



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



ÅSA JÖNSSON
ANNE-MARIE TILLMAN
TORBJÖRN SVENSSON

Livscykelanalys av golvmaterial

R30: 1994

En jämförelse av linoleum,
PVC-matta och massivt
furugolv

Bygg- och miljöteknik, bibl.



15028

1-1342628



BYGGFORSKNINGSRÅDET

R30:1994

LIVSCYKELANALYS AV GOLVMATERIAL

**En jämförelse av linoleum, PVC-matta
och massivt furugolv**

**Åsa Jönsson
Anne-Marie Tillman
Torbjörn Svensson**

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 920422-1 från
Bygghforskningsrådet till Avdelningen för Teknisk Miljöplanering
vid Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.**

REFERAT

Rapporten utgör en jämförande analys av miljöbelastningen för tre golvtäckningsmaterial under hela deras livscykel. Den metod som används är livscykelanalys (LCA). Rapportens syfte är dels att utveckla metodiken för att göra livscykelanalyser för byggmaterial (som ju har en hög livslängd jämfört med de flesta andra produkter), dels att praktiskt genomföra en LCA för tre golvmaterial.

Linoleum, PVC-matta och furugolv väljs som studieobjekt. Den enhet för vilken miljöbelastningen jämförs är "kvadratmeter golv och år". Golvmaterial för privat boende, använda och - om möjligt - tillverkade i Sverige, studeras. Data gäller dagens teknik så långt möjligt. Studien begränsas till påverkan på yttre miljö.

För vart och ett av golvmaterialen görs en produktbeskrivning och en teknisk beskrivning, och miljöbelastningsdata går igenom stegvis för varje materials livscykel. Miljöbelastningsprofilerna beräknas, och hänsyn tas då även till skillnader i livslängd. Miljöbelastningsprofilerna utvärderas och jämförs med EPS-metoden, effektkategorimetoden och ekoknapphetsmetoden. Miljöeffekterna av olika förändrade förutsättningar prövas.

Utifrån underlaget från både inventeringen och effektvärderingen dras slutsatsen att furugolvet är det ur miljösynpunkt klart lämpligaste alternativet av de tre studerade materialen. Baserat enbart på inventeringsresultatet kan inga säkra slutsatser dras beträffande om linoleum eller PVC-matta är att föredra ur miljösynpunkt. Både bedömningen av miljöfarliga ämnen i golvmaterialens livscykler och underlaget från effektvärderingen pekar dock mot att linoleum ur miljösynpunkt är att föredra framför PVC-matta.

I Bygghälsorådgivningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R30:1994

ISBN 91-540-5668-3
Bygghälsorådgivningsrådet, Stockholm

gotab 11887. Stockholm 1994

FÖRORD

Denna studie är utförd som ett led i Åsa Jönssons doktorandarbete vid Avdelningen för Teknisk Miljöplanering, Chalmers Tekniska Högskola (CTH). Målsättningen har varit dels att konkret jämföra miljökonsekvenserna av några golvmaterials livscykel, dels att utveckla metodiken vad beträffar livscykelanalyser för byggmaterial.Handledare för arbetet har varit Anne-Marie Tillman och Torbjörn Svensson vid samma avdelning. Torbjörn Svensson har också varit projektets ledare.

Ett tack riktas till den referensgrupp som varit knuten till projektet. I gruppen har ingått Lars-Olof Nilsson (Institutionen för Byggnadsmaterial, CTH), Göran Petersson (Institutionen för Kemisk Miljövetenskap, CTH), Hans Blanck (Botaniska institutionen, Göteborgs Universitet) och Jan Vilhelm Bakke (Arbeidstilsynet, Gjøvik). Björn Lundgren och Lars Johnson (Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut) har också deltagit i gruppens arbete.

Arbetet har varit beroende av att data kunnat samlas in. Ett särskilt tack riktas till de producenter av golvmaterial som bidragit med både kunskap och arbetstid för att skaffa fram data. Även övriga datalämnare tackas.

LCA av golvmaterial utgör det första steget i ett bredare projekt, kallat Miljöbedömning av Byggnation och Byggmaterial. Projektet finansieras till en del genom anslag (forskningsanslag 920422-1) från Statens Råd för Byggnadsforskning till Avdelningen för Teknisk Miljöplanering vid Chalmers Tekniska högskola, Göteborg. Materialens påverkan på inomhusmiljön studeras parallellt av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) i ett separat projekt. I ett senare skede kommer påverkan på yttre och inre miljö att vägas samman.

Göteborg 1994-06-30

SAMMANFATTNING

Rapporten utgör en jämförande analys av miljöbelastningen för tre golvtäckningsmaterial under hela deras livscykel. Den metod som används är livscykelanalys (LCA). Rapportens syfte är dels att utveckla metodiken för att göra livscykelanalyser för byggmaterial (som ju har en hög livslängd jämfört med de flesta andra produkter), dels att praktiskt genomföra en LCA för tre golvmaterial.

I kapitel 1 ges bakgrund och syfte med studien. Principerna bakom metoden förklaras. Den svenska marknaden för golvtäckningsmaterial beskrivs, och linoleum, PVC-matta och furugolv väljs som studieobjekt. Linoleum och PVC-matta har i Sverige de största marknadsandelarna, medan furugolvet är intressant för jämförelsen eftersom det ofta framhålls som ett traditionellt och miljövänligt alternativ till de modernare golvmaterialen. Den enhet för vilken miljöbelastningen jämförs är "kvadratmeter golv och år". Inom livscykelanalysen utgör detta en s k funktionell enhet.

Studiens avgränsningar definieras och motiveras i kapitel 2. Golvmaterial för torra utrymmen i privat boende, använda och - om möjligt - tillverkade i Sverige, studeras. De jämförda produkterna ska ha en likvärdig funktion. Data gäller dagens teknik så långt möjligt. En uppskattning görs av varje materials livslängd. Ingen materialåteranvändning eller -återvinning antas förekomma, utan alla materialen antas förbrännas med energiutvinning efter avslutad användning. Studien begränsas till påverkan på yttre miljö. Skillnader i ljud- och värmeisolerande funktion försummas. Buller- och luktstörningar försummas, likaså miljöbelastning av rengöring, skötsel och underhåll. Golvets övriga konstruktion utelämnas i inventeringen.

I kapitel 3 redovisas de beräkningsmetoder som använts. För att underlätta hantering av insamlade data används ett beräkningsprogram kallat LCA Inventory Tool. Vissa generaliseringar görs för beräkningarna. För transporter används schablonvärden för energiförbrukning och emissioner. Schablonvärden används även för miljöbelastningen från utvinning, transport och raffinering av oljeprodukter. Avfallsförbränningens miljöbelastning beräknas. Samma transportavstånd kan för samma led i livscykeln användas för alla produkterna.

Inventering av de tre golvmaterialens miljöbelastning och beräkning av respektive miljöbelastningsprofil redovisas i kapitel 4, 5 och 6. Som representativa produkter har valts:

- Linoleum från Forbo-Forshaga AB
- PVC-matta från Tarkett AB
- Massivt furugolv från Siljan trägolv AB.

För vart och ett av golvmaterialen görs en produktbeskrivning och en teknisk beskrivning. Ett schema för materialflöden och processer ritas upp, och livscykeln går igenom steg för steg. Miljöbelastningsdata anges för varje steg, tillsammans med de antaganden som gjorts. Miljöfarliga ämnen som ingår i livscykeln, men inte alltid går att kvantifiera, diskuteras. Sedan följer en sammanräkning av miljöbelastningen per funktionell enhet, fördelad på de inventerade parametrarna.

I kapitel 7 jämförs miljöbelastningsprofilerna för de tre golvmaterialen med varandra uppdelat i kategorierna resursanvändning, energianvändning, emissioner, avfallsmängder och miljöfarliga ämnen. Jämförelsen görs per funktionell enhet, och hänsyn tas då även till skillnader i livslängd. Resultatet av denna jämförelse är att furugolvet för de flesta parametrar har en lägre miljöbelastning än linoleum och PVC-matta, som är svårare att rangordna sinsemellan.

Miljöbelastningsprofilerna utvärderas i kapitel 8 genom tillämpning av EPS-metoden, effektkategorimetoden och ekoknapphetsmetoden. De två sista metoderna har anpassats efter svenska förhållanden. Värderingsmetoderna är kvantitativa och väger olika miljöparametrar mot varandra. Varje parameter multipliceras med index, och dessa resultat summeras sedan till ett miljöindex per material och värderingsmetod. Furugolvet faller bäst ut i samtliga fall. Enligt EPS-metoden har PVC-golvet störst miljökonsekvenser. Effektkategorimetoden placerar linoleum och PVC-matta på ungefär lika nivå, medan ekoknapphetsmetoden ger att linoleumgolvet har störst miljöeffekter.

En variationsanalys görs i kapitel 9, där miljöeffekterna av olika alternativ prövas. Återvinning och återanvändning diskuteras, likaså konsekvenser av att byta råvaror och inkludera stegljudsdämpning. Inventeringsresultaten används även för en grov miljöjämförelse av offentliga golv. Konsekvenserna diskuteras av att lägga in en bärande funktion i den funktionella enheten genom att komplettera linoleum och PVC-mattan med en golvskiva.

I kapitel 10 diskuteras osäkerheter i metodiken. Debatten om PVC:s och kloranvändningens miljökonsekvenser berörs, och de kvantitativa resultaten i denna studie jämförs med resultaten i några produktguider för miljöanpassade byggmaterial. Rekommendationerna i de kvalitativa produktguiderna skiljer sig åt sinsemellan. Till sist går igenom vilka dataluckor som finns i den utförda analysen, och vilka områden som bör utforskas ytterligare för att få bättre underlag för fortsatta jämförande miljöbedömningar av golvmaterial.

SUMMARY

The environmental impact of three flooring materials during their entire life cycle is assessed and compared, by using the method of Life Cycle Assessment (LCA). Chapter 1 gives the background and the purpose of the study, and describes also the Swedish market for floorings. The purpose of the study is:

- To assess and compare the environmental impact from cradle to grave for 1 m² of linoleum, vinyl flooring and solid wood flooring per year. As functional unit (basis for comparison), 1 m² of flooring and year is therefore chosen.
- To develop the methodology for doing LCA for building materials.

Linoleum and vinyl flooring are the most sold floorings in Sweden, and a solid wood flooring is often referred to as the traditional and environmentally friendly alternative to modern floorings. It is of interest to find out whether this view is proved or not by a quantitative LCA.

In chapter 2 the system boundaries for the study are described. Floorings for domestic use are studied. The scenarios describe a Swedish situation, and data are valid for the situation of today. For the calculations, it is assumed that there is no recycling or recovery of the floorings, and that all materials are incinerated with energy recovery after use. Work environment and indoor air are not included. The environmental impact of cleaning and maintenance is excluded, since no reliable data are available in this area. Methods and principles for the calculations are given in chapter 3 as well as general data for the environmental impact of energy use and transportation.

