'utilitzen additius i es treballa a diferents temperatures per tal de modificar les propietats del producte acabat. En aquest cas s'ha utilitzat una temperatura mitja per a la producció.

Taula 5.9 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de guix (excloent el transport)

Guix – Font: Stucco, at plant, Ecolnvent		
Electricitat	MJ/kg	0,097
Combustibles Fòssils	MJ/kg	0,876
Guix	kg/kg	1,16

L'**escaiola** és guix d'una major qualitat, amb una puresa de més del 90% i de gra més fi. El balanç de matèria per a la fabricació d'escaiola s'ha extret de la base de dades *Construction Extension* del programa GABI (Taula 5.10).

Taula 5.10 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació d'escaiola (excloent el transport)

Escaiola – (Gypsum plaster, at plant, Construction Extension)		
Guix	kg/kg	1,23
Roques Inerts	kg/kg	0,143
Aigua	kg/kg	2,1

El procés de fabricació d'elements **prefabricats de guix**, s'ha aproximat al procés productiu del cartró guix, ja que és principal producte consumit i exportat dins d'aquesta família. La base de dades d'Ecolnvent inclou dos tipus de panells de guix, un a base de paper (*Gypsum plaster board*) i l'altre a base de virots de fusta i cartró (*Gypsum fibre board*). El balanç del procés productiu de fabricació de cartró - guix, utilitzat és la mitja entre els dos, es presenta en la Taula 5.11.

Taula 5.11 Coeficients per l'estimació dels recursos usats per la fabricació de plafons de cartró – guix

Prefabricats de guix – (Gypsum plaster board, at plant i Gypsum fiber board, at plant, Ecolnvent)		
Combustibles fòssils	kg/kg	1,275
Guix (Stucco)	kg/kg	0,7605
Aigua	kg/kg	0,5115
Electricitat	MJ/kg	0,324
Residus de paper o fibres de fusta i cartró	kg/kg	0,0992
Altres	kg/kg	0,0031

ix. Productes derivats de la fusta i biòtics

Les dades estadístiques de la cadena productiva de recursos forestals de Catalunya l'any 2001 han estat extretes de les Estadístiques Forestals publicades pel Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya (DARP, 2001). Aquestes xifres han estat contrastades amb la producció i el comerç exterior dels mateixos productes pel mateix any (IDESCAT, 2001a, 2001b).

Com a particularitats metodològiques cal destacar que els recursos forestals usats en el sector de la construcció s'han quantificat a partir de dades estadístiques de DE destinada a la construcció (DARP, 2001) i fent una estimació de les importacions netes d'aquests recursos. Les importacions netes s'han quantificat a partir de les dades de producció menys la DE que s'hi destina. No s'ha usat les dades de comerç exterior, ja que per a l'estat espanyol són poc detallades però a més per aquest tipus de recursos tenen diferents destins, a banda del sector de la construcció.

Dins del sector de la fusta cal distingir entre la indústria de primera i la de segona transformació. La indústria de segona transformació està integrada per estructures de fusta i peces de fusteria i ebenisteria per a la construcció com portes, finestres, terres... que parteix de les matèries produïdes en la primera transformació. Per tal d'evitar la doble comptabilització d'aquests fluxos, la producció a Catalunya durant l'any 2001 de productes acabats derivats de la fusta no s'ha inclòs, comptabilitzant per aquesta categoria únicament els fluxos intercanviats amb l'exterior.

x. Materials ceràmics i de terra cuita per a la construcció

El sector de la construcció és un gran consumidor de materials ceràmics i de productes de terra cuita. Els principals productes usats en el sector són: aparells sanitaris i aïllants ceràmics, rajoles i productes de terra cuita (maons, teules...). L'elevada varietat de productes i acabats fa que hi hagi una elevada heterogeneïtat de processos productius. Per fer una estimació dels impactes associats a la fabricació d'aquest tipus de productes, s'han quantificat únicament els processos majoritaris, els balanços dels quals es presenten en la Taula 5.12. Els balanços s'han extret de la base de dades d'Ecolnvent de GABI, d'on s'ha exclòs el consum de combustibles fòssils associats al transport.

Taula 5.12 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en la fabricació de materials ceràmics (excloent el transport)

Ceràmica per sanitaris – (Sanitary ceramics, at regional storage, Ecolnvent)					
INPUTS			OUTPUTS		
Gas natural	24,1	MJ	Ceràmica sanitària	1	kg
Electricitat	3,16	MJ	Pols	0,009	kg
Aigua pou	10,6	kg	Residus	0,17	kg
Aigua xarxa	0,541	kg			
Caolí	0,444	kg			
Argila	0,425	kg			
Feldespat	0,379	kg			
S.Silícies	0,251	kg			
Guix	0,125	kg			
Altres	0,005	kg			

Teules de ceràmica – (Ceramic tiles, at regional storage, Ecolnvent)					
INPUTS			OUTPUTS		
Gas natural	5,87	MJ	Rajoles	1	kg
Electricitat	1,13	MJ	Pols	0,009	kg
Aigua xarxa	0,67	kg	Residus	0,01	kg
Argila	0,49	kg			
Feldespat	0,39	kg			
Sorra silícica	0,17	kg			
Calcària	0,08	kg			
Guix	0,06	kg			
Altres	0,04	kg			

Maons de terra cuita – (Brick, at plant, Ecolnvent)					
INPUTS			OUTPUTS		
Gas natural	1,24	MJ	Maons	1	kg
Electricitat	0,14	MJ	CO ₂	0,180	kg
Fuel oil	0,01	kg	CO	4 E-04	kg
Aigua xarxa	0,07	kg	NOx	3 E-04	kg
Aigua pou	0,03	kg	Pols	2 E-05	kg
Argila	1,35	kg	Altres	2 E-04	kg
Calcària	0,02	kg			
Sorra	0,01	kg			
Altres	0,001	kg			

xi. Materials metàl·lics i productes derivats

La complexitat i varietat dels productes fabricats dificulta l'estimació de matèries primeres i energia usades per tona de producte. En les foneries, de mitja es pot estimar entre 5 i 10 tones de sorres industrials per tona producte acabat i amb un consum energètic de 4 kWh/tona (McEvoy et al., 2004). Tot i així aquesta estimació no s'ha inclòs en els resultats perquè s'ha considerat massa aproximada.

Segons els treballs de recerca previs a la redacció del Llibre Blanc per a l'Etiquetatge Verd dels productes de la construcció (Dr. Albert Cuchi, comunicació personal, març 2007), la intensitat energètica és molt variable en funció dels metalls³⁵. La manca de dades més desagregades i precises sobre la producció, importacions i exportacions dels diferents productes metàl·lics per part del sector de la construcció ha impedit la inclusió del seu processament en aquest estudi, ja que l'error associat a la seva estimació podia haver estat massa elevat.

xii. Vidre usat en la construcció

Tot i l'elevada diversitat en la indústria del vidre els principals productes usats en el sector de la construcció són el vidre pla, el vidre de seguretat, la fibra de vidre i els blocs de vidre.

La manca d'informació desagregada sobre les importacions i exportacions de vidre amb l'Estat espanyol ha fet que s'hagi hagut de suposar una composició anàloga a la de les importacions i exportacions realitzades amb l'estranger.

A Catalunya, dins del sector del vidre es pot distingir entre el subsector del **vidre pla**, usat en la construcció i automoció, i el del vidre buit, usat majoritàriament en la fabricació d'envasos, ampolles i material de laboratori i decoració (Andrés et al., 2001). Segons el mateix informe, a Catalunya l'any 2001, un 44% del vidre pla fabricat es va destinar a la construcció, repartit aproximadament la meitat en l'edificació o tancaments exteriors i l'altra meitat en acabats interiors. Dins del sector del vidre pla es pot distingir entre diferents activitats relacionades entre sí, ja que cadascuna fa servir la matèria primera de l'anterior. Les estadístiques de producció distingeixen entre fabricació de vidre pla (2611) i manipulació i transformació del vidre pla (2612). Per evitar doble comptabilització, s'ha comptabilitzat com a fluxos d'entrada únicament la producció domèstica inclosa en la categoria 2611 i les importacions d'ambdues categories (Figura 5.7).

³⁵ El mateix informe (Dr. Albert Cuchi, comunicació personal, març 2007) estima el contingut energètic dels principals metalls consumits en tot el seu cicle de vida en 160 MJ/kg per d'alumini amb un 30% de reciclat, 35MJ/kg d'acer amb un 20% de reciclat o 90 mJ/kg de coure primari).

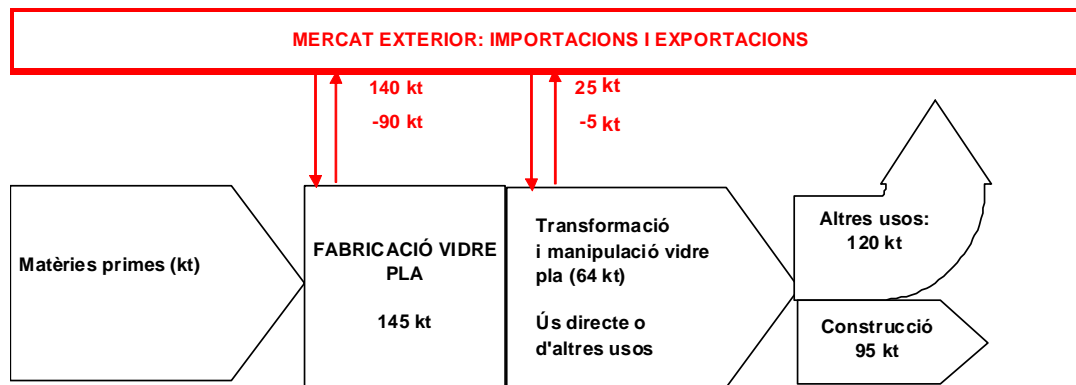


Figura 5.7 Procediment d'estimació del vidre pla destinat al sector de la construcció

Segons els càlculs realitzats el vidre pla destinat al sector de la construcció, que s'incorpora en les edificacions, és uns 47,5 milers de tones. Aquesta xifra és del mateix ordre de magnitud que l'estimació feta per materials incorporats en els edificis (apartat 5.2.5), que és d'uns 36 milers de tones. Els 47,5 milers de tones de vidre pla restant, s'utilitza en el mobiliari, activitats d'interiorisme i rehabilitació interior dels edificis. El procés de fabricació del vidre pla, esquemàticament consta de les següents etapes (Figura 5.8) (Pueyo, 2003):

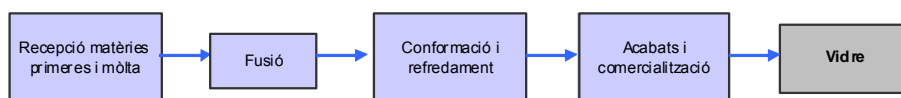


Figura 5.8 Procés de fabricació del vidre pla (Pueyo, 2003)

Recepció de matèries primeres i mólta: Les principals matèries primeres emprades són agents vitrificants (principalment sílice d'arenes de quars o sorra de sílice), agents fonents o carbonats que disminueixen la temperatura de fusió (NaCO_3 , $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3, \dots$), agents estabilitzants (òxids de bari, alumini...), a més d'altres components secundaris per modificar-ne alguna propietat com el color.

Fusió o vitrificació: En l'etapa de fusió a altes temperatures (superiors als 1500°C) tenen lloc nombrosos processos físics i químics entre les matèries primeres. La principal tècnica de fusió utilitzada en la fabricació del vidre pla és el forn regenerador, mentre que per la fibra de vidre són el forn recuperador i d'oxicombustió a fuel.

Conformació i refredament: Després de l'afinament, el vidre es refreda fins a uns $300 - 350^\circ\text{C}$ conformant el vidre en làmines per procediments de colament, laminatge o flotació. Finalment, un cop el vidre ha pres la seva forma, té lloc la recuita o refredament controlat.

El balanç de matèria en la fabricació del vidre pla extret de la base de dades de GABI es presenta en la Taula 5.13, sense incloure el transport. La fabricació de productes per tona de matèria primera consumida és del 82%, molt similar al 85% estimat al document de referència sobre les millors pràctiques disponibles en la fabricació de vidre (EC, 2001b).

Taula 5.13 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en el procés de fabricació de vidre pla (excloent el transport)

Vidre Pla – (Flat glass, uncoated, at plant, Ecolnvent)			
INPUTS		OUTPUTS	
Gas natural	4,56 MJ	Vidre pla	1 kg
Electricitat	0,4 MJ	CO ₂	0,26 kg
Fuel Oil	0,074 kg	SO ₂	0,004 kg
Aigua	0,7 kg	NOx	0,003 kg
Sorres silíciques	0,58 kg	CO	5 E-05 kg
Pedra calcària tros.	0,4 kg	NMVOC	5E-05 kg
Bicarbonat de calci	0,23 kg	Pols	0,0002 kg
Altres	0,006 kg	Altres	0,001 kg

En el càlcul del MFA també es comptabilitzen els **blocs de vidre usats en la pavimentació**, però no es disposa d'informació sobre els recursos necessaris per a la seva obtenció, i per tant s'ha aproximat a la fabricació de del vidre pla, i s'han utilitzat els coeficients de la Taula 5.13.

El sector de la construcció també usa **fibra de vidre**. La fibra de vidre es fa servir com a aïllant tèrmic, acústic i per a la transmissió de senyals lumínics, en la fabricació de cables de fibra òptica entre d'altres aplicacions. El consum de fibra de vidre en les edificacions tant de nova construcció com rehabilitacions s'ha estimat (apartat 5.2.5) i és de 2000 tones. La diversitat d'usos de la fibra de vidre a més del sector de la construcció, junt amb la manca de dades sobre la seva aplicació en infraestructures impedeix poder estimar-ne el consum global. El balanç de matèria per a la fabricació de la fibra de vidre es presenta en la Taula 5.14.

Taula 5.14 Coeficients per l'estimació del consum de recursos en la fabricació de fibra de vidre (excloent el transport)

Fibra de vidre – (Glass fibre, at plant, Ecolnvent)			
INPUTS		OUTPUTS	
Gas natural	16 MJ	Fibra vidre	1 kg
Electricitat	5,8 MJ	CO ₂	0,155 kg
Aigua	8,94 kg	NOx	0,00417 kg
Sorra	0,464 kg	SO ₂	0,00283 kg
Sorra silícica	0,37 kg	NMVOC	0,000224 kg
Pedra calcària	0,351 kg	Pols	6,93E-05 kg
Àcid bòric	0,188 kg	Altres	1,58E-04
Nylon	0,0283 kg		
Òxid d'alumini	0,0214 kg		
Altres	0,01128 kg		

xiii. Anàlisi global i qualitatiu de productes d'altres sectors, i usats en la construcció com derivats bituminosos, plàstics, pintures...

En aquest darrer apartat s'inclouen materials de diferents origen que són utilitzats en el sector de la construcció, però que també tenen nombrosos usos o aplicacions en d'altres sectors. En general, són materials molt més processats i heterogenis que els tractats en els punts anteriors (del i a viii).

La manca d'informació més detallada sobre la tipologia de producte fabricat, així com del comerç exterior amb l'Estat espanyol, impedeix una quantificació en detall del consum aparent d'aquest productes. Una estimació aproximada com la feta en alguns dels casos anteriors, podria comportar un error molt elevat ja que, en aquest darrer grup, els productes són molt més elaborats i les matèries primeres i demandes energètiques per cada tipus de producte són molt més heterogènies. Per tant, amb la informació disponible en el moment d'elaboració d'aquesta tesi, no s'ha considerat adequat la quantificació dels processos productius d'aquest productes i únicament se n'ha quantificat el seu consum agregat, i s'inclou una breu anàlisi qualitatiu dels seus impactes.

Derivats bituminosos: segons l'anuari d'Estadística, Producció i Comptes de la Indústria (IDESCAT, 2001b) la producció anual de productes derivats de materials bituminosos es dona agregada en la categoria 26821300 – Mescles bituminoses a base d'asfalt o betums naturals, etc. (tipus “cut back”). La manca d'informació més desagregada respecte la producció de derivats, impedeix una anàlisi en detall del sector.

Pintures, plàstics i material elèctric: els productes agrupats en aquesta categoria i consumits en el sector de la construcció són productes acabats, molt heterogenis i en general fabricats en una cadena productiva molt més llarga que la considerada pels casos anteriors. Per aquest motiu, la seva producció queda fora de l'àmbit d'aquest estudi, i es considera únicament el seu consum aparent per part del sector de la construcció.

5.2.5 Consum de materials en les activitats de construcció, rehabilitació o reforma d'edificis i infraestructures

La quantificació de l'estoc de materials que s'acumula anualment en el sector de la construcció s'ha estimat a partir de la composició típica de les edificacions, tenint en compte tant la superfície nova construïda com rehabilitada, tant en l'edificació com les infraestructures.

Per calcular el consum de materials en la construcció de nous edificis s'ha considerat la superfície construïda a Catalunya (Taula 5.15) i la intensitat de materials per m² edificat (Taula 5.16) , segons la tipologia de material i d'edificació.

Taula 5.15 Edificis iniciats a Catalunya segons destinació (m²)
(IDESCAT, 2006)

Per destinació	2001
residencial	8 414,5
col·lectiu	6 731,6
unifamiliar	1 682,9
no residencial	5 220,7
locals	2 777,9
indústria	611,5
comerç i magatzems	282,7
oficines	279,1
hostaleria	456,1
altres	813,4
Total	13 635,2

Taula 5.16 Intensitat material en la construcció de nous edificis per tipologia de material i d'edificació³⁶

OBRA NOVA	Intensitat Materials (t/m ²)					
	Habitatge Col·lectiu	Habitatge Unifamil.	Hostaler.	Indústria	Oficines	Comerç, Magatzem o Altres
ABS	0,0001	0,0001	0,0002		0,00	0,00005
ACER	0,0249	0,035	0,0388	0,0163	0,02	0,0176
ACER ESMALTAT	0,0005	0,0003	0,0002	0	0,00	0,00005
ACER GALVANITZAT	0,0036	0,004	0,0028	1,0575	0,00	0,00405
ACER INOX	0,0002	0,0001	0,0003	0	0,00	0
ACER LAMINAT	0,0006	0,004	0,0011		0,01	0,00275
ACER PINTAT AL FORN	0,0003	0,0003	0,003	0,0003	0,00	0,00085
ACER RECUIT	0,0001	0,0003	0,0003	0,0001	0,00	0,0001
ADDITIU	0,0034	0,0033	0,0149	0	0,00	0,00225
ADHESIU COPOLÍMER ACRÍLIC		0,0001				0
ADHESIU DE CAUTXÚ SINTÈTIC	0	0,0001	0,0003			0
AIGUA	0,1081	0,1369	0,1943	0,1065	0,08	0,09215
ALUMINI	0,0001	0,0001	0,0001		0,00	0
ALUMINI ANODITZAT	0,0007	0,0003			0,00	0,001
ALUMINI LACAT	0,0021	0,0025	0,0023	0,0001	0,00	0,0005
ARGILA EXPANDIDA	0,0091	0,0144	0,0055		0,02	0,00865
BENTONITA	0,0001		0,0044			0
BETUM ASFÀLTIC	0,0004	0,0005	0,0013		0,00	0,0005
BUTIL	0	0,0001	0,0005			0
CALÇ	0,037	0,05	0,0248	0,0005	0,01	0,0043
CARTRÓ-GUIX	0,0005	0,0005	0,0018	0,0016	0,00	0,0019
CAUTXÚ SINTÈTIC	0	0,0001	0	0,0001	0,00	0,00005
CERÀMICA	0,509	0,5074	0,2066	0,002	0,16	0,0797
CERÀMICA ALLEUGERIDA	0,0139	0,0123				0
CERÀMICA ESMALTADA	0,007	0,0061			0,00	0,0007

³⁶ Comunicació personal del grup de recerca dirigit pel Dr. Albert Cuchi en la Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès de la Universitat Politècnica de Catalunya. Excepte la categoria d'"Altres", on s'ha fet la mitja entre la intensitat material en edificis industrials i oficines. Aquesta mitja s'ha aplicat per calcular el consum de materials en locals, comerços, magatzems i d'altres on s'ha fet la mitja entre la intensitat material en edificis industrials i oficines.

Continuació Taula 5.16

OBRA NOVA	Habitatge Col·lectiu	Habitatge Unifamil.	Hostaler.	Indústria	Oficines	Comerç, Magatzem altres
CERÀMICA VIDRIADA	0	0,0001				0
CIMENT	0,15	0,1917	0,2294	0,1362	0,11	0,1219
COLA	0,0006	0,0006	0	0	0,00	0,00015
COURE	0,0002	0,0001	0,0002	0	0,00	0,00005
COURE RECUIT	0,0005	0,0005	0,0007	0	0,00	0,0001
ESCAIOLA	0,0012	0,0006			0,00	0,0002
ESCUMA DE POLIURETÀ	0,0002	0,0002	0,0002			0
ESMALT SINTÈTIC	0	0,0001	0,0002	0	0,00	0,0007
FERRO COLAT ESMALTAT	0	0	0,0002			0
FIBRA DE VIDRE	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001	0,00	0,00005
FIBROCIMENT	0,0004	0,0001				0
FORMIGÓ CEL·LULAR PREFABRICAT	0,0003	0,0014			0,06	0,02765
FORMIGÓ PREFABRICAT	0,0116	0,0369	0,0045	0,3154		0,1577
FUSTA	0,0103	0,0147	0,007	0,3384	0,00	0,17105
GRANULATS PETRIS	1,0851	1,544	1,653	1,1194	0,69	0,90365
GRES ESMALTAT	0,0007	0,0006	0,001	0	0,00	0,0001
GRES EXTRUÏT	0,0005	0,0006				0
GRES EXTRUÏT ESMALTAT	0,0003	0,001				0
GRES PORCELLÀNIC	0,0015	0,0001	0,0005			0
GRES PORCELLÀNIC		0,0014				0
GRES PREMSAT ESMALTAT	0,0032	0,0022				0
GUIX	0,013	0,011	0,0089	0,0003	0,01	0,00375
LÀTEX	0	0			0,00	0,00005
LLANA DE ROCA	0	0	0,0012	0,003	0,00	0,00155
LLAUTÓ	0,0001	0,0001	0,0001	0,0161	0,00	0,00805
LLAUTÓ CROMAT	0,0001	0,0001	0,0001	0	0,00	0
MASSILLA ACRÍLICA	0	0	0,0001	0,0001	0,00	0,0001
MASSILLA DE SILICONA	0,0004	0,0004	0,0004	0	0,00	0,00015
MINI DE PLOM	0	0	0		0,00	0,00055
MORTER PREFABRICAT	0,0458	0,1422	0,0418	0,0305	0,25	0,1398
MORTER PREFABRICAT ALLEUGERIT		0,011				0
MORTER PREFABRICAT D'ARGILA EXPANDIDA		0,0061				0
MORTER PREFABRICAT POLIT	0,0004	0,0007			0,00	0,0003
MORTER PREFABRICAT SILICOCALCARI		0,0067				0
NEOPRÈ	0,0004	0,0005	0,0003	0	0,00	0,0003
NYLON	0	0,0001	0	0	0,00	0
OXIASFALT	0,0006	0,0005				0
PEDRA NATURAL	0,0086	0,0061	0,0036		0,00	0,00005
PERLITA EXPANDIDA	0,0001	0				0
PINTURA PLÀSTICA	0,0017	0,0012	0,0007	0,0002	0,00	0,0008
PLOM	0	0	0	0,0001		0,00005
POLICARBONAT	0	0		0,0019		0,00095
POLIÈSTER REFORÇAT	0	0	0	0,0006	0,00	0,0003
POLIESTIRÈ	0,0001	0,0001	0,0001		0,00	0,00005
POLIESTIRÈ EXPANDIT	0,0002	0,0004	0		0,00	0,0001
POLIESTIRÈ EXTRUÏT	0,0002	0,0002	0,0004		0,00	0,0002
POLIPROPILÈ	0	0	0,0001		0,00	0
POLS DE QUARÇ	0,0026	0,0012	0,0031	0,007	0,01	0,00615
POLS SECA POLIVALENT	0		0,0003			0
PORCELLANA	0,0006	0,0006	0,0008	0	0,00	0,0001
PVC	0,002	0,0017	0,0009	0,0002	0,00	0,00065
RESINA SINTÈTICA	0,0001	0,0001	0,0003	0	0,00	0

Continuació Taula 5.16

OBRA NOVA	Habitatge Col·lectiu	Habitatge Unifamil.	Hostaler.	Indústria	Oficines	Comerç, Magatzem altres
SILICONA	0,0001	0	0,0001	0	0,00	0
SURO AGLOMERAT	0,0003	0				0
TAULER DE PARTÍCULES DE FUSTA	0,0001	0,0001	0,0002		0,00	0,00005
TERRATZO	0,0177	0,0097	0,0908		0,03	0,01435
VERNÍS SINTÈTIC	0	0	0,0001		0,00	0
VIDRE	0,0024	0,002	0,0011	0,0001	0,00	0,00065
ZINC	0	0,0001	0	0,0007		0,00035
TOTALS	2,087	2,7792	2,5561	3,1555	1,4586	2,30705

El consum de materials per la reforma i rehabilitació d'edificis s'ha estimat de forma anàloga al consum en obra nova, a partir de la superfície dels edificis reformats anualment (Taula 5.17) i la intensitat material en les reformes (Taula 5.18 i Taula 5.19). La superfície de reforma i rehabilitació d'edificis s'ha estimat a partir dels visats de reforma i rehabilitació sol·licitats per la superfície mitja de cada tipus d'edificació (Taula 5.17). Els visats de direcció d'obra de reforma i/o restauració d'edificis van ésser de 6848 per habitatges i 790 per d'altres usos (Ministerio Fomento, 2007).

Taula 5.17 Superfície mitja dels edificis de Catalunya segons la tipologia d'edificació (IDESCAT, 2005)

(milers m ² /edifici)	2001
No Residencial	0,67
Residencial	0,58

Taula 5.18 Intensitat material (t/m2) en la rehabilitació i reforma d'habitatges tipologia de material i d'edificació³⁷

	Habitatge Col·lectiu	Habit. Unif.	Mitja		Habitat. Col·lectiu	Habitat. Unif.	Mitja
ABS	0	0,0001	0,00002	FUSTA	0,0059	0,0081	0,00634
ACER	0,0053	0,0244	0,00912	PETRIS	0,146	0,9106	0,29892
ACER	0	0,0003	0,00006	GRES	0,0001	0,0004	0,00016
ESMAL.				ESMALT.			
ACER	0,0006	0,0047	0,00142	GRES	0,0002	0,0016	0,00048
GALVAN.				EXTRUÏT			
ACER	0,0001	0,0003	0,00014	GRES			
INOX				EXTRA.	0,0003	0,001	0,00044
ACER				ESMALTAT			
LAMINAT	0,0136	0,0023	0,01134	GRES	0,0001	0,0011	0,0003
ACER				PORCELL.			
PINTAT AL	0,0001	0,0009	0,00026	GRES			
FORN				PREMSA	0,0021	0,0004	0,00176
ACER				ESMALTAT			
RECUIT	0	0,0001	0,00002	GUIX	0,0018	0,0119	0,00382
ADDITIU	0,0006	0,0041	0,0013	LLAUTÓ	0	0,0001	0,00002

³⁷ Comunicació personal del grup de recerca dirigit pel Dr. Albert Cuchi en la Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès de la Universitat Politècnica de Catalunya. Per obtenir un valor mig entre habitatge col·lectiu i unifamiliar s'ha considerat que un 80% de l'habitatge de Catalunya és col·lectiu, i un 20% és unifamiliar.

Continuació Taula 5.18

	Habitat. Col·lectiu	Habitat. Unif.	Mitja		Habitat. Col·lectiu	Habitat. Unif.	Mitja
ADHESIU ACRÍLIC	0,0002		0,00016	LLAUTÓ CROMAT	0	0,0001	0,00002
ADHESIU CAUTXÚ. SINT.	0	0,0001	0,00002	MASSILLA DE SILICONA	0,0001	0,0004	0,00016
AIGUA	0,0153	0,09	0,03024	MORTER PREF.	0,0198	0,0949	0,03482
ALUMINI	0	0,0001	0,00002	MORTER PREF.		0,0671	0,01342
ALUMINI LACAT	0,0004	0,0037	0,00106	ARGIL.EXP. MORTER PREFABRIC AT POLIT	0,0001	0,0004	0,00016
ARGILA EXPAND.	0,0005	0,0091	0,00222	NEOPRÈ	0,0001	0,0007	0,00022
BETUM ASFÀLTIC	0,0001	0,0011	0,0003	NYLON	0	0,0001	0,00002
BUTIL	0,0001	0,0001	0,0001	OXIASFALT	0	0,0012	0,00024
CALÇ	0,0065	0,0256	0,01032	PEDRA NATURAL	0,0047	0,0061	0,00498
CARTRÓ - GUIX	0	0,0001	0,00002	PINTURA PLÀSTICA	0,0006	0,0006	0,0006
CERÀMIC.	0,0583	0,3023	0,1071	POLIESTIRÈ	0	0,0001	0,00002
CERÀMIC. ESMALT.	0,0027	0,011	0,00436	POLIESTIRÈ EXPANDIT	0,0001	0,0003	0,00014
CERÀMIC.VI DRIADA	0,0001		0,00008	POLIESTIRÈ EXTRUIT	0	0,0001	0,00002
CIMENT	0,0194	0,1245	0,04042	POLS DE QUARÇ	0	0,0017	0,00034
COLA	0,0003	0,0013	0,0005	PORCELL.	0,0001	0,0004	0,00016
COURE	0	0,0002	0,00004	PVC	0,0003	0,0017	0,00058
COURE RECUIT	0,0001	0,0007	0,00022	RESINA SINTÈTICA	0,0001	0,0002	0,00012
ESCAIOLA	0,001	0,0002	0,00084	SILICONA TAULER	0,0001	0	0,00008
ESCUMA DE POLIURETÀ	0	0,0001	0,00002	PART. DE FUSTA	0	0,0001	0,00002
ESMALT SINTÈTIC	0,0001	0	0,00008	TERRATZO		0,0053	0,00106
FIBRA DE VIDRE	0	0,0002	0,00004	VIDRE	0,0005	0,0057	0,00154
FIBROCIME NT	0,0005		0,0004	ZINC	0,0001	0	0,00008
FORMIGÓ PREFABRIC AT	0,0059	0,0267	0,01006	TOTAL	0,315	1,757	0,603

Taula 5.19 Intensitat material (t/m2) en la rehabilitació i reforma d'edificacions³⁸

ABS	0,0001	GRES ESMALTAT	0,0005
ACER	0,0087	GRES EXTRUIT	0,0008
ACER ESMALTAT	0,0002	GRES EXTRUIT ESMALTAT	0,0003
ACER GALVANITZAT	0,0034	GRES PORCELÀNIC	0,0001
ACER INOX	0,0001	GRES PORCELLÀNIC	0,0006
ACER LAMINAT	0,0106	GRES PREMSAT ESMALTAT	0,0014
ACER PINTAT AL FORN	0,0008	GUIX	0,0065
ADDITIU	0,0016	LLANA DE ROCA	0,0003
AIGUA	0,0331	MASSILLA ACRÍLICA	0,0002
ALUMINI	0,0001	MASSILLA DE POLIURETÀ	0
ALUMINI ANODITZAT	0,0009	MASSILLA DE SILICONA	0,0004
ALUMINI LACAT	0,0017	MORTER PREFABRICAT	0,0373
ARGILA EXPANDIDA	0,0022	MORTER PREFABRICAT ALLEUGERIT	0,0001
BETUM ASFÀLTIC	0,0003	MORTER PREFABRICAT D'ARGILA EXPANDIDA	0,014
CALÇ	0,0102	MORTER PREFABRICAT POLIT	0,0001
CARTRÓ - GUIX	0,003	NEOPRÈ	0,0005
CAUTXÚ SINTÈTIC	0,0001	OXIASFALT	0,0003
CERÀMICA	0,1091	PEDRA NATURAL	0,0048
CERÀMICA ESMALTADA	0,0055	PINTURA PLÀSTICA	0,0008
CIMENT	0,044	POLIESTIRÈ	0,0001
COLA	0,0005	POLIESTIRÈ EXPANDIT	0,0001
COURE	0,0001	POLS DE QUARÇ	0,0005
COURE RECUIT	0,0003	POLS SECA POLIVALENT	0,0001
ESCAIOLA	0,0009	PORCELLANA	0,0005
ESCUMA DE POLIETILÈ	0,0001	PVC	0,0009
FIBRA DE VIDRE	0,0003	RESINA SINTÈTICA	0,0001
FIBROCIMENT	0,0001	TAULER DE PARTÍCULES DE FUSTA	0,0001
FORMIGÓ PREFABRICAT	0,011	TERRATZO	0,0039
FUSTA	0,0046	VIDRE	0,0024
GRANULATS PETRIS	0,3295	TOTALS	0,6613

Com s'ha explicat en l'apartat 5.2.2, es pot estimar el consum aparent del sector de la construcció com la suma entre els materials extrets i produïts dins el territori català més les importacions netes (Figura 5.9). Aquest consum de materials ha d'ésser equiparable a la suma de materials que s'acaben incorporant, ja sigui per rehabilitació o bé per obra nova, en els edificis i infraestructures del sistema.

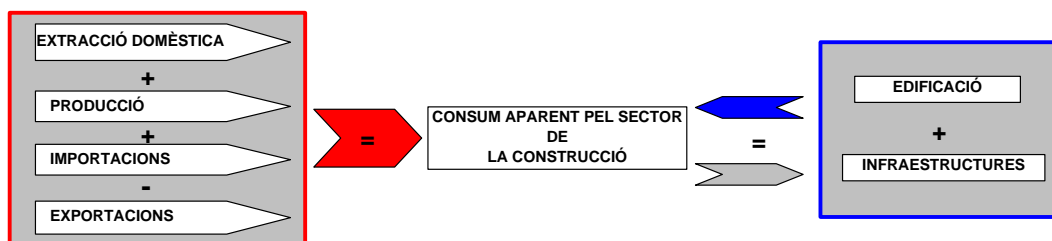


Figura 5.9 Aproximació per a l'estimació del consum aparent de materials del sector de la construcció

³⁸ Comunicació personal del grup de recerca dirigit pel Dr. Albert Cuchi en la Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès de la Universitat Politècnica de Catalunya, s'han utilitzat els coeficients mitjos de intensitat material en reformes a Catalunya.

Així l'estimació feta de l'estoc de materials que s'acaben incorporant en la construcció ens serveix per una part per comprovar la consistència de les dades obtingudes pel primer mètode. Però per altra part, també permet estimar la quantitat de materials que s'incorporen en les infraestructures, com la diferència entre el consum aparent i l'ús de materials en l'edificació.

El consum de materials per obra pública únicament inclou els materials necessaris per a la construcció i manteniment de la xarxa viària. La resta de consums per la construcció d'altres infraestructures (xarxa ferroviària, canals i ports), s'estima com la diferència entre el consum aparent de materials pel sector l'any 2001 (apartat 5.2.2) menys els materials usats en l'edificació i la xarxa viària, estimats en aquest punt.

La demanda de materials per a la construcció i manteniment de la xarxa viària s'ha calculat com la suma entre els materials usats per a l'ampliació de la superfície viària l'any 2001, més una estimació dels materials necessaris pel manteniment de la superfície viària existent el mateix any.

En l'anuari del Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya es publica anualment la xarxa de carreteres de Catalunya segons el tipus de via i amplada (DPTOP, 2003). La superfície viària de Catalunya a 31 de desembre del 2001 és de 12.071 km o 95 km², si es considera l'amplada de la via³⁹. L'ampliació de la xarxa viària durant l'any 2001, s'ha calculat com la diferència entre la situació el 31 de desembre de l'any 2001 menys la superfície existent el 31 de desembre de l'any 2000, és de 0,7km².

Els materials necessaris per a la construcció de la xarxa viària han estat estimats suposant un consum de productes de pedrera de 500 kg/m² per a la construcció de noves carreteres⁴⁰, mentre que per al seu manteniment⁴¹ es necessiten 153 t/km.

³⁹ Una explicació detallada del procediment per estimar la superfície viària es pot trobar en l'apartat 4.2.1.3 d'aquesta memòria.

⁴⁰ Consulta amb expert, tenint en compte una densitat 2,65 t/m³, una porositat de 0,3 i un gruix de la capa de sorra de 30 cm.

⁴¹ Dada de consum mig per Alemanya, a partir de les estadístiques oficials.

5.2.6 Consum energètic i d'aigua en la fase de construcció i ús

No es disposa de dades sobre el consum energètic associat a la construcció d'edificacions i infraestructures i per tant no ha estat inclòs en aquest treball⁴². El consum d'aigua en la construcció d'edificacions s'ha estimat a partir de l'inventari usat en l'apartat 5.2.5, però no es disposa de dades sobre consum en obra pública per tant no s'ha pogut incloure.

Tampoc s'inclou el consum energètic i d'aigua en la fase d'ús de les edificacions, perquè queda fora del sistema objecte d'aquest estudi.

5.2.7 Demolició de construccions

La demolició d'edificacions l'any 2001 s'ha aproximat partir de la tendència seguida entre els anys 1992 i 2000 de demolició d'edificacions a Catalunya (DPTOP, 2000). Però no es disposa de suficient informació sobre la demolició d'infraestructures durant l'any 2001, i per tant no s'ha pogut estimar.

5.2.8 Gestió de residus, reciclatge i reutilització

Segons la seva procedència, cal distingir entre tres tipus de residus diferents associats als processos de construcció (Junta Residus, 2000):

- **Residus de la construcció**, que s'originen en el procés d'execució material dels treballs de construcció, tant d'obra nova com de rehabilitació. Majoritàriament estan constituïts per les matèries sobrants del procés constructiu (morters, ceràmiques...) i els embalatges dels productes que arriben a l'obra.

- **Residus d'enderroc**, productes i materials originats com a conseqüència de les operacions de desmuntatge, desmantellament i enderroc d'edificis i instal·lacions.

- **Residus d'excavació**, són generats en els treballs d'excavació, generalment previs a la construcció. Aquests residus són d'origen petri i tenen una naturalesa més homogènia que els anteriors.

La producció de residus en la construcció d'obra nova s'estima en uns 0,12 m³ residus per m² construït. La seva composició es pot estimar usant els coeficients de la Taula 5.20:

⁴² Tot i que dins del grup de recerca de Sostenipra, actualment hi ha investigadors treballen en la seva quantificació per la construcció de determinades estructures a escala de barri.

Taula 5.20 Residus construcció
(Junta Residus, 2000)

Composició de residus	
52,2%	Ceràmica, morter, formigó, etc.
13,2%	Guix i plaques
10,8%	Paper i cartró
14,4%	Plàstics
6,9%	Fusta
12,6%	Metalls
1,3%	Altres

La producció de residus en les fases d'enderroc és de 0,95 m³ residus per m² construït (Junta Residus, 2000), per a edificis amb antiguitats entre 80 i 100 anys, i es pot suposar la composició de la Taula 5.21.

Taula 5.21 Enderroc d'edificis construïts entre 1900 i 1925

(Junta Residus, 2000)

Composició de residus	
92,4%	Ceràmics, petris i pasta
0,9%	Metalls
5,7%	Fusta
0,1%	Plàstics
0,9%	Altres

La producció de residus en les obres d'urbanització de carrers i espais públics es pot estimar amb els coeficients de la Taula 5.22 (Junta Residus, 2000) i la seva composició mitjana es mostra en la Taula 5.23.

Taula 5.22 Generació (m³ residus/m² construït)

Fase Enderroc	0,221
Fase Construcció	0,056
Total	0,263

Taula 5.23 Tipologies de residus en la urbanització de carrers i d'altres espais públics

68%	Materials petris
16%	Fusta
7%	Metalls
6%	Plàstics
3%	Altres

També es disposa de dades estadístiques sobre la generació total de residus de la construcció a Catalunya l'any 2001, que segons (Agència Catalana dels Residus [ARC], 2007) es xifra en gairebé 7 milions de tones, i es mostren les gestions en la Taula 5.24.

Taula 5.24 Gestió dels residus de la construcció a Catalunya l'any 2001

Tipus de gestió	Planta (tones)	2001
A tercers	Valorització de runes	224.426
A tercers	Dipòsit controlat de runes	6.625.082
A tercers	Centre de recollida i transferència de runes	142.994
TOTAL		6.992.502
Generació runes per capita (tones/habitant)		1,1

Tot i no disposar d'informació sobre la demolició d'infraestructures, la generació de residus associats a la seva construcció i manteniment, es pot fer una primera estimació a partir de la diferència entre els residus totals generats i els residus originats en la construcció i demolició d'edificacions.