Chapters 4, 5 and 6 describe the inventories for each flooring material. A process tree is drawn in each case, and the environmental impact is assessed for every step of these trees. The following products and conditions have been chosen as representative:

Linoleum sheeting

Market share: 18% (1993)
Main data source: Forbo-Krommenie (Holland)
Specific weight: 2,3 kg/m²
Assumed lifetime: 25 years

Vinyl flooring

Market share: 55% (1993)
Main data sources: Hydro Plast AB, Tarkett AB (Sweden)
Specific weight: 1,3 kg/m²
Assumed lifetime: 20 years

Solid wood flooring

Market share: < 1% (1993)
Data sources: Several Swedish wood producers
Specific weight: 7 kg/m²
Assumed lifetime: 40 years

Data gathered concern resource use, energy use, emissions to air and water and waste generation. The energy use and emissions from transports are also taken into account. In chapter 7 the resulting environmental profiles are compared between the floorings per functional unit. In chapter 8 the environmental profiles are translated into environmental impact by using three quantitative evaluation methods:

The "Environmental Priority Strategies in product design" method (EPS), developed in Sweden

The Environmental Theme Method (ET),
developed in Holland (CML), then adjusted to Swedish conditions

The Ecological Scarcity Method (ECO),
developed in Switzerland (BUWAL), then adjusted to Swedish conditions.

According to the inventory results as well as the impact assessment, the wood flooring has the lowest environmental impact. The difference between linoleum and vinyl flooring is not so clear - it depends on what parameters are considered the most important.

Chapter 9 deals with the environmental consequences of changes in the original scenarios, concerning reuse and recovery, landfilling instead of incineration after use, exchange of some of the raw materials, floorings for public use etc.

In chapter 10 the results of the study are discussed as well as the validity of them. During recent years there has been a public debate concerning the environmental consequences of using PVC, mainly lead by Greenpeace. The criticism of PVC as a material is based on the effects of emissions of chlorine compounds to the environment. The results of the study are then compared to recommendations given in a number of environmental guides for choice of building materials. The methodology of LCA does not include risks for accidents, nor parameters for which the environmental impact is not yet thoroughly examined. Areas that need further attention are identified. One of them is the environmental consequences of cleaning and maintenance.

LCA of floorings is the first step in a wider project called "Environmental Assessment of Buildings and Building Materials". Emissions to indoor air are assessed by the Swedish National Testing and Research Institute in a separate project, and the results of the two studies will be integrated in a final project.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	SID.
1. MÅLFÖRMULERING	1
1.1. Syfte	1
1.2. Bakgrund	1
1.3. Livscykelanalys (LCA)	2
1.4. Marknadsbeskrivning	4
1.5. Val av funktionell enhet	6
2. SYSTEMGRÄNSER.....	7
2.1. Allokeringar	7
2.2. Dataval	7
2.3. Antaganden	8
2.4. Avgränsningar	9
3. BERÄKNINGSMETODER.....	14
3.1. Databehandling	14
3.2. Energi	14
3.3. Transportavstånd	16
3.4. Avfallshantering	16
3.5. Val av inventeringsparametrar	18
4. INVENTERING LINOLEUM.....	19
4.1. Produktbeskrivning	19
4.2. Teknisk beskrivning	19
4.3. Livscykel	23
4.4. Miljöfarliga ämnen	29
4.5. Resultat	29
5. INVENTERING PVC-MATTA.....	32
5.1. Produktbeskrivning	32
5.2. Teknisk beskrivning	32
5.3. Livscykel	36
5.4. Miljöfarliga ämnen	48
5.5. Resultat	49
6. INVENTERING FURUGOLV.....	51
6.1. Produktbeskrivning	51
6.2. Teknisk beskrivning	52
6.3. Livscykel	54
6.4. Miljöfarliga ämnen	59
6.5. Resultat	59
7. JÄMFÖRELSE AV MILJÖBELASTNING.....	61
7.1. Resursanvändning	61
7.2. Energianvändning	62
7.3. Emissioner	63
7.4. Avfall	64
7.5. Miljöfarliga ämnen	64
7.6. Resultat	66
8. EFFEKTVÄRDERING.....	67
8.1. EPS-metoden	67
8.2. Effektkategorimetoden	69
8.3. Ekologisk knapphet	70
8.4. Resultat	72

9. VARIATIONSANALYS.....	73
9.1. Dagens avfallshantering	73
9.2. Återvinning och återanvändning	73
9.3. Råvaror	75
9.4. Stegljudsdämpning	78
9.5. Offentliga golv	79
9.6. Bärande golv	82

10. DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	83
10.1. Dataval	83
10.2. Debatten om PVC	83
10.3. Jämförelse med kvalitativa bedömningar	84
10.4. Dataluckor	87
10.5. Slutsatser	88

REFERENSER.....	89
-----------------	----

BILAGOR

1. Miljöfarligt avfall (MFA)
2. Miljöfarliga ämnen
3. EPS-metoden
4. Effektkategorimetoden
5. Ekoknapphetsmetoden

1. MÅLFÖRMULERING

1.1. SYFTE

Detta arbetes syfte är dels att konkret jämföra miljökonsekvenserna av några golvmaterials livscykel, dels att utveckla metodiken för livscykelanalyser för byggmaterial. De tre golvmaterial som studeras är linoleum, PVC-matta och massivt furugolv, och studien avgränsas till att gälla privata bostäder. Arbetet begränsas också till påverkan på den yttre miljön. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) studerar i samma projekt påverkan av de valda materialen på den inre miljön, och belastning på yttre och inre miljö kommer att vägas samman i ett senare skede.

Insamlande av data har skett i nära kontakt med materialtillverkarna, som redan på ett tidigt stadium visat intresse för att detta arbete genomförs.

Projektet utgör ett led i arbetet med metodutveckling av livscykelanalys för miljöbedömningar. Detta område är ett av huvudområdena för forskningen vid Avdelningen för Teknisk Miljöplanering på Chalmers Tekniska Högskola. Projektets inventeringsresultat kan även utgöra ett underlag för golvmaterialtillverkare vid produktutveckling. Rapporten är inte avsedd som konsumentrådgivning vid val av golvmaterial.

1.2. BAKGRUND

Behov av miljöanalysmetoder

Konsekvenserna av människans påverkan på den yttre miljön har under senare tid blivit allt mer märkbara, och en rad tidigare okända miljöproblem har dykt upp på olika nivåer. I takt med att utsläpp från punktkällor åtgärdats har uppmärksamheten alltmer kommit att flyttas över från miljöpåverkan från enskilda tillverkningsprocesser till miljöpåverkan av produkter. Som en följd av detta ställs idag högre krav på produkters miljöanpassning. Industrin har börjat acceptera dessa krav, och att miljöanpassa sina produkter har blivit ett allt viktigare konkurrensmedel. I dagens reklam används flitigt uttryck som "miljövänlig", "innehåller inga miljöskadliga ämnen" och "ren naturprodukt". Denna typ av uttryck kan lätt - och med rätta - av konsumenten betraktas som vaga, och det behövs metoder som definierar vad som avses med miljöanpassning av produkter. Från industrin efterfrågas metoder för produktförbättring ur miljösynpunkt, både för internt arbete och i marknadsföringssyfte. Myndigheter behöver metoder som kan användas för att ta fram beslutsunderlag. Dessa metoder bör dels vara så tydliga att det går att se hur man gått tillväga i arbetet, och dels vara objektiva.

Det finns alltså ett behov av metoder för analys av miljöbelastning och dess konsekvenser. Livscykelanalys (LCA) bör ha goda förutsättningar att utvecklas till ett användbart bedömningsverktyg, och intresset för denna metod är idag stort och ökande.

Tidigare studier

Mycket har skrivits om LCA-metodik, och tillämpningar för specifika produkter som förpackningar av olika slag har publicerats under de senaste åren. Inom byggmaterialområdet finns däremot inte så mycket skrivet. En jämförande LCA av fyra golvmaterial har under förra året publicerats i Holland [Potting et al -93], och en del av mina data är hämtade därifrån. Linoleum och PVC-matta ingår i den holländska studien. Vidare har Bremer Umwelt Beratung [BUB -91] kvalitativt jämfört fyra golvmaterial med

hjälp av Produktliniemanalys (PLA), en med LCA besläktad metod. Även där ingår linoleum och PVC-matta. PVC:s livscykel har beskrivits av bl a Norsk Hydro [Norsk Hydro -92].

Lagstiftning

Flera europeiska länder har lagstiftat om ett ökat producentansvar då produkterna övergår till att bli avfall. Detta gäller även byggavfall. Holland, Tyskland och Danmark är några länder som kommit långt vad det gäller återvinning och återanvändning av byggavfall, främst beroende på en kombination av brist på råvaror och brist på deponeringsutrymme. Differentierade avfallstaxor med en högre kostnad för osorterat än för sorterat byggavfall har bidragit kraftigt till att politiska målsättningar omsatts till verklighet.

Även i Sverige kan förväntas en skärpning av villkoren för hantering av byggmaterial och byggavfall. I Kretsloppspropositionen 1992/93:180 står att läsa i sammanfattningen: "... Det gäller nu att gå vidare med att ange strategi, konkreta mål och tidtabell för tillämpningen av producentansvar på nya varuområden. Områden som bör bli aktuella inom kort är byggnadsmaterial, bilar, skrotdäck, elektroniska och elektriska produkter..."

All användning av långlivade, naturfrämmande ämnen ska på sikt upphöra enligt riksdagens beslut i prop. 1990/91:90 [Wallgren -92]. Det är troligt att styrmedel i form av lagstiftning, avgifter m m kommer att verka i denna riktning, och man kan därför förmoda att PVC-marknaden i framtiden kommer att få svårare att konkurrera än idag. I länder som Danmark, Holland och Tyskland har en avveckling av PVC diskuterats i flera år, och lagförslag om stegvis avveckling har varit uppe på flera håll. Även i Sverige pågår diskussion om lagstiftning mot användning av PVC.

Dessa framtidstrender inom lagstiftningen pekar på ett växande behov av arbetsmetoder för miljöanpassad produktutveckling.

Miljömärkning

Miljömärkning av produkter underlättar konsumentens val, men bidrar också till en utveckling av miljöanpassade produkter. Miljömärkning har hittills i första hand riktat in sig på kortlivade konsumentvaror som tvätt- och diskmedel, men börjar nu även bli aktuellt för byggmaterial. Nordiska Ministerrådets miljömärkning, Svanen, har tagit fram kriterier för miljömärkning av byggskivor, och kriterier för miljömärkning av golvbeläggningar (utan bärande funktion) har varit ute på remiss. Svanen-märkningen har som målsättning att grunda sig på en värdering av produktens livscykel. Kriterierna för golvmaterial är ännu inte antagna, utan håller på att bearbetas.

Produktutveckling

Tarkett, som bl a tillverkar PVC-mattor, har kungjort att man på sikt tänker övergå från PVC till någon annan plast för golv. Beslutet antas hänga samman med den debatt som pågår om miljöeffekter av användning av PVC. Miljöargument kan alltså påverka marknaden, om frågeställningen uppmärksammas tillräckligt i media.

1.3. LIVSCYKELANALYS

Den metod som används i denna studie kallas Livscykelanalys (LCA). Att göra en LCA innebär att man beskriver och utvärderar en produkts sammanlagda miljöpåverkan under hela dess livscykel, vanligen från råvaruutvinning till och med avfallsledet.

SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) är en internationell organisation som åtagit sig rollen att harmonisera LCA-metodik. Det pågår även ett internationellt standardiseringsarbete av LCA i ISO:s regi. Denna analys är i stort sett strukturerad enligt SETAC:s riktlinjer för vad som ska ingå i en LCA [SETAC -93]. SETAC delar in tillvägagångssättet i följande steg:

- Målformulering och omfattning
- Inventering
- Effektanalys
- Förbättringsanalys

Målformuleringen går ut på att exakt formulera den fråga man vill analysen ska ge svar på, och denna fråga styr sedan studiens omfattning. Exempel på frågor är "Ska jag välja produkt A eller B?", "I vilket led av tillverkningsprocessen ger miljöinvesteringar bäst resultat?" eller "Är det ur miljösynpunkt bäst att förbränna eller återvinna produkt A efter användning?". I samband med målformuleringen väljs en funktionell enhet, som är den enhet man behöver för att en jämförelse ska vara möjlig (se kapitel 1.5). För byggmaterial kan den funktionella enheten vara relaterad till vikt, yta, tid, isolerande förmåga m m.

Inventeringen inleds med att man beskriver livsrytten för det man studerar, och ett flödesschema tas fram som speglar ingående processer och transporter. För varje led i flödesschemat samlas relevanta data in och bearbetas. Data gäller resursanvändning, energianvändning, emissioner till luft och vatten samt avfall. Inventeringen resulterar i en kvantitativ miljöbelastningsprofil, som är beräknad per funktionell enhet. Data kan vara av typen "gram CO₂ per kg produkt", "elförbrukning per m² väggmaterial och år" o s v.

Ibland blir inte inventeringsresultatet så tydligt att det kan besvara den fråga som gav upphov till analysen. Man kan då gå vidare genom att översätta belastningsdata i miljöeffekter, vilket kallas att göra en effektanalys. Effektanalysen består av mellanstegen klassificering, kategorisering och värdering. I klassificeringen klumpas data ihop i lämpliga effektkategorier efter vilken typ av miljöeffekt de ger upphov till, t ex en uppdelning i påverkan på ozonskiktet, försurande effekter och bidrag till växthuseffekten. Kategoriseringen består i att parametrar inom en effektkategori omräknas till ekvivalenter som kan adderas. En jämförelse kan göras kategorivis, både för det enskilda alternativet (t ex "Har SO₂ eller NO_x störst försurande effekt under produkt A:s livscykel?") eller i jämförelse (t ex "Har produkt A eller produkt B störst inverkan på ozonskiktets uttunnning?"). Om inte heller detta ger ett tydligt svar på livsryttens fråga viktas i värderingen olika effektkategorier mot varandra så att ett endimensionellt index kan beräknas. Längre än så kan man inte aggregera inventeringsresultatet.

Analysens fråga har nu förhoppningsvis besvarats. Inventeringsresultatet kan användas ytterligare i en förbättringsanalys, där man dels kan bestämma var i livsrytten förändringar behövs ur miljösynpunkt, dels kan beräkna effekterna av planerade förändringar. Den miljö som normalt avses i en LCA är den samlade yttre miljön, men man kan även välja att inkludera påverkan på arbetsmiljö, inre miljö, brandrisk m m. I kapitel 2 diskuteras närmare vilka typer av miljöbelastning som ingår i denna rapport.

För de två inledande stegen i en LCA, målformulering och inventering, är man internationellt sett ganska ense om tillvägagångssätt. Det är däremot betydligt svårare att ta fram riktlinjer för hur man sedan ska omsätta miljöbelastning till miljöeffekter, och hur olika effekter ska viktas mot varandra. Flera metoder för effektanalys har utvecklats med varierande utgångspunkter. När man väljer värderingsmetod väljer man därför indirekt vilka typer av miljöbelastning man vill prioritera. De värderingsmetoder som använts i denna rapport beskrivs närmare i samband med att effektanalysen genomförs. För den som vill fördjupa sig ytterligare i LCA-metodik hänvisas till [SETAC -93], [CML -92] och [EPA -92].

1.4. MARKNADSBESKRIVNING

Bostadsytan i Sverige är idag ca 350 milj m², varav ca 43% utgörs av flerbostadshus och ca 57% av småhus. Övrig lokalyta (kontor m m) uppskattas till 250 milj m² [Bejrums - 93]. Försäljningen av golvmaterial i Sverige (både golv inom privat och offentlig sektor) fördelar sig på följande vis:

Tabell 1.1. Uppskattad försäljning av golvmaterial (milj m²) [GBR -93]

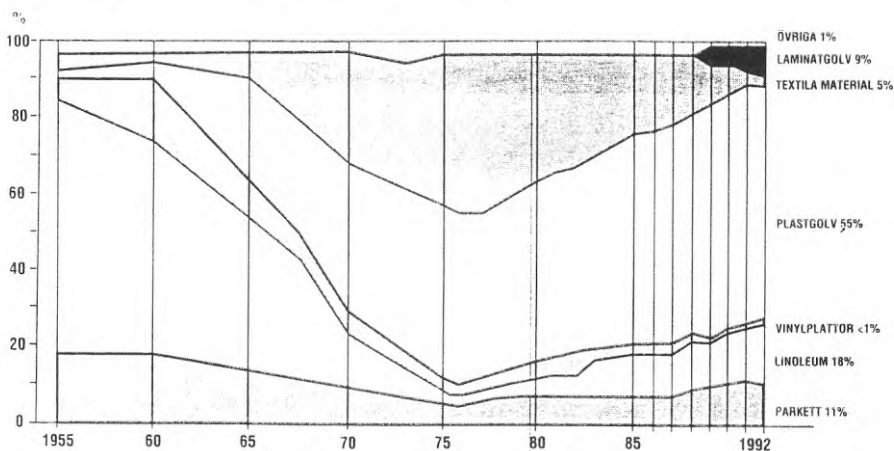
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Plastgolv (alla sorter)	16,5	18,6	19,7	21,7	20,9	19,1	15,7
Linoleum	3,6	3,8	4,2	4,6	5,1	5,0	5,1
Parkettgolv	2,3	2,3	2,9	3,1	3,3	3,4	3,1
Laminatgolv ¹	-	-	-	1,4	2,0	2,7	2,5
Textila golv ²	5,6	5,7	5,0	3,5	2,9	2,0	1,5
Övriga	0,8	1,0	1,3	0,4	0,3	0,3	0,2
Totalt	28,8	31,4	33,1	34,7	34,5	32,5	28,1

1) Egen materialgrupp fr o m 1989. Ingick tidigare i gruppen "övriga golvbeläggningar".

2) Tuftade, nålade och vävda (ej avpassade)

Försäljningsvolymens minskning under de senaste året beror huvudsakligen på lågkonjunkturen i byggbranschen. Med en marknadsandel på 56% är plastgolven fortfarande den klart dominerande materialgruppen. Linoleum kommer tvåa med 18% av marknaden. Försäljning av det massiva furugolvet ingår i gruppen "övriga", och har alltså en obetydlig omfattning. Förhållandena mellan materialgrupper visas i figuren nedan:

Figur 1.1. Marknadsandelar i % av antal sålda m² golvmaterial i Sverige [GBR -93]. (Publicerat med tillstånd av Golvbranschens Riksorganisation).



Tabell 1.2. Total försäljning av plast- och linoleumgolv i Sverige 1971-1990
[REFORSK -93]

År	Försäljning i miljoner m ²	
	Plast	Linoleum
71-75	68	10
76-80	89	8
81-85	84	16
86-90	97	21
Total mängd:	338	55

Jag uppskattar grovt att de mattor som lagts fr o m 1971 ligger kvar idag. Tabell 1.1 och 1.2 ger då att sammanlagda mängder i dagens byggnader blir 65 milj m² linoleum och 373 milj m² PVC-mattor (det antas att så gott som allt sålt plastgolv innehåller PVC-plast). Specifik ytvikt för bostadsgolv uppskattas till 2,2 kg/m² för linoleum och 1,3 kg/m² för PVC-mattor. Jag gör en grov uppskattning att 58% av såld yta går till bostäder (d v s att materialfördelningen ser likadan ut inom privata och offentliga sektorn), och då blir liggande materialmängder i Sveriges bostadsbestånd de följande:

Tabell 1.3. Uppskattade mängder golvmaterial i dagens bostadsbestånd [kton]

linoleum	83
PVC-mattor	281

Det handlar alltså om betydande materialflöden, även om deras andel av de totala avfallsströmmarna är relativt liten.

Produktval

Som framgår i föregående kapitel är våra två mest sålda golvmaterial idag PVC-matta och linoleum. Vilket material som är bäst ur miljösynpunkt är en fråga som diskuterats mycket inom och utanför golvbranschen. Plasten PVC har fått mycket kritik från bl a Greenpeace, och inskränkningar i den fortsatta PVC-användningen diskuteras idag på myndighetsnivå både i Sverige och andra länder. Linoleum anges ofta vara ett miljövänligt, sedan länge beprövat alternativ till PVC-mattor. Jag har valt att göra en livscykelanalys för dessa två material eftersom de har störst utbredning. Som tredje alternativ har valts ett massivt furugolv, trots att det idag har en försumbar marknadsandel. Anledningen till att ett massivt golv valts före lamellträ och parkett är att det massiva golvet - som längre tillbaka i tiden var det dominerande i Sverige - ofta anges vara det mest miljövänliga alternativet bland de hårda golvlaggningsmaterialen. Det kan vara intressant att jämföra detta påstående med resultatet av en livscykelanalys.

Funktion

När en jämförelse ska göras av olika materials miljöpåverkan är det viktigt att försäkra sig om att de olika materialen fyller en likvärdig funktion, så att det i allmänhet är tekniskt möjligt att ersätta ett material med ett annat i den studerade funktionen. Golv för privat och offentlig sektor skiljer sig åt beträffande tjocklek och ibland även beträffande tillverkningsätt och sammansättning. Denna studie begränsas till att gälla privata golv.

Massivt trägolv har sin största marknad i enfamiljshus, som vanligen har en stomme av trä. Både linoleum och PVC-matta är dock rimliga materialval i ett enfamiljshus. Då träreglar fungerar som bärande konstruktion i undergolvet kan ett furugolv läggas direkt på träregel, medan linoleum och PVC-matta kräver en underliggande golvskiva. Flerbostadshus har vanligtvis stomme och bjälklag av betong. I flerbostadshus är linoleum och PVC-matta vanligt förekommande, medan trägolv är mer sällsynt. Det är dock tekniskt möjligt att lägga ett trägolv där, men då väljs en klenare dimension än då trägolvet ska vara bärande. Den gjutna betongen avjämnas eventuellt med skivor eller någon typ av massa innan golvtäckningsmaterialet läggs in.

Ett obehandlat trägolv är känsligt för fläckar, och måste skötas mer omsorgsfullt än de andra golvmaterialen för att se snyggt ut. Mer likartade skötselförhållanden uppnås genom att lackera trägolvet, men då faller jämförelsegrunden "dagens nya golv" mot "det traditionella golvet" bort. Brädgolvet får också anses vara ömtåligare för tryck eftersom det är mjukare än de andra. Vissa avtryck uppstår, som riskerar att skämma utseendet. Detta är något man vid en utökad användning av brädgolv av furu skulle tvingas acceptera.

De tre studerade materialen kan alla användas i torra utrymmen av olika slag. I våtrum är varken linoleum eller brädgolv att rekommendera, eftersom trä och kork är fukt känsligt. PVC-matta däremot kan även användas i våtutrymmen. Studien begränsas till inomhusgolv för torra utrymmen.

1.5. VAL AV FUNKTIONELL ENHET (f.e.)

Den funktionella enheten är den enhet som man vill ha ut det slutliga resultatet i för varje inventering, och som utgör basen för jämförelsen. I detta arbete används som funktionell enhet kvadratmeter golvmaterial och år. Det är ju funktionen av ett material som täckare av ett golv som är mest intressant (vilket inte speglas om t ex materialvikten väljs som funktionell enhet). De olika materialen antas ha olika livslängd, och för att detta ska ge utslag i analysen divideras den sammanlagda miljöbelastningen för en m² golv med det antal år denna m² används. För att det ska vara möjligt för läsaren att själv laborera med olika livslängder redovisas även den sammanlagda miljöbelastningen för golvmaterialens hela livslängd.

2. SYSTEMGRÄNSER

Var går gränserna för det system inom vilket man vill studera miljöbelastningen? Inom LCA-terminologin används ofta begreppen "livscykel" eller "från vaggan till graven", men i själva verket är varken cykel, vaggan eller grav adekvata begrepp för att beskriva dessa material- och energiflöden. En produkt recirkuleras aldrig helt även om den återvinns eller återanvänds, utan både material och energi hämtas in i systemet och avges ur det. Vaggan och graven definieras i varje enskilt fall av den som gör analysen, delvis beroende på vilken fråga analysen ska besvara, men även utifrån vilka data som går att få tag i. Huvudfaserna i livscykeln är framställning, användning och avfallshantering, men datatillgången är vanligtvis mycket större för tillverkningsfasen än för de två andra faserna. Ofta väljs övergången från tekniskt system till natursystem som generell systemgräns, och så även i denna analys. Mer konkret innebär detta val att råvaruutaget utgör början av livscykeln och avfallsbehandling slutet.

En annan generell systemgränsproblematik är om man ska medräkna "maskinen som gjorde maskinen som...". Av praktiska skäl medräknas vid industriella processer i denna studie endast direkt påverkan, vilket innebär att tillverkning av maskinpark, byggande av lokaler och liknande utesluts. Miljöbelastningen av dessa processer brukar i LCA-arbete bedömas ha en obetydlig effekt jämfört med den direkta belastningen från livscyklens olika steg.

Andra typer av systemgränser i tid och rum är mer specifika och rör från vilket geografiskt område data hämtas, för vilket geografiskt område och tidsspänn miljöbelastningen analyseras, val av produkt, val av produktens användningsområde o s v. I detta kapitel beskrivs de systemgränser som tillämpats generellt i inventeringen av de studerade produkterna.

2.1. ALLOKERINGAR

I en "idealisk" tillverkningsprocess går en råvara in i fabriken och en produkt kommer ut, och processens hela miljöbelastning fördelas då (i LCA-sammanhang används termen "allokeras") på denna produkt. Verkligheten är ofta mycket krångligare; flera råvaror kombineras inom samma anläggning ihop till flera olika produkter. Det finns då olika möjligheter för hur man allokerar miljöbelastningen. Den enklaste metoden är att allokera efter produkternas vikt. Ibland är det uppenbart att en bestämd produkt utgör processens huvudsyfte medan försäljning av övriga produkter kan betraktas som en avancerad form av avfallshantering, och miljöbelastningen kan då fördelas efter de olika produkternas pris. SETAC (se kapitel 1.3) avråder dock från allokering grundat på pris. I denna analys anges från fall till fall hur allokeringarna har gjorts.

2.2. DATAVAL

Inventeringsdata kan vara specifika, d v s representera en specifik process (t ex tillverkning av PVC-mattor hos Tarkett i Ronneby). Data kan också vara generella, och representerar då genomsnittsprozesserna i ett land, inom en bransch eller liknande (t ex genomsnittlig tillverkning av PVC-mattor i Sverige). Vilken typ av data som väljs beror dels på vilken fråga analysen ska besvara, dels på vilken typ av data som är tillgängliga.

Denna studie har som mål att beskriva miljökonsekvenserna av tre golvtypen, var och en representativ för svensk användning. Därför väljs i första hand data allmänna för Sverige. För de enskilda processer där det varit för arbetskrävande att skaffa fram genomsnittsdata för branschen har jag valt att studera en process som har så stor del av marknaden som möjligt och samtidigt inte skiljer sig nämnvärt till sammansättning och processteknik från

övriga branschen. I kapitel 4, 5 och 6 (där golvmaterialen inventeras) redogörs från fall till fall för varifrån data har hämtats. Följande typer av datakällor har främst använts:

- Miljörapporter
- Produktinformation från tillverkarna
- Branschorgan
- Hantverkare
- Bostadsförvaltningsorganisationer
- Myndigheter.

En LCA är alltid förknippad med ett mått av osäkerhet, delvis p g a att kvaliteten på insamlade data skiljer sig åt både beträffande uppgiftens noggrannhet och beträffande hur uppgiften har tagits fram. Det är därför bra att vid datainsamlingen skaffa sig en uppfattning om osäkerheten i olika indata, så att man kan uppskatta osäkerheten i slutresultatet.

2.3. ANTAGANDEN

De antaganden som redovisas i detta kapitel gäller för alla golvmaterialen. Antaganden som gäller specifika förhållanden redovisas i inventeringarna i kapitel 4, 5 och 6.

Återvinning och återanvändning

I analysen antas att inget av golvmaterialen återvinns eller återanvänds. Återvinning av studerade material förekommer inte i någon nämnvärd skala idag, och är heller inte trolig inom den närmaste framtiden. Därför är det svårt att beskriva hur eventuella framtida återvinningsprocesser skulle se ut. Återanvändning av golvmaterial är liksom materialåtervinning tekniskt möjlig för de studerade materialen, men förekommer knappast idag. Förutsättningar för framtida återvinning och återanvändning av de enskilda materialen diskuteras i kapitel 9.2.

Avfallsbehandling

För att jämförelsen mellan de olika alternativen ska bli rättvis görs antagandet att alla golvmaterialen förbränns med värmeutvinning efter användning. Visserligen är deponering idag den absolut vanligaste slutbehandlingsmetoden för linoleum och PVC-matta, men inga data finns tillgängliga för miljökonsekvenserna av specifika material vid deponering. Avfallsförbränningsprocesser däremot är relativt väldokumenterade, och om förbränning antas blir miljöbelastningsdata möjliga att uppskatta för alla produkterna. Förbränning av golvmaterialen är inget realistiskt alternativ, även om det för linoleum och PVC inte är den vanligaste behandlingsmetoden i Sverige idag. Ett kasserat furugolv flisas ofta och eldas upp.

Vid förbränningsprocessen vinner man å ena sidan värme, å andra sidan får man en negativ miljöbelastning via förbränningsemissioner. Värmevinsten från förbränningsprocessen tillgodoräknas produkterna som en negativ energiförbrukning. De tre studerade golvmaterialen har ju alla ett värmevärde, och huvuddelen av råvarorna kan alternativt användas som bränsle. Förbränningsemissionerna adderas med övriga emissioner per funktionell enhet.

Att förbränning antas i analysen innebär inte att förbränning rekommenderas som bästa hanteringsmetod. Särskilt förbränning av PVC är en kontroversiell fråga, som det ligger utanför detta arbete att bedöma.

Läggningsspill

Läggningsspill antas slutbehandlas på samma sätt som utrivet golvmaterial. Spillmängder skiljer sig åt mellan materialen och anges från fall till fall i inventeringen.

Livslängd

Det är svårt att fastställa någon medellivslängd för de olika materialen, eftersom det handlar om så långa tidsperioder och produkterna ständigt vidareutvecklas. Svaren varierar också beroende på om byte sker för att golvet är utslitet eller för att det har blivit omodernt. Båda dessa skäl för byte förekommer, även om slitage är den vanligaste orsaken. Klart är i alla fall att mattorna byts oftare än de borde enligt tillverkarens uppskattningar av produkternas tekniska livslängd. Efter samråd med tillverkare, golvläggare och större bostadsförvaltare antas följande livslängder i beräkningarna:

Tabell 2.1. Uppskattade materiallivslängder.

Golvmaterial	Livslängd [år]
Linoleum	25
PVC-matta	20
Furugolv	40

Detta stämmer någorlunda väl överens med "Underhållsnorm 1992" [SABO -92], där tidsintervallet för utbyte av linoleum är 20-25 år och för PVC 15-20 år. Man har inget intervall för massivt trägolv, men motsvarande tid för parkett är 45 år och uppåt. Parkett är hårdare än furugolvet, men i gengäld tål furugolvet fler slipningar. SABO:s tidsintervall är att betrakta som erfarenhetsvärden, och kan variera från fall till fall. De revideras ständigt genom kontakter med bostadsföretagen. Uppskattningarna kommer från större förvaltare, och gäller alltså flerfamiljshus. För enfamiljshus blir bedömningen mer osäker. Det är dock ett rimligt antagande att förhållandet mellan de olika materialens livslängd är detsamma för båda typer av boende.

I slutet av respektive inventering (kapitel 4, 5 och 6) anges miljöbelastning för den totala livslängden. I den fortsatta utvärderingen (kapitel 7 och 8), d v s då de olika alternativen jämförs med varandra, är miljöbelastningen dessutom fördelad per år på ovan angivna livslängder. Den intresserade har möjlighet att med hjälp av givna data själv laborera med vilka effekter en förändrad livslängd ger på jämförelsen.

2.4. AVGRÄNSNINGAR

Tekniska egenskaper

De tekniska egenskaperna väger naturligtvis tungt i beslutsunderlag för produktval och produktutveckling. Den här studiens syfte är att också miljöaspekter ska kunna vägas in i sådana beslut. Produktens miljöpåverkan kan då användas som en beslutsgrund tillsammans med tekniska underlag, ekonomiska underlag och estetiska bedömningar. För att olika sorters beslutsunderlag ska kunna användas parallellt är det viktigt att de olika underlagen omfattar ungefär samma produkter. I den följande texten diskuteras vilka tekniska egenskaper som bedömts påverka ett produktval i så låg grad att studerade alternativ fortfarande är jämförbara om även om de skiljer sig åt beträffande dessa egenskaper.

För vissa byggmaterial spelar isoleringsförmågan en stor roll ur energisynpunkt under materialets livstid, men hänger samman med husets totala energianvändning, val av uppvärmningsteknik och -bränsle m m. Golvtäckningsmaterial väljs och utformas inte med tyngdpunkt på isoleringsförmågan, och isolerande egenskaper försummas därför i denna analys. Likaså försummas stegljudsdämpning, känslighet för långtidstryck, elektriskt genomgångsmotstånd, ljusstabilitet, ånggenomsläpplighetstal, brandklass och egenskaper vid brand.

Geografiskt

Målet för studien är att jämföra miljöpåverkan av en m² golvmaterial använt i Sverige. I de fall tillverkningen sker i Sverige används svenska data. Linoleum tillverkas idag inte inom landet, och därför används i linoleuminventeringen data från de processer i utlandet som står för export till Sverige. PVC-mattor tillverkas på flera ställen i Sverige, och svenska data är tillgängliga för dessa processer. Svenskt trä studeras, eftersom tillgången är stor och ett svenskt trägolv traditionellt tillverkas av lokal råvara.

Framställning av linoleum och PVC-mattor orsakar miljöpåverkan utomlands. I beräkningarna av produkternas miljöbelastning adderas denna parametervis oavsett var belastningen förekommer, eftersom studien skulle bli oöverskådlig om uppgifter från olika länder hölls isär för samma parameter. För de parametrar som främst påverkar globala miljöeffekter är detta naturligt, men för miljöproblem av regional och lokal karaktär skiljer sig effekten av en viss miljöbelastning avsevärt från ett ställe till ett annat.