5.2.9 Transport de materials i productes de la construcció

La pràctica totalitat del transport interior dels materials de la construcció té lloc per carretera. Per quantificar els kilòmetres recorreguts per les mercaderies analitzades s'ha utilitzat la base de dades de la *Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera* (Ministerio de Fomento, 2001). Les categories de materials comptabilitzades són les que s'han presentat anteriorment en la Taula 5.3. En la Taula 5.25 es presenten els coeficients usats per estimar el consum de combustible i les emissions atmosfèriques associades a aquest transport.

Taula 5.25 Coeficients de consum de combustible i emissions associades al transport interior

Carretera – (Average truck/13t total cap./local/single way, EcoInvent)	
	Coeficient (t/t*km)
Consum Gasoil	4,73E-05
CO ₂	1,49E-04
NOx	1,83E-06
CO	4,93E-07
Altres	3,50E-07

Per quantificar el tràfic exterior de mercaderies s'ha utilitzat la base de dades d'aduanes publicada a la web del l'IDESCAT (2001a). Les dades s'han extret en unitats màssiques en funció del seu país d'origen i del mitjà de transport emprat. Per estimar els kilòmetres recorreguts per cada material, s'ha quantificat la distància entre Barcelona i les capitals dels països importadors o exportadors.

Per quantificar el tràfic amb l'Estat espanyol, s'ha utilitzat les dades de tones per kilòmetre entre Catalunya i les diferents províncies espanyoles publicades a la base de dades de la *Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera* (Ministerio de Fomento, 2001). També s'ha inclòs el tràfic marítim de mercaderies, pel qual s'ha suposat un distància mitja de 500km de recorregut.

Per quantificar el consum de combustibles i les emissions associades al transport de l'exterior de matèries primeres i productes s'han utilitzat els coeficients presentats en la Taula 5.26.

Taula 5.26 Coeficients de consum de combustibles i emissions associades al transport exterior

Carretera – (Average truck/13t total cap./long.dist. /single way, EcolInvent)	
	Coeficient (t/t*km)
Consum Gasoil	3,22E-05
CO ₂	1,02E-04
NOx	1,08E-06
CO	3,52E-07
Altres	3,88E-07
Marítim cabotatge – (Bulk commodity carrier (average)/coast, EcolInvent)	
	Coeficient (t/t*km)
Consum Gasoil	2,26E-06
CO ₂	7,35E-06
NOx	1,33E-07
CO	1,81E-08
Altres	1,12E-07
Marítim exterior – (Bulk commodity carrier (average)/high sea, EcolInvent)	
	Coeficient (t/t*km)
Consum Gasoil	6,87E-07
CO ₂	2,17E-06
NOx	5,77E-08
CO	6,18E-09
Altres	4,48E-08
Ferrovitari – (Rail transport-Goods (average), EcolInvent)	
	Coeficient (t/t*km)
Consum Gasoil	9,75E-07
CO ₂	3,10E-06
NOx	5,36E-08
CO	1,76E-08
Altres	1,20E-08

Continuació Taula 5.26

Aeri – (Airplane jet - cargo (average), EcoInvent)	
	Coeficient (t/t*km)
Consum Querosè	2,68E-04
CO ₂	8,46E-04
NOx	4,38E-06
CO	2,74E-07
Altres	3,68E-08

5.2.10 Emissions atmosfèriques associades al sector de la construcció

Les emissions atmosfèriques associades a la fabricació de productes consumits en el sector de la construcció han estat estimades a partir dels balanços dels principals processos productius descrits en l'apartat 5.2.4. Per comptabilitzar les emissions associades al transport interior de materials s'ha quantificat el flux del transport de mercaderies (apartat 5.2.9).

Els resultats obtinguts han estat completats i contrastats amb la base de dades del *Inventario nacional de emisiones atmosféricas de la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos del Ministerio de Medio Ambiente español*⁴³. Les categories comptabilitzades en l'estudi es presenten en la Taula 5.27.

Taula 5.27 Categories de la classificació SNAP considerades

03 02 04	Hornos de yeso
03 03 11	Cemento
03 03 12	Cal (incluyendo las industrias del hierro y el acero y pasta de papel)
03 03 13	Plantas de mezclas bituminosas
03 03 14	Vidrio plano
03 03 16	Lana de vidrio (excepto aglutinamiento)
03 03 18	Lana de roca (excepto aglutinamiento)
03 03 19	Ladrillos y tejas
04 06 10	Impermeabilización de tejados con materiales asfálticos
04 06 11	Pavimentación de carreteras con aglomerados asfálticos
04 06 12	Cemento (descarbonatación)
04 06 13	Vidrio (descarbonatación)
04 06 14	Cal (descarbonatación)
04 06 16	Extracción de minerales
04 06 18	Uso de piedra caliza y dolomita
06 01 03	Aplicación de pintura: construcción y edificios (excepto 06.01.07)
06 01 04	Aplicación de pintura: uso doméstico (excepto 06.01.07)
06 03 07	Fabricación de pinturas

⁴³ Les dades van ésser subministrades per personal del Ministeri de medi Ambient espanyol.

Continuació Taula 5.27

06 03 09	Fabricación de colas
06 03 10	Soplado de asfalto
06 04 01	Revestimiento de lana de vidrio
06 04 02	Revestimiento de lana de roca
06 04 05	Aplicación de colas y adhesivos
07 02	Vehículos ligeros < 3,5 t (47%)
07 03	Vehículos pesados > 3,5 t y autobuses (47%)

5.3 Avaluació ambiental del consum de materials de la construcció a Catalunya l'any 2001.

La metodologia usada per poder fer una primera avaluació dels impactes ambientals associats al consum dels materials en el sector de la construcció és l'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV). L'ACV s'ha quantificat utilitzant el programari GABI versió 4.2 desenvolupat per l'Institut für Kunststoffprüfung de la Universitat de Stuttgart i per l'empresa PE Europe GmbH. Les bases de dades utilitzades són EcoInvent 1.2 i Construction Extension.

El procediment seguit és el recomanat en la ISO 14040 i s'ha dividit en 4 parts (Rebitzer et al., 2004):

i. Definició de l'objectiu i la perspectiva

L'objectiu de l'estudi és l'avaluació dels impactes ambientals associats al consum de recursos materials que va tenir el sector de la construcció l'any 2001 a Catalunya. L'estudi ha de permetre identificar els impactes més rellevants associats als principals productes que s'estan consumint, i donar una perspectiva global d'algunes de les conseqüències ambientals de la demanda de recursos materials del sector.

ii. Unitat funcional

La unitat funcional escollida és el consum de materials en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001, quantificat en la primera part d'aquest capítol, seguint la metodologia presentada en l'apartat 5.2. La manca de dades desagregades i precises del consum del sector ha fet que algunes d'elles s'haguessin d'estimar i que no s'hagin pogut quantificar tots els fluxos amb precisió. Per aquest motiu únicament es disposa d'informació prou desagregada pels materials consumits en majors quantitats, que són els que s'han inclòs en l'ACV, i es llisten a continuació:

- Aglomerants i productes derivats: ciment, formigó, calç, guix, escaiola i productes derivats
- Fusta i productes derivats de la biomassa
- Ceràmics i productes de terra cuita
- Bituminosos
- Recursos minerals: Extracció domèstica i productes de pedrera
- Vidre

En l'ACV únicament s'inclou el procés de fabricació dels materials esmentats i de les matèries primeres necessàries per obtenir-los, però queda fora de l'àmbit d'aquest estudi l'avaluació dels impactes associats al transport del producte acabat, l'execució de les obres o la seva deposició final. En la Figura 5.10 es mostren els límits del sistema analitzat en l'ACV.

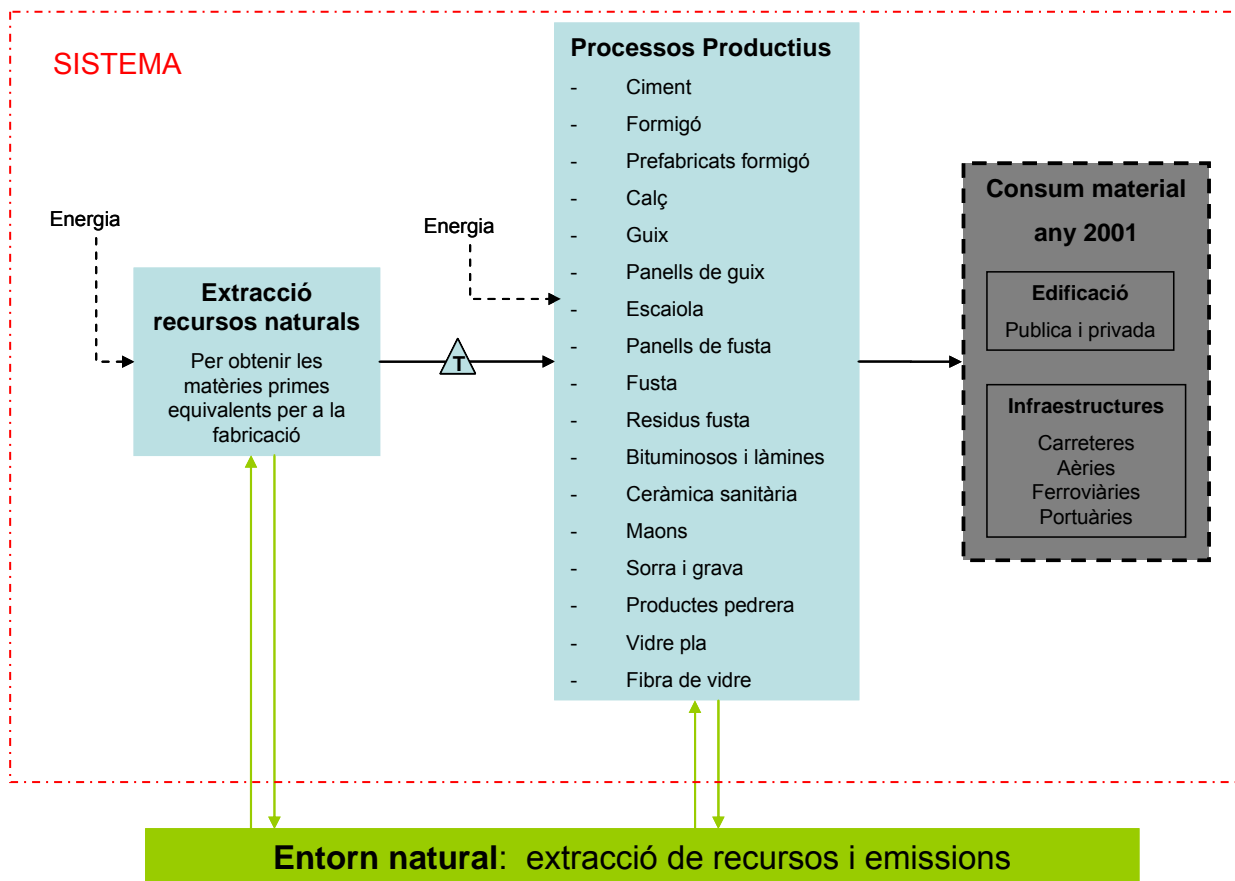


Figura 5.10 Límits del sistema analitzat i descripció dels processos comptabilitzats

iii. *Inventari i qualitat de les dades*

Les dades de consum emprades han estat generades seguint la metodologia del MFA, exposada en l'apartat 5.2, i es detallen a continuació en la Taula 5.28 els fluxos comptabilitzats. Les dades sobre els materials necessaris, l'energia i les emissions associades a la fabricació d'aquests productes s'han extret de la base de dades d'Ecolvent i Construction Extension – GABI.

Taula 5.28 Materials i consums comptabilitzats per a estimar l'ACV del sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

Família	Producte	GABI	Consum
Aglomerants	Ciment	CH: cement, unspecified, at plant	1.394.725 t
Aglomerants	Formigó i morter	CH: concrete, normal, at plant	9.723.759 m ³
Aglomerants	Panells escaiola	CH: gypsum plaster board, at plant	15.449 t
Aglomerants	Plafons escaiola	CH: lime, hydrated, loose, at plant	69.291 t
Aglomerants	Calç	CH: quicklime, milled, packed, at plant	2.820 t
Aglomerants	Guix	CH: stucco, at plant	148.085 t
Aglomerants	Blocs formigó	DE: concrete block, at plant	2.908.164 t
Aglomerants	Escaiola	DE: Gypsum plaster (CaSO4 beta semihydrates) PE	14.412 t
Biomassa	Fusta xapada	DE: Plywood board (5% humidity) PE	11.119 t
Biomassa	Taules fibra fusta	DE: Wood fibre board PE	359.036 t
Biomassa	Fusta serrada	NORDE: sawdust, Scandinavian softwood (plant-debarked),u=70%, at plant	186.682 m3
Biomassa	Residus	RER: industrial residue wood, mix, hardwood, u=40%, at plant	28.904 m3
Biomassa	Residus	RER: industrial residue wood, mix, softwood, u=40%, at plant	170.778 m3
Biomassa	Fusta laminada	RER: laminated timber element, transversally prestressed,for outdoor use, at plant	5.036 m3
Biomassa	Fusta densificada	RER: medium density fibreboard, at plant	29.246 m3
Biomassa	Fusta serrada	RER: sawn timber, hardwood, raw, air / kiln dried, u=10%,at plant	136.247 m3
Biomassa	Fusta serrada	RER: sawn timber, softwood, planed, kiln dried, at plant	805.018 m3
Bituminosos	Bitumen	DE: Bitumen	1.853.000 t
Bituminosos	Bitumen	RER: bitumen sealing, at plant	14.000 t

Continuació Taula 5.28

Família	Producte	GABI	Consum	
Ceràemics	Rejoles ceràmica	CH: ceramic tiles, at regional storage	320.337	t
Ceràemics	Ceram. Sanit.	CH: sanitary ceramics, at regional storage	54.671	t
Ceràemics	Maons	RER: brick, at plant	4.054.758	t
DE	Sorra	CH: clay, at mine	27.649	t
DE	Grava	CH: gravel, unspecified, at mine	3.177.105	t
DE	Sorra	CH: sand, at mine	9.839	t
DE	Grava	DE: Gravel (grain size 2/32) PE	4.112.067	t
DE	Calcària	DE: Limestone, crushed gravel (grain size 2/16) PE	8.887.763	t
DE	Sorres. Silíciques	DE: Quartz sand (silica sand)	2.686	t
DE	Dolomita	RER: dolomite, at plant	472	t
P.Pedrera	Calcària	DE: Limestone, gravel (grain size 32/63) PE	9.281	t
Vidre	Vidre pla	RER: flat glass, uncoated, at plant	100.976	t
Vidre	Fibra de vidre	RER: glass fibre, at plant	1.807	t

iv. Avaluació de l'impacte en el cicle de vida

Els impactes ambientals associats s'han classificat i quantificat utilitzant el mètode CML 2001 (Guinè, 2001). Els impactes considerats en aquest estudi són l'esgotament de recursos abiòtics (*Abiotic depletion* [AD]), l'escalfament global (*global warming* [GW]), l'esgotament capa d'ozó (*ozone layer depletion* [OD]), toxicitat en humans (*human toxicity* [HT]), ecotoxicitat en aigua dolça (*fresh water aquatic ecotoxicity* [FWAE]), ecotoxicitat en medi marí (*marine aquatic ecotoxicity* [MAE]), ecotoxicitat en medi terrestre (*terrestrial ecotoxicity* [TE]), oxidació fotoquímica (*photochemical oxidation* [PO]), acidificació (*acidification* [A]) i eutrofització (*eutrophication* [E]).

5.4 Anàlisi del metabolisme del sector de la construcció

5.4.1 Consum de materials en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

La major part dels materials usats en el sector de la construcció són extrets o bé fabricats en territori català, per contra el mercat exterior té un pes molt baix respecte el total (Figura 5.11). L'extracció domèstica (DE) és de 57 milions de tones, i està formada per materials petris i una petita fracció de biomassa, que representa únicament el 0,5% del material extret. Més d'un 70% d'aquests recursos naturals són usats per a la fabricació de productes més elaborats com el ciment, el formigó, productes ceràmics, etc. El 29% restant és usat com a material petri directament amb un processat mínim.

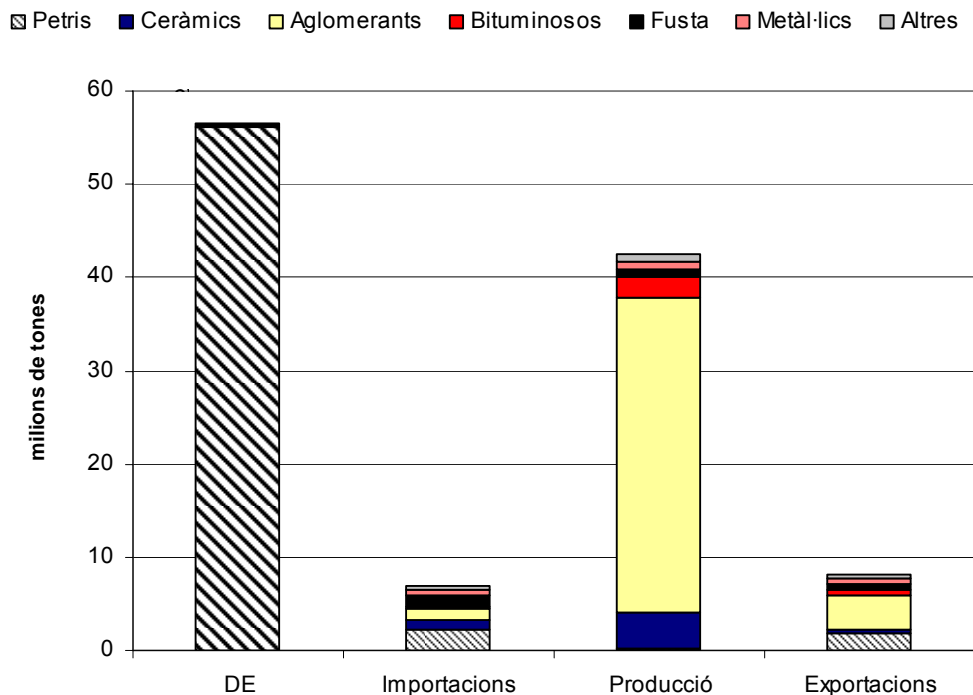


Figura 5.11 Origen i tipologia dels materials usats en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

La producció de materials i productes per a la construcció a Catalunya l'any 2001 va ésser de més de 40 milions de tones. La producció va estar clarament dominada per la fabricació de gairebé 34 milions de tones de materials aglomerants. Aquesta categoria inclou la fabricació de ciment, formigó, calç, guix i productes derivats d'aquests materials. La fabricació de materials ceràmics va ésser de 4 milions de tones, i la de mescles bituminoses i productes derivats d'entorn a 2 milions de tones. La producció de la resta de materials amb base de fusta, metàl·lics, plàstics,

químics... va ser molt petita, menys de 3 milions de tones en total. Tot i així, molts d'aquests materials són els que tenen associats un procés de fabricació més llarg, i el seu ús suposa una elevada demanda de recursos naturals. També cal destacar que en molts casos, per exemple els productes metàl·lics o plàstics, tot i que es fabriquin a Catalunya, la falta de disponibilitat de matèries primeres (verges o reciclades) dins del territori català, implica una dependència de l'exterior; amb el corresponent consum de combustibles fòssils associat al seu transport.

En termes globals però, la major part dels materials usats en el sector de la construcció són autòctons i el comerç exterior suposa 7 milions de tones importades i uns 8 milions de tones de productes exportats (Figura 5.11). El tipus de material importat i exportat és molt més heterogeni que la producció nacional, destacant el comerç exterior d'aglomerants (bàsicament ciment i clínquer), productes de fusta i productes metàl·lics.

El consum de materials per part del sector de la construcció no és pot calcular directament com la suma de l'extracció domèstica, la producció i les importacions, menys les exportacions, ja que moltes de les matèries extretes i importades són usades per obtenir la producció, i per tant els mateixos materials es comptarien dues vegades.

Si s'utilitza la metodologia usada a escala regional, és a dir, el consum de materials es calcula com la suma de l'extracció domèstica més les importacions netes; el DMC pel sector de la construcció a Catalunya seria de 55 milions de tones anuals, és a dir un 60% del DMC de Catalunya l'any 2001⁴⁴. Però aquesta xifra és només una aproximació, ja que bona part de la matèria extreta o importada, es processa abans d'incorporar-la en les estructures i per tant molts dels productes consumits pel sector no s'inclouen segons aquest procediment de càlcul.

Per tal de poder comptabilitzar millor aquests materials, s'ha usat un segon mètode per calcular el consum de recursos pel sector de la construcció. Mitjançant aquest segon mètode, que és el presentat en l'apartat de metodologia d'aquest capítol, és vol estimar la quantitat de materials que s'usen per construir i mantenir les edificacions i les estructures, a través de la quantificació del consum aparent de recursos per part del sector (Figura 5.12). Aquesta aproximació no només ens permetrà quantificar els recursos usats sinó també, poder distingir entre les diferents tipologies de materials i les necessitats de fabricació que porten associades els diferents productes.

⁴⁴ Com s'ha presentat en el capítol anterior on s'ha calculat el MFA de Catalunya, el DMC per l'any 2001 va ésser de 93 milions de tones.

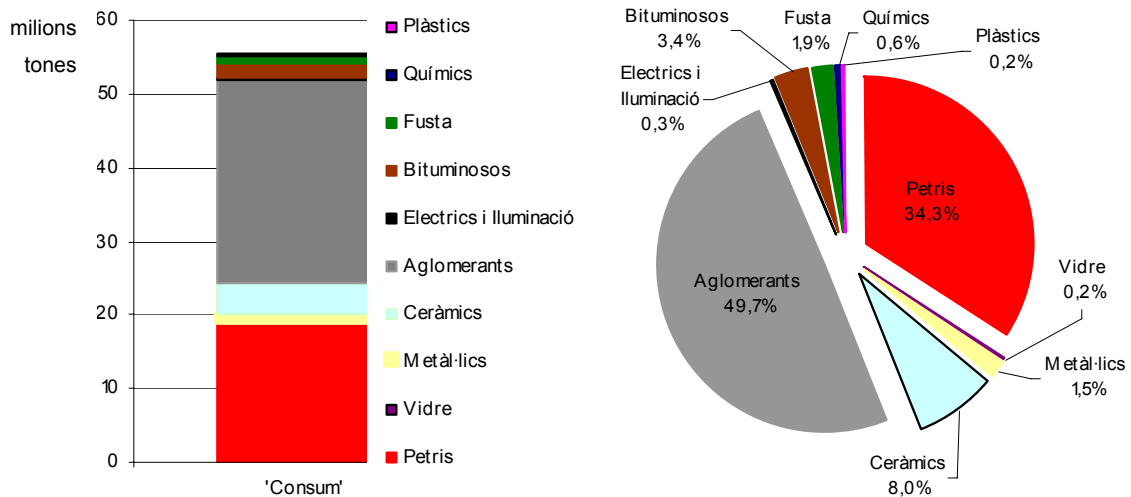


Figura 5.12 Consum segons tipologia de material en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

La quantitat total de materials usats en la construcció l'any 2001 va ser de 55 milions de tones, xifra pràcticament igual a la primera estimació feta. Però en aquesta segona anàlisi destaca la major heterogeneïtat dels materials que entren en el sistema analitzat (Figura 5.12 en comparació amb la Figura 5.11). També són materials amb un major grau de processament i conseqüentment amb una major intensitat energètica, com es veurà més endavant. Tot i que la xifra és molt similar en els dos mètodes, la quantitat de matèries primeres equivalents a aquest segon consum és molt més elevada, i a més s'inclouen materials com plàstics, bituminosos o d'altres no comptabilitzats en la primera estimació.

En termes massics, destaca el clar domini dels recursos petris i dels materials aglomerants (Figura 5.12), que són el 84% dels recursos que consumeix el sector. El consum de materials aglomerants va ésser de més de 27 milions de tones, destacant l'elevada proporció que suposa el formigó, els morters i els productes derivats, més de 25 milions de tones anuals. Els productes petris suposen gairebé 20 milions de tones, un 34% del total. Aquests recursos petris s'incorporen directament a les construccions, però una altra part molt important del material petri extret, es processa i s'acaba incorporant en forma d'altres manufactures pètries o bé com a material aglomerant.

En consonància amb la producció a Catalunya d'aquest any (mostrada en la Figura 5.11), darrere el consum d'aglomerants es situa el consum de materials ceràmics i els productes de base bituminosa, que suposen un 8 i un 3% del consum total, respectivament. El consum de productes derivats de la fusta, única matèria primera renovable a escala humana de les analitzades en aquest apartat, suposa menys d'un 2% del total. Els productes d'origen metàl·lic majoritàriament acer i en menor proporció alumini, representen un 1,5% del consum total. Per últim es situen els

materials usats en baixa proporció com són els productes químics (0,6%), el vidre (0,2%), els cables elèctrics i els equips d'iluminació (0,3%) i els materials plàstics (0,2%).

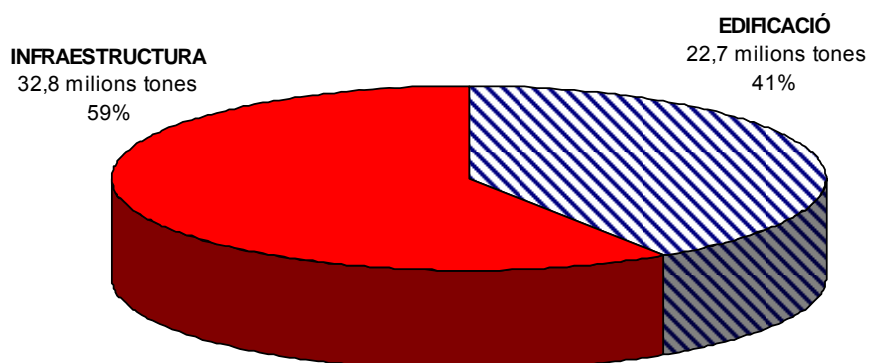


Figura 5.13 Usos dels materials en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

Una primera estimació del consum dels materials en els dos grans sectors, edificació i infraestructures, mostra resultats similars (Figura 5.13). La demanda de materials que s'acaben incorporant en estructures i altres (xarxa viària, ferroviària, ports,...) és de gairebé 33 milions de tones anuals. Mentre que la construcció d'edificis, ja sigui obra nova o rehabilitacions usades uns 23 milions de tones anuals, és a dir entorn a un 41% dels materials usats pel sector.

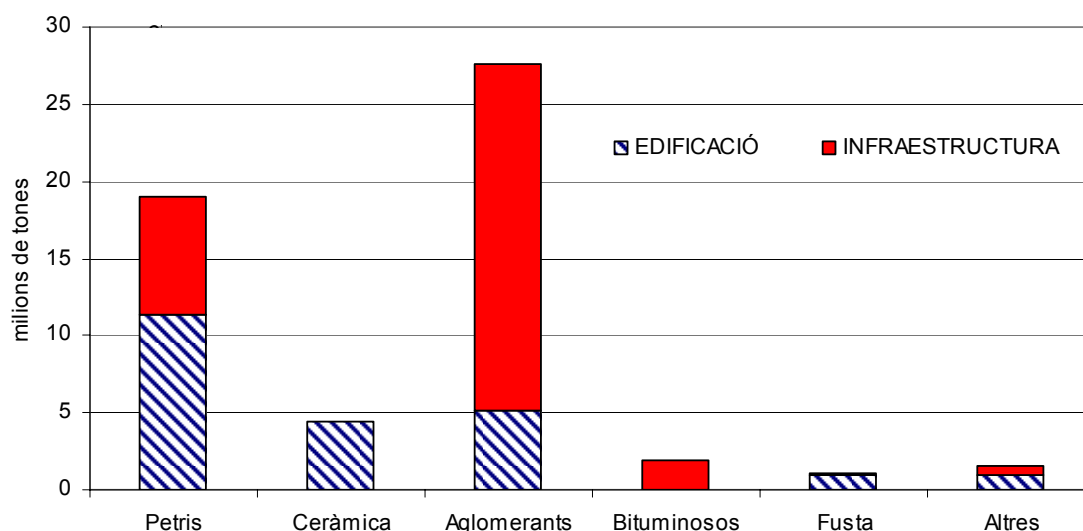


Figura 5.14 Ús segons el tipus de material i aplicació en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

La principal diferència de consum entre les dues aplicacions (infraestructures i edificació) és la tipologia del material usat (Figura 5.14). Mentre que pel sector de les infraestructures domina la demanda del formigó i productes derivats, i de material bituminós, en l'edificació encapçala el consum de material petri, així com de materials més elaborats com la ceràmica o el vidre.

5.4.2 Anàlisi de l'extracció de recursos minerals, el seu ús i processament en el sector de la construcció

L'extracció de recursos minerals representa entorn del 90% del total de recursos extrets de Catalunya, i majoritàriament són usats en el sector de la construcció (Figura 5.15). Aquesta tendència, com s'ha vist en el MFA de Catalunya (capítol 4) s'ha accentuat a partir de la segona meitat de la dècada dels 90, degut al fort creixement del sector.

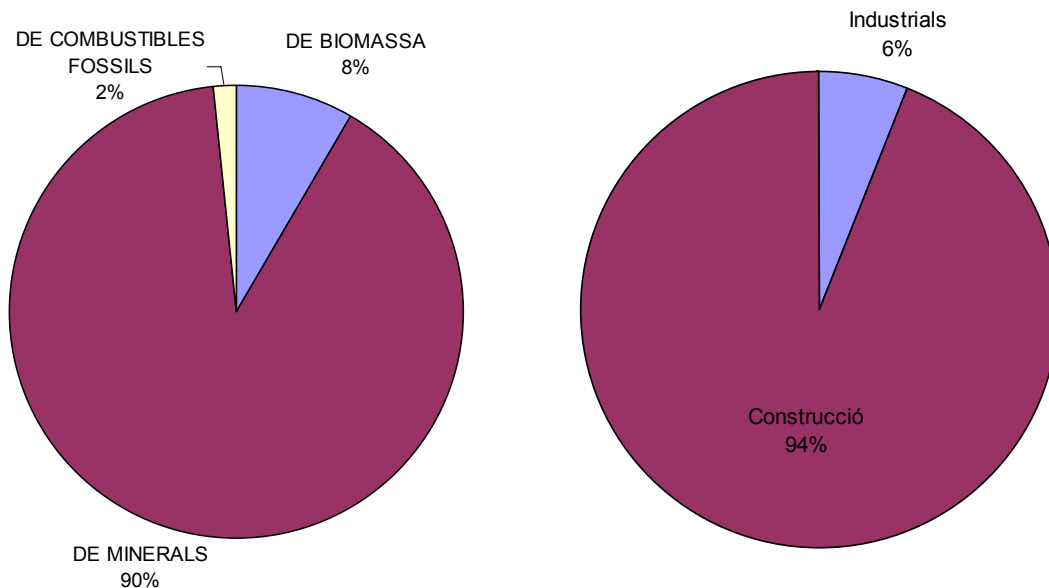


Figura 5.15 Composició de la extracció domèstica (DE) (esquerra) i usos dels recursos minerals extrets (dreta) a Catalunya l'any 2001

En la Figura 5.16, es presenten els principals fluxos materials associats a l'extracció de productes de pedrera a Catalunya a l'any 2001, i els seus usos principals.

La major part dels recursos minerals són extrets en el territori nacional i el pes del mercat exterior és mínim. La DE de l'any 2001 va ésser de més de 60 milions de tones, mentre que les importacions i les exportacions va situar-se entorn als 2 milions de tones, respectivament. El baix preu d'aquest tipus de recursos i l'elevada disponibilitat, fa que el comerç amb l'exterior sigui molt baix, i els fluxos amb l'exterior representin menys del 7% dels fluxos totals.

Els recursos extrets estan clarament dominats per la pedra calcària que suposa més del 50% de la extracció, seguit de les sorres i graves (17%) i del granit (11%) (Figura 5.17).

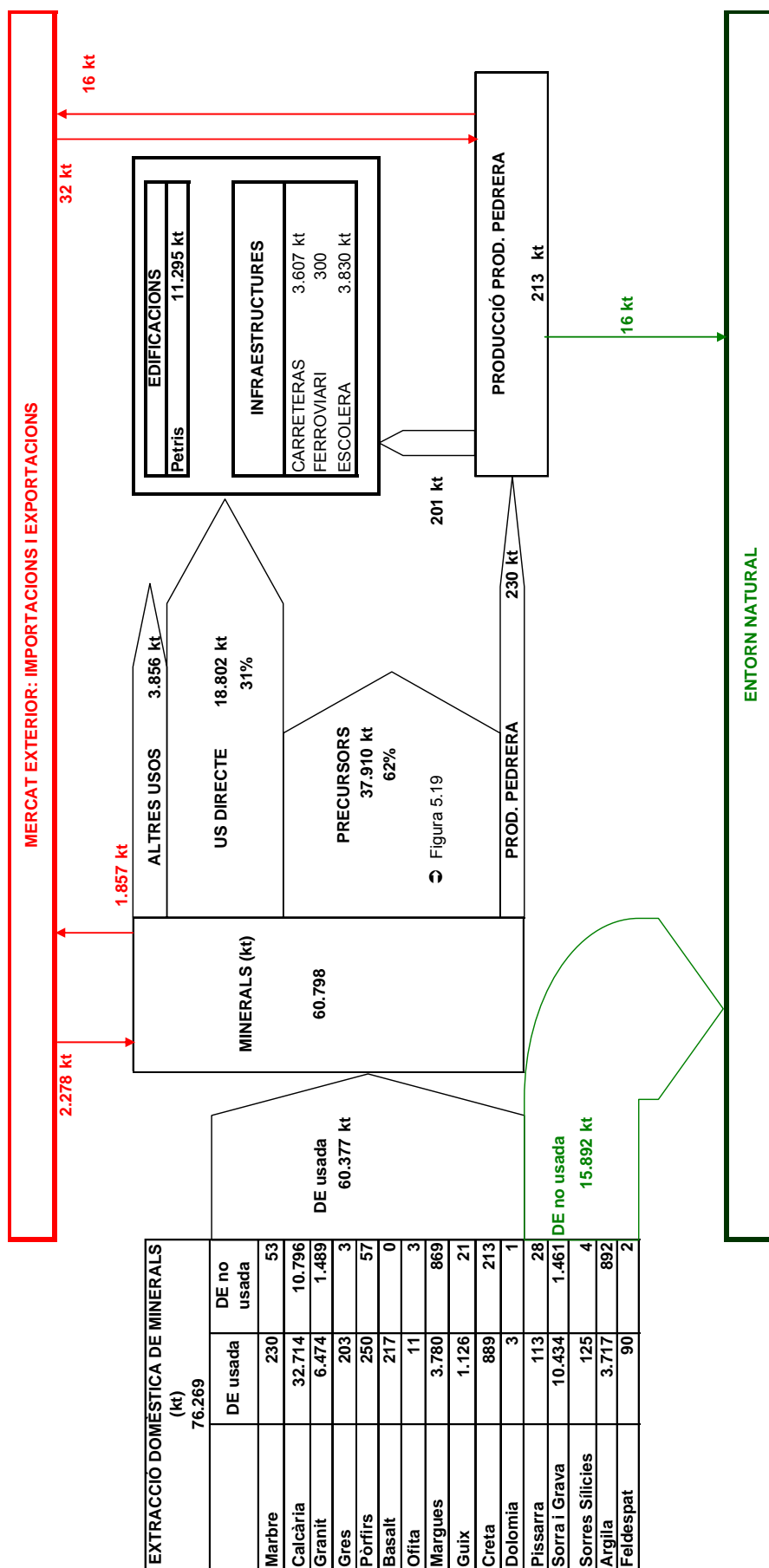


Figura 5.16 Extracció domèstica de pedrera analitzant els seus usos o destins principals dins del sector de la construcció de Catalunya l'any 2001, en milers de tones

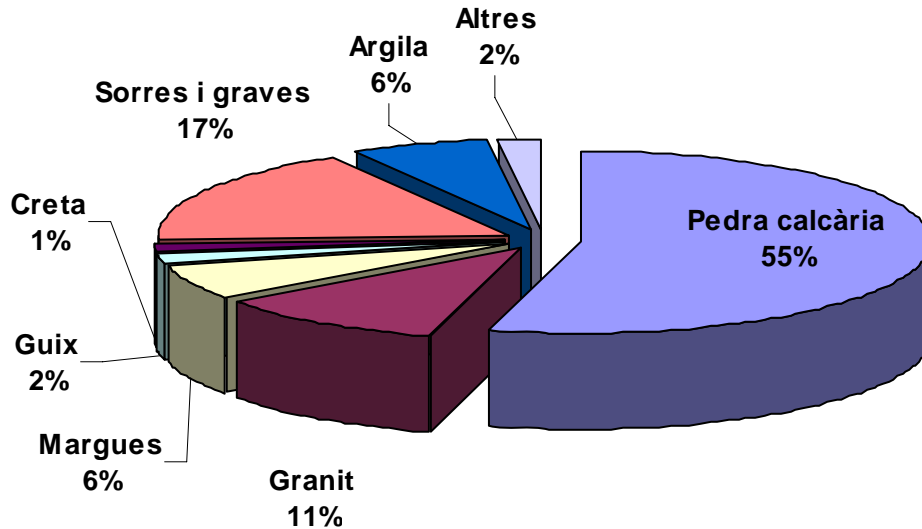


Figura 5.17 Principals recursos minerals extrets a Catalunya l'any 2001

Segons una primera estimació feta i usada a escala nacional (capítol 4), l'extracció d'aquests recursos porta associada la mobilització de gairebé 16 milions de tones anuals de recursos per a la seva obtenció, és el que es coneix com extracció domèstica no usada. Més del 50% d'aquesta DE no usada està relacionada amb l'extracció de calcària on, segons els coeficients usats, hi ha unes pèrdues d'entorn a un 33%⁴⁵. La major part d'aquesta DE no usada es fa servir per reomplir pedreres, abocadors clausurats o queden apilades en les pròpies pedreres i s'acaba dispersant per l'entorn natural, i per aquest motiu es considera una sortida cap a l'entorn natural. Seria interessant una anàlisi més a fons de la DE no usada en les pedreres catalanes, per contrastar aquesta estimació, així com els seus principals usos, ja que segons l'estimació és un volum molt rellevant amb un alt potencial per substituir àrids verges, en subbases de carreteres o d'altres aplicacions similars.

Segons fonts estadístiques, l'extracció d'aquests recursos porta associat un consum de 437 GWh, dels quals un 21% és electricitat i la resta combustibles fòssils.

Entre els impactes ambientals associats a l'extracció i ús dels productes de pedrera destacar que:

- La seva extracció provoca la transformació del paisatge i del territori, i moltes vegades està associada a la destrucció d'hàbitats o en impactes sobre la biodiversitat. També pot provocar canvis desfavorables en la química del sòl, de les aigües superficials i dels aqüífers subterranis, ja que per exemple la sorra i la grava són filtres naturals per a l'aigua. A més, l'extracció i manipulació d'aquests recursos genera importants quantitats de pols associada.

⁴⁵ Xifra estimada per Alemanya, extreta de la base de dades del Wuppertal Institute.

- El seu transport, generalment per carretera, suposa un elevat consum energètic, que s'analitzarà amb més detall en l'apartat de sortides cap a l'entorn natural (5.4.4).

- Els productes de pedrera són en general recursos abundants però finits, ja que no són renovables i per tant, seria interessant avaluar els jaciments que queden, per poder quantificar la disponibilitat al ritme de consum actual.

Part d'aquests recursos minerals, uns 4 milions de tones, s'usen en d'altres sectors industrials com la indústria del vidre, la química, la metal·lúrgia, la fabricació de ceràmica fina o materials refractaris, entre d'altres. Però la resta, més de 56 milions de tones són consumits, de manera directa o indirecta, en el sector de la construcció.

El 30% dels productes petris extrets són usats en la construcció d'edificacions i infraestructures de manera directa, és a dir com a material petri amb un grau de processament mínim. Majoritàriament, s'usen en la preparació d'agregats in situ a les obres, com a subbases d'edificacions i carreteres o bé com a pedra per a les esculleres de ports, tot i que una petita part també s'usa com a base en les vies ferroviàries.

La majoria dels productes de pedrera extrets, el 62%, són consumits de manera indirecta. És a dir, com a matèries primeres per a fabricar productes manufacturats, amb una major intensitat energètica, que s'acabaran consumint en el sector de la construcció. El destí principal d'aquests recursos és la fabricació de ciment, formigó, d'altres aglomerats i materials prefabricats que se'n deriven. En la Figura 5.18 es mostren els productes obtinguts a partir d'aquest ús indirecte dels recursos minerals per part del sector de la construcció.

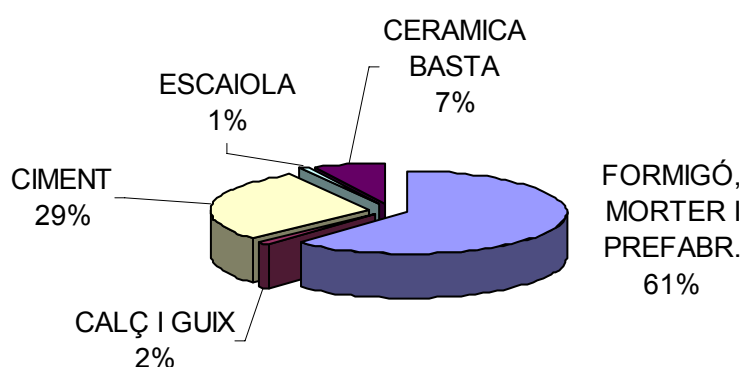


Figura 5.18 Consum indirecte de productes de pedrera per part del sector de la construcció, mostrant l'ús de recursos minerals com a precursors d'altres matèries o productes usats.

Entorn a un 1% dels productes de pedrera extrets, es fan servir per a la fabricació de blocs, o bé es serren o es tallen per a obtenir vorals i paviments entre

d'altres. En l'any 2001, la producció a Catalunya d'aquests béns era de més de 200 mil tones anuals, de les quals un 6% s'exportaven i la resta més les importacions, es consumien en territori català.

Els materials petris i els productes que se'n deriven es caracteritzen per la seva elevada durabilitat i un alt potencial de reciclabilitat sempre que no es mesclin amb altres materials. Aquestes característiques converteixen el reciclatge d'aquests recursos en una alternativa viable per disminuir-ne el seu consum i l'extracció, i així tancar el cicle d'aquests materials. Tot i que el baix preu que tenen aquests productes, en general, fa que el reciclatge no sigui una pràctica molt estesa.

L'elevat estoc de materials petris en l'edificació i en les construccions ja existents, ha de permetre substituir l'extracció de material verge per àrids reciclats. Per dur a terme aquesta estratègia en el futur és important el disseny dels edificis i les infraestructures pensant en la seva futura deconstrucció i reutilització dels materials. També serà important l'ús de pedres amb major durabilitat o bé de pedres artificials reconstruïdes a base de pols i àrids residuals generats en les fases d'extracció i transformació dels recursos o bé usant la DE no usada.

5.4.3 Anàlisi dels processos productius dels principals productes del sector de la construcció

En aquest apartat s'analitzaran en termes quantitius els principals productes que s'acaben incorporant en edificacions i infraestructures, com el ciment, el formigó, els productes ceràmics, entre d'altres. Analitzant els principals impactes ambientals associats als seu procés productiu.

Aglomerants i prefabricats: ciment, formigó, morters, calç, guix i productes derivats

Com s'ha vist en la Figura 5.15 la major part de l'ús indirecte dels productes de pedrera es destina a la fabricació d'aglomerants i derivats. L'any 2001, el 39% de l'extracció domèstica de minerals es va destinar a la fabricació de formigó i derivats, mentre que un 18% a la de ciment. El comerç amb l'exterior és mínim en comparació amb la producció nacional (Figura 5.19), excepte pel ciment, amb un volum de 700 milers de tones importades i més de 3 milions de tones de ciment i clínquer exportat per l'any 2001.

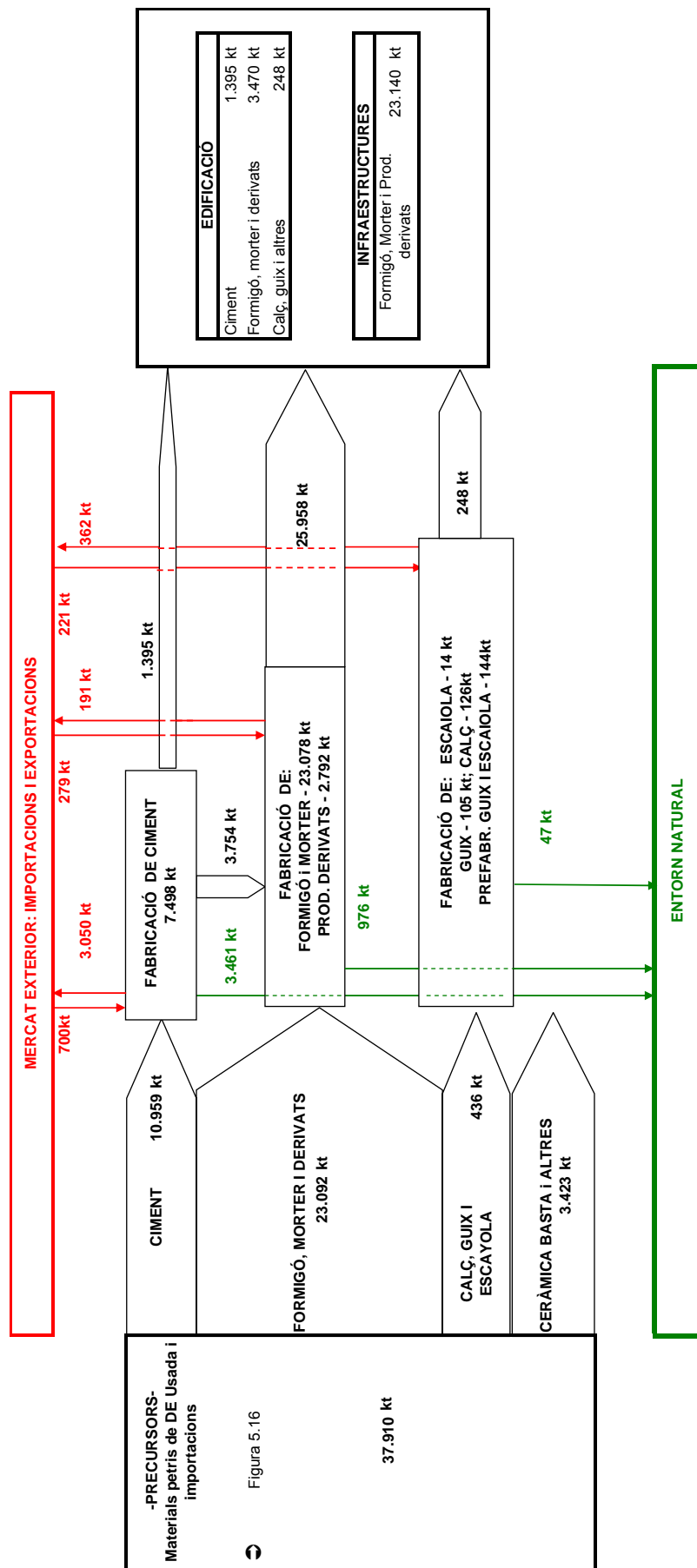


Figura 5.19 Diagrama de flux dels materials aglomerants derivats dels materials petris que es consumeixen en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

La producció de **ciment** a Catalunya l'any 2001 va ser de 7,5 milions de tones, és dir el 18% del ciment fabricat a l'Estat espanyol. De fet, Catalunya és la segona comunitat autònoma productora de ciment dins Espanya (IGME, 2007). Un 40% de la producció es va destinar a la producció de formigó, morter i prefabricats, però el 40% es va exportar a l'exterior. El 20% restant es va consumir directament en les obres. El consum directe de ciment en el sector de la construcció va ser d'uns 1,5 milions de tones.

Un dels principals impactes associat al ciment és l'elevada demanda energètica en la seva fase de producció. De fet per produir els 7,5 milions de tones de ciment s'estima que es van consumir 675 mil tones de combustibles fòssils i 825 GWh d'electricitat. Tot i així la indústria ha implementat nombroses mesures per disminuir-ne el consum energètic, ja que aquest suposa entorn a un 40% dels costos de producció (EC, 2001a). Des d'un punt de vista ambiental també són rellevants les emissions atmosfèriques: 5,2 milions de tones de CO₂, 15 mil de tones de pols, a més de NO_x i SO₂ entre d'altres. El consum de matèries primeres per a la fabricació d'aquests 7,5 milions de tones s'estima en uns 11 milions de tones de recursos minerals, dels quals el 90% són productes de pedrera, majoritàriament roques calcàries i margues a més d'argiles i guix, i la resta de materials i additius suposen entorn a un 10%.

Els principals additius usats en la fabricació de ciment són: sorres silíciques, putzolanes, pirites o altres minerals de ferro. També s'hi poden afegir alguns materials reciclats com cendres, escòries, càscars de ferro, espuma de sucre, estèrils, carbonats o d'altres residus industrials (IGME, 2007).

Aquest reciclatge o reutilització de residus com a additius o com a fonts energètiques a més de permetre abaratir costos, suposa la seva degradació o immobilització. Des d'un punt de vista de l'Ecologia Industrial s'ha vist la indústria del ciment amb un alt potencial per generar simbiosis amb altres indústries de les quals se'n consumeixen els residus (van Oss i Padovani 2003). Però aquestes pràctiques poden tenir efectes contraproductius, ja que l'ús de residus tòxics o perillosos pot provocar emissions i impactes ambientals en les diferents etapes de la vida útil del ciment. Per tant, és necessària l'eliminació dels elements tòxics dels residus abans d'utilitzar-los (Reijnders, 2007) i fer una bona anàlisi de l'efecte en tota la vida del ciment, inclosa la seva reutilització o reciclatge al final de la vida, ja que la immobilització de residus en el ciment tot i semblar a priori positiu des d'un punt de vista ambiental pot tenir impactes negatius en el futur. A més també cal tenir en compte que cada vegada els materials usats són més heterogenis. Els aglomerants contenen nombrosos additius per modificar-ne les propietats, però aquests additius poden impedir el reciclatge dels materials.

Com a impacte sobre l'entorn també cal remarcar que l'elevat consum de ciment porta associada l'extracció d'importants quantitats de recursos, que implica el deteriorament paisatgístic, soroll vibracions i pols. Tot i que des de fa temps hi ha legislació per minimitzar aquests impactes tant a escala estatal (RD 2994/1982) com per part de la Generalitat de Catalunya (Llei 12/1981 i Decret 343/1983), obliguen a totes les empreses productores de ciment a l'elaboració de plans de restauració dels espais afectats per les explotacions de les pedreres, la millor estratègia és la minimització del seu consum i el seu reciclatge.

El consum de **formigó** és el més rellevant d'entre tots els materials manufacturats. L'any 2001 la producció de formigó, morter i productes prefabricats va ser de més 25 milions de tones.

Els impactes ambientals associats a aquests recursos estan vinculats per una part al consum de ciment i per altra al gran volum de producte que es consumeix anualment. Aquest elevat consum de formigó i productes derivats implica la mobilització de grans quantitats de materials: el seu esgotament, transport i la generació de grans quantitats de residus. L'ús de formigó amb àrids reciclats és una opció per a disminuir aquests impactes. Igual que per al ciment, també cal tenir en compte l'ús de nombrosos additius inorgànics per modificar les propietats del producte acabat, com agents retardants, fluïdificants, plastificants, impermeabilitzants etc., que poden fer-ne disminuir la reciclabilitat.

Una alternativa per millorar el metabolisme del sistema és estendre l'ús de prefabricats. Des d'un punt de vista material, la seva fabricació és més eficient ja que es generen menys residus i tenen un reciclatge superior i més fàcil; a més poden incorporar material reciclat. Tot i així, la seva aplicació no és tant estesa com la formigonada in situ. Actualment, el formigó armat és la solució estructural dominant i generalment es realitza la formigonada in situ. Les peces de formigó armat prefabricat són més usades en grans obres (Aced et al., 2007).

També és interessant l'ús d'additius que permeten disminuir la proporció de ciment en el formigó, sempre i quan no comprometin la seva reciclabilitat. Però evidentment, serà clau l'optimització de les seves seccions per part dels dissenyadors per a minimitzar-ne el consum, evidentment sense que es redueixi la vida de l'edificació.

El principal consum energètic està associat al transport del producte i a la fabricació del ciment que incorpora com a matèria primera. Si no es tenen en compte aquests consums, la fabricació d'aquestes 25 milions de tones de materials va suposar un consum energètic de 250GWh, un 50% d'origen elèctric i la resta de combustibles fòssils.

També destaca l'ús de **la calç, el guix i l'escaiola** com a aglomerants, tot i que en una proporció molt inferior a la del ciment i el formigó. La producció de calç a Catalunya l'any 2001 va ser de més de 125 mil tones. En aquesta producció no s'inclou la fabricació de calç per part d'indústries com la sucrera, paperera o química que l'usen pel seu consum intern.

Igual que per a la indústria del ciment, un dels principals costos econòmics del procés productiu és el consum energètic, que suposa entre 40 i el 50% de les despeses totals de fabricació. El consum energètic per assolir aquesta producció va ésser de gairebé 10 GWh d'origen elèctric, 2,5GWh d'origen fòssil i 170 mil tones de pedra calcària. Com a emissions cap a l'entorn natural cal destacar la generació de més de 88 mil tones de CO₂. Tot i així, una part molt important de la producció de calç és exportada i el consum dins de Catalunya, únicament representa un 55% de la producció.

La producció de guix i derivats a Catalunya l'any 2001 va ser de més de 100 mil tones de guix, 15 mil d'escaiola i 140 mil de plafons de guix i escaiola. El comerç amb l'exterior és rellevant principalment per a productes derivats del guix i l'escaiola, que se n'exporta més del 80% de la producció. La matèria primera per fabricar tots aquests productes és guix majoritàriament extret del territori nacional, amb una demanda de gairebé 270 mil tones. Entre els impactes associats al procés productiu cal destacar el consum energètic que en total suposa uns 41GWh anuals d'electricitat i 76GWh d'origen fòssils. El procés productiu genera residus, però també se'n consumeixen més de 10 mil tones en la fabricació de panells, on es poden usar restes de paper o de fusta. El reciclat dels enguixats adherits a les parets és molt difícil, és més si està adherit al formigó en dificulta el reciclatge del formigó.

Derivats de la biomassa forestal

Els recursos biòtics suposen una fracció molt petita dels recursos consumits en el sector de la construcció. Tot i que les característiques de la fusta el converteixen en un material apte per a usos estructurals, la seva aplicació a Catalunya en aquest camp és encara testimonial (Aced et al., 2007).

El consum de fusta en el sector de la construcció va ésser d'1 milió de tones, és a dir suposa entorn al 1,6% del consum total. En aquest cas la dependència amb l'exterior és molt rellevant. La indústria de primera transformació de la fusta va consumir 290 mil tones de biomassa extreta del territori nacional i 300 mil més provinents de l'exterior. Per la indústria de segona transformació de la fusta es van importar més de 1,2 milions de tones de productes i se'n van exportar més de 700 mil tones.

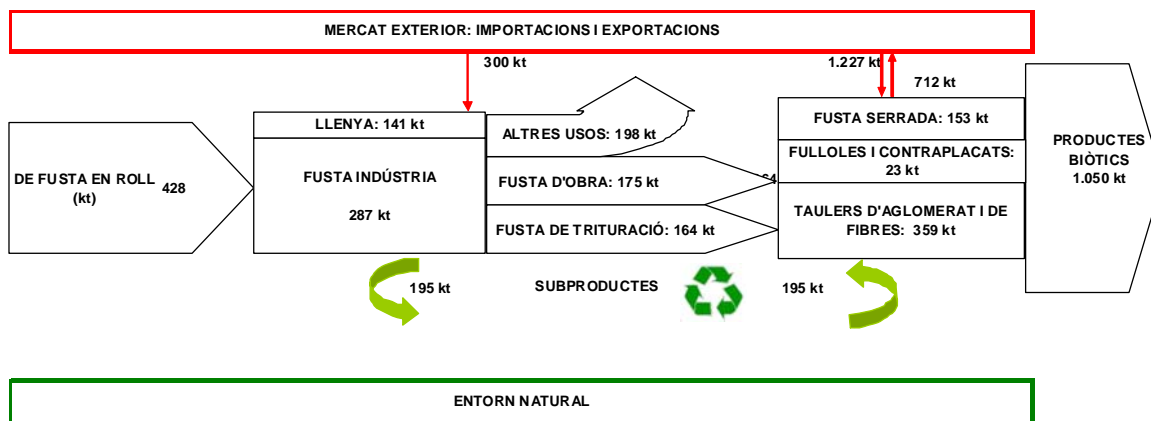


Figura 5.20 Diagrama de flux dels materials derivats de la biomassa forestal que es consumeixen en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

La producció de la indústria de primera fabricació a Catalunya l'any 2001, va ésser de 153 mil tones de fusta serrada, 23 mil tones de fulloles i contraplacats i 359 mil tones de taules d'aglomerats i fibres. Dels impactes ambientals associats al sector de la fusta cal esmentar la gestió no sostenible de boscos associada principalment a les importacions, tot i que el control en aquest camp ha augmentat en els darrers anys. També destacar l'ús de determinades coles en la fabricació de taules d'aglomerat de fusta, com la urea formaldehid o determinades reïnes que provoquen importants emissions atmosfèriques. Tot i que hi ha alternatives com les reïnes de melamina amb menor impacte (Aced et al., 2007).

La fusta és un material renovable que en general, se'n ha de fomentar l'ús com a element constructiu, sempre que sigui gestionada sosteniblement. Però també cal tenir en compte que la producció de recursos biòtics a Catalunya és 200 t/km², una de les més baixes d'Europa, com s'ha vist en el capítol 4. Aquest fet, es veu també reflectit en l'anàlisi dels fluxos biòtics associats a la construcció. Els fluxos exteriors de fusta són entre 2 i 3 vegades superiors a la DE. Aquesta dependència de l'exterior, a banda d'explotar uns recursos externs al sistema i externalitzar impactes a d'altres països, també porta associat un consum energètic i unes emissions degudes al seu transport. Per tant, tot i que és un material renovable i molt recomanat en la bioconstrucció, cal tenir en compte que en un país com Catalunya pot no ésser sempre la solució més adequada. Se'n ha de fomentar al màxim el seu reciclatge i protegir-la amb productes adequats que n'allarguin la vida útil i permetin la seva futura reutilització o reciclatge, i així seguir-lo utilitzant però disminuint la dependència de l'exterior.

Productes ceràmics, maons i altres productes de terra cuita

Els materials ceràmics són els recursos més consumits pel sector de la construcció després dels aglomerants. L'any 2001 a Catalunya se'n van consumir 4,5 milions (Figura 5.21). El major pes el tenen els materials de terra cuita (maons, teules...) que representen més del 90% del consum, seguit de les rajoles ceràmiques que suposen un 7%. El consum de la resta de materials ceràmics (sanitaris, aïllants...) és mínim, però també són rellevants ja que la seva producció és més intensiva tant en termes energètics com per la demanda de materials que porten associats.

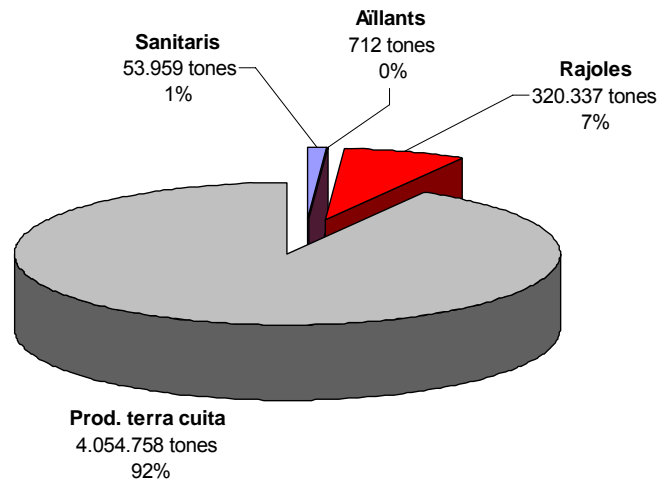


Figura 5.21 Consum de materials ceràmics i productes de terra cuita en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

La dependència de l'exterior és diferent per cada tipus de recurs. Els productes de terra cuita tenen un baix preu i la major part de la demanda és coberta per la producció nacional (Figura 5.22). Tot i així, el sector exterior és important, l'any 2001 les importacions dels productes de terra cuita van ésser de 700 mil tones, mentre que les exportacions es van situar sobre les 200 mil tones. Per a la resta de productes del sector ceràmic el pes relatiu del sector exterior encara és més important. De fet el mercat exterior és pràcticament equiparable a la producció nacional dels diferents tipus de recursos.

En la fabricació de maons la relació entre la tona de producte fabricat i la matèria primera consumida és del 72%. És a dir, l'any 2001 es van consumir més de 5,6 milions de tones de materials, majoritàriament petris, per produir els 4 milions de productes de terra cuita. El consum energètic associat a la seva fabricació també és rellevant i es va situar en més de 140 mil MWh d'electricitat i un elevat consum de gas natural, 1 milió de MWh. Les emissions atmosfèriques associades al procés productiu són de més de 700 mil tones de CO₂.

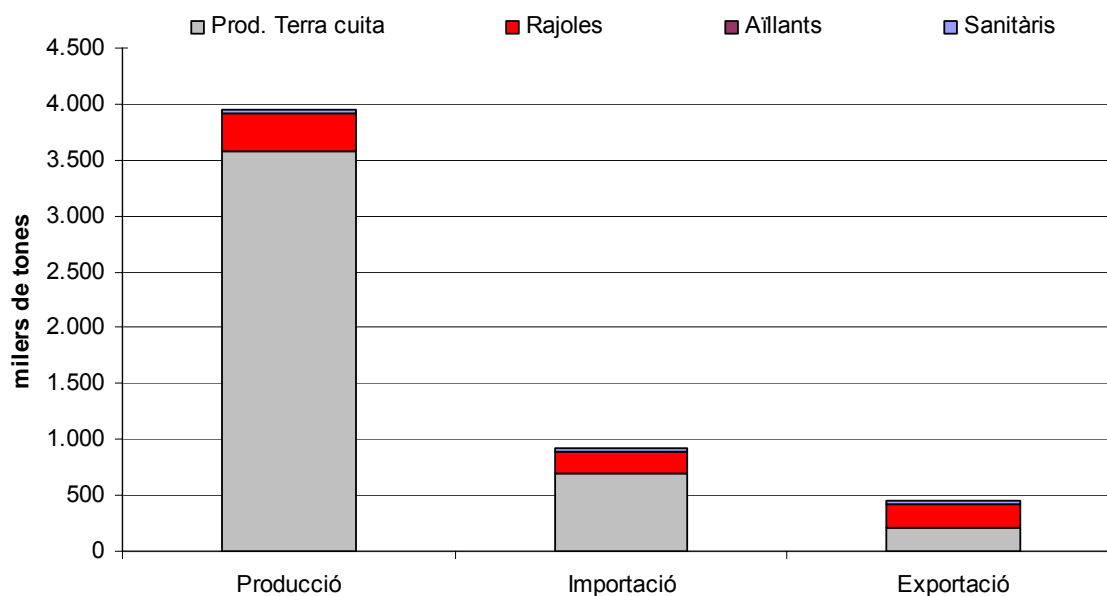


Figura 5.22 Fluxos de materials associats als productes ceràmics i de terra cuita en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

En proporció els consums encara són més elevats pels productes sanitaris ceràmics, pels quals la raó entre producció i matèries primeres necessàries és del 62% i la demanda energètica per produir poc més de 300 mil tones de materials és 35 mil MWh i 270 mil MWh de gas natural. En general, també destaca l'elevat consum d'aigua associat al procés productiu. En global, s'ha estimat que el sector va utilitzar entorn a 1 milió de m³ d'aigua l'any 2001.

Una opció per disminuir el consum energètic associat a la fabricació de materials ceràmics és el consum de materials locals i evitar els maons i materials que necessiten altes temperatures de cocció i substituir-los per d'altres, com els blocs de terra compactada, amb una intensitat energètica menor o bé d'altres materials naturals com la fusta o la pedra.

En general, els productes de terra cuita són materials que si bé no és viable econòmicament la seva reutilització, sí que es poden utilitzar com a àrids reciclats en urbanitzacions. En canvi els productes de ceràmica, teules i sanitaris... amb més valor afegit, sí que es poden reutilitzar fàcilment, i es reutilitzen en algunes obres tot i que no és una pràctica molt estesa.

Productes de vidre

El consum de productes derivats del vidre en el sector de la construcció està clarament dominat pel vidre pla que se'n consumeixen gairebé 100 mil tones anuals, que suposa el 88% de les entrades de productes vitris. Mentre que el consum de fibra de vidre i altres derivats, com els blocs per pavimentació o construcció són molt menors (Figura 5.23).

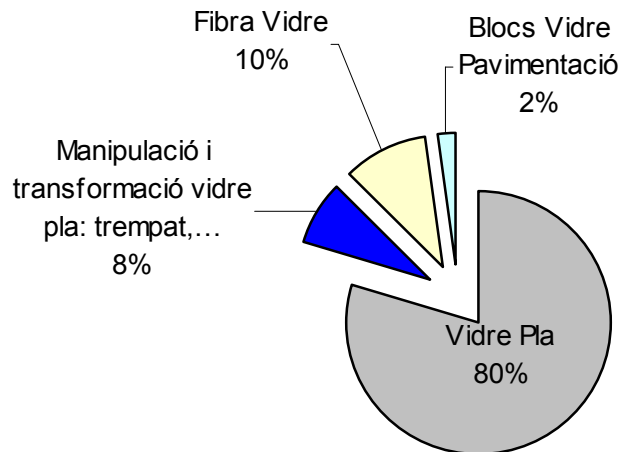


Figura 5.23 Consum de materials vitris en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

Segons l'estimació feta, el comerç amb l'exterior és molt rellevant, ja que té un ordre de magnitud similar al de la producció nacional. Per aquest tipus de recurs, Catalunya és dependent de l'exterior, ja que els fluxos de materials importats són gairebé un 50% superiors als exportats.

Els principals impactes associats al procés de fabricació de vidre (Pueyo, 2003) són l'elevat consum energètic i les emissions atmosfèriques, com SO₂, CO₂, NO_x, pols... generades en la fusió i manufacturació de les matèries primeres. El consum d'aigua, usada per la refrigeració, humidificació... és elevat però bona part és recirculada en el propi procés productiu. El volum de residus generats no és important, ja que la major part es reintrodueixen en el procés productiu. Els residus generats són principalment restes de matèries primeres i vidre que no s'han pogut reintroduir en el procés productiu.

Considerant que el consum total de materials vitris a Catalunya l'any 2001 va ésser de 102 milers de tones, sense incloure el transport, la fabricació d'aquests materials va suposar gairebé 25 milers de tones de CO₂, a més d'emissions de SO₂, NO_x i pols. Es van consumir unes 120 mil tones de matèries primeres, majoritàriament sorres silíciques i calcàries, i 144 GWh, majoritàriament d'origen fòssil.

Tot i l'elevada intensitat energètica del material, des d'un punt de vista ambiental el vidre pot ser un material molt adequat ja que té una elevada durabilitat i reciclabilitat. A més, combinat amb un bon disseny arquitectònic, permet l'aprofitament de la llum natural en els edificis, disminuint la demanda energètica i millorant la qualitat de l'ambient interior. Tot i que la seva combinació amb films o polímers per modificar-ne les propietats els fa més útils des d'una perspectiva energètica, també pot dificultar el seu reciclatge.

Materials metàl·lics i productes derivats de l'acer i de l'alumini

El consum de productes metàl·lics en el sector de la construcció l'any 2001 va ser de 850 mil tones, amb un clar domini dels materials de ferro i acer que representen el 75% del consum, seguit de l'alumini.

El mercat exterior té un important pes per aquest tipus de recursos (Figura 5.24). La producció a Catalunya de materials metàl·lics per a la construcció va ésser de 740 mil tones, mentre que les importacions i exportacions van suposar 570 i 470 milers de tones respectivament. És més, la manca de matèries primeres d'origen metàl·lic dins del territori nacional, que s'ha vist en el capítol 4, fa que la producció pròpia també depengui en gran mesura de l'exterior, per la manca de matèria primera autòctona.

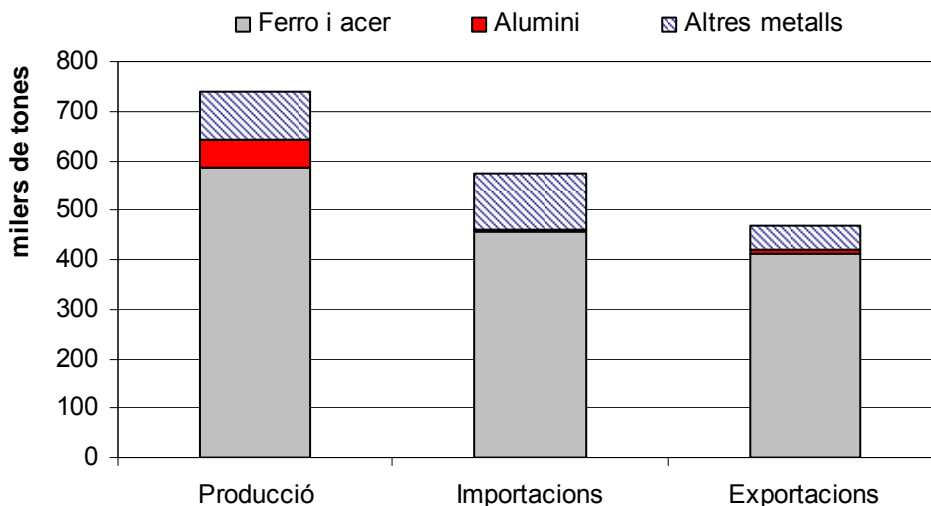


Figura 5.24 Fluxos de materials i productes metàl·lics associats al sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

En general, el processament de productes metàl·lics porta associat un elevat consum energètic a més d'altres impactes. L'elevada heterogeneïtat de productes dins aquesta família de recursos impedeix quantificar-ne els impactes.

En general, els productes metàl·lics tenen molta durabilitat i un elevat potencial de reciclabilitat. La utilització de reciclats, suposa tant un estalvi de l'extracció de

recursos no renovables com d'energia en el seu processament. Tot i que s'han de reconsiderar alguns tractaments superficials perquè limiten la seva reciclabilitat o la qualitat del producte final. Els metalls reciclats tot i tenir més impureses continuen essent aptes per a la construcció. A més és la única estratègia viable per disminuir la dependència que té Catalunya de l'exterior per aquest tipus de recursos i tendir cap a la autosuficiència material del país.

Aquests resultats són una primera aproximació, però seria interessant una anàlisi en detall del metabolisme del sector dels metalls. Són materials amb un alt contingut energètic i una elevada intensitat material, però en general amb bona reciclabilitat, pels quals seria viable tancar-ne el cicle, ja que pel seu elevat preu com a subproducte, el reciclatge és una pràctica estesa en la majoria d'obres actuals.

Anàlisi global i qualitatiu de productes d'altres sectors usats en la construcció

El sector de la construcció també es caracteritza per consumir productes més elaborats en petites quantitats, com són productes químics, pintures, plàstics, materials elèctrics i d'il·luminació, entre d'altres (Figura 5.25).

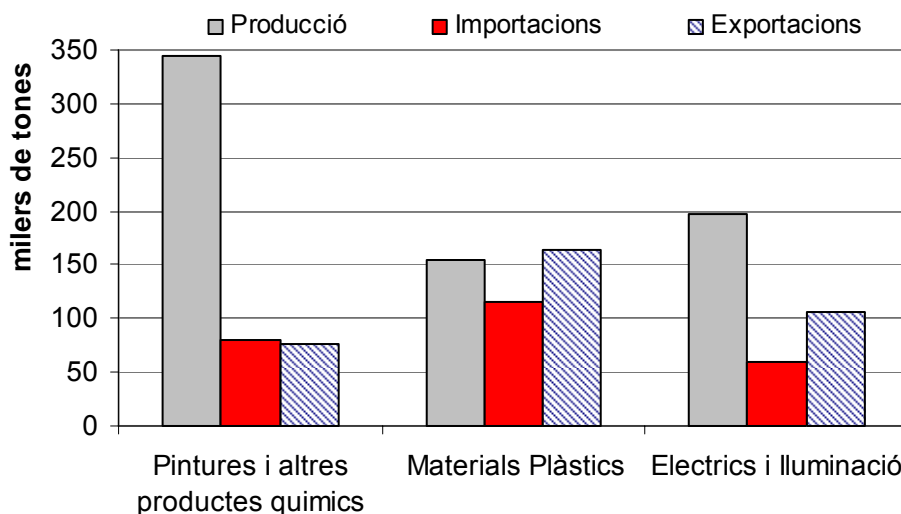


Figura 5.25 Fluxos de materials i productes minoritaris, consumits al sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

Aquests productes es caracteritzen per una part, perquè el volum amb que s'acaben incorporant en les edificacions és baix en comparació amb el consum de la resta de materials. Però per altra part, són materials molt més elaborats amb una major heterogeneïtat en la composició i amb processos productius molt més intensius, tant en consum energètic com material. L'origen dels materials és dispar; mentre que

per les pintures i els productes químics hi ha un domini del mercat nacional, pels plàstics el pes del comerç exterior és equiparable a la producció nacional.

Entre els **productes químics i derivats** aplicats a la construcció destaca el domini de les pintures, que representen més del 60% del consum, seguit de coles (24%) i dissolvents (6%) (Figura 5.26). El consum d'aquests recursos en el sector de la construcció l'any 2001 va ésser de 350 mil tones.

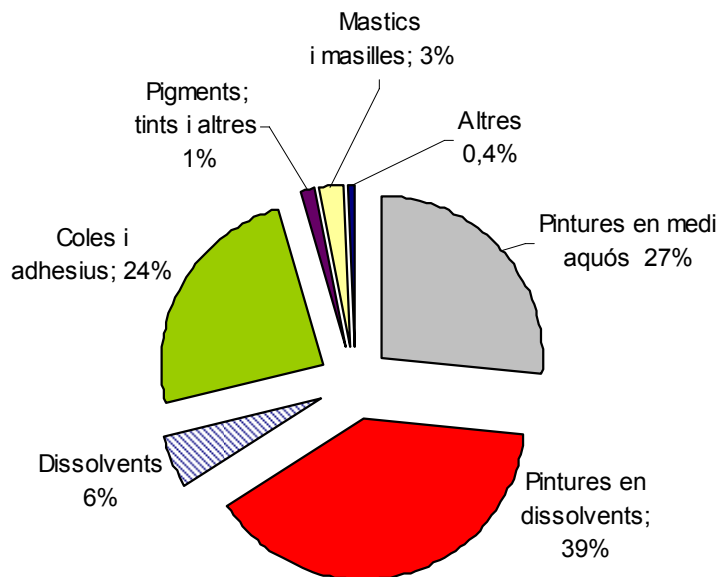


Figura 5.26 Consum dels principals productes químics en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

D'entre els impactes ambientals associats als productes químics consumits, s'ha de considerar el procés productiu, majoritàriament basat en recursos no renovables derivats de combustibles fòssils, el transport i el processat de les matèries primeres... Però també és remarcable les emissions associades a la fase d'ús o aplicació de pintures amb dissolvents orgànics, dissolvents, coles... com es veurà més endavant (apartat 5.4.4).

Les pintures són majoritàriament d'origen no renovable, i més de la meitat del consum encara és en base a dissolvent, provocant importants emissions atmosfèriques, tant en la fase d'ús com de fabricació. A més, per la fabricació de determinats colors contenen compostos metàl·lics, com plom, crom o zinc. Tot i així és un sector amb molta conscienciació o pressió i en l'actualitat hi ha nombroses pintures ecològiques al mercat, en base aquosa o amb silicats, pigments naturals i baix contingut en substàncies tòxiques.

Els **materials plàstics** són àmpliament usats en el sector de la construcció ja sigui com aïllants (poliestirè expandit (EPS) o extrudit (XPS), poliuretà,...) en canonades i instal·lacions (PVC, polietilè, polipropilè...), revestiments, adhesius o

articles de plàstic per lavabos o tancaments. Els plàstics són materials amb una bona resistència i estabilitat, que tenen una llarga durabilitat. Per contra, són derivats de combustibles fòssils i el seu processament consumeix grans quantitats d'energia i la generació de residus que no s'acostumen a reciclar. El consum d'aquests recursos en el sector de la construcció va ser d'entorn a 100 mil tones, i el pes del sector exterior és equiparable a la producció nacional (Figura 5.25). A més, ja sigui de combustibles fòssils o bé plàstics, hi ha una forta dependència de l'exterior per a obtenir-ne la matèria primera. Fins i tot la disponibilitat de matèria reciclada en el mercat és encara molt baixa, i molts dels productes en base a plàstics reciclats han d'ésser importats de l'estranger.

L'impacte ambiental del procés productiu del plàstic és molt variable en funció de la varietat, i la seva reciclabilitat en el sector de la construcció és molt baixa, tot i que s'estan implementant projectes (LIFE APRICOD) per millorar aquesta situació.

El consum de **productes elèctrics i d'iluminació** en el sector de la construcció l'any 2001, va ser de 150 mil tones. En aquest camp s'inclou majoritàriament els cables elèctrics, els conductors, i els punts d'enllumenat tant d'edificacions com en obres públiques. Tot i així aquesta xifra s'ha de prendre com una aproximació ja que hi ha una clara manca d'informació desagregada tant de la producció com del mercat exterior espanyol. Dels impactes ambientals a més dels associats a la seva fabricació, cal destacar que moltes vegades aquests recursos queden enterrats i dispersos en el subsòl, sense recuperar-los al final de la seva vida útil, tot i tenir un elevat potencial de reciclabilitat.

Les **mescles bituminoses** i els productes que se'n deriven són materials no renovables que provenen de llacs naturals o bé de les cues del cracking del petroli. Un dels principals derivats bituminosos que s'utilitzen en la construcció és l'asfalt, tot i que també se'n fabriquen productes derivats com làmines bituminoses per impermeabilització d'edificacions entre d'altres.

L'any 2001 es van produir a Catalunya més de 2 milions de tones de mescles bituminoses i productes derivats, la manca d'informació més desagregada impedeix una anàlisi en detall d'aquest sector. El comerç amb l'exterior és baix, les importacions van ésser d'unes 160 mil tones, mentre que les exportacions van ésser de menys de mig milió de tones (Figura 5.27).

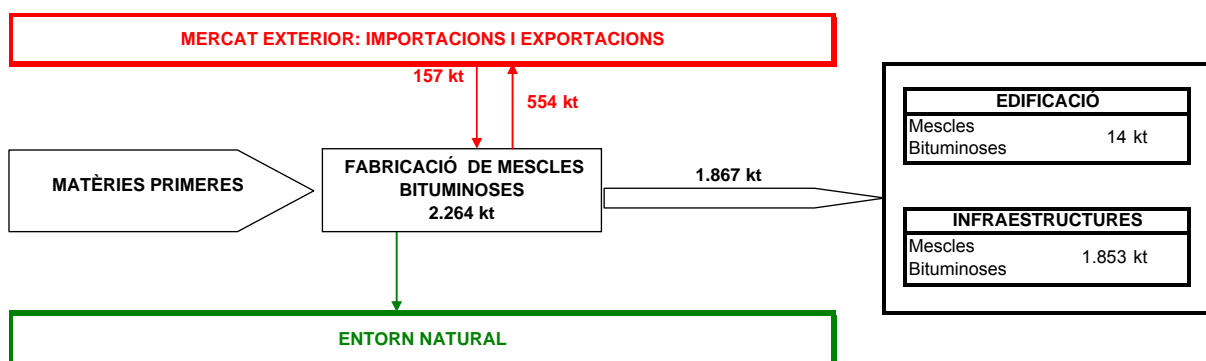


Figura 5.27 Diagrama de flux dels productes derivats de mesclades bituminoses

L'energia necessària per al seu processament és relativament baixa, tot i que no es pot estimar en detall degut a la manca de caracterització de la producció i el comerç exterior. Simplement a partir de l'inventari sobre la composició de les edificacions construïdes a Catalunya, s'estima que un 1% es va destinar a les edificacions, com a segellant, làmines i pintures impermeabilitzants; i la resta es va destinar en infraestructures, majoritàriament mesclat amb àrids, es va usar en la fabricació d'asfalt per paviments.