Tidsperspektiv

Flertalet av de livscykelanalyser som hittills utförts har behandlat produkter med en förhållandevis kort livscykel. Så är t ex fallet med analyser av förpackningsmaterial. Byggnader däremot och deras ingående material har i allmänhet en betydligt längre livscykel. De golv som tillverkas idag har många år kvar till sin "grav", precis som de golv som idag tas ur bruk är framställda ett antal år tillbaka. I denna studie används för samtliga steg i livscykeln så aktuella data som möjligt av flera olika skäl:

- Ambitionen är att undersöka ett genomsnittsalternativ för var och en av produkterna. Att titta på livscykeln för ett specifikt fall är därför inte intressant.
- Det är svårt att få tag i data från processer som ligger en bit tillbaka i tiden. Om det överhuvudtaget finns några data tillgängliga har bokföringsrutiner och analysmetoder ofta ändrats. Dessutom är det svårt att kontrollera kvaliteten på dessa data.
- Det är svårt att uppskatta hur t ex avfallshanteringen fungerar i framtiden då de golv som läggs in i dag ska tas ur bruk.
- Användaren av analysresultatet har, om aktuella data används, både bättre möjlighet att bedöma dessa data och att kontrollera och eventuellt byta ut dem.

Miljöproblem

Denna rapport begränsar sig till påverkan på yttre miljö. Av praktiska skäl koncentrerar sig studien på de parametrar som går att addera längs hela en produkts livscykel. (Vad som ytterligare styr val av inventeringsparametrar tas upp i kapitel 3.5). Detta leder till att resursförbrukning och globala och regionala miljöeffekter prioriteras högre än lokala effekter. En inriktning på belastning på den yttre miljön tar hänsyn även till diffusa utsläpp, som ju är svårare att komma åt än punktutsläpp. Åtgärder av miljöproblem på olika nivåer kan ibland komma i konflikt med varandra; en förbättring på ett område kan innebära en försämring på ett annat område.

Vissa varianter av LCA-metodik inkluderar arbetsmiljön. Så är inte fallet i denna studie. Arbetsmiljöproblem har i Sverige sedan länge uppmärksammats, och lagar och regler finns utarbetade för att åtgärda denna typ av problem. Buller kan uppfattas som miljöstörande men är svårt att kvantifiera per producerad enhet. I denna studie ingår inte någon inventering eller värdering av buller från olika processer. Även lukt som miljöproblem utelämnas.

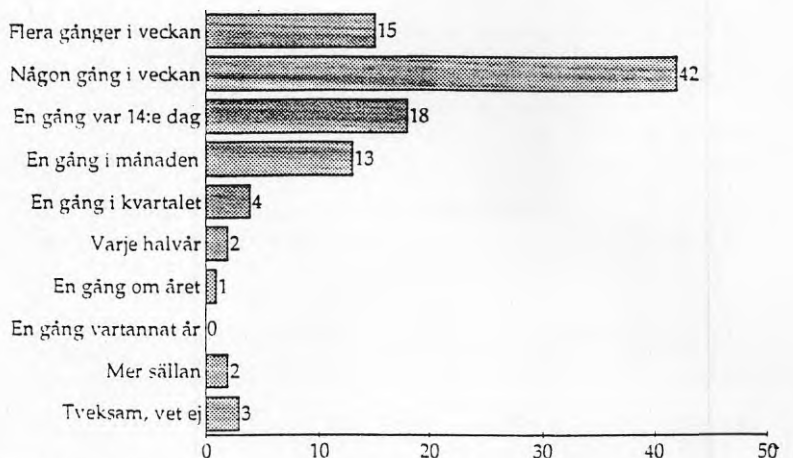
I ett separat projekt vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) studeras materialens effekter på inre miljö, vilka därför utelämnas i denna studie. I ett senare skede kommer en samlad bedömning att redovisas för dessa två projekt, där miljöeffekter på den yttre och inre miljön vägs samman.

Underhåll

Under användningsskedet orsakar golvet rengöring, skötsel och underhåll en miljöbelastning. Denna belastning utelämnas ur analysen, grundat på nedanstående diskussion.

Linoleum kan behandlas med polish för att skydda materialet mot fukt och smuts. Även vax kan användas med samma syfte. Både linoleum- och PVC-mattor är vid försäljning belagda med ett skyddande ytskikt av respektive akrylat och polyuretan (PUR). Ett furugolv lutas vid läggning, och oljas sedan in med jämna mellanrum. Under användningstiden är de tekniska rengöringsförutsättningarna likartade för linoleum och PVC. Trägolv rengörs enligt tillverkarna bäst genom skurning med såpa, och däremellan dammsugning. I respektive inventering (kapitel 4, 5 och 6) redogörs närmare för underhållet. Tillverkare av linoleum och PVC-mattor rekommenderar torrengöring så långt möjligt, men enligt SIFO (-94) framgår att en stor del av svenskarna ändå våttorkar golvet regelbundet:

Figur 2.1. Svar på frågan "Hur ofta brukar du/ni våttorka golven hemma i ditt/ert hushåll, kök och badrum undantaget?". (Undersökningen har gjorts på ett representativt urval av Sveriges befolkning från 16 år och uppåt. 1000 telefonintervjuer har genomförts under 24-28 januari 1994). (Publicerat med tillstånd av SIFO Research AB).



Copyright © 1994 SIFO Research AB

2411-11

Enligt undersökningen våttorkas en stor del av golven varje vecka. Detta faktum - om det nu motsvarar verkligheten - är berömvärdt ur hygiensynpunkt men kanske inte ur miljösynpunkt. Som ett beräkningsexempel på förbrukning av rengöringsmedel antar jag följande:

- golvet våttorkas varje vecka
- någon typ av rengöringsmedel används vid våttorkningen
- 4 l vatten används till ett tvättvatten, som räcker till 30 m²
- dosering av rengöringsmedel är 25 ml per l vatten (enligt rekommendation på förpackningen)

I ovanstående exempel åtgår ca 1,7 l rengöringsmedel per år och m². Mängderna av rengöringsmedel blir alltså stora under ett golvs livstid, och orsakar en betydande miljöbelastning då tvättvattnet hålls ut i avloppet.

Rengöringens frekvens och val av rengöringsmedel styrs inte enbart av golvtyp och dess nedsmutsningsgrad, utan beror också på vilka städvanor man har. Jag har inte funnit något statistiskt belägg för att användning av rengöringsmedel skiljer sig åt mellan de studerade golvtyperna. Att beräkna underhållets miljöbelastning enbart utifrån rekommendationer från golvtilverkare och tillverkare av rengöringsmedel skulle ge en alltför osäker bild av verkligheten. Efter diskussion med branschfolk och andra och grundat på personliga erfarenheter uppskattar jag att i stort sett samma principer för rengöring av bostadsgolv används oberoende av vilket golv man har. Torrstädningens miljöbelastning (elförbrukning vid dammsugning) uppskattas vara likartad per år och m² för de olika golven.

Rengöring och underhåll av golvmaterial har en betydande miljöpåverkan, och detta område borde studeras närmare. Kriterier för Svanenmärkning av golvvårdsmedel är under utveckling, vilket får ses som ett steg i rätt riktning.

Golvlim

Limmets miljöbelastning bedöms vara likartad för linoleum och PVC-matta, och limmets miljöbelastning utelämnas därför ur analysen. Skulle detta påverka resultatet åt något håll är det i så fall till furugolvets nackdel, för vilket lim inte används i samma utsträckning.

Även om det är möjligt att löslägga både linoleum och PVC-matta är detta sällsynt, och limning förekommer idag så gott som alltid. Furugolv limmas mer sällan, men det förekommer. Linoleumlim skiljer sig från PVC-lim genom att det har högre torrhalt och lägre klibbighet, vilket hänger samman med hartsernas egenskaper. Helst bör olika limmer användas till linoleum och PVC-matta (så sker också för det mesta), mycket beroende på att olika limningstekniker används. Det är dock tekniskt möjligt att använda samma lim till båda golvtyperna. Generellt räcker 1 l lim till ca 5 m² PVC och 4 m² linoleum (limmängden varierar med underlagets kvalitet och jämnhet). Åtgången är den samma för samtliga limfabrikat. Casco är Sveriges största limtillverkare, och i tabell 2.2 redovisas torrsubstansen (TS) i Cascos produkter för linoleum och PVC-matta.

Tabell 2.2. Golvlim (grundas på medelvärden av angivna intervall) [Casco -92]

	TS varav	füllmedel	sampolymerer
Linoleumlim [g/m ² golv]	280	>105	96
PVC-lim [g/m ² golv]	200	>78	104

De fyllmedel som används är främst kalcium- och magnesiumkarbonat, och sampolymererna består bl a av vinylacetat och akrylat. Kolofoniumharts ingår också. Det inbördes förhållandet mellan dessa substanser avgör limmets användningsområde.

Ett alternativ till utrivning av gammal matta vid byte är att den nya mattan läggs ovanpå den gamla. 1980 utgjorde ovanpåläggning ca 60% av alla plastmattebyten [BFR -81]. Detta påverkar inte analysen eftersom sammanlagd avfallsmängd i ett längre tidsperspektiv blir densamma oavsett ovanpåläggning eller ej.

Ytavjämning

Spackel och liknande som används till avjämning av betonggolv före läggning utelämnas ur analysen, då samma typ och mängd kan antas åtgå oberoende av vilket golvmaterial man väljer. Det som styr denna förbrukning är snarare undergolvet kvaliteten än val av golvbeläggning.

Spik/skruv

Ca 12 st galvaniserad spik går åt per m² furugolv [Siljan (1)]. Jag gör bedömningen att miljöbelastningen av dessa spik är så obetydlig att den kan utlämnas ur analysen. Denna avgränsning är till fördel för trägolvet. (Vid läggning av golvsivor används enligt uppgifter från branschen ca 14 golvskruv/m², vilket innebär att miljöbelastningen av skruv och spik tar ut varandra då golvsivor används.)

Emballage

Emballaget utgörs främst av papper och plastfilm. Emballaget är till mängd och sammansättning likartat för de studerade golvtyperna, och förbrukade materialmängder är relativt små. Emballagens miljöbelastning utelämnas ur analysen.

3. BERÄKNINGSMETODER

I inventeringsdelen av en LCA görs beräkningar av främst tre slag för det studerade systemet:

- 1) Massbalansen löses med den funktionella enheten som räknebas. Man får då ut materialflödet genom varje process i relation till den funktionella enheten.
- 2) Systemets energianvändning beräknas, specificerat på olika energibärare, genom att först beräkna bidraget från varje process och sedan summera.
- 3) Systemets emissioner beräknas genom att först beräkna bidraget från varje process och sedan summera.

I detta kapitel redovisas bakgrund och principer för de beräkningar som utförts inom studien. Schablonvärden anges, i de fall sådana har använts. Om inte annat anges gäller informationen alla studerade produkter.