En general, sobretot el betums usats en carreteres, són materials reciclables que poden ésser reintroduïts en el procés productiu com a materials valoritzats amb el mateix ús.

5.4.4 Sortides cap a l'entorn: generació de residus i emissions atmosfèriques

El sector de la construcció és un gran productor de **residus** amb una llarga història en la reutilització i el reciclatge. Per una qüestió d'economia, les runes i les construccions antigues van ésser durant molt de temps les fonts de materials per a les noves construccions. Però a partir dels anys 70, el cost de la mà d'obra i del sòl supera el preu dels materials. Aquest fet, conjuntament amb les creixents exigències de qualitat i homogeneïtat dels materials provoquen una disminució de les pràctiques de reciclatge in situ, i per tant un fort augment de la generació de residus. Durant anys, la major part d'aquests residus es van destinar a l'abocament incontrolat, degut a la manca d'infraestructures capaces de gestionar-los correctament (Junta Residus, 2000). Des de finals dels anys 90 el nombre d'instal·lacions per a la gestió de runes i residus de la construcció s'ha incrementat considerablement, passant de 17 dipòsits controlats i 2 centres de transferència l'any 1998 a la situació actual, en que hi ha 45 dipòsits controlats, 10 centres de recollida i transferència, 15 plantes de valorització i 1 de triatge (ARC, 2007). Aquesta tendència conjuntament amb la clausura de nombrosos abocadors incontrolats, ha fet que augmentés considerablement el volum

de runes gestionades correctament. En la Figura 5.28 s'ha representat l'evolució del volum de runes tractades a través dels gestors autoritzats.

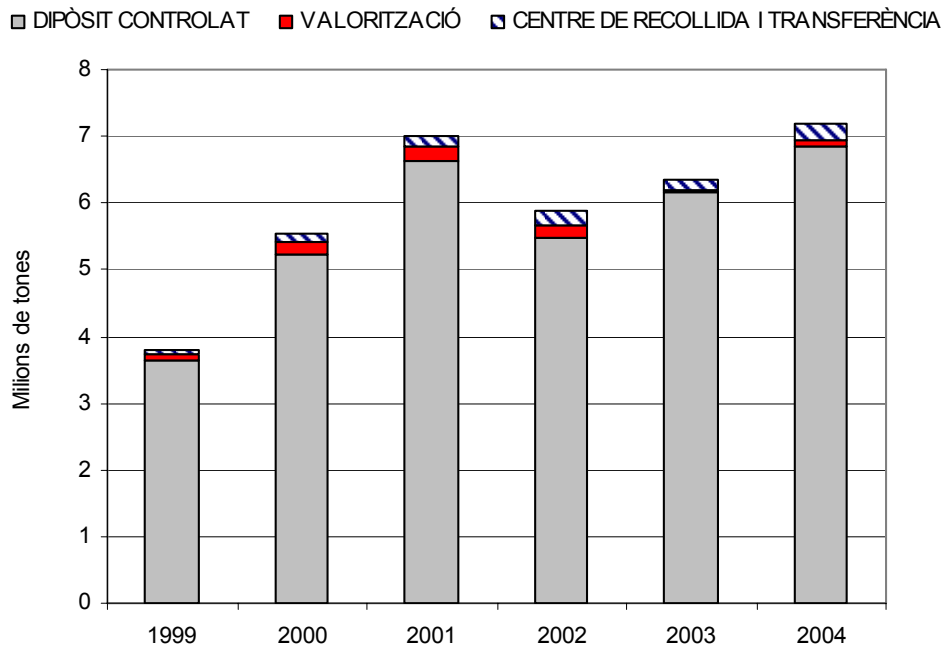


Figura 5.28 Evolució de la gestió de runes a Catalunya

S'observa una tendència creixent amb dos màxims, un per l'any 2001 i un altre en l'any 2004. Aquest augment està vinculat al fort creixement del sector en aquests darrers anys però també a l'augment, que ja s'ha mostrat, del nombre de centres autoritzats que permeten una gestió correcta d'aquest tipus de residus.

Destaca l'escassa implementació de tècniques de valorització de runes en concordança amb el baix nombre de gestors amb aquesta finalitat. L'any 2001, es van generar gairebé 7 milions de tones, és a dir 1,1 tones per capita, molt similar a la mitja europea que es situa entorn a 1,3 t per capita (EU15) i 1,1 t per capita a la UE25 (Eurostat, 2005)⁴⁶. Respecte a les vies de gestió de residus, la situació a Catalunya és molt diferent a la situació a escala europea. L'any 2001 a Catalunya entorn d'un 95% de les runes es van destinar a dipòsits controlats, i únicament se'n van valoritzar un 3%. En canvi, a escala europea el reciclatge i reutilització de residus de la construcció era del 28% dels residus generats i en determinats països com Holanda, Bèlgica i Dinamarca, era de més del 80% ja a finals dels anys 90 (Symonds, 1999).

L'any 2001 la generació de residus pel sector de la construcció va representar més del 12% dels materials consumits pel sector. La major part dels residus generats, més del 60%, estan associats a la construcció i demolició d'edificacions, mentre que la

⁴⁶ Inclou les terres excavades

resta provenen majoritàriament del manteniment i construcció d'infraestructures (Figura 5.29). Aquests resultats mostren una diferent tendència en edificacions i infraestructures, mentre que la demanda de materials per a la construcció d'infraestructures va ésser lleugerament superior a la demanda per edificacions (Figura 5.13), la generació de residus ha estat inferior. Aquest fet es pot relacionar amb el major dinamisme de les edificacions i unes taxes de demolició, per construir-ne de noves, superiors a la construcció d'infraestructures, que és més estàtic o té una menor renovació. Però també cal tenir en compte que els residus associats a l'excavació no han estat quantificats, i per tant, els residus reutilitzats en la pròpia obra o bé en altres, pràctica molt estesa en la construcció de grans infraestructures, no s'inclouen en les estadístiques.

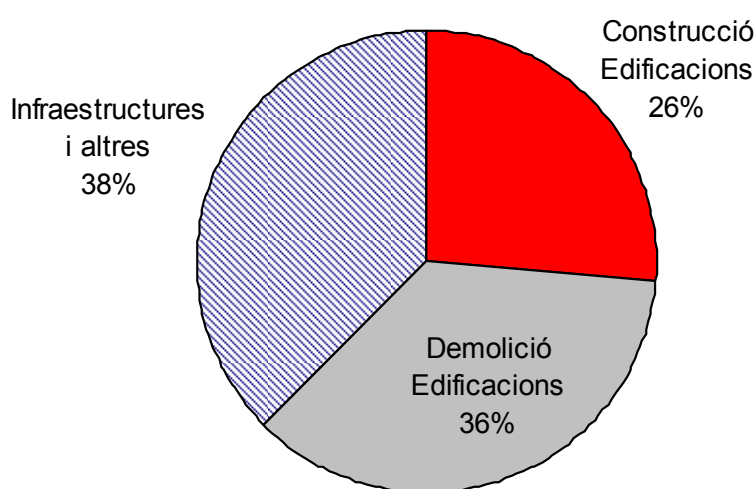


Figura 5.29 Generació de residus de la construcció a Catalunya l'any 2001

Si es tanqués el cicle de materials, i es reaprofitessin tots els residus generats, el consum de materials només disminuiria entorn a un 10%, passant de 55 a uns 50 milions de tones. Consum que continua sent desmesurat, si es té en compte que aquestes tones majoritàriament són materials que s'acumulen en el territori català, i suposen unes 1500 tones per km² d'augment anual de sòl artificialitzat. Per tant, és necessari combinar el reciclatge amb un esforç per disminuir la intensitat material en les edificacions.

Aquestes dades mostren la necessitat de millorar l'eficiència en l'ús dels materials en l'etapa de construcció d'edificacions i infraestructures, però també és molt important començar a implementar estratègies per a la deconstrucció d'edificacions que ens permetin incrementar la recuperació de materials en edificacions i infraestructures obsoletes. Els residus generats en la fase de construcció estan majoritàriament dominats per materials petris, ceràmics i aglomerants (Figura 5.30).

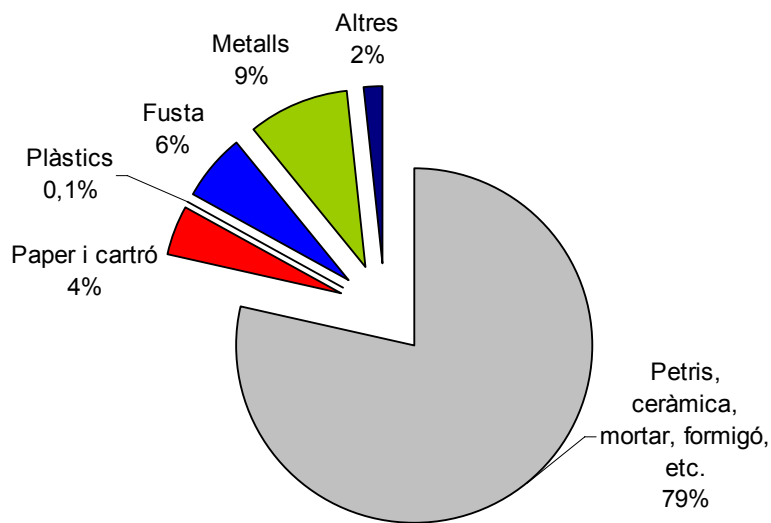


Figura 5.30 Composició de les runes originades en la construcció i demolició d'edificacions a Catalunya l'any 2001

Analitzant el cicle globalment, la Figura 5.31 mostra la generació de residus associada a les diferents etapes del procés constructiu: extracció de productes de pedrera, fabricació dels principals productes i construcció i demolició d'edificacions. Els resultats mostren un clar domini dels residus generats en la extracció, mentre que els residus generats durant la manufacturació dels productes és molt menor, ja que es tracta d'indústries amb un alt reciclatge intern.

Els resultats de la DE no usada, de 16 milions de tones, s'han obtingut considerant els coeficients del Wuppertal Institute per a l'estimació a escala nacional. En canvi, si es considera l'estimació feta per GABI a partir de les bases de dades, aquests resultats canvien en gran mesura i quantifica una generació de residus entorn als 6 milions tones de DE no usada.

Per tant, és necessari una anàlisi en detall de les pedreres a Catalunya per avaluar el volum real de residus i de DE no usada generats. Però en qualsevol cas tenen un elevat pes i un alt potencial com a subproductes per reintroduir-los en el cicle productiu.

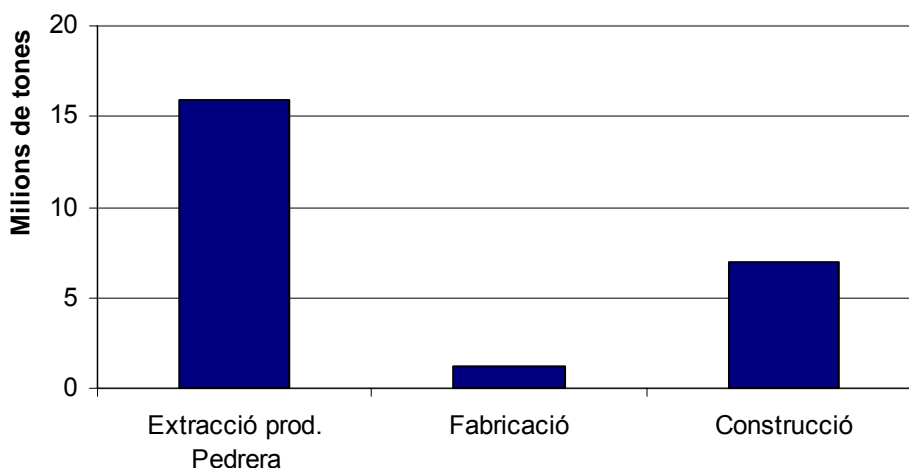


Figura 5.31 Generació de residus en les diferents etapes associades al sector de la construcció l'any 2001 a Catalunya

Una altra sortida cap a l'entorn natural molt rellevant pel sector són les **emissions atmosfèriques**. Les emissions presentades en aquest punt inclouen la producció, transport i aplicació dels productes fabricats a Catalunya i principalment consumits pel sector. Els productes considerats són els de les activitats classificades en el SNAP, ja que la font de dades és l'inventari nacional d'emissions atmosfèriques.

Les emissions atmosfèriques associades al sector de la construcció a Catalunya l'any 2001 van ésser gairebé 9 milions de tones, un 99% de les quals són CO₂. Aquesta xifra suposa entorn a un 21% del total d'emissions atmosfèriques generades a Catalunya.

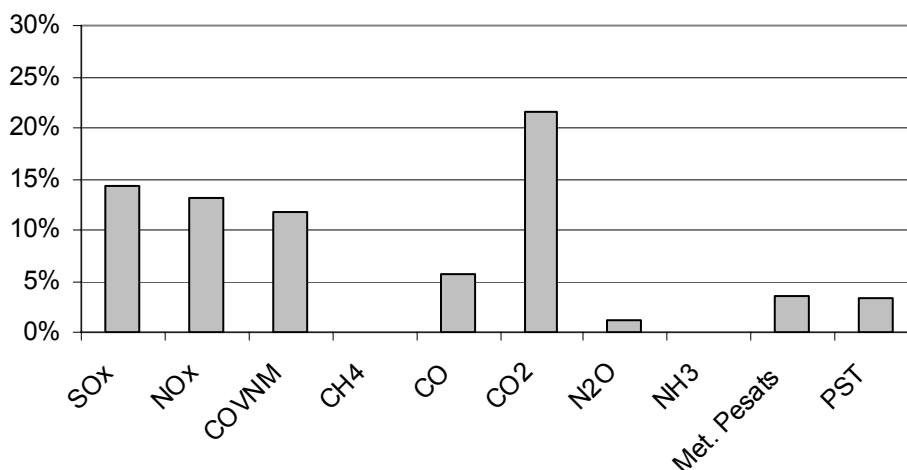


Figura 5.32 Percentatge d'emissions atmosfèriques associades a la construcció respecte el total a Catalunya l'any 2001 per a diferents tipus de contaminants

En la Figura 5.32 es pot observar el pes relatiu de les emissions de cada tipus de contaminant associades al sector de la construcció, respecte el total d'emissions de cada contaminant generades Catalunya pel mateix any. El pes més important el té les emissions de CO₂, que en haver inclòs el transport de materials, suposa més del 21%

de les emissions generades a Catalunya. També són importants les emissions d'acidificants com NOx i el SOx que suposen un 14 i un 13%, respectivament; i els Compostos Orgànics Volàtils (COV) associats al sector representen un 12% del total de COV emesos. Per últim, també destacar que les emissions de monòxid de carboni, de metalls pesats i partícules sòlides totals (PST), associades al sector de la construcció representen entre un 3 i un 6% de les emissions totals de cadascun d'aquests compostos. Mentre que les emissions de metà i amoníac associades al sector són mínimes.

L'origen d'aquestes emissions està majoritàriament associat als processos productius i al transport dels materials (Figura 5.33). Les emissions atmosfèriques associades a les activitats d'extracció són majoritàriament PST, que no han pogut ésser quantificats, la resta d'emissions atmosfèriques associades a l'extracció són mínimes en comparació amb les altres etapes. En la fase de producció destaquen les emissions de SOx, generat en la fabricació d'aglomerants i productes ceràmics; i el NOx, CO i CO₂ associat a la producció de ciment.

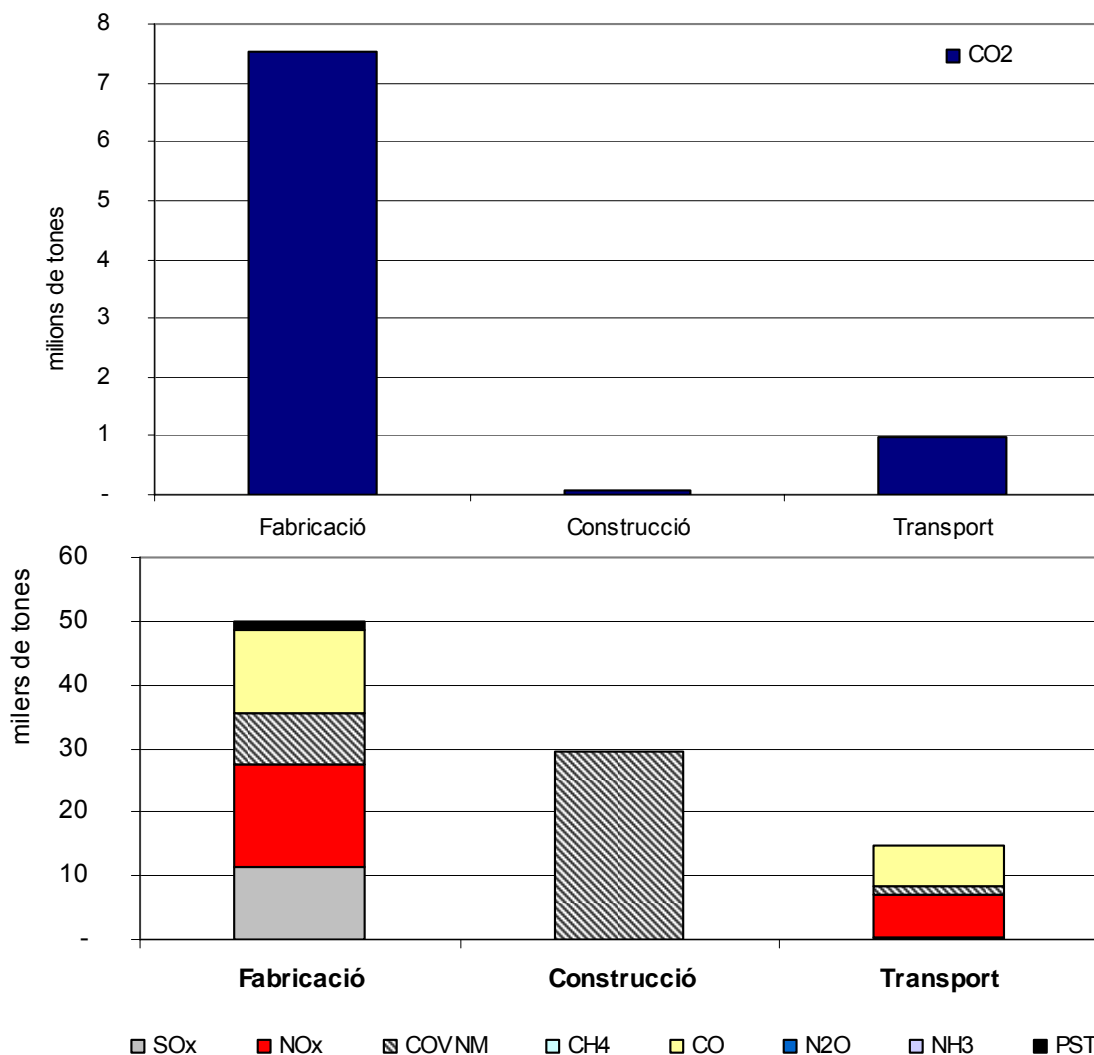


Figura 5.33 Emissions atmosfèriques associades a la construcció a Catalunya l'any 2001

En la fase de construcció i ús la major part de les emissions atmosfèriques, si no s'inclou el consum energètic dels edificis, està associat a l'ús de pintures, coles i asfalt que generen importants emissions de COV.

Les emissions associades al transport són també molt importants. L'any 2001 a Catalunya el transport interior de mercaderies va ser de gairebé 130 milions de tones, de les quals més de 75 milions van ser materials de la construcció. És a dir, un 58% del transport interior és per materials de la construcció.

El baix cost de moltes de les matèries primeres usades implica que el transport sigui un important cost per a aquest tipus de producte. Per aquest motiu, la distància mitja recorreguda pels materials de la construcció és de 23 km, lleugerament menor a la resta dels materials que es situa en 29 km. Aquest fet provoca que si s'analitzés les tones per kilòmetre els materials de la construcció suposen un 47% del total del transport interior de materials.

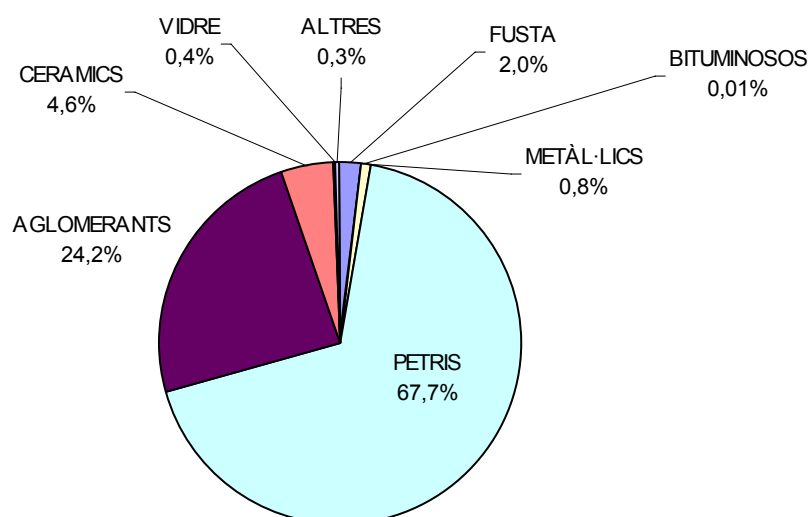


Figura 5.34 Proporció de les tones kilòmetre de materials de la construcció transportats en l'interior de Catalunya l'any 2001.

L'any 2001 a Catalunya, els materials de la construcció van recórrer en total 1.761 milions de tones per kilòmetre. Com s'observa en la Figura 5.36 el transport per carretera de materials de la construcció està totalment controlat pel transport de material petri, seguit dels aglomerants. És a dir, que el transport intern per carretera a Catalunya és directament proporcional al volum de materials mobilitzats, i per això és bàsic disminuir-ne el consum.

Encara més rellevant és el transport de mercaderies amb l'exterior. Tot i que el pes dels materials comercialitzats amb l'exterior és baix, el major nombre de kilòmetres que recorren les mercaderies, fa que aquests fluxos tinguin un elevat pes

en l'estimació de les emissions associades al transport, en comparació amb el tràfic intern. El comerç amb l'exterior, importacions més exportacions, va ser d'uns 17 milions de tones, mentre que el transport interior va ser de 75 milions de tones. Però les tones per kilòmetre recorregudes en total pels materials associats al comerç exterior va ser de 18 mil milions de tones km.

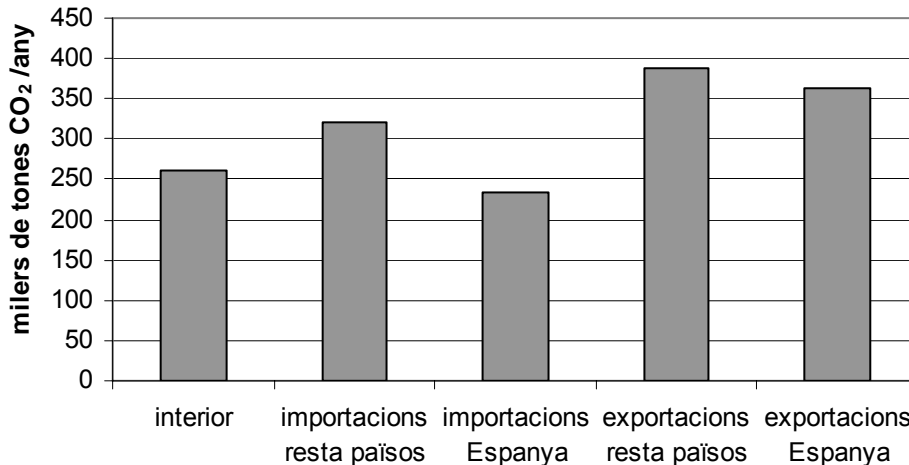


Figura 5.35 Emissions de CO₂ associades al transport de materials pel sector de la construcció de Catalunya l'any 2001

5.4.5 Anàlisi crítica dels resultats del MFA de la construcció i de l'efecte de les aproximacions i estimacions realitzades

Els resultats presentats en aquest treball es consideren una primera aproximació ja que, la manca de dades estadístiques i la baixa desagregació que tenen, en molts casos ha impedit fer una quantificació precisa dels fluxos i productes analitzats. Aquest fet fa que sigui rellevant una anàlisi de la sensibilitat dels resultats.

Però aquesta anàlisi queda fora de l'àmbit d'aquest estudi, ja que la major part de les dades utilitzades en aquest capítol són dades estadístiques subministrades per diferents organismes públics i privats. Moltes de les dades estadístiques no incorporen una anàlisi de la sensibilitat o error i per tant ha estat impossible realitzar una anàlisi de sensibilitat complet del treball.

En aquest apartat s'analitzen les aproximacions o estimacions realitzades, se'n quantifica l'error quan ha estat possible, es presenten les comprovacions realitzades per contrastar les diferents suposicions o aproximacions i es quantifica l'efecte que tenen en els resultats finals agregats.

- **Canvi d'unitats de la producció de béns a Catalunya**

En alguns casos, la producció de béns de Catalunya no es subministrada en unitats màssiques, i es presenten els resultats de producció en unitats monetàries i en altres unitats físiques com volum, superfície, unitat... La conversió d'unitats monetàries a unitats màssiques s'ha realitzat utilitzant els preus mitjos dels mateixos productes (milers d'euros / tona) del comerç exterior de Catalunya per l'any 2001 (IDESCAT, 2007). Aquest procediment s'ha hagut de realitzar per 146 del 440 productes considerats en aquest treball, és a dir per a un 33% dels productes considerats. Però el pes d'aquests productes en termes màssics, segons l'estimació feta, és de 4,5 milions de tones i equivalent a un 11% de la producció comptabilitzada o el 8% del DMC. Per tal de comprovar la consistència de la conversió feta, és a dir el preu per tona, es va quantificar la magnitud física equivalent emprada per la conversió d'unitats del material (densitat, el pes unitari, pes per unitat de superfície) i es va contrastar amb la característiques físiques de productes equivalents disponibles al mercat.

- **Consideració de la variació de l'estoc menyspreable front la producció**

La manca de dades sobre la variació de l'estoc dels diferents productes, ha fet impossible la seva quantificació. Tot i així com que el període de temps analitzat és prou ampli, 1 any, la variació de l'estoc es considera menyspreable front la producció anual. En la Taula 5.29 es presenta el volum de l'estoc i la producció en unitats monetàries durant l'any 2001 a Catalunya. Per les principals branques d'activitat comptabilitzades en aquest estudi, extracció de minerals, aglomerants i productes de pedrera, vidre, productes ceràmics o fusta, la variació de les existències suposa entorn a un 1% de la venda de productes.

Taula 5.29 Variació de l'estoc anual i producció per les principals branques d'activitat considerades en aquest estudi, per l'any 2001 a Catalunya

Agrupació o branca d'activitat	Vendes netes de productes	Variació existències	Variació existències respecte venda neta de productes anual
Extracció de minerals no energètics	454.150	-3.694	-0,8%
Estructures de fusta, fusteria i ebenisteria	518.930	2.457	0,5%
Vidres i productes ceràmics	1.407.071	16.622	1,2%
Ciments, pedra i minerals no metàl·lics	1.934.084	21.610	1,1%

- **Assimilació de la composició del comerç amb l'Estat espanyol a la del comerç amb l'estranger**

La manca d'una estadística completa sobre el comerç interregional dins l'Estat espanyol en el moment que es va realitzar aquest capítol, va fer que fos necessari l'ús

de la quantificació del comerç feta en el capítol 4. Evidentment, aquesta primera quantificació té un nivell de desagregació per algunes famílies de producte inferior a la disponible per a la producció nacional i a l'existent pel comerç exterior. Aquesta aproximació s'ha aplicat al comerç de productes metàl·lics i de vidre i suposa un 4% del total del comerç amb l'Estat espanyol. La publicació de bases de dades com C-Intereg on les famílies de productes tinguin un nivell de desagregació superior permetrà evitar aquesta aproximació i realitzar un estudi més acurat d'aquestes famílies de productes.

- ***Els usos dels recursos minerals i productes de pedrera importats són anàlegs als extrets en territori nacional***

No es disposa d'informació sectorial sobre l'ús o aplicació dels recursos minerals i productes de pedrera importats. Per cada mineral els usos de les importacions s'han considerat anàlegs als del mateix material extret de territori nacional. Es considera que aquesta aproximació té un baix impacte ja que el volum de material importat suposa menys del 4% de la extracció domèstica.

- ***Processos productius***

El procés de producció de ciment dominant a Catalunya és la fabricació de ciment gris o Portland. És més, en les estadístiques de producció publicades per l'IDESCAT (2001b) només consta aquest tipus de producte (*26511230 Ciment Portland, excepte el blanc*), i no s'han trobat dades estadístiques de la resta de produccions. Un estudi en detall de la fabricació de ciment a Catalunya permetria millorar la quantificació feta. A escala d'Estat espanyol l'any 2005 es van fabricar més de 50 milions de tones de ciment gris, metre que la producció de ciment blanc va ésser de poc més d'un milió de tones (IGME, 2007). És a dir a escala estatal, el ciment gris va suposar més del 97% de la producció total de ciment.

Producció de productes derivats de la fusta, en aquest treball únicament s'ha pogut comptabilitzar la fusta de primera transformació per evitar doble comptabilització de fluxos. Informació sectorial sobre els destins dels productes de primera i segona transformació de la fusta, permetria quantificar el consum energètic i de recursos associat a aquest producte. Tot i així, el consum d'aquests productes en el sector construcció és molt baix, entorn a l'1,5%.

5.5 Anàlisi del cicle de vida (ACV) dels principals⁴⁷ materials consumits en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

A continuació es presenten els resultats del càlcul de l'ACV associat als principals productes consumits en el sector de la construcció. Com s'explica més extensament en la metodologia, la manca d'informació detallada del comerç amb l'Estat espanyol dels productes amb un elevat grau de manufacturació, impedeix una quantificació detallada del consum de productes i una desagregació en productes més específics, així com la seva inclusió en l'ACV.

Per aquest motiu els resultats d'aquest estudi s'han de considerar una primera aproximació, en la qual únicament s'inclouen productes de gran consum. En treballs futurs serà interessant incloure també els materials de menor consum, que moltes vegades porten associades càrregues ambientals majors.

El consum dels productes inclosos en el càlcul d'aquest ACV és de 51 milions en tones, és a dir més del 92% dels materials consumits pel sector, analitzats en la primera part d'aquest capítol (apartat 5.4). Els materials inclosos són productes aglomerants, ceràmics, derivats de la fusta, bituminosos, vidre, productes de pedrera i recursos petris.

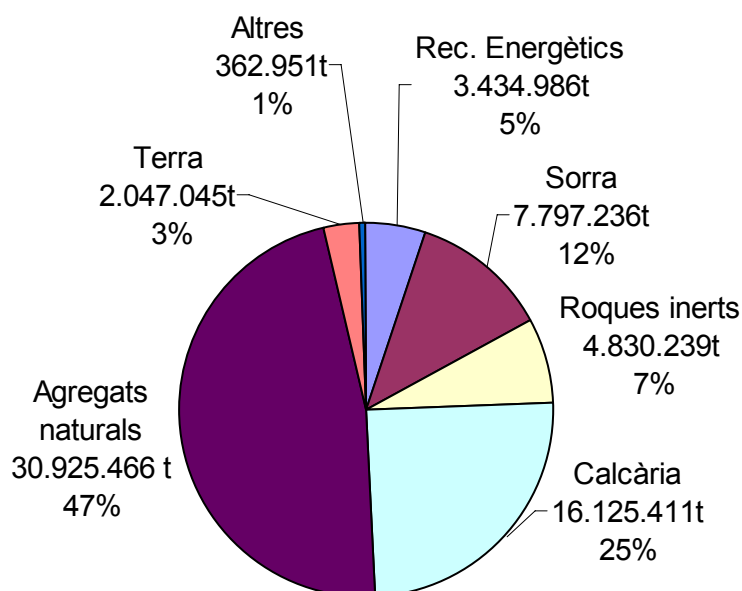


Figura 5.36 Matèries primeres per a la fabricació dels productes consumits

⁴⁷ En aquest estudi es considera principals als materials amb un major consum.

Per a l'obtenció d'aquests 51 milions de tones de productes consumits, s'han utilitzat gairebé 60 milions de tones de recursos no renovables, és a dir un 21% superior al consum. El 95% dels recursos utilitzats són recursos petris, 5% són combustibles fòssils i els minerals metàl·lics suposen menys del 0,01% (Figura 5.36).

En la Figura 5.37 es mostra l'eficiència material en la fabricació, calculada com la relació entre els recursos materials utilitzats i la producció. En aquesta anàlisi s'ha exclòs el consum d'aire i aigua. La ineficiència més elevada és en la fabricació de vidre i de materials ceràmics on el consum de recursos és un 66 i un 54% superior a la producció, respectivament. L'eficiència en l'extracció domèstica, la fabricació de materials bituminosos i de productes de pedrera es situa per sobre del 30%.

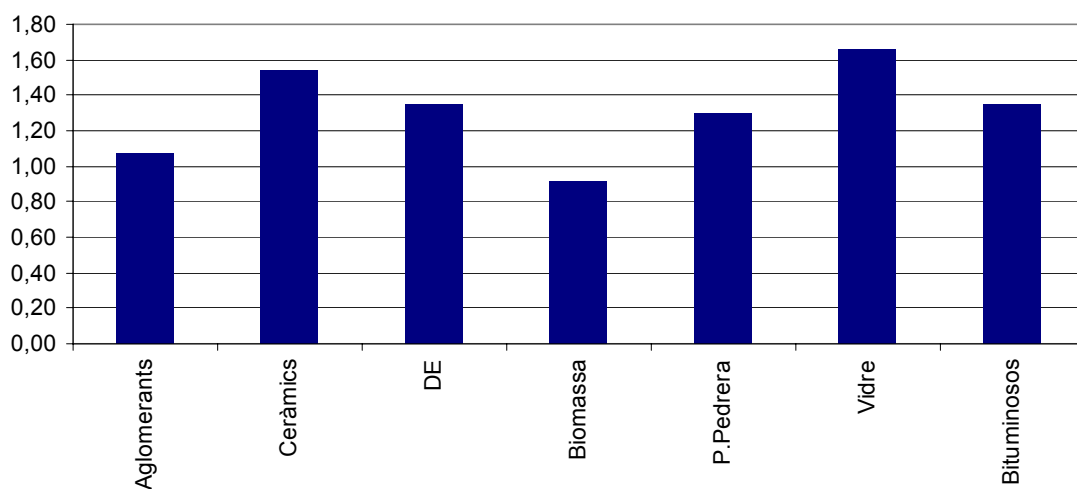


Figura 5.37 Eficiència en la fabricació (tones matèries primeres consumides per tona de producte fabricat), per cada família de productes

A diferència dels consum de recursos presentats en l'apartat 5.4.3, en aquest cas s'inclou, a més del consum de matèries primeres, el consum equivalent de tots els recursos usats incloent maquinària, transport de matèries primeres,....

En global, l'eficiència dels materials analitzats és del 21%. Per sota de la mitja es situa la fabricació d'aglomerants, pels quals la ineficiència és del 7%. També destaca que el consum mig de recursos per a la obtenció de biomassa és inferior a la producció. Aquest fet és degut a què les matèries primeres quantitativament més importants són CO₂, aigua i aire; i cap d'aquestes substàncies s'han inclòs en el càlcul de l'eficiència presentats anteriorment.

Evidentment, hi ha una elevada disparitat en l'eficiència de fabricació entre productes de la mateixa família, com es mostra en la Figura 5.38. Per exemple, en la família dels aglomerants es pot trobar materials amb una eficiència propera a 1, com el cas del formigó i els productes derivats, però també d'altres amb eficiències menors com l'escaiola, per la qual el consum de matèries primeres és menor a la quantitat de

producte fabricat. Aquest fet és degut a què no s'ha inclòs l'aire i l'aigua com a matèria primera encara que s'acabi incorporant en el producte.

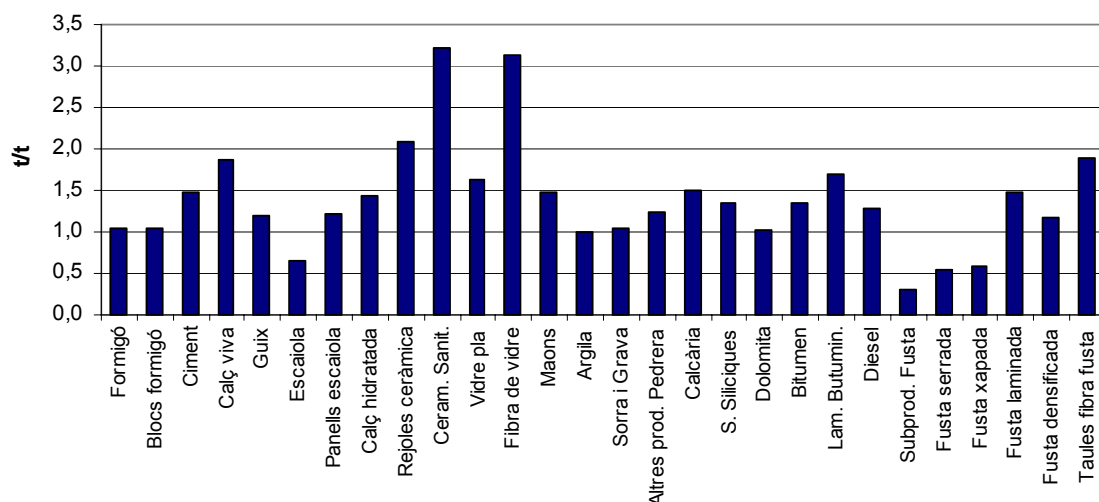


Figura 5.38 Eficiència en la fabricació dels diferents productes (tones de matèries primeres consumides per tona de producte fabricat)

També destaca l'elevada disparitat en la família de productes derivats de la biomassa forestal, on es pot trobar productes poc elaborats com els subproductes i la fusta serrada on l'eficiència és menor a 0,5 t/t. Mentre que en la fabricació de taulers l'eficiència varia entre 1,2 i 1,9 tones matèria primera per tona de producte. Els valors inferiors a 1 s'expliquen pel motiu citat anteriorment.

En general, destaca l'elevat consum de matèries primeres per a la fabricació de sanitaris i rajoles ceràmiques; així com de fibra de vidre.

El consum total d'aigua per a la fabricació d'aquestes 54 milions de tones de productes és de 213 milions de m³, és a dir un consum mig de 3,9 m³ per tona produïda.

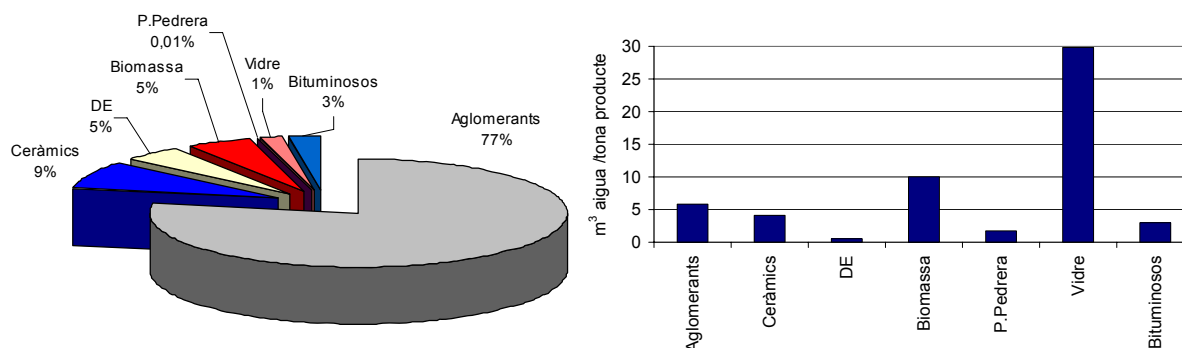


Figura 5.39 Principals consums d'aigua (m³) per tona de producte fabricat

El 77% d'aquest consum d'aigua està associat a la fabricació d'aglomerants, un 9% a la fabricació de ceràmics i un 5% a la fabricació de fusta i l'extracció de matèries minerals (Figura 5.39 esquerra). El resultat és completament diferent si s'analitza el consum d'aigua per tona produïda (Figura 5.39 dreta). En aquest cas destaca l'elevat consum d'aigua en el procés de fabricació del vidre, que és de gairebé 30 m³ per tona de vidre.

Destaca l'elevat consum energètic que tenen els materials d'origen bituminós (Figura 5.40 superior). Aquest fet es degut a la comptabilització del contingut energètic del propi producte acabat.

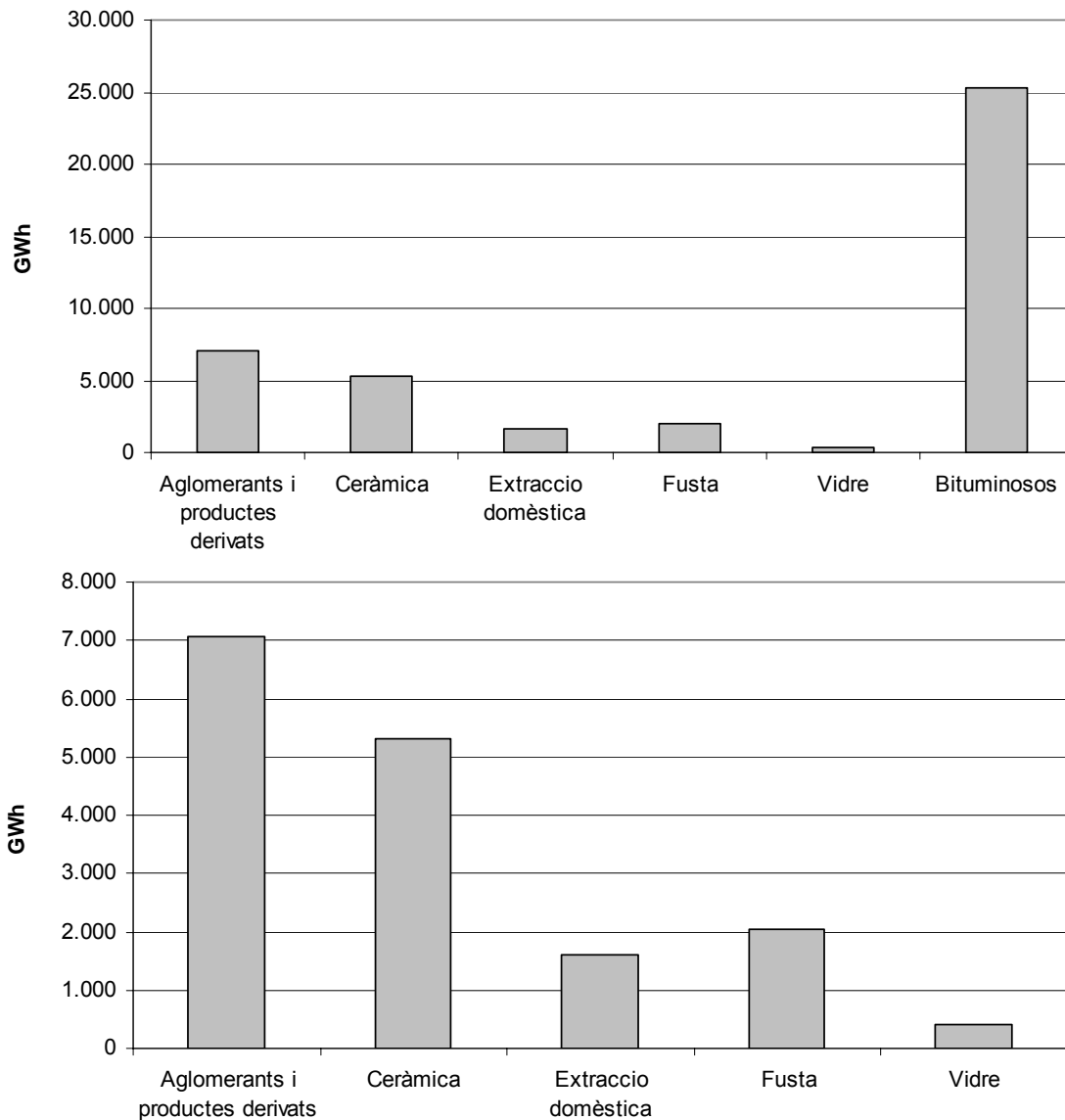


Figura 5.40 Principals consums energètic (GWh) dels productes consumits, amb (superior) i sense bituminosos (inferior)

En aquest cas la tendència mostra un resultat similar al consum de recursos (Figura 5.40 inferior), amb un clar domini dels aglomerants i els productes ceràmics per sobre la resta de productes. Però seguit dels productes ceràmics, que tot i el baix

consum en comparació amb els aglomerants, la diferència energètica és molt menor, únicament de un 25%. Mentre que el consum de ceràmics representa un 15% del consum d'aglomerants, la demanda energètica global dels ceràmics és un 76% de la demanda associada als aglomerants. Aquest fet està relacionat amb dos aspectes, per una part la major intensitat energètica d'aquesta família de recursos. Per altra part, cal tenir en compte que l'aglomerant amb una major intensitat energètica, és el ciment i, bona part s'exporta o s'usa en la fabricació de formigó, però no es consumeix directament.

El fluxos de materials de sortida cap a l'entorn natural, associats als materials consumits, es presenten en la Figura 5.41. Els resultats mostren que les emissions als diferents entorns estan dominades per diferents productes. Les emissions a l'atmosfera, són les que tenen un origen més heterogeni, i se'n generen en quantitats significatives en tots els processos productius. L'única excepció és per als materials amb un baix consum, com el vidre o els productes de pedrera, que no són significatives front a la resta de recursos usats.

Les emissions al sòl, com ja era d'esperar, estan clarament vinculades a l'extracció dels productes de pedrera. Però també són significatives les associades a l'explotació dels recursos forestals i bituminosos, sobre tot si es té en consideració la baixa proporció que suposen en el consum total.

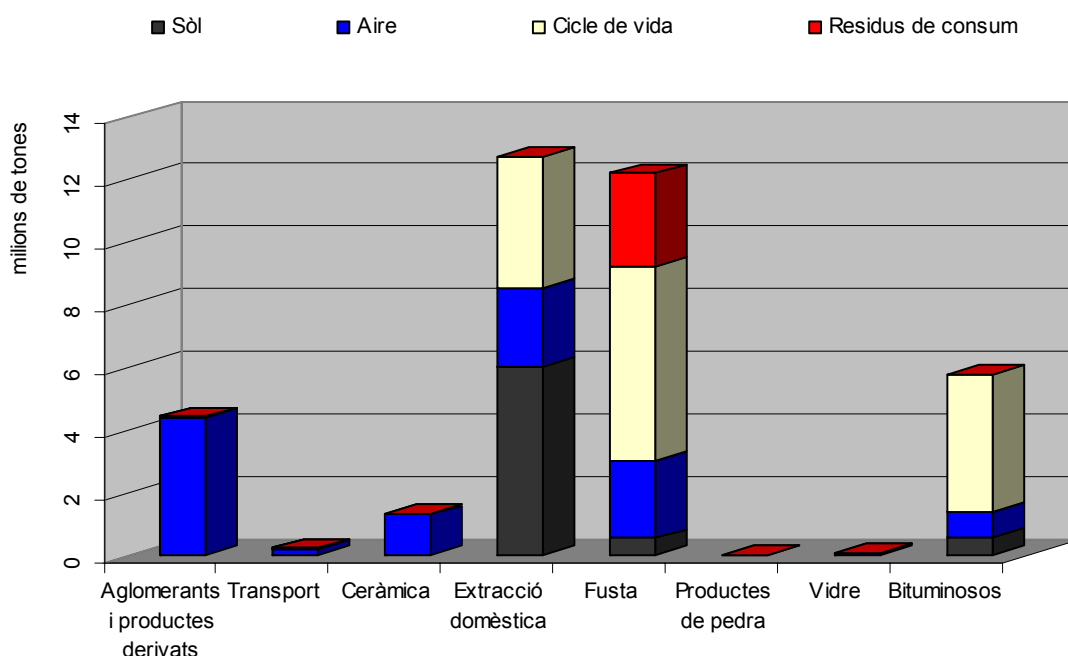


Figura 5.41 Fluxos de sortida de materials cap a l'entorn natural associats al consum del sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

També destaquen les emissions a l'aigua associades a l'extracció domèstica, a la fabricació de productes derivats de la fusta i als materials bituminosos. Per últim, els residus generats en tot el cicle de vida i que es podran recuperar, estan totalment associats al consum de productes derivats de la biomassa vegetal (Figura 5.41).

L'anàlisi de la composició dels residus cap al sòl (Figura 5.42), mostra l'elevada càrrega que suposa la sobreextracció associada a les pedreres, que representa més del 80% dels residus emesos al sòl. La generació de residus tòxics i perillosos és molt baixa i suposa entorn a un 1% dels residus generats.

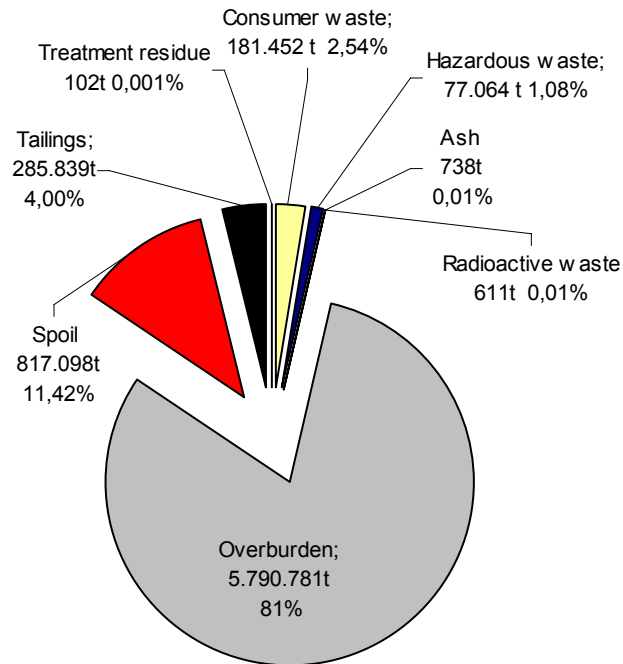


Figura 5.42 Principals residus sòlids generats pel sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

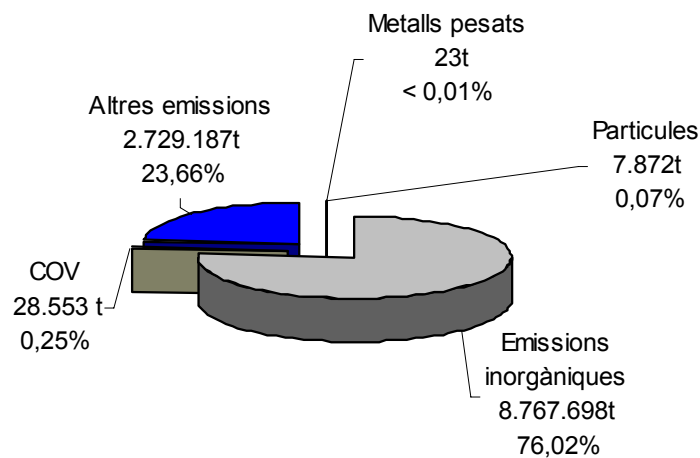


Figura 5.43 Principals emissions atmosfèriques associades a la fabricació dels principals materials consumits pel sector de la construcció a Catalunya l'any 2001

Les emissions atmosfèriques associades al consum de recursos (Figura 5.43) són majoritàriament inorgàniques. De les emissions inorgàniques un 80% són emissions de CO₂ generades pel consum d'aglomerants i ceràmics, i el 20% restant és vapor d'aigua associat al consum de productes de pedrera i de fusta.

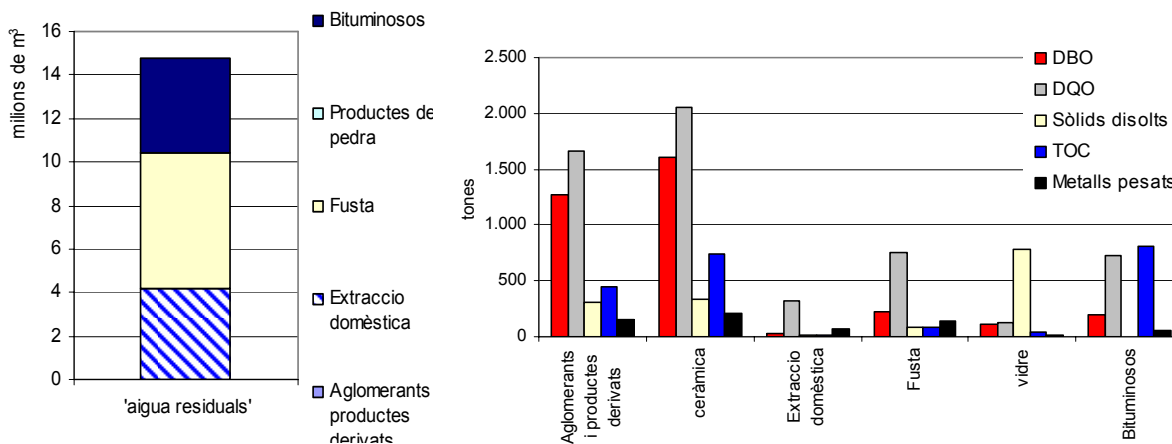


Figura 5.44 Volum d'aigües residuals generat (esquerra) i qualitat de les aigües residuals (dreta) en la fabricació dels productes consumits pel sector de la construcció l'any 2001

La generació d'aigües residuals (Figura 5.44) mostra algunes diferències respecte els patrons de consum (Figura 5.39 esquerra), ja que per a determinats productes com els aglomerants, una part molt important de l'aigua consumida s'acaba incorporant en el producte acabat.

La generació de DQO i DBO està majoritàriament associada a la fabricació d'aglomerants i ceràmics que representen el 60 i 70% del total. També és important, la DQO i DBO associada a la fabricació de combustibles fòssils pel transport de les matèries primeres. Alhora 50% dels sòlids dissolts es generen en la fabricació del vidre. Els metalls pesats generats són en més d'un 73% ferro, i també és rellevant l'estronci generat que representa un 15%.

L'anàlisi dels impactes ambientals associats a la fabricació dels principals productes consumits pel sector de la construcció l'any 2001 es mostren en les Figura 5.46 i 5.46. En la Figura 5.45 es presenten el pes relatiu dels diferents materials en els principals impactes analitzats. Es pot observar que el gran volum d'aglomerants consumits té un fort pes en la majoria dels impactes ambientals associats al sector de la construcció. El consum d'aglomerants suposa el 60% del potencial d'escalfament global (GWP), de les radiacions radioactives (RAD) i de la ecotoxicitat en medi terrestre (TETP); i entorn al 40% del potencial d'acidificació (AP), eutrofització (EP), toxicitat en aigua dolça (FAETP) i en humans (HTP). Aquests impactes estan

relacionats, principalment amb l'elevat consum energètic que porten associats al llarg del seu cicle de vida.

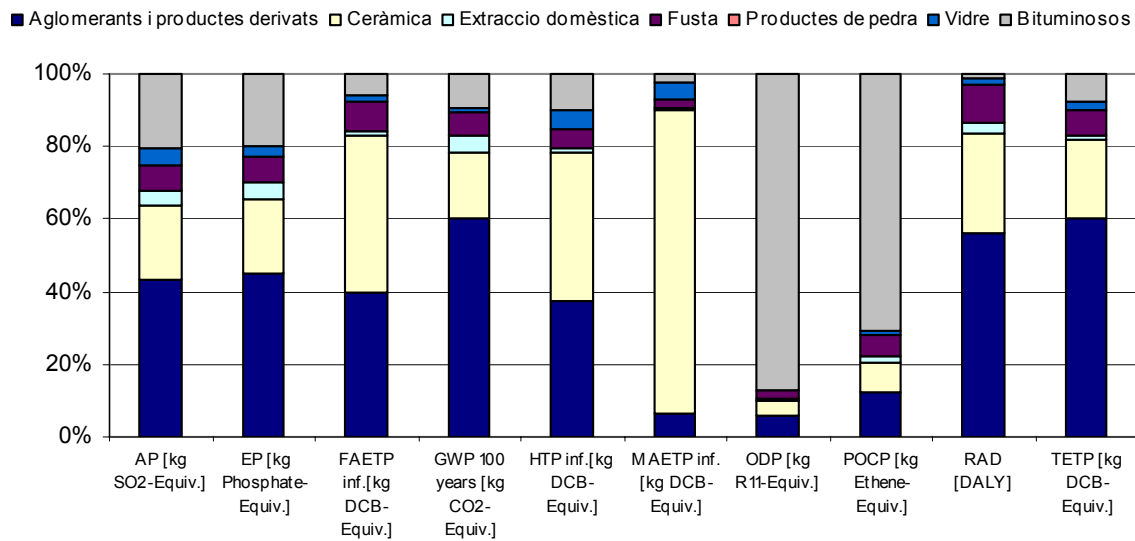


Figura 5.45 Pes relatiu dels diferents materials consumits pel sector de la construcció en els principals impactes ambientals analitzats

Si s'analitza les diferents categories d'impactes ambientals per cada material en termes absoluts (Figura 5.46), es pot avaluar el pes del sector de la construcció en el total del país.

El potencial d'escalfament global associat als materials consumits és de 7,7 milions de tones de CO₂ equivalent, Aquestes emissions suposen un 20% de les emissions totals de CO₂ generades a Catalunya, que per l'any 2000 van ésser de més de 40 milions de tones, i cal tenir en compte que si s'inclou el transport de materials importats, les emissions de CO₂ augmentarien gairebé un milió de tones més. Un 60% del GWP del sector està associat a la fabricació d'aglomerants, majoritàriament ciment i formigó. Però també són destacables les emissions associades a la fabricació de materials ceràmics i bituminosos que suposen 1,3 milions i 700 mil tones de CO₂ equivalent, respectivament.

El potencial d'acidificació dels materials consumits és de 21 mil tones de SO₂ equivalent. En aquest cas l'origen de les emissions està més repartit, els productes aglomerants suposen un 40% del total, mentre que els materials ceràmics i bituminosos suposen el 18% de les emissions de SO₂ equivalent, cadascun. Els productes derivats de la biomassa i vitris, tenen un pes relatiu alt, si es té en compte el baix consum que hi ha en comparació amb els aglomerants. Les emissions suposen un 26% de les emissions de SO_x de Catalunya per l'any 2001.

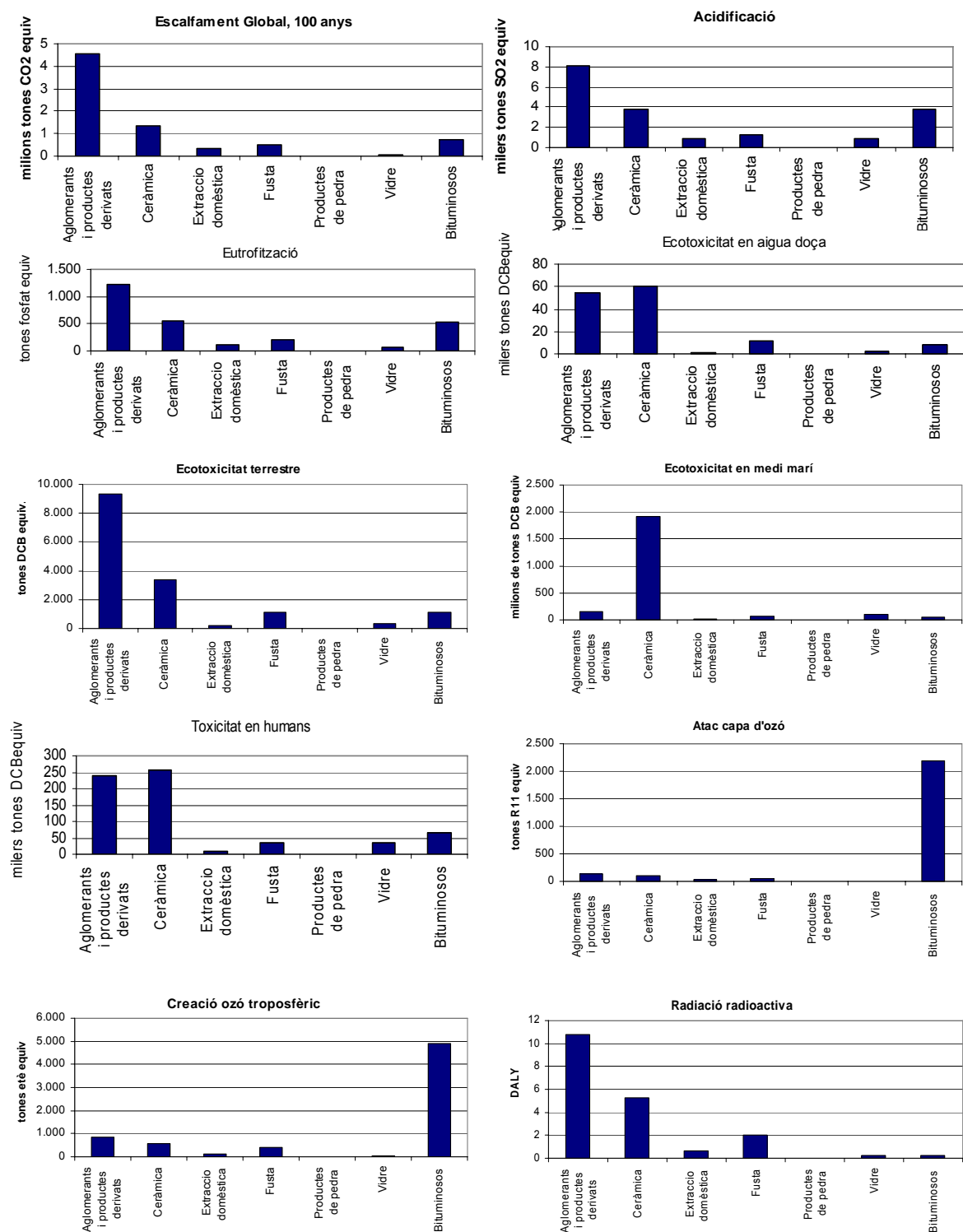


Figura 5.46 Impactes ambientals associats als principals materials consumits en el sector de la construcció a Catalunya l'any 2001, usant el mètode CML 2001.

Un perfil similar al potencial d'acidificació és el del potencial d'eutrofització associat al sector. El potencial d'eutrofització total és de 3 mil tones de fosfat equivalent, on el 80% està associat a la fabricació d'aglomerants, materials ceràmics i bituminosos.

En la quantificació de les toxicitats, ja sigui per humans, en aigua dolça com en medi marí, el pes de la fabricació de materials ceràmics passa a ésser molt més rellevant. De fet, les emissions associades a la fabricació de material ceràmic suposen entorn al 40% del potencial de toxicitat en aigua dolça i en humans, i el 80% del potencial de toxicitat en medi marí. En canvi, en la mesura del potencial de toxicitat terrestre continua havent-hi un fort pes dels processos de fabricació d'aglomerants, i l'aportació del sector ceràmic es redueix fins al 20%.

En no incloure materials com pintures, vernissos o refrigerants, la major part dels impactes associats a la creació d'ozó troposfèric i la generació de productes amb un potencial de destrucció de la capa d'ozó, estan associats a la producció de matèries bituminoses que majoritàriament s'acaben utilitzant en infraestructures.

Per últim, les emissions radioactives són mínimes per aquesta família de recursos i estan associades al consum energètic dels materials.

5.6 Conclusions

En aquest treball es presenta una primera estimació dels fluxos i dels impactes associats al consum de materials pel sector de la construcció a Catalunya l'any 2001. A mode de resum en la Taula 5.30 es presenten els consums energètics i la producció dels diferents productes analitzats i del transport:

Taula 5.30 Consums associats a la fabricació i transport dels materials de la construcció de Catalunya l'any 2001

Procés	Quantitat (tones)	Consum energètic fabricació (MWh)	Energia	
			KWh/t	MJ/kg
DE	60.377.177	437.358	7	0,03
Ciment	7.498.493	6.448.704	860	3,10
Formigó, morter i prefabricats	25.870.012	250.025	10	0,03
Calç, guix, escaiola i derivats	388.378	131.009	337	1,21
Ceràmics i terra cuita	3.953.479	2.585.554	654	2,35
Vidre i derivats per a la construcció	102.784	144.247	1403	5,05
Transport	92.436.066	5.175.076	56	0,20
<i>Interior</i>		1.002.048	13	0,05
<i>Espanya</i>		1.514.860	126	0,45
<i>Estranger</i>		2.658.168	526	1,89
<i>Importacions</i>		2.060.480	265	0,95
<i>Exportacions</i>		2.112.556	226	0,81

El resultat mostren el fort pes, no només en termes quantitius sinó també l'impacte, que té el sector de la construcció en l'entorn natural de Catalunya. Tant per l'ocupació del sòl urbanitzable, a través del creixement de l'estoc de material en més de 50 milions en un any, com per la degradació de l'entorn que provoca l'extracció de matèries primeres i la generació d'energia necessària per satisfer la demanda del sector. Cal remarcar que el 90% dels recursos extrets a Catalunya són minerals, dels quals un 94% són usats en el sector de la construcció. A més cal tenir en compte que, tot i que les principals matèries primeres usades són abundants, són finites. L'elevada extracció que s'està realitzant ens apropa al seu límit. Seria interessant poder disposar d'un mapa dels estocs existents i poder quantificar la proximitat a aquest límit, quantificant els anys que queden de recursos al ritme de consum actual.

L'elevat consum de productes de pedrera, tant directe com indirecte, ha de disminuir. El tancament dels cicles dels materials, reutilitzant i transformant els materials dels edificis i les infraestructures obsoletes, així com l'ús de subproductes i la

DE no usada, és necessari però no suficient. L'estimació feta mostra que aquests fluxos només representen entre el 10 i el 20% del consum. És a dir, que únicament permetrien frenar el creixement del consum, però no disminuir-lo. En aquest context serà necessari disminuir la intensitat material (t/m^2) de les construcció o bé disminuir les noves construccions si es vol tendir cap a la desmaterialització de Catalunya. Evidentment, en aquest procés serà clau dissenyar els edificis per a la deconstrucció futura y recuperació dels materials emmagatzemats en l'estoc que creix any rere any.

Les repercussions d'aquesta desmaterialització de la construcció no es limitaran únicament en una disminució del DMC del país, sinó que tenen un efecte directe i rellevant sobre altres impactes sobre l'entorn. Per exemple, les emissions de CO_2 associades a la fabricació dels principals materials consumits són més de 7 milions de tones i el transport dels productes de la construcció entorn a un 1milió de tones, és a dir gairebé un 25% de les emissions de CO_2 de Catalunya, i aquesta xifra sense incloure el consum energètic de les edificacions.

Un altre aspecte rellevant, àmpliament remarcat en aquest i d'altres estudis, és la baixa dependència de l'exterior en general pel sector de la construcció. Aquest fet és totalment cert pels productes de pedrera, on el 90% és extret o produït en territori català, però no és tant clar per altres productes. Els resultats mostren una dependència de l'exterior rellevant per altres recursos com els productes ceràmics o metàl·lics. La manca de matèries primeres per la fabricació de molts productes, com els plàstics o els metalls, implica que l'única forma de tendir cap a un mercat autòcton és crear un mercat de reciclatge i així disminuir la dependència de l'exterior, molt important encara per determinats productes.

El consum està totalment dominat pels recursos no renovables, i la fracció de recursos biòtics és mínima i representa menys del 1,5% del consum total. Tot i aquesta baixa proporció, la dependència de l'exterior de recursos renovables ja és molt elevada, doncs les importacions són 4 vegades superiors a la DE. Per tant, a l'hora de fomentar-ne el seu ús en l'edificació s'ha de tenir en compte la falta de disponibilitat en el territori nacional, el consum energètic associat al seu transport i l'externalització d'impactes a d'altres països.

També cal destacar altres problemàtiques associades a l'estoc de materials presents a Catalunya, majoritàriament edificacions i infraestructures. Molts d'aquests materials al final de la seva vida resten soterrats i repartits al llarg del territori, moltes vegades se'n desconeix la seva existència o ubicació exacte. En el futur també hi haurà més importància de les remodelacions. Actualment a Espanya suposen un 20% de la construcció mentre que a Europa suposen un 30% (Aced et al., 2007).

Evidentment, aquest treball únicament recull part dels impactes ambientals associats a l'ús de recursos en el sector de la construcció, i altres aspectes molt vinculats i rellevants com és l'ús del sòl queden fora de l'àmbit de l'estudi.

Els resultats presentats són una primera aproximació però la metodologia desenvolupada és l'adequada per poder-ho calcular amb més precisió en el futur, quan hi hagi una major disponibilitat de dades estadístiques, tant del comerç amb l'Estat espanyol com de producció.

Per completar l'anàlisi realitzat i tenir una imatge general del metabolisme d'aquest sector, caldria realitzar una anàlisi més a fons de productes de baix consum, com les pintures, els plàstics,... i dels consum energètics i hídrics en la fase d'ús de les edificacions i infraestructures.

5.7 Bibliografia

- Aced, J.M., Pedrerol, J., Gallostra, J., Blasco, E., i Ortí, A. (2007). *Diagnosi tecnològica de la construcció a Catalunya. La construcció: un projecte poc eficient*. Barcelona: Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya.
- Andrés, L., Fabregat., García, J., Hermosilla, A., López, X., Poveda, C., i Sáez, X. (2001). *Informe anual sobre la indústria a Catalunya 2001*. Barcelona: Departament d'Indústria, Comerç i Turisme. Generalitat de Catalunya.
- ARC. (2007). *Estadística de generació de runes a Catalunya*. Barcelona: Agència de Residus de Catalunya. Generalitat de Catalunya. Recuperat l'octubre del 2007 a, <http://www.arc-cat.net/ca/estaddin/Industrials/EstadGRI1.asp>
- Castells, F., i Rieradevall, J. (2005). *Innovation by Life Cycle Management LCM 2005 International Conference. Vol I i II*. Barcelona: Life Cycle Management International Conference.
- Ciment Català. (2006). *Procés productiu*. Recuperat el novembre de 2006 a, <http://www.ciment-catala.org/>
- DARP. (2001). *Estadístiques forestals*. Recuperat el juliol del 2007 a, www.gencat.net/darp/c/dades/forestal/forest02.htm
- DMA. (2001). *La indústria del ciment. Documents de referència sobre les millors tècniques disponibles aplicables a la indústria*. Barcelona: Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. Recuperat a gener del 2007 a: <http://mediambient.gencat.net/cat/empreses/mtd/inici.jsp>
- DPTOP. (2000). *Butlletí d'estadística de l'edificació a Catalunya nº7*. Barcelona: Direcció General d'Arquitectura i Habitatge. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Recuperat el setembre del 2007 a, http://mediambient.gencat.net/Images/43_33163.pdf
- DPTOP. (2003). *Anuari estadístic*. Barcelona: Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- EC. (2001a). *Reference document on best available techniques in the cement and lime manufacturing industries. Integrated pollution prevention control*. Recuperat l'octubre del 2006 a, <http://eippcb.jrc.es>
- EC. (2001b). *Reference document on best available techniques in the glass manufacturing industries. Integrated pollution prevention control*. Recuperat l'octubre del 2006 a, <http://eippcb.jrc.es>
- Eurostat. (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Eurostat. (2006). *RAMON*. Recuperat l'octubre de 2006 a, http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/relations/index.cfm?TargetUri=LST_REL
- Frischknecht, R., Althaus, H.J., Doka, G., Dones, R., Heck, T., Hellweg, S., Hischer, R., Jungbluth, N., Nemecek, T., Rebitzer, G., i Spielmann, M. (2007). *Overview and*

- methodology. Final report Ecoinvent v2.0 No. 1.* Duebendorf, CH: Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Recuperat a 9 gener de 2007 a, <http://www.ecoinvent.org/publications/ecoinvent-reports/>
- Fundación Entorno. (2004). *Guía tecnológica. Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Fabricación de cal i derivados.* Barcelona: Fundación Entorno.
 - Guine, J.B. (2001). *Life cycle assessment; an operational guide to the ISO standards; Part 1 and 2* (Ed. Final). Països Baixos: Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM) i Centre of Environmental Science (CML).
 - IDESCAT. (2001a). *Estadística comerç exterior any 2001.* Recuperat el juny 2007 a, www.idescat.net
 - IDESCAT. (2001b). *Estadística de producció i comptes de la indústria. Any 2001.* Recuperat el juny 2007 a, www.idescat.net/cat/economia/industria/
 - IDESCAT. (2005). *Anuari d'estadística de Catalunya 2005.* Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya.
 - IDESCAT. (2007). *Anuari d'estadística de Catalunya 2007.* Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya. Recuperat el juny 2007 a, www.idescat.net
 - IGME. (2007). *Panorama minero español.* Recuperat l'octubre del 2007 a, www.igme.es/internet/RecursosMinerales/panoramaminero/panorama-minero.htm
 - Junta Residus. (2000). *Programa de gestió de residus de la construcció a Catalunya 2001 -2006.* Barcelona: Junta de Residus. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.
 - McEvoy, D., Ravetz, J., i Handley, J. (2004). Managing the flow of construction minerals in the North West Region of England. *Journal of Industrial Ecology*, 8, 121-140.
 - Ministerio de Economía. (2001). *Estadística Minera de España 2001.* Madrid: Ministerio de Economía.
 - Ministerio de Fomento. (2001). *Encuesta permanente del transporte de mercancías por carretera.* Madrid: Ministerio de Fomento.
 - Ministerio de Fomento. (2007). *Obras en edificación. Año 2001a 2005.* Recuperat setembre 2007 a, http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/INFORMACION_MFOM/INFORMACION_ESTADISTICA/Publicaciones/obras_edificacion/
 - Mitja, A., Sort, X., Bascompte, F., Oliveras, J., i Tarrasón, J.C. (2000). *Recursos minerales de Catalunya.* Barcelona: Direcció General d'Energia i Mines. Departament d'Indústria,
 - MMA. (2004). *Guía de mejores técnicas disponibles en España de fabricación de cemento.* Madrid: Dirección General de Calidad Ambiental. Secretaria General de Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente.
 - PE Europe GmbH. (2007). Gabi Software. Recuperat a gener de 2007 a, <http://www.gabi-software.com/gabi/gabi-4/>.

-
- Pueyo, E. (2003). *Documents de referència sobre les millors tècniques aplicables a la indústria: La indústria del vidre*. Barcelona: Departament Medi Ambient. Generalitat Catalunya.
 - Reijnders, L. (2007). The cement industry as a scavenger in industrial ecology and the management of hazardous substances. *Journal of Industrial Ecology*, 11(3), 15-25.
 - Rebitzer, G., Ekvallb, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.-P., Suh, S., Weidemaier, B.P., i Pennington, D.W. (2004). Review life cycle assessment. Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications. *Environment International*, 30, 701– 720.
 - Smith, R.A., Kersey, J.R., i Griffiths, P.J. (2002). *The construction industry mass balance: Resource use, wastes and emissions* (revised version). UK: Viridis.
 - Symonds. (1999). *Construction and demolition waste management practices, and their economic impact. Report DGXI*. Brussels: European Commission.
 - Van Oss, H., i Padovani, A. (2003). Cement manufacture and the environment: Part II: Environmental challenge and opportunities. *Journal of Industrial Ecology*, 7(1), 93-126.
 - Xarxa temàtica ACV. (2002). *Llibre didàctic de l'anàlisi del cicle de vida*. Barcelona: Departament Medi Ambient i Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació. Generalitat de Catalunya. Recuperat 17 gener 2007 a, http://mediambient.gencat.net/cat/empreses/ipp/llibre_acv.pdf

6 ANÀLISI DELS FLUXOS DE MATERIALS DE POLÍGONS INDUSTRIALS I EMPRESES

Part d'aquest treball ha estat presentat en:

- Material Flow Analysis adapted to an industrial area en el *Journal of Cleaner Production* (Sendra et al., 2007).

6.1 Introducció

L'Ecologia Industrial, tot i ésser un camp relativament jove, està tenint un elevat creixement i difusió en tots els àmbits, des de l'empresarial fins al polític i institucional. El concepte, basat en l'assimilació del metabolisme dels sistemes industrials al dels sistemes naturals, s'ha definit extensament en la literatura i actualment també hi ha nombroses experiències on s'ha implementat aquest concepte a diferents escales⁴⁸: des d'escala de producte o empresa, fins a estudis a escala mundial.

Però potser la contribució més rellevant de l'Ecologia Industrial, és la perspectiva més ampla amb la qual s'analitzen les indústries, i com es proposa transformar les àrees industrials en Eco Industrial Parks (EIP). Les indústries o empreses s'analitzen dins l'entorn on es troben ubicades des d'una perspectiva ambiental, però sense comprometre els aspectes socials ni econòmics. L'estudi va més enllà de la millora o l'optimització de les tècniques o estratègies productives, i es centra en l'anàlisi de les interrelacions entre les empreses i el seu voltant, ja siguin altres empreses, ciutats o fins i tot a escala regional (Lowe, 2001). L'agència de protecció ambiental dels Estats Units (Environmental Protection Agency, EPA) va definir un EIP com:

“a community of manufacturing and services companies seeking enhanced environmental and economic performance through collaboration in managing environmental and resources issues including energy, water and materials... Through collaboration, this community of companies becomes an industrial ecosystem” (Cote, 1998).

La idea darrera d'aquest nou model industrial de cooperació entre empreses consisteix en trobar situacions “win-win”, on els beneficis de la cooperació siguin superiors a la suma dels beneficis individuals.

Tot i els esforços esmerçats i la força del concepte d'EIP, en la actualitat encara hi ha poques experiències i sorgeixen molts problemes quan es vol implementar el concepte a la realitat (Gibbs i Deutz, 2005). L'èxit d'un EIP depèn de moltes variables, però el temps i la participació de les empreses per construir la xarxa d'intercanvi són crucials, especialment per reconvertir àrees industrials ja existents (Heeres et al., 2004). En general, els projectes de reconversió han d'ésser una

⁴⁸ Per tenir una idea de la situació de l'Ecologia Industrial i les principals àrees de recerca es recomana el Journal of Industrial Ecology disponible online a www.is4ie.org i els volums especials del *Journal of Cleaner Production* (2004) dedicats al camp.

evolució lenta i progressiva de l'àrea industrial cap a un EIP. En aquest procés de millora progressiva són necessaris indicadors, que poden ésser molt útils per reflectir i mesurar aquesta evolució continua.

També s'ha demostrat i és lògic, que com més extensa és l'àrea analitzada, més fàcil és trobar possibles interaccions entre empreses. Actualment s'estan desenvolupant projectes amb perspectives interessants a escala regional (Johansson et al., 2005; Sterr i Ott, 2004). Aquesta ampliació dels límits del sistema implica un augment del nombre de fluxos i dades a analitzar, incrementant la complexitat del sistema. En aquest context, emergeix la necessitat de trobar eines que permetin la simplificació del sistema, com el MFA i els indicadors que se'n deriven.

Existeix una extensa bibliografia sobre indicadors, tant ambientals com de sostenibilitat (Seager i Theis, 2004; Olsthoon et al. 2001). En general, un bon indicador ha d'ésser creïble, transparent, rellevant, acurat, mesurable, factible de calcular, comparable, adaptable, capaç de mostrar canvis i fàcilment comprensible (UN, 2001). Moltes vegades l'estimació d'alguns indicadors implica una gran quantitat de dades molt precises o d'altres vegades darrera d'un indicador hi ha complexos mètodes d'estimació, que condueixen a nombres finals agregats, desvinculats d'un significat físic. Aquests són precisament els punts forts dels indicadors derivats del MFA. Per a la seva estimació es necessiten dades a l'abast de totes les empreses, com el consum de matèries primeres, la producció, etc... , mentre que l'indicador final sempre és en unitats físiques, com per exemple tona o Joule, fet que facilita la seva interpretació.

La metodologia del MFA s'ha aplicat majoritàriament a països i regions per avaluar-ne el metabolisme social (Ayres i Ayres, 2002; Brunner i Rechberger, 2004), però no en àrees industrials. A escala d'indústria és més freqüent l'aplicació d'anàlisi Input - Output, *Substance Flow Analysis* (Hashimoto i Moriguchi, 2004; Bailey et al., 2004; Committee on Industrial Environmental Performance Metrics, 1999), o d'altres metodologies similars com l'*Environmental Managing Accounting* (UN, 2001). Un dels valors afegits d'aplicar el MFA a aquesta escala, és que permet quantificar tots els fluxos de recursos del sistema a la vegada que permet calcular indicadors simples i significatius que permetran detectar els punts crítics del sistema, reflectir la situació i quantificar l'evolució del seu metabolisme industrial. Així l'objectiu de l'estudi que es presenta en aquest capítol és doble, per una part desenvolupar i adaptar la metodologia del MFA per ésser aplicada a escala industrial i per altra part, aplicar-la a un cas d'estudi, un polígon industrial situat a Santa Perpètua de Mogoda.