3.1. DATABEHANDLING

Under arbetet med en LCA blir dataunderlaget snabbt överskådligt. För att enklare kunna lagra data och för att snabbt och enkelt variera givna data och se konsekvenserna av detta är det arbetsbesparande att använda någon typ av datorberäkningsprogram. För inventeringen och därav följande beräkningar av miljöbelastningsprofiler används i denna studie LCA Inventory Tool (LCAiT), ett beräkningsprogram framtaget av Chalmers Industriteknik (CIT). Det finns även andra datorberäkningsprogram på marknaden, som är avsedda att användas i LCA-arbete.

För att beskriva produkternas livscykel används i inventeringskapiteln (kapitel 4, 5 och 6) flödesscheman, som utgör bas för de följande beräkningarna av miljöbelastning. Varje ruta i schemat har ett nummer och en beskrivning, och i efterföljande text redovisas de data som gäller processen/transporten i fråga.

3.2. ENERGI

Energi redovisas i MJ. Energi i olika former används främst för processer och transporter. I inventeringsresultatet har energianvändningen delats upp i kategorierna elförbrukning, fossila energibärare, förnybara energibärare, värmevärde och energi återvunnen vid avfallsförbränning.

I inventeringen anges den direkta energianvändningen, och den energi som går åt för att producera denna energi ingår alltså inte i analysen. En nackdel med att göra så är att effektiviteten i energiframställningsprocessen inte syns. Fördelen är att det är den direkta användningen som anges då inventeringsdata samlas in. I alla inventeringarna används i stort samma sorts energikällor, och att ange den direkta energianvändningen vid en materialjämförelse bedöms ge samma relativa resultat som användning av indirekt energi.

För några energibärare är miljöbelastningen väl dokumenterad i en sådan form att den kan användas i en LCA. För t ex transporter drivna med fossila bränslen kan man ganska väl fastställa utsläppen från förbränningen. När det gäller elförbrukning däremot är det svårt att bedöma och kvantifiera dess miljöbelastning. I Sverige produceras el främst med vatten- och kärnkraft. Det finns idag inga kvantitativa, för LCA lämpade bedömningar av miljöbelastningen vid framställning av el ur vattenkraft, även om man t ex vet att växt- och djurliv påverkas kraftigt i samband med vattenregleringar. Olika slags

riskbedömningar har gjorts av kärnkraftens miljöeffekter, men inte heller dessa går att direkt använda i LCA-sammanhang. El anges i denna studie därför bara i MJ, och elförbrukningen separeras från övriga energibärare. I de studerade produkternas livscyklar används ibland el som inte är svenskproducerad, och alltså framställs med andra metoder. Holländsk el (som förbrukas vid framställning av linoleum) kommer i första hand från kolkraftverk där miljöbelastningen finns klarare dokumenterad. För att inventeringsresultatet inte ska bli oöverskådligt summeras all el i inventeringsprofilen, oavsett var den är framställd.

Värmevärde

De tre studerade produkterna har alla ett värmevärde, och huvuddelen av de råvaror som ingår i produkterna skulle alternativt kunna användas som bränsle. Att golvmaterialens värmevärde tas upp i inventeringen beror på att detta förvandlas till en ren energikostnad om man skulle välja att deponera utrivna golv istället för att förbränna dem. Produktens värmevärde bokförs i beräkningarna som energianvändning i läggningsskedet, för att inte blandas ihop med processenergi. Värmevärdet bokförs inte vid själva råvaruuttaget eftersom delar av råmaterialflödena förbrukas internt i delprocesser som bränsle, och man annars riskerar att dubbelbokföra denna energi.

För PVC- och furugolv antas värmevärdet överensstämja med framräknat effektivt värmevärde vid förbränning enligt tabell 3.4. Förbränningsanläggningens verkningsgrad gör att inte hela värmevärdet kan fås ut, men det man får ut uppväger ändå större delen av värmevärdet - som ju ses som en energikostnad. Linoleums effektiva värmevärde antas sjunka då linoljan oxideras. Inga data för denna energiförlust är tillgängliga. Linoljans effektiva energiinnehåll antas motsvara det för rapsolja, och sätts till 37,6 MJ/kg [SLU - 91]. I övrigt används samma förutsättningar som i kapitel 3.4. Linoleums effektiva värmevärde före oxidation blir då 17,7 MJ/kg.

Transporter

Energibehov för transporter har behandlats på ett schablonmässigt sätt genom konsekvent användning av följande värden:

Tabell 3.1. Transportenergi [Tillman et al -91]

Typ av transport	Energibehov, MJ/tonkm
Lastbil, fjärrtransport	1,0
Lastbil, närdistribution	2,7
Järnvägstransport	0,3 (elenergi)
Kustsjöfart	0,47
Högsjötrafik	0,20
Tanker	0,11

I siffrorna ingår tomma returtransporter.

Emissioner

I de fall emissioner vid energianvändning är uppmätta eller framräknade för en anläggning används dessa data. Då emissionerna från en anläggning eller en transport inte är kända används istället följande schablonsiffror i beräkningarna av golvmaterialens miljöbelastningsprofiler:

Tabell 3.2. Emissionsfaktorer, g/MJ tillfört bränsle [efter Tillman et al -91]

	Stationära förbränningsanläggningar				Motorer	
	olja	kol	gas	biobränsle	lastbilstrpt	sjötrpt
SO ₂	0,39	0,38	0,002	0,03	0,15	1,3
NO _x	0,15	0,15	0,15	0,15	1,3	0,74
CO	0,013	0,017	0,001	1,0	0,30	0,14
HC	0,018	0,010	15x10 ⁻⁶	0,10	0,21	0,11
CO ₂	80	92	55	-	79	79
stoft	0,03	0,013	-	-	0,10	0,11
aska	0,007	0,30	-	0,10	-	-
olja (aq)	0,00040				0,00040	0,00040
fenol	5,7x10 ⁻⁶				5,7x10 ⁻⁶	5,7x10 ⁻⁶
COD	0,0012				0,0012	0,0012
tot-N	0,00019				0,00019	0,00019

För dem av ovanstående bränslen som är oljebaserade ingår i emissionsfaktorerna även de utsläpp som sker vid råoljeutvinning, transporter och raffinering.

3.3. TRANSPORTAVSTÅND

För transport av färdigt golvmaterial inom landet från distributör till kund uppskattas för alla materialen ett medelavstånd på 400 km (transporter utanför Sverige inkluderas i andra steg av livscykeln). Gemensamt för alla materialen är att distributionen inom Sverige sker från ett ställe ut i hela landet. Vikten per funktionell enhet skiljer sig dock för olika material, och därigenom även transportutsläppen per funktionell enhet och km.

Tillman et al (-91) viktat snittavståndet i Sverige för transport av hushållsavfall till en förbränningsanläggning till 18 km med lastbil. Jag antar därför transportavståndet 18 km för golvmaterialet från användaren till slutbehandling. För trägolvet är detta troligen i underkant, eftersom träet ofta först flisas på byggdeponi och sedan transporteras till förbränningsanläggning.

3.4. AVFALLSBEHANDLING

För att avfallsbehandlingens miljöbelastning ska vara jämförbar för de tre golvmaterialet utgås ifrån - vilket tidigare diskuterats - att de alla går till förbränning efter användning. Konsekvenserna av detta val diskuteras närmare i kapitel 9. Tillman et al (-91) använder bl a följande emissioner från avfallsförbränning:

Tabell 3.3. Emissioner från avfallsförbränning och materialens effektiva värmevärden [efter Tillman et al -91]

Material	CO ₂ g/kg	NO _x g/kg	HCl g/kg	Stoft g/kg	Aska g/kg	Värmevärde MJ/kg
PVC	1400	2,9	29	-	550	18
Trä (fukthalt 12%)	0	2,7	-	0,008	20	17

CO₂-utsläpp utelämnas vid förbränning av de förnybara resurserna trä, kork, linolja och harts. Dessa material har ju under sin uppbyggnadsfas tagit upp CO₂ i motsvarande mängd. NO_x-utsläpp beror inte så mycket på produkternas sammansättning som på de förbränningstekniska förutsättningarna. För tabell 3.4 antas ett NO_x-utsläpp på 0,16 g per MJ bränsle, vilket är ett viktigt värde för svenska avfallsvärmeverk [Tillman et al -91]. Mineraliskt fyllmedel, pigment och glasfiberbärare bidrar inte till förbränningen, och räknas därför som förbränningsrest med oförändrad massa.

Linoleum

För trä- och korkmjöl används data för trä ur tabell 3.3. Pigment och mineraliskt fyllmedel antas ha kvar samma vikt efter förbränning, medan övriga organiska ämnen antas förbrännas helt. Massan på utgående stoft bedöms försumbar, så hela förbränningsresten bokförs som aska. Linoleums värmevärde, som före oxidation satts till 17,7 MJ/kg (se kapitel 3.2), antas vid förbränning ha sjunkit till 12,5 MJ/kg. Harts, jute och oxiderad linolja har då givits ett värmevärde på 15 MJ/kg, eftersom detta värde av Potting et al (-93) anges vara ett genomsnittligt förbränningsvärde för organiskt material.

PVC-matta

För PVC-andelen i PVC-mattan hämtas data ur tabell 3.3. CO₂-utsläpp vid förbränning av mjukmedel beräknas efter kemiska formeln, då fullständig förbränning förutsätts. För HCl-utsläpp antas en avskiljningsgrad på 95%. Den klor som återstår i förbränningsresten är efter förbränning bunden som kalciumklorid (CaCl₂). Pigment, fyllmedel och bärare antas ha oförändrad vikt efter förbränning, medan de organiska ämnena förbränns helt. Massan på utgående stoft bedöms försumbar, så hela förbränningsresten antas bli aska. Mjukningsmedlets värmevärde uppskattas till 34 MJ/kg (jag gör då antagandet att allt mjukningsmedel utom det som förbränns vid golvframställningsprocessen är kvar i mattan efter användning). Vid förbränning av PVC i förbränningsanläggning kan dioxiner och furaner bildas [Norsk Hydro -92], men oenighet råder om hur stor del av dessa utsläpp som PVC är orsak till i förhållande till övriga avfallsslag.

För furugolvet används trädata ur tabell 3.3 direkt. Miljöbelastning för förbränning redovisas i tabell 3.4. I inventeringen (kapitel 4, 5 och 6) används för värmeutvinning vid förbränning en verkningsgrad på 90% av det nedan angivna effektiva värmevärdet.

Tabell 3.4. Uppskattade emissioner från förbränning av golvmaterial och dess effektiva värmevärden .

Material	CO ₂ g/kg	NO _x g/kg	HCl g/kg	Stoft g/kg	Aska g/kg	Värmevärde MJ/kg
Linoleum	0	2	-	-	217	12,5
PVC-matta	1516	3	16,2	-	555	18,9
Trä (fukthalt 12%)	0	2,7	-	0,008	20	17

Som jämförelse kan nämnas att Potting et al (-93) sätter förbränningsvärdet för linoleum till 11,7 MJ/kg (bl a baserat på genomsnittligt förbränningsvärde för organiskt material på 15 MJ/kg). Förbränningsvärmen för PVC-matta uppskattas av samma referens till 19,0 MJ/kg. Beräknade energivärden kan också jämföras med ett värmevärde på 13 MJ/kg för den brännbara fraktionen av industriavfallet enligt [ENA -86].

3.5. VAL AV INVENTERINGSPARAMETRAR

Inventeringsparametrar väljs generellt utifrån följande kriterier. Parametern ska:

- 1) vara förknippad med något etablerat miljöproblem
- 2) gå att kvantifiera per funktionell enhet
- 3) gå att mäta med standardiserad mätteknik
- 4) vara uppmätt i tillräcklig omfattning.