6.2 Adaptació de la metodologia del MFA per la seva implementació a escala d'empresa i polígon industrial

L'aplicació de l'anàlisi de fluxos de materials a un polígon industrial i a una empresa consta de dues parts. En primer lloc, s'ha adaptat la metodologia proposada per Eurostat (2001) a escala nacional per poder ésser implementada a escala de polígon industrial i empresa, definint els indicadors i complementant-los amb indicadors d'aigua i energia. En segon lloc, la metodologia desenvolupada ha estat aplicada a un cas d'estudi, un polígon industrial situat a Santa Perpètua de Mogoda.

Pel càlcul del MFA del cas d'estudi, s'ha partit de dades subministrades per les pròpies empreses i s'han aplicat balanços de matèria per comprovar i detectar incongruències de les dades subministrades. S'ha analitzat cadascuna de les empreses, avaluant el consum de matèries primeres, la generació de residus, les emissions... Posteriorment, s'ha estudiat cada empresa com un subsistema independent i per últim s'ha tractat tot el conjunt d'empreses com una sola unitat: el polígon. Les dades de cada subsistema s'han agregat per obtenir, finalment el TMR i el DMI del sistema.

6.2.1 Anàlisi dels fluxos de materials aplicat a àrees industrials i empreses

La metodologia seguida per l'anàlisi dels fluxos de materials d'àrees industrials i d'empreses és similar a la proposada per Eurostat (2001) per a economies nacionals. A continuació es presenten les particularitats de la seva aplicació a escala de polígon i empresa.

6.2.1.1 Límits del sistema

El MFA es pot aplicar tant a cada empresa individualment, com a l'àrea o polígon industrial en la seva totalitat. Cada empresa és un **subsistema** que forma part de l'àrea industrial, el **sistema**. Tots els subsistemes i el sistema en la seva totalitat, han de complir el balanç de matèria, però el balanç global del sistema no és la suma dels balanços individuals de les empreses.

Els límits dels subsistemes s'han definit com els límits territorials de les empreses. Mentre que els límits del sistema és la suma de les àrees de les empreses o subsistemes que el constitueixen. Per tant, si totes les companyies d'un polígon industrial participen en el projecte, llavors els límits del sistema global coincidiran amb els límits territorials o geogràfics del parc.

En el cas que una empresa o companyia tingui més d'una fàbrica, únicament s'inclouran en l'anàlisi les factories que estiguin situades dins l'àrea d'estudi, és a dir dins dels límits del sistema.

6.2.1.2 Fluxos

Les matèries primeres aprofitades o extretes en l'interior de l'àrea analitzada es consideren **extracció domèstica**; mentre que si són extretes o comprades a empreses de fora del sistema són tractades com **importacions**. Els productes acabats destinats a la venda són les **exportacions** i la resta de materials residuals, són fluxos de **sortida cap a l'entorn natural** (sortides a l'aigua, sòl i aire).

Anàlogament a la metodologia per escala nacional, els **fluxos indirectes associats a la producció** poden ésser inclosos o no. Per a la seva estimació es poden utilitzar els mateixos coeficients que per una economia nacional, els coeficients MIPS del Wuppertal Institute sense incloure el transport. Però és una aproximació, el més adequat és estimar-los en cada cas, per poder tenir una mesura real del sistema. Els subproductes no tenen fluxos indirectes associats. Tots els fluxos indirectes s'imputaran al producte principal per dos motius:

- Evitar comptar dues vegades un mateix flux.
- La generació d'un subproducte no és l'objectiu principal de l'empresa productora sinó una conseqüència inevitable.

Únicament seran considerats fluxos indirectes associats als subproductes, aquells materials necessaris per modificar les seves característiques o millorar les seves propietats per tal de fer-lo apte per al reprocessament.

Cal tenir en compte, que l'aigua és pròpiament un recurs material. Però, com s'ha comentat per l'avaluació del MFA a escala regional (Capítol 4), si s'utilitzés un únic indicador que comptabilitzés conjuntament els consums de materials i el consum d'aigua, únicament reflectiria l'evolució de l'aigua, degut a la seva elevada contribució al total. Per aquest fet, els indicadors de materials únicament inclouen l'aigua que s'incorpora directament al producte acabat, i es definiran un grup d'indicadors específics, i complementaris als del MFA, per a l'aigua.

De la mateixa manera únicament es comptabilitzarà l'aire necessari per fer quadrar els balanços de les empreses. És a dir, l'aire que s'acabi incorporant a algun dels productes de sortida, sigui producte acabat o sortides cap a l'atmosfera.

6.2.1.3 Aspectes rellevants en l'adaptació del MFA a escala d'àrea industrial

Quan el MFA per economies nacionals s'adapta a escala de polígon industrial, cal destacar-ne alguns aspectes:

- Cal combinar el MFA amb una anàlisi dels fluxos d'energia i d'aigua del sistema, ja que és important mesurar tots els recursos que s'utilitzen al sistema. En funció de la localització de l'àrea industrial, aquests dos recursos poden tenir importants impactes ambientals. La seva comptabilització també és important perquè cal detectar situacions en les quals el consum de materials disminueixi provocant un augment del consum d'aigua o d'energia en el sistema (per exemple, el reciclatge d'alguns materials). En resum, en un EIP s'ha de millorar l'ús de tots els recursos, no només els materials, i per tant cal quantificar-los tots.
- A escala nacional la major part de les dades utilitzades són estadístiques, en canvi a escala d'empresa les dades són subministrades per les pròpies companyies, reflectint millor la realitat i l'heterogeneïtat del sistema. A més, els fluxos indirectes associats a la producció poden ésser estimats in situ, ja que els coeficients usats a escala nacional podrien donar valors erronis en ésser aplicats a casos concrets. És més, els resultats dels fluxos indirectes estimats pels polígons industrials, podrien ésser usats per complementar i desenvolupar una base estadística per estimar els fluxos indirectes a escala nacional o regional.
- En les àrees industrials la desmaterialització dèbil ha d'ésser calculada mesurant l'entrada de materials per unitat productiva generada, enlloc de per unitat de PIB o per capita, com es quantifica a escala nacional o regional. En aquest cas la producció pot ésser quantificada en unitats màssiques o monetàries. Però es recomana usar unitats físiques per evitar la influència de la fluctuació dels preus, en el resultat final.
- A escala nacional el sistema s'analitza com una caixa negra, en canvi a escala de polígon industrial també cal analitzar les companyies individualment. En una àrea industrial és imprescindible l'anàlisi dels subsistemes que la constitueixen, per tal de mesurar els fluxos i detectar oportunitats de millora, tals com intercanvis de materials entre empreses.
- La base de dades creada per avaluar els indicadors derivats del MFA, serà una eina molt important per detectar oportunitats de millora en l'àrea industrial. Per tant, no només són útils els indicadors finals obtinguts sinó tot el procés i les dades usades per obtenir-los.

6.2.1.4 Definició i càlcul dels indicadors

Seguint els criteris metodològics i conceptuals del MFA a escala nacional, s'han definit un conjunt d'indicadors materials en unitats físiques, que són útils per estructurar i simplificar la informació de l'àrea industrial.

Els fluxos de materials s'agrupen per tal d'aconseguir una visió global dels recursos intercanviats entre el sistema i l'entorn. Segons el tipus d'informació necessària, els indicadors seran avaluats per a tota l'àrea industrial, donant una visió global del sistema, o bé per a cada companyia, facilitant la comparació entre els diferents subsistemes.

Com ja s'ha esmentat, els indicadors de consum de materials no són suficients per analitzar l'ús de recursos o les eficiències de les diferents indústries, i s'han de complementar amb indicadors d'aigua i energia.

S'han definit indicadors tant en termes absoluts com relatius. Els indicadors en termes absoluts donen informació sobre el consum o generació total, ja sigui de recursos materials, energètics o d'aigua. Mentre que els indicadors en termes relatius mostren l'eficiència en l'ús de recursos. Degut a la manca d'informació sobre l'ús i la dissipació d'energia en el sistema, pel cas dels indicadors derivats de l'energia únicament s'han calculat els indicadors de consum.

A continuació es defineixen tots els indicadors definits i utilitzats en aquest capítol. S'han agrupat en les tres famílies esmentades:

- Indicadors materials
- Indicadors hidràulics
- Indicadors energètics

i. Indicadors materials

■ *Entrada directa de materials (Direct Material Input, DMI)*: és la quantitat de material útil que entra al sistema anualment. És a dir, tots aquells béns propis o adquirits per ésser transformats en un procés productiu i que adquireixen l'estat final (s'incorporen o bé es transformen) de producte. Es comptabilitzarà com la suma de les matèries extretes del propi sistema (extracció domèstica, DE) més les matèries d'origen extern al sistema (Importacions).

Equació 6.1 **DMI = Extracció domèstica + Importacions**

■ *Requeriment total de materials (Total Material Requirement, TMR):* és la quantitat total de materials extrets del medi natural anualment per tal de desenvolupar les activitats econòmiques del sistema analitzat.

Equació 6.2 **TMR = DMI + Fluxos indirectes assoc. importacions**

■ *Exportacions o producció (P):* és la mesura de la quantitat total de producte acabat que es fabrica anualment en el sistema.

■ *Entrada directa de materials per treballador (DMI treballador):* és la mesura de la quantitat de materials anuals que entren directament en el sistema dividit entre els nombre de treballadors del sistema analitzat.

Equació 6.3 **DMI treballador = DMI / n° total treballadors**

■ *Requeriment total de materials per treballador (TMR treballador):* anàlogament al DMI per treballador, aquest indicador mesura les tones de matèries primeres que són necessàries anualment pel funcionament del sistema dividit entre els nombre de treballadors.

Equació 6.4 **TMR treballador = TMR / n° total treballadors**

■ *Productivitat laboral (Worker Productivity, WP):* és la mesura de la quantitat de producte fabricat anualment per treballador.

Equació 6.5 **WP = Producció / n° total treballadors**

■ *Generació total de residus (Total Waste Output, TWO):* és la mesura de la quantitat total de residus materials que surten del sistema anualment. No es quantificaran tots aquells residus que es reciclin o reutilitzin en l'interior del sistema.

■ *Emissions a l'atmosfera (Atmospheric Emissions, AE):* és la quantitat anual de gasos emesos a l'atmosfera. Anàlogament al MFA a escala regional o nacional, es sumaran les tones de tots el productes emesos.

■ *Emissions a l'aigua (Water Emissions, WE)*: és la quantitat de materials abocats anualment a les aigües residuals: sòlids en suspensió, carboni, nitrogen, fòsfor,... Per evitar comptabilitzar dues vegades els mateixos materials, cal tenir en compte que si, en l'interior de l'àrea o bé en una empresa, hi ha una estació depuradora d'aigües residuals, es comptabilitzaran les emissions a les aigües residuals a la seva sortida, i la generació de residus (fangs...) com a conseqüència del tractament d'aquestes aigües serà comptabilitzat dins del TWO.

■ *Sortida domèstica de processats (Domestic Processed Outputs, DPO)*: és la suma de totes les sortides de materials processats en el sistema, cap a l'entorn natural.

Equació 6.6 **$DPO = TWO + AE + WE$**

■ *Generació de residus per treballador (TWO treballador)*: és la mesura de la quantitat total de residus que surten del sistema per treballador cada any.

Equació 6.7 **$TWO \text{ treballador} = TWO / n^{\circ} \text{ total treballadors}$**

■ *Eco – Eficiència (Eco – Ef)*: és el producte generat anualment per unitat de material utilitzat. Aquest valor variarà entre 0 i 1, perquè òbviament si treballem en unitats màssiques mai es podrà produir més material del que entri. És un indicador adimensional, equivalent al percentatge de matèria que entra en el sistema i és transformada en producte acabat.

Equació 6.8 **$Eco - Ef = Producció / TMR$**

■ *Eco – Intensitat (Eco – In)*: és la mesura de la quantitat anual de materials utilitzats per unitat de producte fabricat. És la inversa de l'Eco – Ef, i també és adimensional.

Equació 6.9 **$Eco - In = TMR / Producció$**

■ *Ineficiència material (M-Inef, Material Inefficiency)*: és la quantitat anual de sortides cap a la natura per unitat de producte. Aquest valor hauria de ser inferior a 1 ja que, en la majoria dels casos, la quantitat de residus generats hauria d'ésser inferior a la quantitat de producte generat.

Equació 6.10 **$M\text{-Inef} = DPO / \text{Producció}$**

ii. **Indicadors hidràulics**

■ *Entrada hidràulica total (Total Water Input, TWI)*: quantifica el consum total d'aigua. Haurà de comptabilitzar tant l'aigua de xarxa (TWI importat, TWIi), com l'aigua provinent de recursos propis del sistema (TWI domèstic, TWId), (aigua de pluja, pous...). No inclourà l'aigua incorporada al producte, per evitar la seva doble comptabilització.

Equació 6.11 **$TWI = TWIi + TWId$**

■ *Requeriment hidràulic per treballador (TWI treballador)*: mesura el consum d'aigua per treballador del sistema, i per tant tampoc inclourà l'aigua incorporada en el producte.

Equació 6.12 **$TWI \text{ treballador} = TWI / n^{\circ} \text{ total treballadors}$**

■ *Generació total d'aigües residuals (Total Waste Water Output, TWWO)*: mesura la quantitat total d'aigües residuals que surten del sistema cada any. Es mesura en unitats massiques, en tones, però és aproximadament equivalent, als m³ d'aigües residuals generades.

iii. **Indicadors energètics**

En relació als fluxos energètics, no es realitza un balanç ja que les úniques dades de què es disposava en abordar aquest treball de recerca són els consums energètics de les empreses, desconeixent la quantitat d'energia consumida que surt del sistema incorporada en el producte i les pèrdues per ineficiència o dissipació que es duen a terme al llarg del procés productiu.

■ *Requeriment energètic total (Total Energy Input, TEI)*: quantifica el consum energètic anual total del sistema. Inclourà tant l'energia elèctrica procedent de xarxa (TEI importada, TEI_i), com l'energia procedent de recursos propis del sistema, com poden ser sistemes de cogeneració, l'aprofitament d'energies renovables (solar, eòlica...) (TEI domèstica, TEI_d). Quan s'avalua el TMR del sistema (en el qual s'inclou el consum de combustibles fòssils amb finalitats energètiques, en unitat màssiques) no es comptabilitza el consum de recursos per l'obtenció d'energia renovables. En canvi, en l'avaluació del TEI en unitats energètiques s'inclou l'energia procedent de fonts renovables (TEI_d), per tal de poder apreciar si hi ha una disminució real del consum energètic degut a millores en l'eficiència i no degut a una diversificació del seu origen.

Equació 6.13 **TEI = TEI_i + TEI_d**

■ *Requeriment energètic per treballador (TEI treballador)*: mesura el consum energètic per treballador del sistema cada any.

Equació 6.14 **TEI treballador = TEI / n^o total treballadors**

■ *Intensitat energètica (Energy Intensity, E-In)*: és una mesura de l'energia necessària per fabricar un producte, en aquesta etapa del procés productiu. És una mesura del cost afegit per unitat de producte.

Equació 6.15 **E - In = TEI / Producció**

6.2.2 Origen i tractament de les dades pel cas d'estudi

La part d'obtenció de dades de les empreses va formar part d'un treball realitzat anteriorment (Gabarrell i Vicent, 2001) i la unificació de les unitats i la comprovació de la consistència de les dades subministrades està inclòs en el projecte final de carrera de Ciències Ambientals realitzat per Ester Garcia i dirigit pels Dr. Xavier Gabarrell i la Dra. Teresa Vicent (Garcia, 2002).

Les dades de partida han estat subministrades a través d'una enquesta, la Fitxa d'Activitats Industrials, realitzada a cada empresa pel Centre d'Estudis Ambientals (CEA/ICTA; UAB) l'any 2000. Les dades analitzades contempnen

únicament l'entrada de matèries primeres al procés, els cabals de sortida de productes, subproductes i residus en el període d'un any⁴⁹.

En analitzar les dades es varen detectar un elevat nombre d'incongruències i es va proposar desenvolupar una metodologia (Garcia, 2002) per a:

- 1) Identificar i quantificar els fluxos no coneguts o no mesurats, resolent incongruències i la manca de dades.
- 2) Comprovar la consistència de les dades subministrades per les empreses.

Per tal de seleccionar i estructurar les dades subministrades a través de l'enquesta s'han construït els "Diagrames Entrada - Sortida" (Figura 6.1). Els "Diagrames Entrada - Sortida", són diagrames de flux per cada empresa on es detallaran tots el corrents d'entrada i sortida, especificant substàncies i cabals. Per a cada subsistema s'han creat 3 tipus de diagrames en funció del tipus de flux analitzat :

- a) Materials
- b) Hidràulics
- c) Energètics

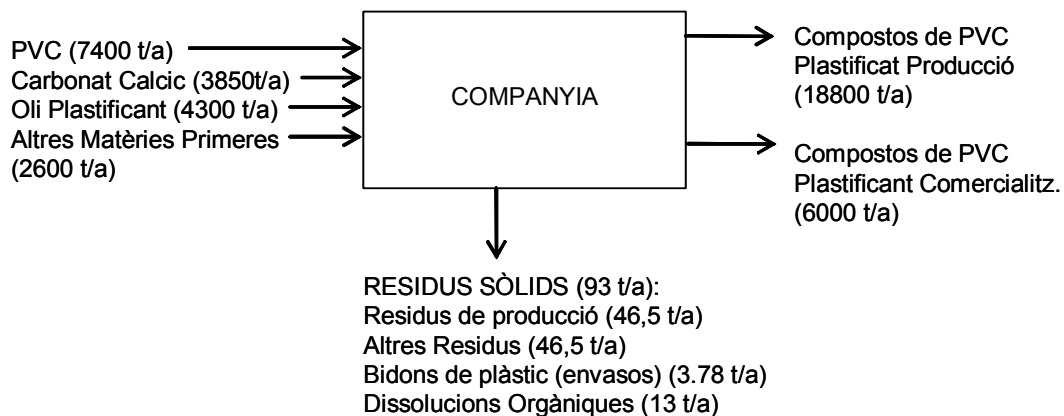


Figura 6.1 Diagrama d'Entrada - Sortida de Materials per una companyia. En aquest cas es presenta l'exemple d'una companyia o empresa que es dedica a la producció i comercialització de compostos plastificats de PVC.

Amb els fluxos d'entrada i sortida dels diagrames, es construeixen les matrius de dades inicials del sistema, que contindran totes les dades de les enquestes que es consideren útils per aquest treball (Figura 6.2). Hi hauran 6 matrius:

- Matèries primeres i mercaderies
- Productes i mercaderies comercialitzades
- Residus

⁴⁹ L'enquesta va ésser realitzada amb un altre objectiu per la qual cosa la informació continguda no és l'optima per a poder fer un MFA del sistema.

- Consum d'aigua (especificant cabals i usos)
- Generació d'aigües residuals (especificant cabals i destins)
- Consum energètic (especificant les diferents fonts d'energia)

En aquestes matrius, cada fila és una empresa i en cada columna hi ha una tipologia de material o bé els usos, per les matrius d'aigua i energia, com es pot observar en la Figura 6.2:

Empresa \ TIPUS DE MATERIAL	Material A	Material B	...	Material M	DMI de cada empresa
Empresa 1	A1	B1	...	M1	A1+B1+...+M1
Empresa 2	A2	B2	...	M2	
...	
Empresa n	An	Bn	...	Mn	
Quantitat total de cada material	$\sum A_i (i=1,n)$				DMI del sistema

Figura 6.2 Matrius de dades inicials del sistema. Es construiran 6 matrius amb aquesta estructura per organitzar les dades inicials obtingudes a través de les enquestes.

En l'última columna de la Figura 6.2, es farà el sumatori de tots els materials consumits per cada empresa obtenint l'entrada directa de materials (Direct Material Input, DMI) de cada companyia; i s'obtindrà també el DMI del sistema que serà l'entrada total de materials a l'àrea, obtinguda com el sumatori dels DMI de totes les empreses menys l'intercanvi de subproductes.

El següent pas, consisteix en l'aplicació de balanços de matèria a cada subsistema. Les dades empresarials subministrades en l'enquesta, referents als fluxos de matèria són examinades per complir l'equació del balanç de matèria suposant que la generació és nul·la, ja que treballem en unitats màssiques, i que l'acumulació també és igual a zero, agafant com a base de càlcul un any, període prou llarg per suposar estat estacionari. Segons el principi de la conservació de la matèria, si estem treballant en un sistema sense generació i en estat estacionari, la suma de totes les entrades del sistema serà sempre igual a la suma de les sortides.

En aplicar l'equació es pot:

- Comprovar la consistència de les dades subministrades, detectant informacions incorrectes.
- Estimar (identificar i quantificar) els fluxos de materials no coneguts, principalment de residus. És a dir, determinar dades desconegudes o no especificades en l'enquesta.

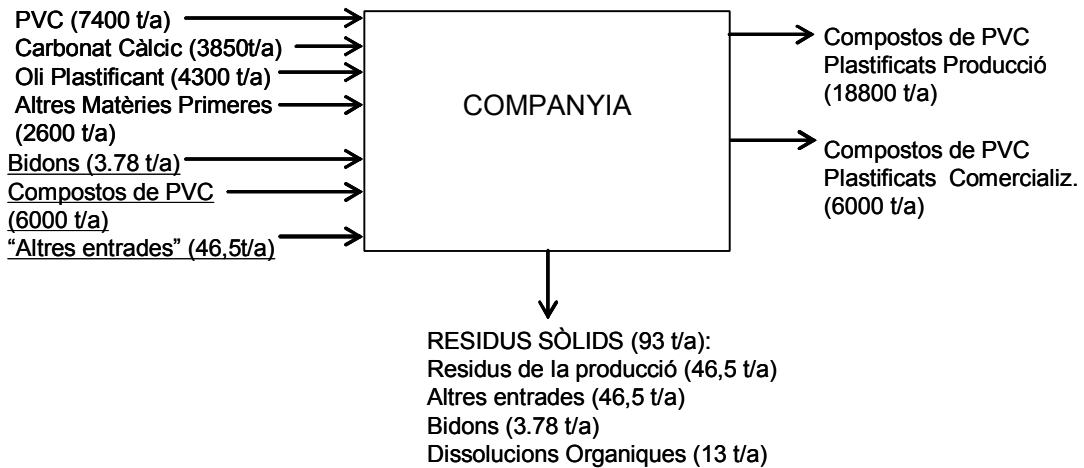


Figura 6.3 Diagrama Entrada – Sortida Completat, després d'aplicar balanços de matèria per quadrar els fluxos d'entrada i sortida. Els cabals subratllats són cabals no especificats a les enquestes que s'han estimat a partir del balanç.

En l'exemple de la Figura 6.3, s'han avaluat els cabals subratllats a partir dels balanços de components i aplicant al final el balanç global del sistema. És a dir, en l'enquesta per exemple, s'especificava la sortida de 3,78 tones de residus (que eren bidons), aquest fet, fa evident que les matèries primeres consumides es subministren en bidons, per tant, s'haurà d'afegir un corrent d'entrada de bidons, ja que s'han subministrat com a informació tones netes de matèries primeres. Una altra entrada, que s'ha hagut d'afegir i que no estava reflectida en l'enquesta són les 6000 t/any de compostos de PVC. L'empresa es dedica a la fabricació i comercialització de compostos de PVC. Però la part de producte únicament comercialitzat, no s'havia inclòs com a materials d'entrada. Sent conservatius i suposant que no hi hauran pèrdues, com a mínim s'ha d'afegir una entrada al sistema de 6000 t/any de compostos de PVC que seran comercialitzats.

En general, la problemàtica associada a les dades inicials subministrades a través de les enquestes radicava en:

- Manca de dades quantitatives.
- Manca de precisió en les dades subministrades.
- Inconsistència de les dades, per exemple que els fluxos de materials de sortida són superiors als fluxos d'entrada.
- Varietat d'unitats de mesura.

Per tal de corregir les matrius inicials, completar i quadrar els balanços de matèria dels subsistemes, s'han aplicat els següents principis metodològics (Garcia, 2002):

i) Exclusió d'empreses per manca de dades: algunes de les empreses no detallaven cap corrent de materials per tant no s'han pogut aplicar balanços. D'altres

detallaven únicament algun corrent o bé els detallaven tots qualitativament, i degut a un elevat nombre de graus de llibertat, també s'han hagut d'excloure.

ii) Per a cada empresa, s'ha de complir el balanç de components sinó, s'afegeixen les entrades i/o sortides necessàries per fer quadrar els balanços. Cal tenir en compte que aquesta estimació serà el valor mínim per fer quadrar el balanç.

iii) Si els residus generals de planta no estan associats a cap entrada concreta, s'han suposat els possibles orígens:

- a) Procés productiu (matèries primeres)
- b) Altres entrades de materials no quantificades

iv) Únicament una empresa ha xifrat el volum de residus generats assimilables a urbans. Per tant, s'ha afegit per a totes les empreses, una sortida de brossa domèstica generada pels treballadors, estimada en 100g/dia per treballador. Anàlogament s'afegeix una entrada de consum personal en "Altres entrades", equivalent a la brossa generada estimada.

v) Per a les aigües residuals s'han fet dues aproximacions:

- Si la generació d'aigües residuals és superior al consum d'aigua declarat, s'ha suposat que es degut a l'aprofitament d'aigües pluvials o pous propis de l'empresa, per tant s'ha afegit la quantitat d'aigua necessària per fer quadrar el balanç.
- Si la generació d'aigües residuals és inferior al consum declarat, s'ha corregit el volum d'aigües residuals generades, restant la quantitat d'aigua incorporada al producte i/o suposant que té corrents de sortida d'aigües del sistema que no van a tractament.

vi) Usos d'aigua per determinar el cabal d'aigua residual, assumpcions:

- Aigua domèstica: 50 l/d per treballador
- Per a les empreses que descriuen els usos però no els quantifiquen, es busquen empreses similars (del mateix sector, dimensions...) i es fa una analogia entre ambdós subsistemes.

A partir de les noves dades obtingudes s'han aplicat balanços de matèria a cada subsistema, es construeix una segona família de matrius, anomenada Matriu de Dades Completades (Figura 6.3), amb la mateixa estructura que la matriu de dades inicials (Figura 6.2), però amb les dades de les enquestes corregides i completades. És en aquest punt on es fa una selecció de les empreses que es considera que les dades són fiables i s'eliminen totes aquelles empreses per a les que no s'hagin pogut definir tots els cabals d'entrada i sortida. A partir de les empreses seleccionades es calcularan els indicadors.

6.3 Discussió dels indicadors

En aquest apartat es discutiran alguns dels aspectes més rellevants del conjunt d'indicadors definits (Taula 6.1), i com aquests poden ésser útils en la transformació d'una àrea industrial ja existent, cap a un EIP. En el següent apartat es discutirà la implementació d'aquests indicadors a un cas concret.

Taula 6.1 Indicadors per a polígons industrials i empreses

Indicador	Definició⁵⁰	Expressió
DMI (tones)	Direct Material Input	Extracció domèstica + Importacions
TMR (tones)	Total Material Requirement	DMI + Fluxos indirectes
DMI treballador (tones/treballador)	Direct Material Input per treballador	DMI / N° de treballadors
TMR treballador (tones/treballador)	Total Material Requirement per treballador	TMR / N° de treballadors
TWO (tones)	Total Waste Output	Quantitat total de residus produïts
TWO treballador (tones/treballador)	Total Waste Output per treballador	TWO / N° de treballadors
WP (tones/treballador)	Worker Productivity	Producció total/ N° de treballadors
Eco-Ef	Eco - Efficiency	Producció total/ TMR
Eco-In	Eco - Intensity	TMR / Producció total
M-Inef	Material Inefficiency	DPO / DMI
TWI (tones)	Total Water Input	Entrada total d'aigua
TWWO (tones)	Total Wastewater Output	Quantitat total d'aigua residual generada
TWI treballador (tones/treballador)	Total Water Input per treballador	TWI / N° de treballadors
TEI (kWh)	Total Energy Input	Consum energètic total
TEI treballador (kWh/treballador)	Total Energy Input per treballador	TEI / N° de treballadors
E- In (kWh/tones)	Energetic Intensity	TEI / Producció total

L'avaluació del DMI d'una empresa és útil no només per mesurar les seves necessitats materials o el grau de "materialització" o "desmaterialització" del sistema o subsistema, sinó també perquè reflecteix l'intercanvi de subproductes entre subsistemes com es mostra en el següent exemple (Figura 6.4 a Figura 6.7). Aquest

⁵⁰ La definició o nom de l'indicador es manté en anglès per relacionar-ho més fàcilment amb l'acrònim corresponent.

exemple representa un sistema teòric constituït per 3 empreses, on s'ha detallat tots els seus corrents d'entrada i sortida de recursos materials (Sendra et al., 2002; Gabarrell et al., 2003). Els cercles de la Figura 6.4 representen els límits de cada companyia quan s'hi calcula el MFA.

Per avaluar el DMI d'una companyia, tots els fluxos d'entrada que creuen aquests límits s'han de comptabilitzar, encara que provinquin d'altres empreses situades en la mateixa àrea industrial. Tot i així, un augment de l'intercanvi de subproductes entre empreses de l'àrea es reflecteix en una disminució del DMI de tot el sistema (Figura 6.7). Però el DMI de les companyies es manté invariable, si no varien els fluxos de materials que hi entren.

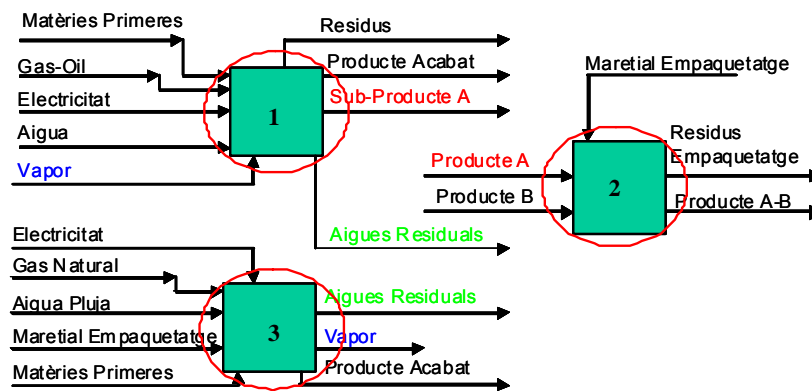


Figura 6.4 Diagrames Input/Output de fluxos d'un sistema format per tres empreses

Es pot observar (Figura 6.5) que un corrent de sortida de l'empresa 1, Producte A, pot ser utilitzat com a corrent d'entrada per a l'empresa 2. Així mateix l'empresa 3 té un excedent de vapor que pot suplir parcialment les necessitats de l' empresa 1.

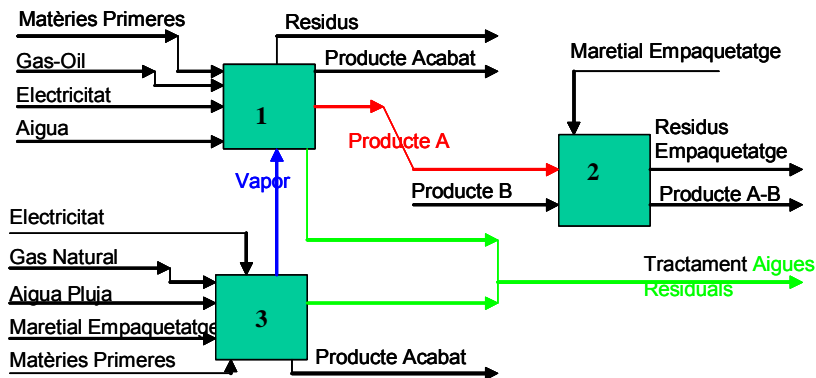


Figura 6.5 Diagrames Input/Output de fluxos d'un sistema format per tres empreses, amb possibles intercanvis de subproductes

Per tant si s'analiza tot el sistema (Figura 6.6), les tres empreses conjuntament, i se'n calculen els indicadors totals, es veurà una disminució del DMI o

del TWO del sistema ja que no es comptabilitzaran els fluxos intercanviats internament entre les empreses.

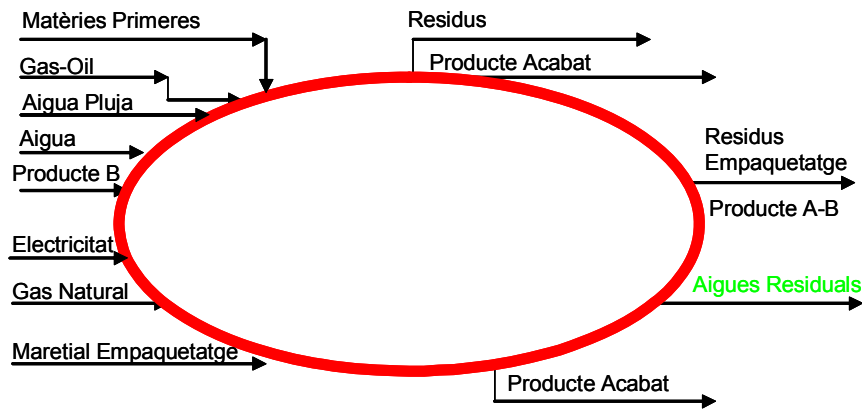


Figura 6.6 Visió dels fluxos comptabilitzats en l'anàlisi global

Com s'ha comentat, el sistema és analitzat com una caixa negra (Figura 6.7), sense tenir en compte la circulació de fluxos en el seu interior. Si en el sistema analitzat hi ha intercanvi de subproductes, aquests fluxos no seran considerats en el sistema global ja que és un sistema opac, en el que no es comptabilitzaran els fluxos interns. En canvi, els fluxos intercanviats sí que seran considerats com entrades en el càlcul del DMI de l'empresa que els consumeixi. A mesura que es tanqui el cicle de materials del sistema i augmenti l'intercanvi de subproductes en el seu interior, també ha d'augmentar el pes de la DE respecte a les importacions a les empreses.

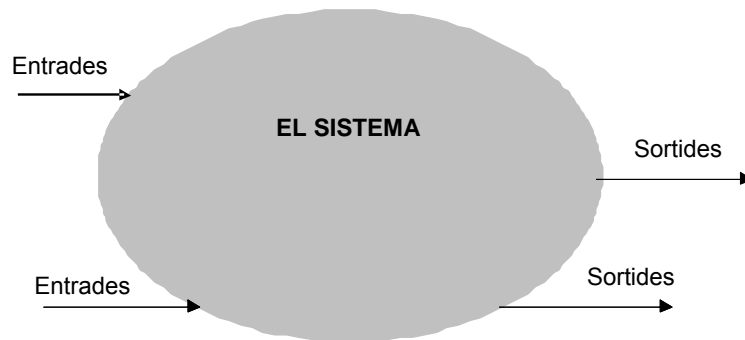


Figura 6.7 Sistema "caixa negra", en el que l'anàlisi es redueix a l'avaluació dels fluxos que creuen els seus límits

Per tant, una de les avantatges d'aquests indicadors serà que en funció de l'escala d'aplicació, la informació subministrada serà diferent i moltes vegades complementària.

Com el DMI, el TMR reflecteix el grau de materialització i de simbiosi del sistema, però en aquest cas també inclou l'eficiència material dels proveïdors. Quan

més eficients siguin els proveïdors de matèries primeres i productes, menors seran els fluxos indirectes associats a les importacions o la DE no usada, i per tant menor serà el TMR.

Per tal de poder comparar el DMI o el TMR entre diferents companyies o sistemes, és interessant avaluar les tones de materials processats per treballador/a, per aquest motiu ambdós indicadors es calculen per treballador/a. En aquest cas, els indicadors es poden relacionar amb el grau d'automatització o processament de cada companyia o sector al qual pertany.

Per tal de comptabilitzar els materials que surten del sistema s'han definit dos tipus de fluxos: les exportacions i les sortides cap a l'entorn natural. Els materials reciclats o reutilitzats en l'interior del sistema no es comptabilitzen. Per a la indústria, és important distingir entre els diferents tipus de sortides cap a la natura, i per tant es defineix un indicador específic pels residus, un per les emissions atmosfèriques i un altre per la càrrega de l'aigua residual. La producció (P) és la quantitat de material exportat cap a d'altres subsistemes. Dividint-la pel nombre de treballadors es mesura la productivitat mitjana per treballador, mentre que si es divideix pel DMI s'obté una mesura d'eficiència (Eco-Ef). L'Eco-Ef mesura el percentatge del DMI que es converteix en producte.

L'Eco-Intensitat (Eco-In) és l'inversa de l'Eco-Ef, és a dir el DMI o el TMR dividit entre la Producció (P). Per tant, permet mesurar les tones de materials d'entrada que es necessiten per fabricar una tona de producte o bé les tones de matèries primeres equivalents per tona de producte. Per tant, el coeficient (CIF) per avaluar els fluxos indirectes (IF) associats a un producte manufacturat es poden calcular com:

Equació 6.16
$$\text{CIF} = (\text{Eco} - \text{In}) - 1 = \left(\frac{\text{DMI}}{P} - 1 \right)$$

Per tant, es dedueix que:

Equació 6.17
$$\text{IF} = \text{CIF} \cdot P$$

Igual que l'Eco-In, el CIF es pot calcular utilitzant el TMR o bé el DMI, i per tant cal indicar-ho. De fet, l'ús del TMR és preferible per tal d'obtenir les matèries primeres equivalents, o la quantitat total de materials mobilitzats en tota la fabricació d'un producte. De totes maneres, en molts casos no hi ha dades disponibles o fiables amb les quals estimar el TMR, i l'Eco-In s'avalua usant el DMI. En aquest cas, l'Eco-In únicament mesura els fluxos indirectes associats a aquesta etapa del procés

productiu. El CIF pot ésser útil pels clients de les companyies, per tal d'avaluar els fluxos indirectes associats als productes que estan comprant o el seu TMR. A més el CIF, és un valor numèric que pot permetre la comparació o la discriminació entre diferents productes del mercat.

La ineficiència material (M-Inef) és la quantitat de material que surt cap a l'entorn natural per unitat de material processat. Per tant, aquest indicador és complementari a l'Eco-Ef, i la suma d'ambdós ha d'ésser igual a 1, si no hi ha variació de l'estoc de materials.

L'entrada total d'aigua (TWI) i la generació d'aigües residuals (TWWO) són els principals indicadors que fan referència al vector aigua. El TWI mesura la quantitat d'aigua consumida pel sistema tant d'origen propi (domèstica) com importada d'altres sistemes, rius, aqüífers... i que no s'incorpora al producte. Com a aigua domèstica únicament es considera l'aigua de pluja col·lectada in situ. Les aigües subterrànies i superficials es consideren fluxos importats ja que en general creuen els límits del sistema i es comparteixen amb d'altres sistemes. Com que els fluxos utilitzats per mesurar el TWI es quantifiquen quan entren al sistema, la ineficiència en l'ús de l'aigua en l'interior del sistema és inclosa en el TWI, però no s'inclouen els fluxos indirectes associats a l'aigua importada.

El TWI per treballador/a es calcula per analitzar les diferències amb el consum mitjà d'un habitant i d'un treballador/a, i així analitzar qualitativament l'aigua de l'empresa o organització.

Per últim, els indicadors d'energia que s'han definit són l'entrada total d'energia (TEI), el TEI per treballador i la intensitat energètica del procés (E-In). El TEI és la quantitat d'energia consumida pel sistema o subsistemes, i també distingeix entre l'energia generada in situ o domèstica (per exemple, renovables, cogeneració..) i la importada d'altres sistemes. En aquest cas, els fluxos també es mesuren a l'entrada del sistema i per tant inclou la ineficiència del propi sistema. Per tal de poder comparar sistemes de diferents dimensions s'han definit els dos indicadors relatius, per treballador i per unitat de producte manufacturat (E-In).

A mode de resum, en la Taula 6.2 es mostra com els indicadors definits són capaços de reflectir l'eficiència d'algunes estratègies per a la conversió d'una àrea industrial en un EIP. Per tal de formar un EIP, cal disminuir l'ús de recursos a la vegada que es disposa d'indicadors capaços de reflectir el canvi i quantificar l'eficàcia de les estratègies implementades.

Taula 6.2 Resum de la tendència dels indicadors en la implementació d'estratègies per convertir una àrea industrial en un EIP

Estratègies	Indicador	
Intercanvi de subproductes	↓DMI o TMR ↓TWO	L'entrada de materials es substituïda per residus, per tant disminueix tant l'entrada com la sortida de materials.
Desmaterialització forta	↓DMI o TMR	Hi ha una disminució en termes absoluts, de les necessitats de materials del sistema amb el temps.
Desmaterialització dèbil	↓ Eco-In	Hi ha una disminució de les necessitats de materials del sistema per unitat de producte fabricat amb el temps.
Minimització de les sortides cap a la natura	↓ DPO ↓TWO,AE,WE ↓ M-Inef	Les sortides de materials cap a l'entorn natural poden disminuir en termes absoluts o bé en relació a la quantitat de producte manufacturat.
Ús dels recursos propis del sistema	↓ Importacions <i>versus</i> ↑ Extracció Domestica	L'ús dels recursos del propi sistema (aigua de pluja, renovables..) suposa la substitució de recursos importats per d'altres extrets en l'entorn domèstic.
Estratègies de millora de l'eficiència: <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="277 1106 432 1137">• Materials <li data-bbox="277 1171 416 1202">• Energia <li data-bbox="277 1236 395 1267">• Aigua 	↓ DMI o TMR ↓ Eco-In ↓TEI o ↓E-In ↓ TWI	Les millores en l'eficiència en l'ús de recursos es poden reflectir en una disminució en les necessitats totals de recursos o per unitat de producte manufacturat, si la producció augmenta en el període analitzat.

6.4 Cas d'estudi: MFA d'un polígon industrial

En aquest apartat es presenten els resultats de calcular el MFA i els indicadors definits en aquest capítol a una àrea industrial situada a l'àrea metropolitana de Barcelona. L'aplicació de la metodologia a aquesta escala permetrà quantificar i analitzar els fluxos de materials, energia i aigua i els indicadors, per cada companyia i per a tota l'àrea industrial.

Aquests indicadors, independentment de l'escala d'aplicació (nacional, regional o d'àrea industrial) subministren informació sobre el consum total de matèries primeres, la producció, la generació de residus i l'eficiència dels sistemes analitzats. La diferència d'aplicar la metodologia a diferents escales radica en el tractament i ús de la informació subministrada. Mentre que a escala nacional i regional la informació pot ser usada per fixar objectius i polítiques macro econòmiques, a escala d'àrea industrial i d'empresa permetrà fixar objectius de millora d'eficiència energètica i de materials de processos industrials i empreses.

6.4.1 El polígon industrial de Santa Perpètua de Mogoda

La zona d'anàlisi està constituïda per un polígon, amb la típica configuració de les àrees industrials catalanes. El polígon es va començar a construir a finals de la dècada dels 60, començant a créixer ràpidament amb el trasllat d'empreses que tenien seu a Barcelona. Es situaren a la zona, tant petites empreses locals com multinacionals de capital estranger. Igual que en la majoria d'àrees industrials catalanes, no es va seguir cap política de planificació del teixit industrial de la zona, donant lloc a un polígon molt heterogeni (Figura 6.8). En l'àrea analitzada hi ha una elevada diversitat sectorial, sense domini de cap sector concret. Cal destacar que un 26% de les empreses es dediquen al comerç a l'engròs, un 15% a la metal·lúrgia, un 13% pertanyen al sector químic, l'11% cautxú i matèries plàstiques i un 10% fabricació de materials de transport; coincidint amb els sectors que suposen un percentatge més elevat de producció a escala de Catalunya.

El sistema està format inicialment per 110 empreses de les que només 61 han estat considerades⁵¹. El sistema està situat en una àrea industrial del municipi de Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona). Els límits del sistema són els límits físic - territorials del polígon, i la superfície total de l'àrea analitzada és de 132 ha.

⁵¹ Únicament el 55% de les empreses varen contestar les enquestes.

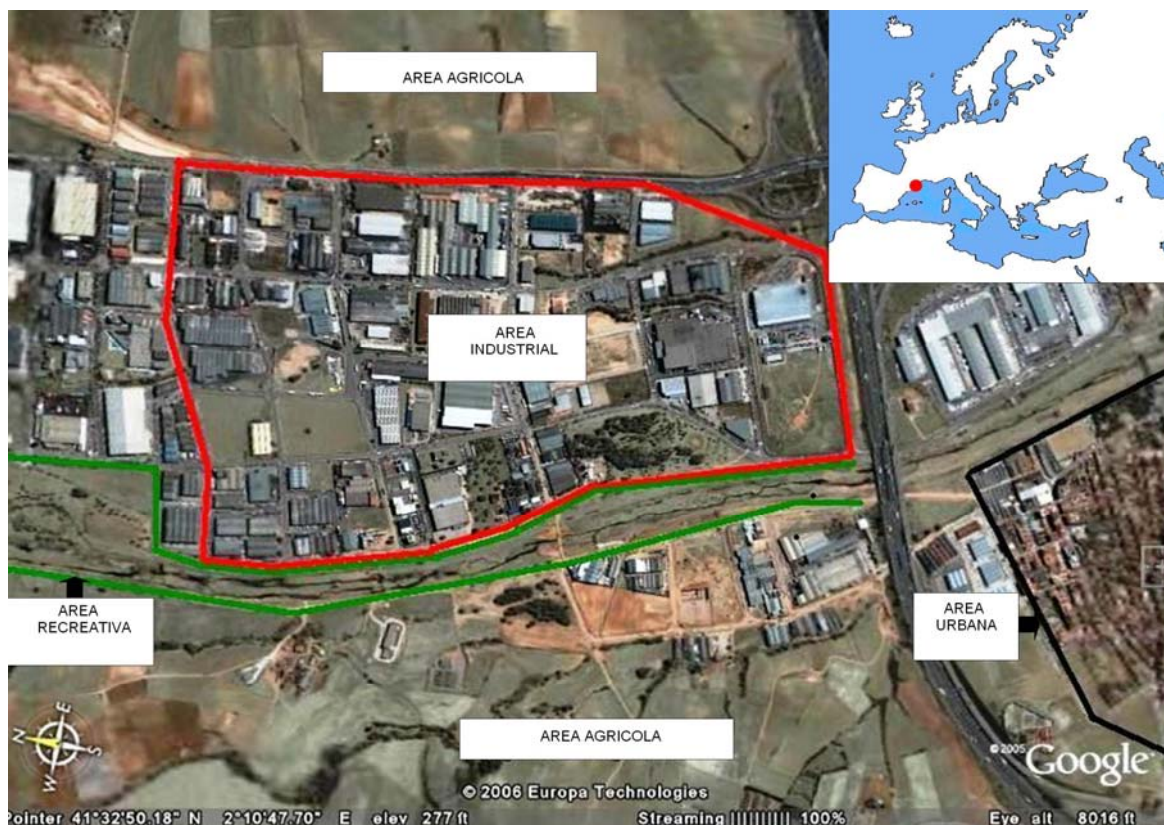


Figura 6.8 Fotografia l'àrea i ubicació de l'àrea industrial analitzada (part superior dreta)

Un tret característic i comú entre el polígon analitzat i la indústria catalana és la presència majoritària d'empreses de petites dimensions. El polígon està constituït majoritàriament per petites i mitjanes empreses. En la Taula 6.3 es pot observar la proporció d'empreses en el polígon en funció de les seves dimensions:

Taula 6.3 Dimensió de les empreses analitzades, segons el nombre de treballadors/es

Nombre de treballadors	% d'empreses
De 11 a 50	34%
De 26 a 50	23%
De 51 a 250	15%
Més de 250	2%

Aquestes 61 empreses analitzades consumeixen 157 matèries primeres diferents, 10 de les quals són comprades per més d'una empresa, fabriquen 104 productes diferents i generen entorn a 83 tipologies de residus. L'elevat nombre de fluxos a considerar fa necessari l'ús d'indicadors que permetin estructurar i simplificar el sistema.

L'aplicació de balanços de matèria per comprovar la consistència de les dades subministrades en l'enquesta, ha mostrat moltes incongruències i una elevada fracció

d'enquestes incompletes, de manera que el nombre d'empreses per les qual es poden calcular els indicadors es va reduir a 40. La correcció de dades a través de balanços, ha suposat un increment del 75% en el volum dels productes de sortida, un 24% del consum de matèries primeres i un 3% en la generació de residus respecte les dades inicials.

6.4.2 Resultats del MFA i els indicadors pel polígon industrial de Santa Perpètua de Mogoda

Com ja s'ha esmentat, els indicadors s'han calculat per cada empresa i per a tot el sistema. En la Taula 6.4, es presenten els resultats dels indicadors per al polígon industrial després de la depuració de dades.

A mode de resum, en la taula es dona el valor total de l'indicador, per a tot el sistema, aquest és la suma de tots els fluxos que creuen els límits del sistema, és a dir, comptabilitzarà únicament els fluxos amb origen o destí extern al propi polígon industrial. Els indicadors també han estat calculats per a cada empresa individualment, i en la Taula 6.4, únicament s'ha representat el valor mitjà de les empreses, el resultat de l'empresa amb el valor més alt (Màxim), i més baix (Mínim) dels indicadors calculats per a les 40 empreses seleccionades de l'àrea. El valor mitjà, ha estat calculat fent la mitjana entre els resultats obtinguts per a totes les empreses.

Taula 6.4 Resultats dels indicadors calculats per a 40 empreses del polígon industrial

Indicadors	Unitats	Sistema	Subsistema - Mitja -	Subsistema - Màxim -	Subsistema - Mínim -
DMI	t/any	223828	5596	49751	9
DMI treballador	t/any·treballador	112	183	1418	1,0
TWO	t/any	31472	787	11200	0,7
TWO treballador	t/any·treballador	15,8	23	400	0,02
WP	t/any·treballador	96,5	160	1412	0,3
Eco-Ef	--	0,9	0,8	0,97	0,03
Eco-In	--	1,2	2,2	29,1	1,0
M-Inef	--	0,1	0,2	1,0	0,001
TWI	t/any	357268	8932	171212	61
TWI treballador	t/any·treballador	179	229	4506	6
TWWO	t/any	293972	7349	170000	60,5
TEI	GJ	345673	8863	87537	19,8
TEI treballador	GJ / treballador	174	209	1430	4,0
E-In	MJ/t	1,8	9,0	68,3	1,6

Per la majoria dels indicadors calculats, s'observa una elevada variabilitat entre empreses que s'analitzarà a continuació per a cada cas.

L'entrada de materials directes (DMI), és una mesura de les necessitats de materials del sistema, equivalent al consum de matèries primeres. En la Figura 6.9, es representa el valor del DMI per a cada empresa. Els resultats de l'indicador s'han hagut de representar en dos eixos independents degut a l'alta variació del consum de materials entre diferents empreses.

Les 40 empreses consumeixen unes 225 mil tones directes de matèries primeres. Aquest indicador té una elevada dispersió com es pot observar en la Figura 6.9. Hi ha empreses que consumeixen gairebé 50 mil tones/any i d'altres que consumeixen menys de 10 t/any, sent el valor mig del consum de matèries primeres per les empreses analitzades entorn les 5 mil tones/any. Es poden distingir tres grups d'empreses en funció del seu consum de matèries primeres, un primer grup configurat per 29 companyies que consumeixen menys de 5000 tones anuals; un segon grup, de 6 empreses que el seu consum és superior a 5000 i inferior a 10000 tones anuals; i un últim grup, més minoritari, constituït per 5 empreses (nº 9, 26, 29, 30, 33) altament intensives en l'ús de materials, en les quals el DMI és superior a les 10000 tones anuals. Aquestes 5 empreses pertanyen al sector químic i a la indústria paperera.

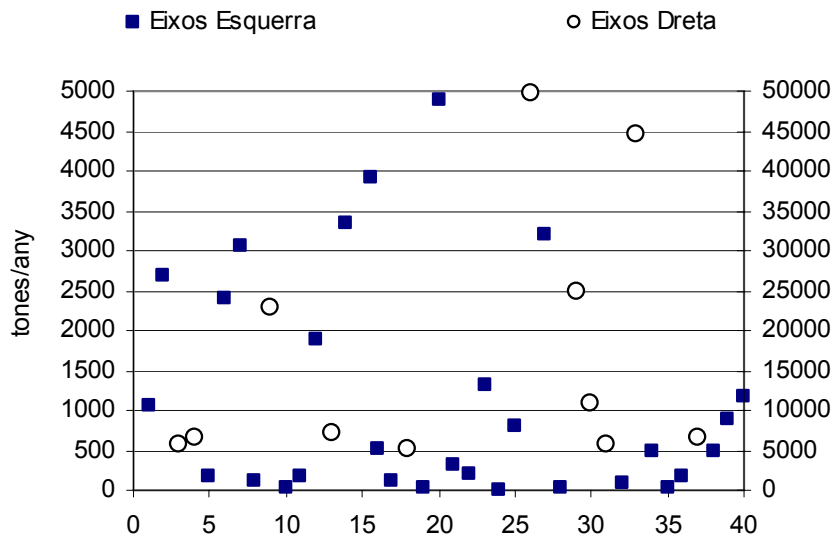


Figura 6.9 Entrada de materials directa, DMI (tones/any) en funció del número assignat a cada empresa

En la Figura 6.9 es pot observar que el consum de la major part de les empreses és inferior a la mitjana (5000 tones/any), però l'elevada demanda de recursos que realitza aquest petit grup de 5 companyies fa desplaçar aquest valor a l'alça, de manera que una disminució en el consum de recursos sobre aquestes

companyies té un important efecte en el global del polígon. L'avaluació d'aquest indicador per a cada empresa permet detectar les empreses més intensives en l'ús de materials (DMI elevats), per les quals és prioritari començar l'anàlisi, ja que una disminució del consum de recursos materials d'aquestes empreses suposarà una considerable disminució del DMI de tota l'àrea industrial.

Si s'analitza el valor del DMI per a tot el sistema, únicament es quantificaran els fluxos que creuin els límits del sistema, és a dir fluxos de materials provinents de l'exterior del polígon. Per tant, si hi ha un intercanvi de subproductes entre les empreses del sistema, aquest intercanvi es veurà reflectit en una disminució del valor del DMI de tot sistema, mentre que el valor del DMI de les empreses es mantindrà invariable.

L'Ecologia Industrial es basa en la millora de l'eficiència de l'empresa i un cop s'ha aconseguit l'òptim, s'hauran de buscar intercanvis de materials entre les empreses. Per tant, l'aplicació del DMI a escala d'empresa i de polígon, permetrà analitzar aquests dos fenòmens independentment. En un polígon industrial ecològic el DMI ha de tendir a disminuir si es manté la producció. Evidentment, el consum de matèries primeres de les empreses està directament relacionat amb el seu volum productiu i un augment del DMI pot ser degut a un augment de la producció. Per analitzar aquesta darrera situació s'ha calculat l'indicador d'Eco-Eficiència (Eco-Ef).

L'Eco-Ef mesura les tones de producte obtingut per tona de material processat. En la Figura 6.10 s'han representat els valors d'Eco-Ef obtinguts per a les empreses analitzades. El valor màxim d'aquest indicador serà 1 (o 100%), i suposarà l'eficiència òptima en l'ús de recursos materials.

En analitzar l'Eco-Ef per les 5 empreses amb un DMI superior (nº 9, 26, 29, 30, 33), en la Figura 6.10 es pot observar que la companyia nº 9 té una eficiència del 51,2%. Per tant, entorn al 50% del seu DMI es converteix en emissions i residus que surten cap a l'entorn natural. Es poden fer moltes millores en aquesta empresa, buscant alternatives a la generació i als fluxos de residus. L'eficiència de les empreses 26, 30 i 33 és entre 88 i el 92%, tot i els elevats percentatges, també hi ha oportunitats de millora. La companyia nº 29 té una elevada eficiència en l'ús de materials, 99,6%, i per tant la major part del DMI es transforma en producte acabat. En aquest cas, l'anàlisi s'ha de centrar en la millora o modificació del producte per tal de disminuir el DMI, utilitzant per exemple criteris d'ecodisseny, que permetin usar els recursos no només eficientment sinó també de manera eficaç.

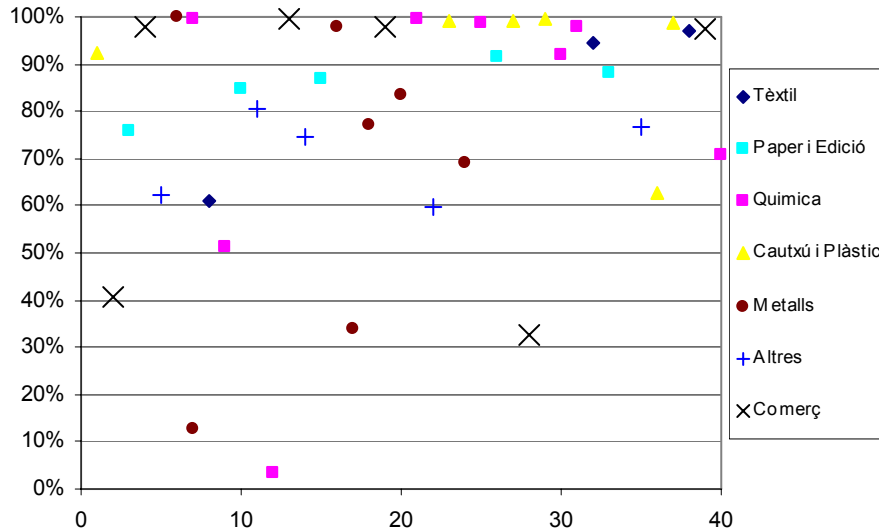


Figura 6.10 Eco – Eficiència (Eco-Ef) en funció del número assignat a cada empresa

En termes globals, s'observa que un 86% dels materials que s'estan consumint en el sistema es converteixen en producte acabat, i el valor mitjà de les empreses està en un aprofitament d'entorn al 80%, xifra raonable però clarament millorable.

En la Figura 6.10 també destaca que hi ha 5 companyies en les quals l'eficiència és de menys del 50% (nº 2,12,17, 28 i 34). Aquest grup de companyies no representen un elevada fracció del DMI del sistema; tot i així una anàlisi en més profunditat del procés productiu seria interessant per entendre les causes d'aquesta elevada ineficiència.

Molt rellevant és la situació de l'empresa nº12 en la qual únicament un 3% de les matèries primeres que està consumint, es converteixen en producte acabat. Aquesta és una empresa química, que es dedica a la fabricació d'adhesius i gomes amb un alt valor afegit, que sosté econòmicament l'elevada ineficiència material de l'empresa. El desapropitament dels recursos materials en aquesta empresa és molt significatiu i s'hauria de buscar solucions per millorar el rendiment dels recursos materials, a escala individual (producció més neta,...) o a escala de sistema (reciclatge i reutilització dels corrents residuals per alguna altra empresa).

De fet, analitzant l'eficiència de les indústries químiques (Figura 6.10) es poden distingir dos grups: 5 empreses per sobre del 90% i 3 per sota del 75%. Com era d'esperar, el segon grup fabrica productes amb un major valor afegit. Tot i que 8 companyies no són suficients, per poder generalitzar aquesta assumpció, es pot afirmar que, en aquest cas d'estudi, l'eficiència material del procés productiu és inversament proporcional al valor afegit dels productes pel sector químic; és a dir, l'optimització en l'ús de materials és major en productes amb menys valor afegit.

Les empreses del sector paperer i editorial tenen una eficiència d'entre el 75 i el 92%, que és superior de mitjana a l'eficiència de les indústries del sector metal·lúrgic i mineral. En general, els valors més alts d'Eco-Ef, corresponen a les companyies comercialitzadores, excepte per a les empreses nº 2 i 28. Per l'empresa nº 28, la major part dels residus es generen en l'embalatge i empaquetat, procés que cal millorar o modificar.

Les empreses en les quals serà prioritari implantar mesures de millora de la producció serà aquelles en les quals l'Eco-Ef sigui baixa i el DMI sigui elevat.

L'Eco-Intensitat (Eco-In) és el valor invers a l'Eco-Ef, mesura les tones de materials consumits directament pel sistema per tona de producte acabat. L'Eco-In és una mesura de la intensitat en l'ús de materials, valors alts d'aquest indicador reflectiran una baixa intensitat en l'ús dels materials. En la Figura 6.11 s'ha representat el valor de l'Eco – In per a totes les empreses analitzades.

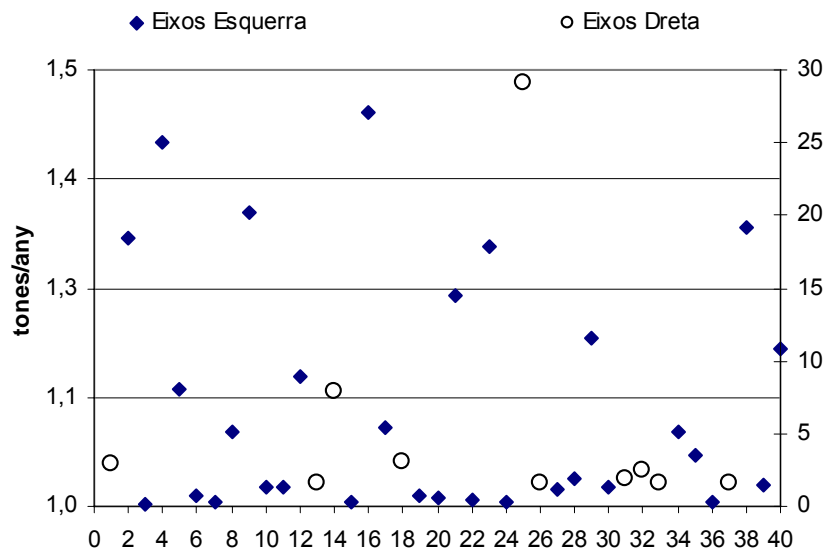


Figura 6.11 Eco-Intensitat (Eco-In) en funció del número assignat a cada empresa

Una disminució en l'Eco-In, representa una millora en l'aprofitament dels recursos materials. El valor òptim de l'Eco-In serà 1; un sistema en el qual totes les entrades materials es converteixin en productes de sortida, en el qual la generació de residus és nul·la. En un EIP aquest indicador hauria de ser 1. Les empreses individuals poden generar residus, però el sistema global els recupera tots i els converteix en productes. El valor de l'Eco-In del sistema és d'1,16, és a dir, en tot el sistema un 16% dels recursos materials es converteixen en béns no utilitzats o residus. El valor mig de l'Eco-In per a les empreses, està clarament influït per l'empresa 12 que té un valor de l'indicador superior a 29, que s'ha discutit anteriorment en l'Eco-Ef.

En la Figura 6.11 es veu que en la major part de les empreses, el valor de l'Eco-In es troba entre 1 i 2. Valors d'Eco-In de 2, ja són molt elevats, tenint en compte que la meitat de les entrades de materials no s'acaben incorporant al producte de sortida. Aquest indicador no serà únicament una mesura de la intensitat dels materials, el seu desaprofitament i els impactes ambientals que comporta, sinó que també és un reflex de pèrdues econòmiques i de la ineficiència del sistema. En general els costos dels impactes ambientals comptabilitzen l'import dels tractaments, gestió i deposició de residus, però també cal considerar que el volum de residus generats està directament relacionat amb la quantitat de matèries primeres desaprofitades, per tant que s'haurà de comptabilitzar també aquest cost. Una metodologia que comptabilitza els costos a escala d'empresa en aquests termes és *l'Environmental Managment Accounting* (EMA) en termes monetaris (UN, 2001). Els indicadors definits en aquest treball són anàlegs en molts casos als proposats per l'EMA a escala d'empresa, per tant l'estimació d'aquests indicadors permetrà l'avaluació del EMA en termes monetaris.

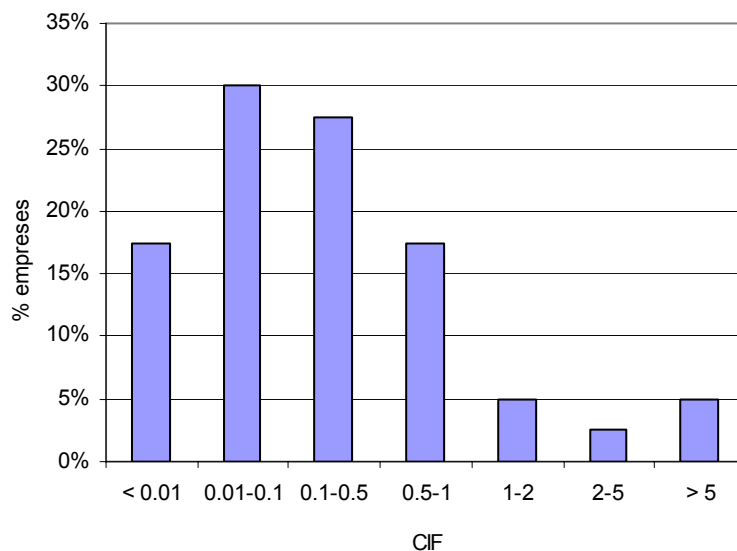


Figura 6.12 Coeficient pel càlcul dels fluxos indirectes (CIF) associats als processos productius per a les 40 empreses analitzades

Degut a la manca d'informació específica sobre les matèries primeres que entren en el polígon, únicament s'ha pogut fer una primera estimació sobre el TMR de l'àrea i per tant, l'Eco-In s'ha calculat usant el DMI. Així, el coeficient per a l'estimació dels fluxos indirectes (CIF) únicament s'ha pogut calcular per aquesta etapa del procés productiu, no per tota la vida del producte. En la Figura 6.12 es mostra els valors del CIF per a les 40 empreses analitzades. Tot i que hi ha un clar domini de les empreses amb un CIF baix, els fluxos indirectes associats als processos de fabricació que tenen lloc en el polígon no són gens menyspreables (en un 2% de les empreses el CIF és major a 0,5). Per tant, és essencial poder estimar els fluxos indirectes per tal

d'analitzar les necessitats de matèries primeres "reals" del sistema industrial i avaluar-ne la seva sostenibilitat. Aquests fluxos cal que siguin internalitzats dins els processos productius per poder-ne analitzar l'eficiència i el grau de materialització del sistema.

Una mesura indirecta del valor afegit del producte fabricat per cada empresa pot ser avaluar la productivitat laboral (WP), és a dir, les tones de producte acabat per treballador/a. En el sistema cada treballador/a equival a unes 97 tones de producte acabat a l'any. Però hi ha empreses en què per cada treballador s'arriben a processar més de 1400 tones anuals i d'altres en les quals es fabrica menys d'1 tona anual per treballador. En la Figura 6.13, s'ha representat el valor d'aquest indicador per a totes les empreses, i es pot observar l'elevada dispersió. A la vegada, el WP es pot relacionar amb el grau d'automatització del procés productiu.

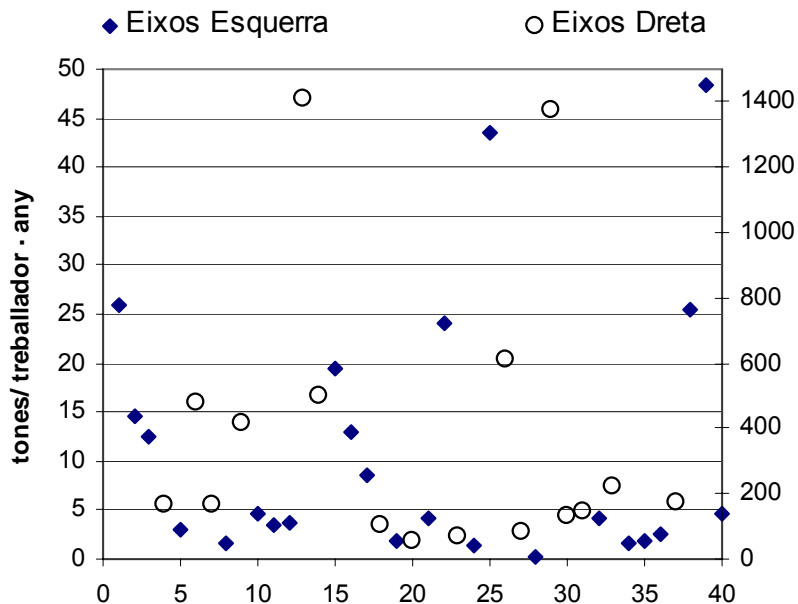


Figura 6.13 Productivitat laboral (WP) en funció del número assignat a cada empresa

Un indicador similar i complementari al WP són les tones de material processat per treballador/a (DMI treballador). En la Figura 6.14 s'ha representat els valors de les tones de matèries primeres processades per treballador/a per cada empresa.

Aquest indicador permetrà avaluar el grau tecnològic o de mecanització /automatització i el grau de complexitat del procés de fabricació de l'empresa. Avaluant les tones totals de materials processades en el sistema i dividint-ho pel nombre de treballadors del polígon, s'obté que en tot el polígon es processen 112 tones de material anualment per cada treballador.

Destacar que el valor mitjà del DMI per treballador, igual que pel WP, es troba desviat per la presència d'empreses comercialitzadores en les quals les tones de material processat per treballador són molt elevades. Destaca una empresa

comercialitzadora que processa 1418 tones per treballador cada any. El valor mitjà de les tones processades per les empreses és de 183, però excloent aquesta empresa la mitjana de tones per a les empreses és de 119. Per tant, es veu l'elevat pes que tenen sobre la mitjana empreses altament intensives en l'ús de materials per treballador.

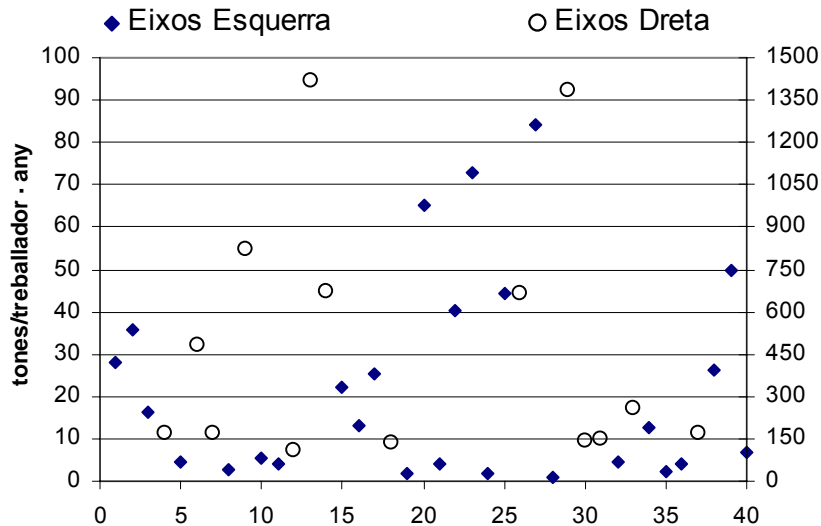


Figura 6.14 DMI per treballador en funció del número assignat a cada empresa

Degut a la manca de dades sobre les emissions atmosfèriques i la càrrega contaminant de les aigües residuals de sortida, ha estat impossible avaluar els indicadors d'emissions a l'aire (AE) i a l'aigua (WE), i per tant el DPO de les empreses i del sistema analitzat. Únicament, s'han pogut quantificar els fluxos de residus que generen anualment les empreses i per tant, com a indicador de sortida cap a la natura únicament es disposa de la generació de residus totals, TWO. El DPO del sistema s'ha aproximat al valor del TWO, ja que les emissions a l'aire i a l'aigua es poden considerar mínimes front el TWO. Per una banda, les emissions a l'aire són baixes ja que no s'ha inclòs el transport en aquest cas d'estudi, i únicament 9 companyies tenien evaporadors i rentadors de gasos (*scrubbers*) que calia controlar-ne les emissions. Evidentment, aquestes companyies hauran d'ésser tractades en més profunditat en anàlisis posteriors i és molt recomanable incloure les emissions associades al transport de matèries primeres i productes, en el futur. Per altra part, les aigües residuals amb unes càrregues contaminants més elevades són tractades en l'EDAR de les pròpies companyies. Per tant, els fluxos considerats en aquest cas són els llots purgats en la depuradora, comptabilitzats en el TWO, i l'aigua neta amb un càrrega baixa.

L'anàlisi de la generació total de residus (TWO), mostra que en el sistema es produeixen anualment més de 31 mil tones de residus. El valor mitjà de residus

generats per empresa supera les 700 tones l'any. La quantitat de residus generats per empresa és molt variable, oscil·lant entre més de 11 mil tones fins a empreses que generen menys d'una tona anual. En la Taula 6.5, es presenten els resultats de la generació total de residus (TWO) per part de les empreses que configuren el sistema analitzat.

Aquest indicador servirà per detectar les empreses amb una generació de residus més elevada, i per tant empreses en les quals s'han d'implementar mesures de minimització i valorització dels residus com a subproductes. La utilització de residus en altres processos productius, suposarà una disminució del TWO tant a escala d'empresa com a escala global del sistema, ja que aquests fluxos es recatalogaran com a productes de sortida en lloc de com a residus.

Taula 6.5 Proporció d'empreses generadores de residus i TWO

TWO	Nº Empreses	% Empreses	% Residus generats
menys de 10	6	15%	0,09%
entre 10 i 50	11	28%	0,72%
entre 50 i 100	6	15%	1,43%
de 100 a 200	3	8%	1,18%
de 200 a 500	2	5%	2,28%
de 500 a 1000	4	10%	9,55%
de 1000 a 5000	5	13%	32,48%
de 5000 a 10000	1	3%	16,68%
més de 10000	1	3%	35,59%

Dels resultats de la Taula 6.5 destacar que una única empresa genera gairebé el 36% dels residus totals del sistema, per tant és un subsistema crític, en el qual una millora pot representar grans beneficis a escala global del polígon. És més, entre 7 empreses generen més del 80% dels residus del sistema, per tant seran punts calents en el polígon, i la seva evolució afectarà àmpliament el valor d'aquest indicador a escala de sistema.

En analitzar la tipologia de residus generats, s'observa que hi ha una elevada proporció dels residus generats comuns a diferents empreses (Taula 6.6).

En la Taula 6.6 es presenten, quantitats globals de residus generats per diferents empreses. En la taula únicament es presenten les categories més comunes a totes les empreses per les quals una recollida selectiva seria una bona opció, que repartiria costos entre empreses i en facilitaria la seva gestió.

Una subclassificació dels residus entre perillosos i no perillosos (o especials i no especials) segons el CER, seria molt interessant per, amb dades molt agregades, tenir una visió global de la seva tipologia. Ja que no és únicament important el volum

generat sinó també la tipologia de residu. Per tant, aquesta distinció permetrà centrar també l'anàlisi en aquest segon aspecte, encara que sigui de forma molt genèrica i qualitativa.

Taula 6.6 Generació de residus més comuns

Residu	Generació
Oli residual	9561 litres/any (producció relativa a 8 empreses)
Paper i cartró	9995 tones/any (28 empreses)
Tònners	322 unitats/any (17 empreses)
Cartutxos tinta impressora	1361 unitats/any (23 empreses)
Fluorescents	2759 unitats/any (12 empreses)
Vidre	61 tones/any (4 empreses)
Palets de fusta	7241 unitats/any (7 empreses)
Bidons metàl·lics i de plàstic	4697 unitat/any (6 empreses)

En termes relatius s'ha avaluat la generació de residus per treballador/a (TWO treballador/a) (Taula 6.7). Aquesta mesura permetrà veure si la generació de les empreses està vinculada al procés productiu o bé és comparable a la generació domèstica, és a dir similar en ordre magnitud a la generació de residus generals de planta per capita. Aquesta similitud, hauria de tenir lloc únicament en empreses del sector del transport i basades en la comercialització de productes, però moltes empreses no especificaven els residus generats, en algunes d'elles si es coneixia la quantitat de productes fabricats i de matèries primeres consumides, els residus generats s'han pogut estimar a partir dels balanços de matèria. Però en d'altres degut a la manca de dades, s'han aproximat al volum de residus generats per treballador/a, per tant els resultats del TWO per treballador obtinguts per aquestes empreses es pot considerar que és el volum mínim de residus generats, més que un símbol d'elevada eficiència.

Taula 6.7 Nombre d'empreses en funció del volum de residus generats per treballador

TWO treballador	Nº Empreses
menys de 1	15
de 1 a 5	11
de 5 a 10	2
de 10 a 20	5
de 20 a 50	4
de 100 a 200	2
més de 200	1

L'avaluació de la ineficiència en l'ús dels materials (M-Inef) mesura les tones de materials que s'envien a l'entorn natural per unitat de matèria primera consumida. El valor màxim de la M-Inef serà d'1, representant el pitjor dels casos, en el qual tota la matèria consumida es converteix en residus o emissions cap a l'entorn natural. En la Figura 6.15 s'ha representat d'ineficiència material, com tones de residus per tona de matèria primera consumida.

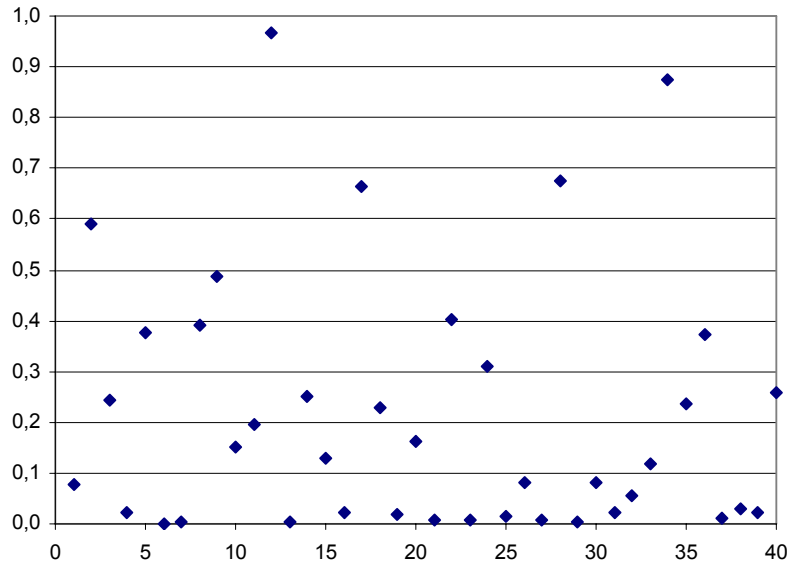


Figura 6.15 M-Inef (tones DPO/ tones DMI) en funció del número assignat a cada empresa

De la Figura 6.15 es desprèn que en més del 75% de les empreses, el volum de residus generat és inferior al 30% de les matèries primeres consumides, i que per a un elevat nombre d'empreses, unes 15, la generació de residus és inferior al 5% de les matèries primeres consumides. En el sistema analitzat un 14% de la matèria primera d'entrada es converteix en residus, tenint sistemes amb una elevada ineficiència material en els quals fins al 97% de les matèries primeres es converteixen en residus.

Aquest indicador ens ha de donar senyals d'alarma individuals (empreses n°2, 17 i 28) a escala d'empresa. Per a un EIP on s'aprofiten els corrents residuals interns, el resultat global de l'indicador també millora. Un sistema es considerarà més eficient, quan els valors de la M-Inef individual siguin més pròxims a 1. Si el valor individual de la M-Inef d'un subsistema disminueix però el valor global es manté proper a 1, això ens indicarà que malgrat tenir un procés necessari (perquè el producte final és desitjat) amb elevades càrregues ambientals, el sistema el pot assimilar perquè globalment es complementa amb d'altres activitats.

Els indicadors relacionats amb el consum d'aigua han estat calculats independentment de la resta de materials. El TWI és una mesura del consum d'aigua en termes absoluts. En aquest indicador s'ha comptabilitzat, l'aigua de neteja, de rec,

de refrigeració, usos sanitaris..., és a dir, qualsevol tipus d'ús excepte l'aigua que entra directament al procés productiu i s'acaba incorporant en el producte final, que s'inclou en el DMI. Com s'ha comentat en la metodologia, l'aigua es comptabilitza a banda degut a l'elevada quantitat d'aigua que es utilitzada. En la Figura 6.16 s'ha representat el consum d'aigua de totes les empreses analitzades.