Valet kan dessutom styras av vad analysresultatet ska användas till, vilka parametrar som ingår i valda utvärderingsmetoder och - inte minst - i vilken form data samlas in. Om man undviker att i inventeringen "klumpa ihop" data blir resultatet mer användbart. I de tre inventeringarna hålls data isär så långt möjligt i de enskilda stegen, för att i den följande inventeringsjämförelsen och effektvärderingen aggregeras på lämpligt sätt. Jag har också valt att i inventeringen inkludera så många parametrar som möjligt, och sedan i utvärderingen anpassa inventeringsresultatet genom att där räkna om eller klumpa ihop vissa parametrar och stryka andra. Genom att inte gallra för kraftigt bland parametrarna redan i inventeringen blir inventeringsresultatet användbart även för förändrade eller nyutvecklade värderingsmetoder.

Parametrar som bedöms utgöra en miljöfara men som inte alltid är kvantifierbara per funktionell enhet tas i inventeringen upp under rubriken "Miljöfarliga ämnen". I kapitel 7.5 används, med hjälp av Kemikalieinspektionens sk 40-lista (se Bilaga 2), dessa parametrar som en av grunderna för bedömning av golvmaterialens miljöbelastning.

4. INVENTERING LINOLEUM

4.1. PRODUKTBESKRIVNING

Namnet linoleum kommer av det latinska "linoleum", som betyder linolja. Namnet kommer sig av att linolja är en huvudingrediens i linoleum, och fungerar som bindemedel. Linoleum uppfanns i England och patenterades där 1845. Användningen i Sverige ökade fram till mitten av 60-talet, då PVC-mattor och heltäckningsmattor kom ut på marknaden. Allteftersom dessa tog över marknadsandelar minskade linoleumförsäljningen. Under de senaste 15 åren har linoleum börjat gå framåt igen, främst på att heltäckningsmattornas andel minskat kraftigt. Linoleum tillverkas huvudsakligen i fyra kvaliteter:

- genomjuten
- korklinoleum
- korkment
- enfärgad linoleum.

Den helt dominerande produkttypen är marmorerad och används som golvmaterial. Enfärgade produkter används även som bord- och väggbeklädnader. Eftersom oxidationen fortgår efter inläggandet är mattan styvare vid uttagandet än vid inläggandet. Linoleum säljs i Sverige på rulle, men förekommer även som plattor.

Val av specifik produkt

Linoleum tillverkas idag inte i Sverige, utan importeras från Västeuropa. Sverige har idag huvudsakligen tre försäljare av linoleum:

- Forbo-Forshaga AB (ca 80% av den svenska linoleummarknaden)
- Rikett Sommer (ca 10%)
- DLW Svenska AB (ca 10%)

Inventeringsdata gäller produkter sålda av Forbo-Forshaga, som ju har den största marknadsandelen. Det svenska huvudkontoret ligger i Göteborg, men allt av Forbo-Forshaga sålt linoleum tillverkas av Forbo i Krommenie strax utanför Amsterdam. Forbo är idag världens största linoleumtillverkare, och 75% av tillverkningen i Krommenie går på export över hela världen. Forbo utvecklar, producerar och säljer golvtäckningsmaterial som linoleum, PVC-mattor, heltäckningsmattor och laminat. På Forbo-Krommenie tillverkas bara linoleumprodukter. Producerad linoleum går under namnet "Marmoleum".

4.2. TEKNISK BESKRIVNING

Sammansättning

Linoleumgolv förekommer vanligen i tjocklekarna 2, 2,5 och 3,2 mm, där 2 mm främst används i bostäder. Ett linoleumgolv för bostäder uppskattas ha genomsnittsvikten 2,3 kg/m². Följande materialsammansättning hos den färdiga produkten används i beräkningarna:

Tabell 4.1. Linoleums materialsammansättning (baserat på [Potting et al -93] och uppgifter från tillverkare)

Material	g/m ²	Vikts-%
Ytskikt (akrylat)	8	1
Linolja	536	23
Harts	179	8
Trämjöl	701	30
Korkmjöl	115	5
Kalkstensmjöl	408	18
Pigment	102	4
Jute	250	11
Summa	2300	100

Vid framställning av ljusare linoleum ersätts det mörkare korkmjölet helt eller delvis med trämjöl. Varken brandskyddsmedel eller någon typ av biocid med mögelhämmande effekt används i produkten.

Råvaror

Ytskikt

Mattorna beläggs med ett tunt ytskikt av akrylat för att skydda mot nedsmutsning och fukt och på så sätt ge mattan längre hållbarhet. Akrylater är estrar av akrylsyra. På ytbehandlingsens ringa andel av den färdiga produkten försummas dess miljöbelastning (förutom som resursanvändning) i analysen.

Linolja

Linolja, som är den viktigaste råvaran i själva linoleumpastan, fungerar som bindemedel. Det kan förekomma att annan vegetabilisk torkande olja än linolja blandas in.

Harts

Naturliga hartser används bl a för tillverkning av linoleum. Harts förekommer som sekret i växter. Det består av en blandning av högmolekylära estrar, alkoholer, fenoler, hartssyror och terpenier. Viktigast i hartser från barrträd är abietinsyra. Harts från barrträd, som används i linoleum, går under namnet kolofonium. Hartsens främsta funktion i linoleum är att hålla ihop materialet, och att få det att fastna på juten.

Trä- och korkmjöl

Trä- och korkmjöl används för att ge mattan svikt. Korkmjöl ger en mörk färg, och ingår därför inte i lika hög grad i de ljusare produkterna.

Kalkstensmjöl

I linoleum används generellt kalkstenmjöl som mineraliskt fyllmedel. Kalkstensmjölet ökar golvet slitstyrka och ger det dimensionsstabilitet.

Pigment

Som pigment i linoleum används huvudsakligen titandioxid. Detta pigment ger mest vithet, vilket behövs för att uppväga den naturligt gulbruna färgen hos linoleumpastan.

Jute

Jute är en ettårig, 2-3 m hög ört av lindfamiljen, hemmahörande i nordöstra Indien där den odlas i stor skala. Stjälken är rik på bastfibrer, som används i tex säckväv. Juteväv används sedan lång tid tillbaka som bärare i linoleumgolvet.

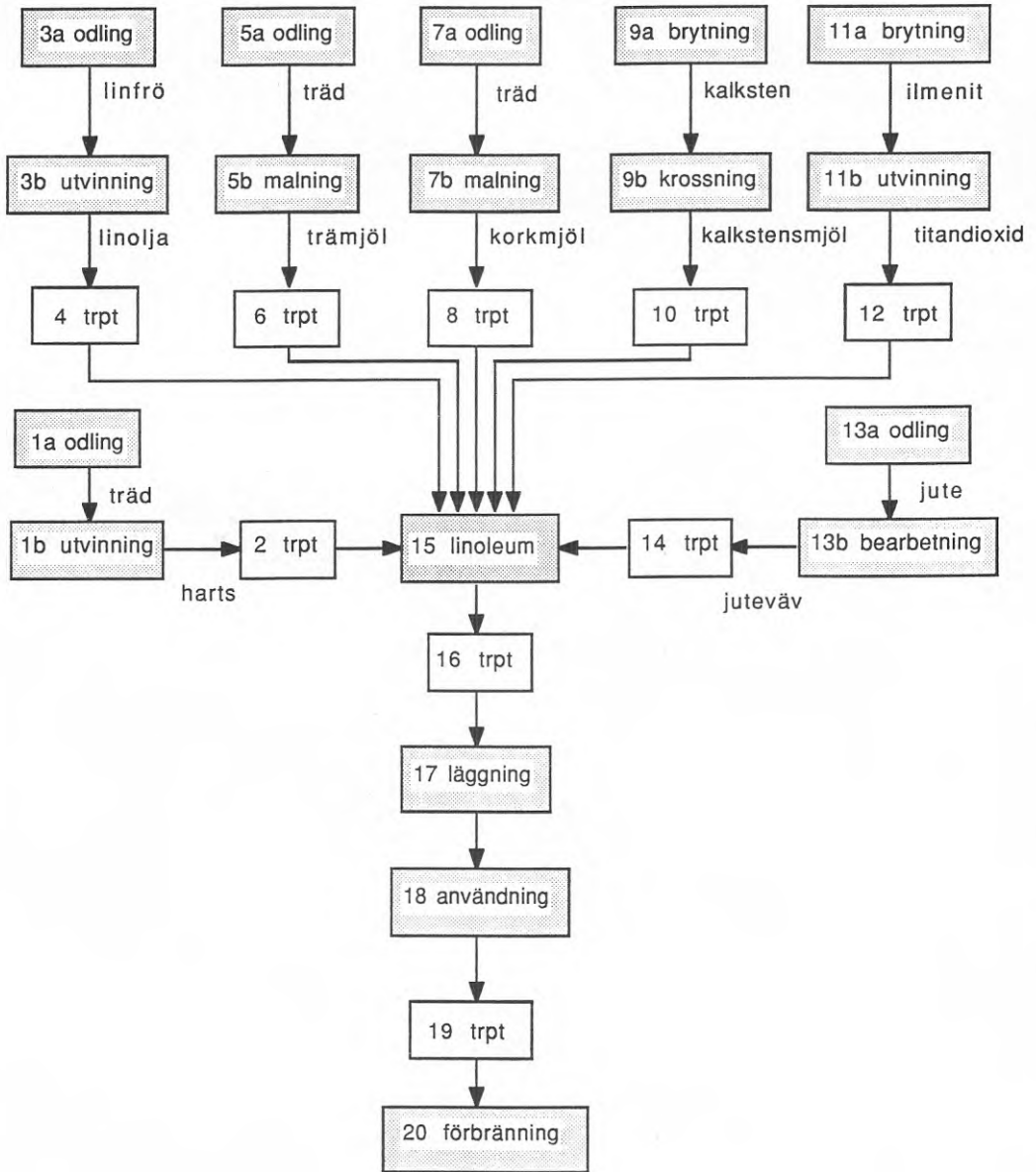
Torkämnen

Blyoxid har traditionellt använts som torkämne, men i den studerade processen upphörde man med användningen av bly på mitten av 70-talet. Idag används istället zinkbaserade torkämnen. Mängderna är så små att dess miljöbelastning försummas i analysen.

Tillverkningsprocess

Linolja oxideras och polymeriseras katalytiskt med luft i stora tankar under 20-24 h. Man får då linoxyn, en rödbrun höglastisk massa. Denna massa blandas med harts, och ett s k cement bildas som får mogna i 2-3 veckor. Efter mognad blandas cementet med korkmjöl, trämjöl, kalkstensmjöl och pigment. Blandningen sker i olika steg tills man fått en homogen linoleummassa, som sedan görs om till granulat. Detta granulat kalandreras (ofta uppblandat med granulat med annan färg) på en juteväv genom tryck- och värmetillförsel. Den fortfarande mjuka mattan hängs upp i långa slingor i torkkammare för att mogna ytterligare, och stannar där i 2-3 veckor. Som sista steg i tillverknigen beläggs mattorna med ett tunt skikt av akrylatdispersion. Efter detta kantskärs och rullas mattan, och efter emballering är den klar för försäljning. Produktionskedjan tar 4-6 veckor från dör till dör.

Figur 4.1. Flödesschema för linoleum.