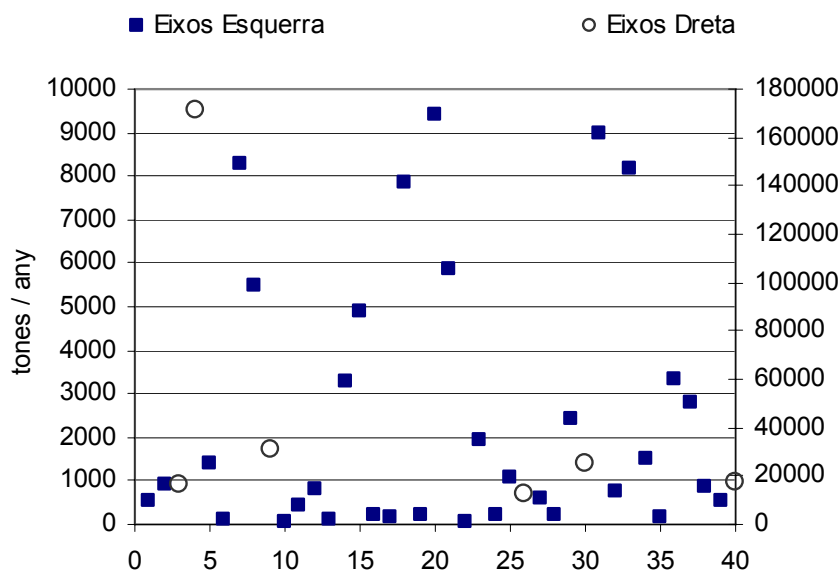


Figura 6.16 TWI en funció del número assignat a cada empresa

El TWI del sistema és de més de 350 mil tones, un 50% superior al DMI. La variabilitat del TWI entre empreses és superior a la dels indicadors de materials (per exemple al DMI), on 18 empreses tenen un TWI inferior a 1000 m³ anual i una sola companyia consumeix més de 170 mil m³ per any.

En alguns casos i punts geogràfics, l'aigua es podria considerar com un recurs renovable que s'extreu del propi sistema. La seva abundància de forma local en alguns països ha provocat que s'hagi simplificat aquest flux i no s'hagi tingut en compte. Aquest no és el cas del nostre entorn. A Catalunya l'aigua és un bé escàs, que es transporta d'un punt a un altre com qualsevol altra matèria primera i que el seu consum genera elevats costos ambientals i econòmics. Aplicat a aquest cas concret queda totalment demostrat que l'aigua és un flux a tenir en compte (50% superior al DMI) que malgrat retornar a les conques ho fa en un estat de qualitat inferior. En una anàlisi local, com és el d'un polígon industrial, l'aigua obtinguda dels aqüífers o subterrània també s'ha inclòs en el TWI. La dinàmica de l'aqüífer pot ser més àmplia que la del propi sistema, i així l'ús que se'n faci al polígon pot afectar a d'altres usos a l'exterior del sistema.

Una de les bases de l'Ecologia Industrial, és l'aprofitament dels recursos naturals propis del sistema com pot ser l'aigua de pluja i l'ús en cascada de l'aigua per tal de minimitzar-ne el consum. Aquestes estratègies de minimització es veuran reflectides en una disminució del TWI tan a escala d'empresa com a escala global de tot el sistema. Per aquest fet s'ha considerat idoni distingir metodològicament l'origen de l'aigua, entre domèstica i importada o d'origen extern, permetent distingir entre una disminució del consum i un canvi d'origen. Mentre que l'ús en cascada, suposarà una disminució del TWI de l'empresa o del sistema, si el reaprofitament es realitza entre diverses empreses. L'aprofitament d'aigua de pluja suposa una disminució del consum d'aigua de xarxa però no una disminució del consum real, és a dir del TWI es manté invariable. Per tant, en aquest darrer cas el TWI del sistema es mantindrà constant, variant únicament el percentatge de domèstic front a importat.

El TWI servirà per detectar sistemes amb una major demanda hídrica, en els quals serà prioritari minimitzar-ne el consum. En la Figura 6.16 es pot observar que el consum de 6 empreses (empreses de l'eix secundari), suposen més del 70% de consum d'aigua del polígon. Així doncs, serà prioritari la implementació d'estratègies de millora d'eficiència, minimització i reaprofitament d'aigua en aquestes companyies, en les quals una millora tindrà grans repercussions sobre la millora global del polígon industrial.

En termes relatius, s'ha avaluat el consum d'aigua per treballador (TWO per treballador/a). Igual que el TMR per treballador/a, aquest valor permet comparar la demanada d'una empresa amb el consum propi del treballadors/es, que es podria considerar proporcional al consum domèstic per capita. La diferència entre ambdues xifres farà referència a la intensitat de la demanda d'aigua per altres usos (neteja, reg...). En la Figura 6.17 es presenten els resultats obtinguts d'aquest indicador per a les 40 empreses que configuren el sistema.

Per aquest indicador, igual que en el cas anterior, l'empresa número 4 és la màxima consumidora, i és unes 10 vegades més gran que el valor mig de totes les altres empreses. Entre la resta d'empreses, dividir el consum d'aigua pel nombre de treballadors/es ha disminuït les diferències, sent el valor mig unes 119 tones anuals per treballador/es (si excloem l'empresa número 4).

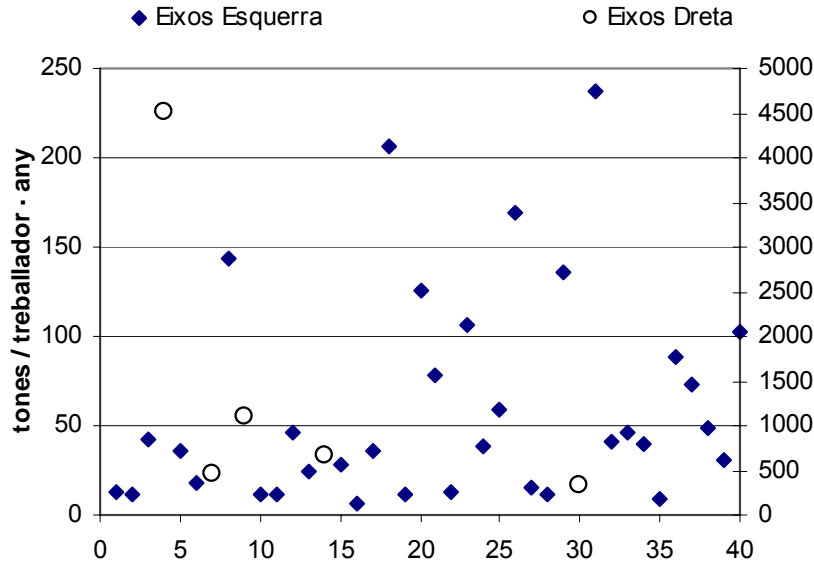


Figura 6.17 TWI per treballador en funció del número assignat a cada empresa

Com a indicador de mesura de les sortides d'aigua, s'ha avaluat la generació total d'aigües residuals (TWWO), aquest és un indicador purament qualitatiu ja que no inclou el grau de contaminació que contenen les aigües. Únicament es restaran del total les aigües que hagin estat tractades i retornades a l'exterior en una qualitat igual o superior a la d'entrada, per tant en cas de disposar d'una estació depuradora de les aigües residuals del polígon, suposaria una disminució d'aquest indicador. Igualment, el reaprofitament d'aigües grises, negres i l'ús en cascada suposarà una disminució d'aquest indicador, tot i que no suposarà una disminució del TWWO l'aprofitament d'aigües pluvials. Per tant, disminuirà si hi ha una millora en l'eficiència en l'ús o bé en la qualitat final de les aigües de sortida. En un 58% de les empreses analitzades, el volum de les sortides és pràcticament igual al de les entrades, aquest fet també ve influït perquè en realitzar els balanços s'han suposat que no hi ha pèrdues o bé que aquestes són mínimes. Per a les empreses en les quals les sortides difereixen de les entrades, aquests valors són molt variables, com a valor mig s'ha calculat que les entrades són un 32% superiors a les sortides. Aquesta diferència radica en els usos dissipatius de l'aigua com pot ser el reg, la neteja o l'evaporació. Evidentment, les empreses amb un consum més elevat d'aigua (TWI) són aproximadament les mateixes que tenen una generació d'aigües residuals (TWWO) màxima.

En les aigües residuals la seva importància no radica únicament en el volum generat sinó també cal tenir en compte la seva caracterització. En l'apartat de metodologia, s'ha desenvolupat un indicador que la té en compte. Però degut a la manca de dades i la informació disponible en les enquestes, ha estat impossible

avaluar-lo per a aquest sistema. De totes maneres ha estat desenvolupat per tal de poder-lo calcular en futurs estudis.

Per últim, s'han calculat indicadors relacionats amb el consum d'energia, en unitats energètiques kWh o GJ. El consum energètic total del sistema és majoritàriament d'origen elèctric; en la Taula 6.8, es presenta el consum energètic en funció de l'origen.

Taula 6.8 Fonts de consum energètic total del sistema

Electricitat	Gas Natural	Gasoil
61.903.199 kWh	1.684.031 m ³	617 m ³

Un 98,6% de l'energia consumida en el sistema és d'origen extern, per tant caldria augmentar el grau d'autosuficiència del sistema, potenciant l'ús d'energies renovables o sistemes de cogeneració o aprofitament energètic.

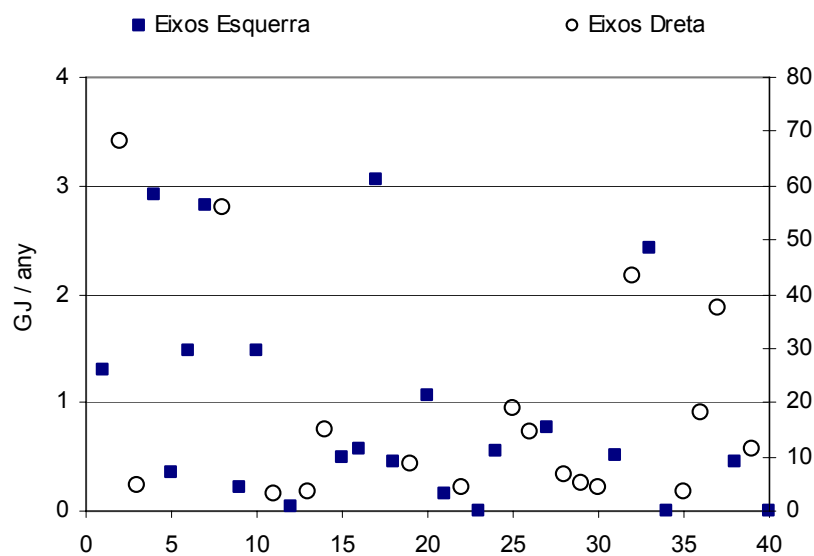


Figura 6.18 TEI en funció del número assignat a cada empresa

El consum energètic total del sistema té un valor de gairebé 350 mil GJ anuals. En la Figura 6.18 s'ha representat el consum energètic per a les 40 empreses analitzades en GJ.

Com es pot observar, igual que en els casos anteriors el consum de les empreses és molt variable, oscil·lant entre més de 87 mil GJ fins a un mínim inferior als 20 GJ; quedant un valor mitjà entorn 8000GJ. En aquest cas, també hi ha un grup format per 5 empreses que consumeixen més del 50% del TEI del sistema, les qual necessiten una anàlisi en més detall.

El TEI és una mesura de la intensitat energètica del procés productiu. Subsistemes amb valors elevats del TEI, seran processos altament intensius en consum energètic, en els quals s'haurà de millorar l'eficiència, introduir l'aprofitament d'energies renovables o d'altres sistemes d'aprofitament energètic. Totes aquestes mesures suposaran una disminució del TEI de les empreses i consegüentment una disminució del TEI total del sistema. Si es creen districtes de calor entre empreses, tot i no influir en el TEI dels subsistemes, aquest aprofitament a través de bescanvi energètic entre subsistemes es veurà reflectit en una disminució del TEI de tot el sistema. Així mateix l'aprofitament de recursos energètics d'origen renovable, serà reflectit a través de la distinció entre TEI domèstic i importat. Una participació d'energies renovables suposarà una disminució del consum energètic extern del sistema. Per altra part, les energies renovables, no suposen un consum de materials per tant no seran comptabilitzades en el TMR del sistema. Així doncs una disminució del TEI únicament podrà ser degut a una disminució del consum energètic del sistema o subsistema analitzat.

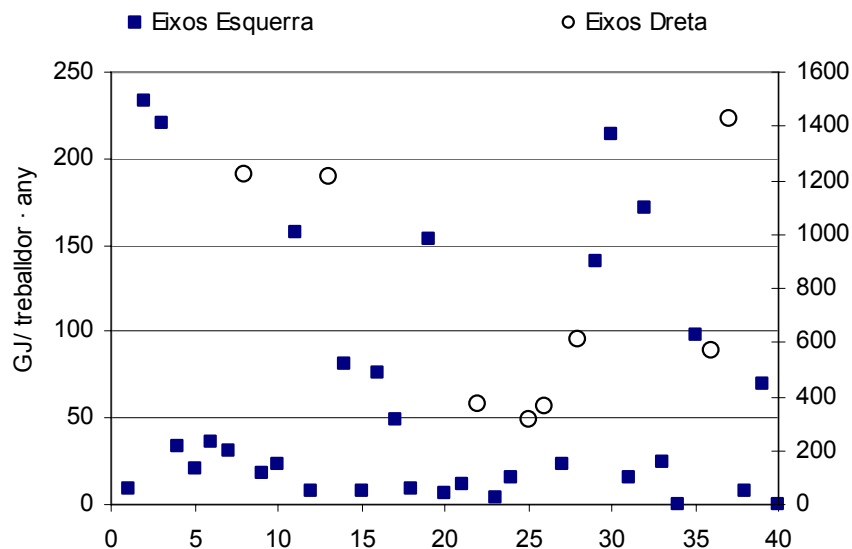


Figura 6.19 TEI per treballador/a en funció del número assignat a cada empresa

Igual que per al DMI, caldrà distingir si la disminució del TEI, va associat a millores tecnològiques que augmenten l'eficiència del procés o bé a la disminució de la producció o al tancament d'alguna empresa. Per aquest motiu, s'ha considerat necessari calcular indicadors relatius del consum energètic: el consum energètic per treballador /a (TEI per treballador/a) i el consum energètic per unitat de producte acabat (E-In).

El E-In, servirà per avaluar si una disminució energètica es deguda a la introducció de millores en el procés productiu o bé a una disminució en la producció. El

TEI per treballador/a, permetrà analitzar els GJ consumits per treballador. Un canvi tecnològic en el procés pot provocar una disminució de la plantilla de treballadors/es i simultàniament un augment en el consum energètic, aquesta situació vindria automàticament traduïda en un augment del TEI per treballador/a. Per altra part, la seva disminució pot ser conseqüència d'un augment del nombre de treballadors/es, mantenint el consum energètic constant o amb un creixement inferior o bé serà conseqüència d'una disminució del TEI total del sistema.

En la Figura 6.20 s'ha representat E-In per a totes les empreses, en GJ consumits per tona de producte fabricat. Comparant aquesta figura amb l'anterior (Figura 6.18), es pot veure que la variabilitat de consum energètic entre empreses és molt menor en termes relatius que en termes absoluts. Les empreses amb E-In alts, és a dir alt consum energètic per tona fabricada, són totes les empreses manufactureres de diferents sectors.

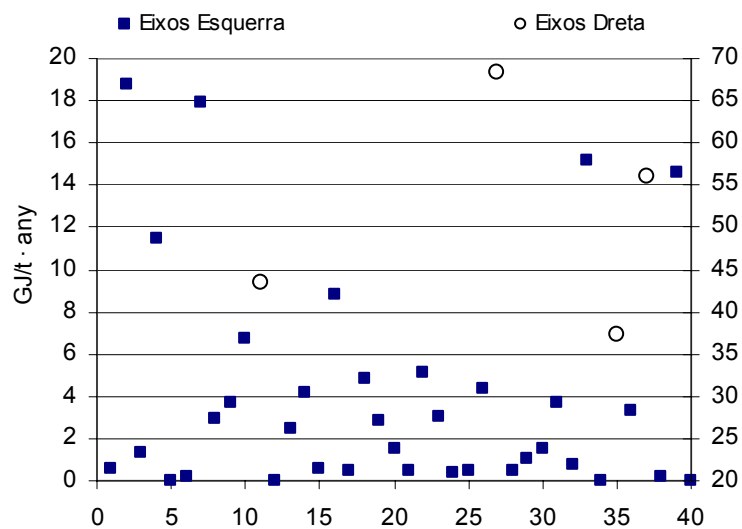


Figura 6.20 TEI per tona de producte fabricat (E-In) en funció del número assignat a cada empresa

En la Figura 6.21 s'ha representat el consum energètic anual per treballador, per a les 40 empreses que constitueixen el polígon analitzat. Com es pot observar la variabilitat d'aquest indicador entre empreses és molt més alta que en el cas anterior, i no s'observa cap relació entre ells. Per a la meitat de les empreses el consum energètic per treballador és inferior als 50GJ anuals, per a la resta és molt variable arribant a un màxim de 1400 GJ per treballador a l'any.

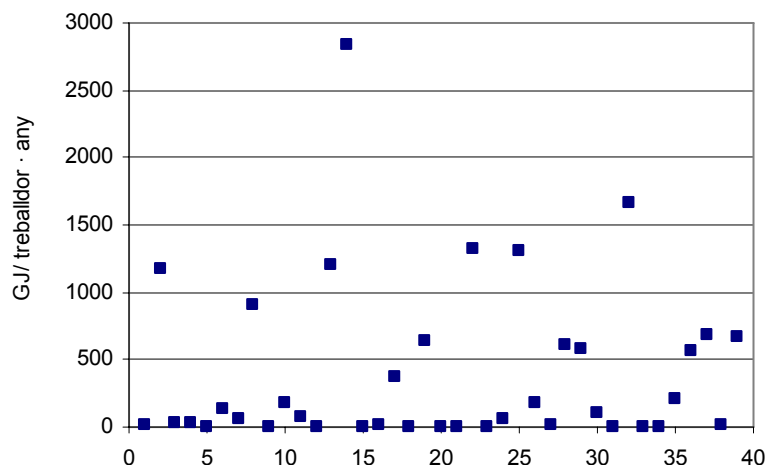


Figura 6.21 TEI per treballador/a i any en funció del número assignat a cada empresa

Les empreses amb un DMI per treballador/a més elevat, són les mateixes empreses que tenen un TEI o TEI per treballador/a també màxim. Aquesta coincidència dona consistència al supòsit anterior que el DMI per treballador/a, podia reflectir el grau d'automatització de l'empresa. Únicament hi ha una excepció, és una empresa dedicada al sector del transport.

Per últim, s'han calculat les necessitats totals de materials del sistema (TMR), és a dir els materials que s'han de desplaçar per tal d'obtenir les matèries primeres. Cal esmentar que únicament s'han pogut comptabilitzar els fluxos indirectes associats a productes minerals, metàl·lics, energètics i a alguns productes químics; degut a la manca d'especificació de les matèries primeres i a la manca de coeficients fiables d'avaluació dels fluxos indirectes per a productes acabats. Per tant, caldrà tenir en compte que el valor del TMR de més de 2,5 milions de tones obtingut és inferior al real, per tant el fluxos que entren directament al sistema són inferiors al 10% de la quantitat de materials desplaçats per mantenir el seu funcionament. A escala d'empresa aquest indicador tot i ser purament orientatiu, inclourà dins l'anàlisi l'eficiència dels proveïdors de matèries primeres, i les seves millores també es veuran reflectides en una millora del sistema analitzat. Per tal d'aconseguir aquest significat en l'indicador s'hauran de desenvolupar els coeficients d'estimació de fluxos indirectes per al procés productiu en concret. D'aquesta manera l'indicador ens donarà un criteri més que ha de permetre discriminar entre proveïdors. Per altra part, també es considera necessari incloure el transport de les matèries primeres ja que suposa un elevat consum de recursos naturals, que també s'haurà de tenir en compte, en estudis futurs.

Com s'ha comentat anteriorment, la manca de caracterització de les matèries primeres consumides en el sistema, ha impedit fer una anàlisi i quantificar de manera significativa aquest indicador pel nostre sistema. L'anàlisi, simplement pretén ser un reflex de la importància quantitativa dels fluxos indirectes associats a l'obtenció de les matèries primeres.

6.5 Conclusions

L'Ecologia Industrial es presenta com una opció per modificar el model del teixit industrial existent, tant a Catalunya com a nombrosos indrets arreu del món, sota criteris de sostenibilitat ambiental, econòmica i social. Tot i que els aspectes econòmics i socials queden fora de l'abast de l'estudi que s'ha presentat. La reconversió i millora de les àrees existents, es planteja amb una visió més àmplia centrada en les interconnexions entre empreses i l'entorn tant natural com socioeconòmic. En aquest context el MFA i els indicadors que se'n deriven, presentats en aquest capítol, són eines valuoses que permeten l'anàlisi de les empreses individualment i de tot el conjunt. Per tal de tenir una visió total del metabolisme del sistema industrial i del requeriment de recursos que té, és necessari complementar els indicadors derivats del MFA amb d'altres indicadors, també físics, sobre el consum energètic i hídric.

El cas d'estudi que s'ha presentat, com moltes d'altres àrees industrials arreu del món, mostra un polígon industrial molt heterogeni, on estratègies individuals s'han de combinar amb d'altres de col·lectives per tal d'aconseguir la reconversió de l'àrea cap a un EIP. Els indicadors mostren, per exemple que una companyia té una demanda que suposa el 22% del DMI de tota l'àrea i que tant sols 7 empreses generen un 85% del TWO. Per tant, els indicadors proposats, utilitzant dades simples disponibles per a totes les companyies, són útils per detectar els punts crítics del sistema:

- consum de recursos (DMI, TMR, TWI, TEI)
- l'ús dels recursos propis del sistema (origen domèstic en front als fluxos importats)
- sortides cap a l'entorn natural (DPO): generació de residus (TWO o M-Inef), emissions atmosfèriques (AE), emissions a l'aigua (WE)
- eficiència (Eco-Ef, Eco-In, E-Ef, E-In)

Els punts crítics que es detectin seran prioritaris, ja que petites millores en les empreses, poden suposar importants beneficis per tota l'àrea industrial.

Evidentment, aquest conjunt d'indicadors no és suficient per l'anàlisi de la sostenibilitat d'una àrea industrial i és necessari combinar-los amb d'altres eines ambientals per analitzar aspectes com la toxicitat dels productes, els riscos, els aspectes socials, la viabilitat econòmica, entre d'altres. Tot i així, els indicadors són bàsics per a convertir l'àrea industrial en un EIP. Després d'aplicar les estratègies

definides, els indicadors han d'ésser capaços de reflectir els canvis en el sistema i mostrar la seva efectivitat. Aplicant els mateixos indicadors a les dues escales, d'empresa i a tota l'àrea industrial, és important per mesurar els efectes a ambdues escales. De fet, els indicadors mesuren els efectes de les millores individuals en les empreses sobre el total de l'àrea industrial; a la vegada, que objectius fixats per tota l'àrea poden ésser fàcilment traduïts a objectius individuals per a les empreses.

Els resultats del cas d'estudi també mostren la importància de complementar els indicadors materials derivats del MFA, amb indicadors que mesurin el consum i l'ús d'aigua i energia. De fet, el TWI del polígon industrial de Santa Perpètua de Mogoda és 1,5 vegades més elevat que el seu DMI, i té uns importants costos, tant econòmics com ambientals.

Els resultats del cas d'estudi també mostren la rellevància dels fluxos indirectes, ja que en un 25% de les empreses són superiors al 50% de les exportacions. Per tant, els fluxos indirectes poden suposar importants quantitats de materials usats de manera indirecta pel sistema, que han d'ésser considerats si es vol realitzar una anàlisi de la sostenibilitat de l'àrea industrial.

L'estudi també reflecteix una possible relació entre l'Eco-Ef i els diferents sectors industrials i el valors afegits dels productes que es fabriquen, però s'hauria d'analitzar en més sistemes abans de poder-ho generalitzar.

Un elevat valor d'un indicador no necessàriament implica una situació ambiental crítica, ja que la relació entre els fluxos ambientals i els impactes no és directa. Molts fluxos tenen efectes múltiples i molt complexes sobre l'entorn, i per tant és difícil d'identificar i quantificar els impactes de cada flux. De totes maneres, és evident que quan major sigui el flux, major serà l'impacte. A més, és necessari disminuir l'ús de recursos per fer afí el desenvolupament econòmic amb la capacitat de càrrega de la terra.

Una de les principals avantatges és la gran simplicitat de les dades necessàries per aplicar la metodologia proposada, disponibles per totes les empreses, fet que facilita la participació de les empreses en el projecte. Encara que en el present estudi, algunes empreses es van desestimar, l'experiència mostra que la participació encara hagués estat més baixa si s'hagués necessitat informació més exhaustiva per part de les empreses. Participació, que és clau per assolir l'èxit d'un projecte de conversió d'una àrea industrial en EIP; és més, quan major sigui el nombre de participants, majors són les oportunitats per trobar interconnexions entre empreses.

Cal remarcar doncs, que l'anàlisi presentat va més enllà de l'estudi de cada companyia individualment, i es centra en la totalitat de l'àrea industrial com a criteri de selecció d'estratègies de millora.

6.6 Bibliografia

- Ayres, R., i Ayres, L. (2002). *Handbook of industrial ecology*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Bailey, R., Allen, J., i Bras, B. (2004). Applying ecological input –output flow analysis to material flows in industrial systems. *Journal of Industrial Ecology*, 8(1-2), 45-67.
- Brunner, P., i Rechberger, H. (2004). *Practical handbook of material flow analysis*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Committee on Industrial Environmental Performance Metrics. (1999). *Industrial Environmental performance metrics: opportunities and challenges*. Washington DC: National Academy Press.
- Cote, R. (1998). Thinking like an ecosystem. *Journal of Industrial Ecology*, 2(2), 9-11.
- Eursotat. (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide*. Luxemburg: European Communities.
- Gabarrell, X., i Vicent, T. (2001). Building a new eco-park in Santa Perpetua de Mogoda (Catalonia). Dins: *The Science and Culture of Industrial Ecology. Abstracts from the inaugural meeting*. Leiden: International Society of Industrial Ecology, 23.
- Gabarrell, X., Sendra, C., i Vicent, T. (2003). Indicators used to plan an environmental strategy to convert a cluster into an eco-industrial park. Dins: *Industrial Ecology for a sustainable future: Abstracts from the second ISIE conference*. Michigan: International Society for Industrial Ecology, 170.
- Garcia E. (2002). *Anàlisi de fluxos materials em um poligon industrial*. Projecte Final de carrera de Ciències Ambientals, UAB.
- Gibbs, D., i Deutz, P. (2005). Implementing industrial ecology? Planning for eco-industrial parks in USA. *Geoforum*, 36(4), 452-64.
- Hashimoto, S., i Moriguchi, Y. (2004). Proposal of six indicators of material cycles for describing society's metabolism: from the viewpoint of material flow analysis. *Resources, Conservation & Recycling*, 40, 185-200.
- Heeres, R., Vermeulen, W., i de Walle F. (2004). Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. *Journal of Cleaner Production*, 12, 985-95.
- Johansson, A., Kisch, P., i Mirata, M. (2005). Distributed economies – A new engine for innovation. *Journal of Cleaner Production*, 13, 971-79.
- *Journal of Cleaner Production* (2004), 12 (8-12).
- Lowe, E. (2001). *Eco-industrial park handbook for Asian developing countries*. Oakland, CA: Indigo Development.
- Olsthon, X., Tyteca, D., Wehrmeyer, W., i Wagner, M. (2001). Environmental indicators for business: a review of the literature and standardisation methods. *Journal of Cleaner Production*, 9, 453-63.

- Sterr, T., i Ott, T. (2004). The industrial region as a promising unit for eco-industrial development – reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, 12, 947-965.
- Seager, T., i Theis, T. (2004). A taxonomy of metrics for testing industrial ecology hypotheses and application to design of freezer insulation. *Journal of Cleaner Production*, 12, 865-875.
- Sendra, C., Garcia, E., Gabarrell, X., i Vicent, T. Environmental indicators for industrial cluster. Dins: Industrial Ecology: From theory to practice. International society for Industrial Ecology meeting in Europe 2002. Barcelona: International Society of Industrial Ecology, 59.
- Sendra, C., Gabarrell, X., i Vicent, T. (2007). Material flow analysis adapted to an industrial area. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1706-1715.
- UN. (2001). *Environmental management Accounting Principle and Procedures*. United Nation Division for Sustainable Development. New York: United Nations, 2001.

7 CONCLUSIONS

L'anàlisi presentat en aquesta memòria mostra la forta materialització que ha tingut l'economia catalana en els darrers 15 anys, on la quantitat de materials que entren en la societat ha crescut un 60%. El creixement econòmic que ha tingut el país ha estat totalment vinculat a un augment del consum de recursos naturals, tant propis com externs.

A escala global el consum de recursos per habitant ha augmentat un 56% en 15 anys, passant de 12t per capita l'any 1990 a 17 t per capita l'any 2004. Mentre que l'eficiència en la generació de riquesa per tona produïda ha disminuït en un 40%, ja que mentre l'any 1990 és generaven 1021€ de PIB (a preus constants) per tona, al cap de 15 any només se'n generen 912€.

Les exportacions suposen entre un 33 i un 40% de l'entrada directa de materials (DMI), és a dir que entorn del 60% dels materials que entren a Catalunya es consumeixen o s'acumulen dins del territori català. Les sortides cap a l'entorn natural (DPO) vinculades a la producció i ús de recursos suposen entorn del 40% de les entrades de materials⁵² (DMI+ *Balanced inputs*). Si s'analitza l'eficiència material, com a tona de producte per tona de matèria primera consumida, aquest valor és similar per les altres escales o sectors d'anàlisi: el sector de la construcció i una àrea industrial. La relació entre tones de matèries primeres i producte fabricat pels principals materials consumits en el sector de la construcció és del 83%. Mentre que pel polígon industrial l'anàlisi realitzada dona que un 86% dels materials que s'estan consumint en el sistema es converteixen en productes acabats⁵³.

Aquests valors impliquen una ineficiència d'entorn al 15%. És a dir, el 15% són residus o emissions que surten, i en bona part s'acumulen, en l'entorn natural. Una primera estratègia de millora serà la reintroducció de tots aquests materials residuals al cicle productiu, però això només permetrà frenar el creixement del consum de materials. Per tal d'aconseguir disminuir-lo, s'han de plantejar estratègies en el disseny dels productes, s'ha d'aconseguir la desmaterialització de les construccions, de la producció industrial i del sector serveis.

No n'hi ha prou amb ésser eficient en la producció sinó que s'ha d'ésser eficaç, tendint cap a la substitució de béns per serveis.

⁵² Per a realitzar aquest càlcul s'han dividit les sortides cap a la natura quantificades en el DPO, dividit entre les entrades de materials (DMI) més els fluxos d'entrada per quadrar el balanç, ja que cal comptabilitzar l'oxigen, etc. que s'incorporen en els productes de sortida per que aquesta xifra sigui significativa. Per una explicació més detallada veure el capítol 3.

⁵³ S'ha de tenir en compte que la composició del polígon industrial és molt heterogènia, és a dir que hi ha empreses que són de sectors i dimensions molt diferents, des de comercialitzadores amb una alta eficiència fins una empreses amb un alt valor afegit on l'eficiència és del 10%. Per tant, el resultat que es presenta és un valor mig per aquest cas d'estudi.

Aquests resultats d'eficiència junt amb el creixement global que té el país, mostren la insostenibilitat del model de creixement actual. Un model basat en la construcció i en la necessitat de grans infraestructures de transport. Polítiques que fomentin la reutilització, el reciclatge i allarguin el temps de vida dels materials a Catalunya, així com l'aprofitament dels recursos a escala regional, podrien fer disminuir a la vegada el consum, i per tant l'extracció de materials i la dependència de l'exterior. Cal, però, anar més lluny, i proposar un canvi de model on la construcció no tingui un pes tan alt, i on es redueixin les necessitats de transport, sobretot del transport per carretera.

Cal remarcar que els valors dels indicadors derivats del MFA, presentats en aquests estudi, no poden ésser considerats directament eines de sostenibilitat. Tot i pensar que valors baixos dels indicadors d'entrada i consum de materials, mostrin sistemes més sostenibles des d'un punt de vista ambiental, ja que hi ha menys apropiament de recursos naturals, acostuma a anar contraposat a la sostenibilitat des del punt de vista social i econòmic, com succeeix en alguns països del sud est asiàtic.

Per decidir el valor òptim per considerar un sistema sostenible, caldrà tenir en compte en la presa de decisions les necessitats de les generacions futures. La qüestió però és com tractar les generacions futures: hi hauran canvis de preferències?, seran generacions més avançades en millores tecnològiques o bé hauran descobert noves reserves? estaran en una situació similar a l'actual?. Aquestes entre d'altres preguntes obren una porta a la incertesa, per la qual cosa considerem que caldrà ésser conservatius amb l'extracció i consum de recursos naturals, i dissenyar els productes per a ésser reciclats o reutilitzats. A més, també cal tenir en compte, per a la presa de decisions, que per considerar un valor òptim dependrà del període de temps al qual sigui aplicable, i la incertesa evidentment serà major per a decisions a llarg termini.

Per últim un altre factor a considerar és el consum o ús de recursos renovables front a no renovables. Pels primers es pot assolir un estat estacionari, el qual asseguraria l'accessibilitat a les generacions futures si el consum de recursos és igual o inferior a la seva regeneració. En el cas dels recursos no renovables, el seu consum condueix inevitablement cap el seu esgotament. Per la qual cosa l'òptim de consum de recursos no renovables serà diferent al de renovables. Els resultats mostren el baix pes del consum i ús de renovables a escala global i específicament pel sector de la construcció, a la vegada que hi ha una forta dependència de l'exterior per ambdós tipus de recursos.

També caldrà tenir en compte que els indicadors utilitzats són agregats i únicament s'ha realitzat una anàlisi quantitativa global. Evidentment, no tots els materials tenen els mateixos efectes sobre el medi i poques tones de determinats

materials poden tenir uns efectes molt més negatius que grans quantitats d'altres, fet que els indicadors proposats no reflecteixen. Sí que és obvi que quan menys material s'extregui de la natura o bé s'hi dipositi, l'impacte serà inferior.

L'estudi aquí presentat no pretén mesurar els impactes associats al model econòmic actual de Catalunya sinó els límits del seu consum de recursos, i el sistema econòmic des d'una perspectiva física. Els indicadors presentats permeten donar senyals d'alarma del major ús, almenys quantitatiu de recursos i quantifiquen les càrregues ambientals sobre l'entorn. A més, la combinació d'aquests indicadors amb altres eines, serà la base per plantejar estratègies de minimització de la producció de residus i maximitzar l'ús eficient de recursos. És a dir, aquests indicadors seran els elements inicials per desenvolupar mesures per a millorar l'eficiència a diferents escales, que a llarg termini han de reportar beneficis econòmics, ambientals i socials.

8.1 Glossari de termes

ACV, Anàlisi del Cicle de Vida

L'anàlisi del cicle de vida és una metodologia de treball per estimar i assessorar sobre els impactes ambientals associats a tot el cicle de vida d'un producte.

CIF, coeficient fluxos indirectes

Coeficients per a la quantificació dels fluxos indirectes associats a un producte.

Corba Ambiental de Kuznet

Teoria que prediu una relació d'U inversa entre el creixement econòmic i el consum de recursos o els impactes ambientals. En les primeres etapes de desenvolupament d'una economia, el creixement econòmic anirà associat a un augment del consum de recursos naturals, fins a assolir un determinat estadi de desenvolupament, en el que es produirà un punt d'inflexió. A partir d'aquest punt, el creixement econòmic haurà revertit en millores econòmiques i tecnològiques que permetin desvincular el creixement econòmic del consum de recursos naturals. Una discussió més extensa de la definició i validesa de la corba ambiental de Kuznet es pot trobar a l'enciclopèdia d'Internet de la Societat Internacional d'Economia Ecològica (Stern, 2003).

DE, Domestic Extraction o Extracció Domèstica

Flux de materials i indicador derivat del MFA, que quantifica la quantitat de materials que s'estan extraient de l'entorn territorial d'una economia, en unitats màssiques. Es pot distingir entre DE usada i no usada. En el primer cas, són fluxos que entren en el procés econòmic o productiu, mentre que el segon terme fa referència a fluxos materials que són mobilitzats en l'entorn natural però no entren en el cicle econòmic.

Desmaterialització (forta i dèbil)

Disminució de l'entrada o consum de materials d'una economia amb el temps. S'anomena desmaterialització forta si es produeix una disminució en valor absolut, és a dir, de les tones totals. Mentre que la desmaterialització dèbil (o relativa) té lloc quan hi ha una disminució del consum per capita o bé per unitat de PIB.

DMC, Domestic Material Consumption o Consum de Materials Domèstic

Indicador derivat del MFA que quantifica el consum de materials directa d'una economia, en unitats màssiques. Es pot calcular com:

$$\text{DMC} = \text{Extracció Domèstica} + \text{Importacions} - \text{Exportacions}$$

DMI, Direct Material Input o Entrada de Materials Directa

Indicador derivat del MFA, que quantifica l'entrada total de materials en una economia. Inclou tant els recursos extrets de l'entorn natural com els importats d'altres sistemes. Es pot calcular com:

$$\text{DMI} = \text{Extracció Domèstica} + \text{Importacions}$$

DPO, Domestic Processed Output o Sortides domèstiques processades

Indicador derivat del MFA, que quantifica la sortida de materials processats d'un sistema cap a la natura.

Eco-Ef, Eco-Eficiència

Indicador que quantifica l'eficiència en l'ús de materials per a àrees industrials i empreses, calculada com el raó entre la producció i la quantitat de materials usats per obtenir-lo.

Eco-In, Eco-Intensitat

Indicador que quantifica la intensitat en l'ús de materials per a àrees industrials i empreses, calculada com el ràtio entre l'entrada de materials usats per unitat de producte obtingut.

E-In, Energy Intesity o Intensitat energètica

Indicador per a àrees industrials i empreses que quantifica el consum energètic per unitat de producte fabricat.

Materialització

Augment de l'entrada o el consum de materials d'una economia al llarg del temps.

M-Inef, Material Inefficiency o Ineficiència material

Indicador de ús de materials per a àrees industrials i empreses, que relaciona les sortides de materials cap a l'entorn natural (DPO) per unitat de material usat pel sistema.

MFA, Material Flow Analysis o Anàlisi de Fluxos Materials

Metodologia d'anàlisi estandarditzada per a quantificar la circulació de fluxos de materials a través d'un sistema econòmic, en unitat físiques.

NAS, Net Addition to Stocks o Augment net dels estocs

Variació de l'estoc de materials d'un sistema, en termes màssics.

P, Producció

Indicador que quantifica la producció, en unitats màssiques, per a àrees industrials o empreses.

PIB, Producte Interior Brut

Indicador macroeconòmic que quantifica, en unitat monetàries, el valor econòmic dels béns i serveis produïts per una economia en un període determinat.

PTB, Physical Trade Balance o Balanç Físic Comercial

Són les importacions netes en unitats màssiques. Es calculen com la diferència entre les importacions i exportacions en unitats màssiques. Opcionalment es poden incloure els fluxos indirectes associats al comerç exterior.

Rematerialització

Situació en la qual després d'una etapa de desmaterialització, es produeix un canvi en la societat que provoca un augment del consum de materials. Una discussió específica d'aquest fenomen es pot trobar a Bruyn (1999).

TMR, Total Material Requirement o Requeriment de materials total

Indicador derivat del MFA que, quantifica l'entrada total de materials a un sistema, incloent els fluxos no usats i indirectes. Es pot distingir entre TMR total o domèstic segons si s'inclouen tots els fluxos o bé únicament els interiors.

Transmaterialització

Fenomen on es produeix un efecte substituïu d'un material per un altre. És a dir, disminueix el consum d'un determinat material a expenses d'un augment del consum d'un altre tipus de recurs. Podeu trobar exemples i una discussió més extensa d'aquest fenomen al Handbook of Industrial Ecology de Robert Ayres.

TEI, Total Energy Input

Indicador de consum energètic total per a àrees industrials i empreses.

TWI, Total Water Input

Indicador de consum d'aigua total per a àrees industrials i empreses.

TWO, Total Waste Output

Indicador de generació de residus sòlids per a àrees industrials i empreses.

VAB, Valor Afegit Brut

Indicador macroeconòmic que quantifica en unitats monetàries, el valor econòmic que afegeix cada etapa del procés productiu a un bé o servei (a diferència del PIB, no inclou els impostos indirectes).