4.3. LIVSCYKEL

1) Harts (odling, utvinning)

Odling

Harts köps främst från Portugal, där det utvinns ur barrträd. Data från odlingen är inte tillgängliga. Tillverkarna bedömer odlingens miljöbelastning som försumbar.

Utvinning

V-formade skårar skärs i barrträdens bark och flytande harts rinner ut. När det runnit ut stelnar ytan då terpentin avdunstar. Efter utvinning destilleras den flytande massan till terpentin och harts. Bara naturliga hartser används i produkten. Miljöbelastningen utelämnas eftersom inga data finns tillgängliga för denna process, och motsvarande framställning i Sverige inte förekommer.

2) Transport av harts

Hartsen transporteras i bulk med båt. Båttransporten från Portugal till Holland uppskattas till 2000 km.

3) Linolja (odling, utvinning)

Linoljan köps in från pressning i Argentina, Canada och USA. Även om pressningen sker där, är det möjligt att linodlingen sker någon annanstans. Procentandelar är inte tillgängliga, men efter samråd med tillverkare bedöms att en tredjedel kommer från respektive exportland. Transporterna sker med tåg inom Kanada och USA, troligen också inom Argentina. Därefter går samtliga oljor via båt till Holland.

Odling

Vid linodling tillförs marken i genomsnitt 35 kg kväve, 17 kg P_2O_5 och 14 kg K_2O per ha. Energianvändningen vid framställning av gödning är 34,9 MJ/kg kväve, 15,5 MJ/kg P_2O_5 och 8,6 MJ/kg K_2O [Potting et al -93]. I Kanada och Argentina ger odlingarna ungefär 0,6 ton frö per ha och år, vilket ger en energianvändning för framställning av gödning på 2,68 MJ per kg frö. Hela denna användning antas bestå av olja. Energianvändningen för tröskning av oljelin uppgår till 0,65 MJ/kg linfrö [Potting et al -93]. Övrig energiförbrukning vid odling (traktordrift vid sådd m m) utelämnas, eftersom data saknas. Lin kräver relativt lite gödning jämfört med andra vanliga grödor, och eventuellt näringsläckage till vatten bedöms därför vara försumbart. Kväve tas inte upp som resursanvändning, eftersom tillgången kan betraktas som obegränsad. I allmänhet bränns halmen eller lämnas på åkern, och den betraktas därför inte som ett avfall.

Utvinning

Linfröna krossas, och oljan utvinns antingen genom pressning eller genom extraktion med nafta som lösningsmedel. Utvinningen kan ske med eller utan värmetillförsel, och ger då varm- respektive kallpressad olja. Varmpressad olja används vanligen för linoleumtillverkning. Energianvändningen vid pressning uppgår till 0,54 MJ/kg linfrö. Jag antar att energianvändningen består enbart av el. I linoljeslageriet blir ca 34% olja, 64% linfröskal och 2% förluster [Potting et al -93]. Linfrökakor används som kreatursfoder. Linfrökakorna har ett ekonomiskt värde som periodvis närmar sig linoljans [Kuling], så miljöbelastningen fördelas jämnt efter vikt på linolja och linfrökakor.

Tabell 4.2. Resurs- och energianvändning vid framställning av 1 kg linolja

<u>Resursanvändning</u>	
Linolja	1000 g/kg
P ₂ O ₅	28 g/kg
K ₂ O	23 g/kg
Åkerarea	16,7 m ² ,år/kg
<u>Energianvändning</u>	
El	0,54 MJ/kg
Diesel	0,65 MJ/kg
Olja	2,68 MJ/kg

4) Transport av linolja

Transportavstånden gäller färdigpressad olja. Transport av linfrön från odling till pressning försummas; eftersom storskalig odling äger rum i de tre angivna länderna antas att fröna odlats i närheten av presstället. Medeltransportavstånd från Argentina, Canada och USA till Holland uppskattas till 1500 km med tåg och 4350 km med båt.

5) Trämjöl (odling, malning)

Trämjålet kommer från södra Tyskland, främst Schwarzwald med omgivning. Barrträd är lämpligaste träslaget. Energianvändningen vid malning uppgår till 3,24 MJ/kg trämjöl [Potting et al -93], och antas bestå av el. Energianvändning vid odling och bearbetning av trä är hämtad från [Stora (1)] och uppgår till 0,36 MJ el, 45 MJ diesel och 51 MJ eldningsolja (se kapitel 6.3). Det förutsätts då att svenskt och tyskt skogsbruk är någorlunda likt. Alla sågverksprodukter får dela på miljöbelastningen efter vikt fram till sågverket. (Denna fördelning överensstämmer med allokeringar för furugolvet i kapitel 6). Träpulvret antas vara torkat till en fuktkvot på 12% före transport, och malningsenergin antas avse torkat träpulver. Uppgiften om användning av skogsyta gäller svenska förhållanden, och är hämtad från kapitel 6.3. Jag gör antagandet att trämjålet i linoleum motsvarar svensk furu också beträffande terpenavgivning, vilken då sätts till 0,45 g/kg (fuktkvot 12%). Uppskattningen av terpenutsläpp motiveras närmare i kapitel 6.3.

Tabell 4.3. Miljöbelastning vid trämjölframställning (baserat på [Stora (1)] och [Potting et al -93], fuktkvot 12%)

<u>Resursanvändning</u>	
Trä	1000 g/kg
Skogsarea	(3000 m ² ,år/m ³ fub =>) 5,9 m ² ,år/kg
<u>Energianvändning</u>	
El (odling m m)	(0,36 MJ/m ³ fub =>) 0,0007 MJ/kg
El (malning)	3,24 MJ/kg
Diesel	(45 MJ/m ³ fub =>) 0,088 MJ/kg
Eol	(51 MJ/m ³ fub =>) 0,1 MJ/kg
<u>Emissioner till luft</u> (exkl. från bränslen)	
Terpener	0,45 g/kg

6) Transport av trämjöl

Transporten sker huvudsakligen i bulk med lastbil. Transportavstånd från södra Tyskland till Holland uppskattas till 600 km.

7) Korkmjöl (odling, malning)

Odling

Korkmjölet kommer från södra Portugal. Korkträdet förekommer naturligt i de trakterna, även om korken skördas från planteringar. Barken skalas av var 9:e år, däremellan växer ny bark ut. Träden kan bli flera hundra år. Skörden sker manuellt, och ingen gödning av betydelse används vad linoleumtillverkaren känner till. Det korkmjöl som används i linoleum utgör spill från uttag av vinkorkar m m, och spillet är annorlunda uppbyggt än den kork som blir buteljork. Inga uppgifter om odlingens miljöbelastning finns tillgängliga.

Malning

Vid framställning av 1 kg korkmjöl ur korkavfall åtgår 1,62 MJ el [Potting et al -93]. Kork anländer till linoleumfabriken mald och pressad i balar. I Krommenie silas mjölet i tre fraktioner med varierande kornstorlek. Hanteringen är dammig.

8) Transport av korkmjöl

Transporten sker i containers med båt. Båttransport från Portugal till Holland uppskattas till 2000 km.

9) Kalkstensmjöl (brytning, krossning)

Kalkstensmjölet (kalciumkarbonat) kommer från södra Tyskland och södra Frankrike. Det transporteras i bulk med stora lastbilar. Kalciumkarbonatet är vid brytningsprocessen så fast att stenen måste krossas ned. Det lämpliga kornstorleksintervallet är brett, vilket förenklar processen. Ingen tvättning av stenen äger rum under processen eller före användning. Enligt Potting et al (-93) ger brytning och krossning upphov till en miljöbelastning på 72 g damm/kg och 0,08 MJ/kg. Energin antas vara el.

Data kan skilja sig åt mellan olika stenbrott beroende på stenens hårdhet, kornstorlek efter krossning m m. I kapitel 9.3 presenteras motsvarande data för ett svenskt brott. Ännu en jämförande referens är Sundström (-90), som för brytning av 1 kg kalk anger en energiförbrukning i storleksordningen 0,13 MJ fossilt bränsle och 0,079 MJ el. I beräkningarna används data ur [Potting et al -93].

10) Transport av kalkstensmjöl

Transportavståndet uppskattas till 800 km med lastbil. Hälften av kalkstenen förmodas då komma från vardera stället.

11) Titandioxid (brytning, utvinning)

Jag antar i beräkningarna förenklat att allt pigment i linoleum utgörs av titandioxid. Titandioxid kan utvinnas antingen med hjälp av svavelsyra (sulfatprocessen) eller med saltsyra (kloridprocessen). Kloridprocessen är nyare, och anses vara mindre miljöbelastande än sulfatprocessen. I den studerade linoleumprodukten används titandioxid framställd genom kloridprocessen.

Titandioxiden utvinns i Holland och Belgien, dit malmen transporteras från annan ort. Data för titandioxidframställningens miljöbelastning är hämtade ur [Potting et al -93].

Titan förekommer i naturen huvudsakligen i oxidform, och då främst som rutil (titandioxid: TiO_2), ilmenit (FeTiO_3) och titanit (CaTiSiO_5). Jordens resurser av naturligt rutil är begränsade [Rinzema -83]. I naturen övergår rutil till ilmenit.

Titandioxiden isoleras från övriga mineral via en fluidiserad bädd med hjälp av saltsyra. Saltsyran kan återvinnas och recirkuleras efter uppärbetning, och de tungmetaller som fanns i mineralet hamnar då i slaggen [Hallberg -91]. Denna slagg definieras i Holland som ett kemiskt avfall, vilket i Sverige grovt sett motsvaras av definitionen för MFA (miljöfarligt avfall). Energianvändningen uppgår till 70 MJ/kg titandioxid [Potting et al -93]. En tredjedel vardera av energianvändningen kan tillskrivas tillverkningen av syntetisk rutil, efterbehandling av råpigment och användning av kol i den fluidiserande bädden. Jag gör antagandet att både tillverkningen av syntetiskt rutil och efterbehandlingen av råpigment görs med hjälp av el.

Tabell 4.4. Energianvändning och avfall vid framställning av 1 kg titandioxid ur ilmenitmalm (50%) med kloridprocessen [baserat på Potting et al -93].

<u>Energianvändning</u>	
El	47 MJ/kg
Kol	23 MJ/kg
<u>Avfall</u>	
MFA	2,33 kg/kg

12) Transport av titandioxid

Transporten är satt till 500 km på väg [Potting et al -93].

13) Jutfiber (odling, bearbetning)

Jute importeras från odlingar i Indien och Bangladesh. Jute skördas manuellt, och därefter skiljs fibrerna från stammen i övrigt genom en jäsningsprocess. Fibrerna torkas, rullas genom cylindrar för att mjukas upp, slås sedan och spinnes till en tråd. Dessa processteg äger rum lokalt. Det är rimligt att jäsningsprocessen orsakar utsläpp av syreförbrukande ämnen till vatten, och eventuellt används gödning för odlingen. Miljöbelastningen från odling och utvinning av fiber utelämnas dock, eftersom inga data är tillgängliga. Juten vävs i Holland med omnejd. Enligt Potting et al (-93) förbrukas 3,01 MJ el och uppstår 56 g fast avfall per kg väv (1 m² väger då ca 250 g). Väven ankommer till linoleumfabriken i rullar på 2 m x 3 km.

14) Transport av jutfiber

Transporten av jutfiber går på båt. Transport av jute mellan Indien och Holland går troligen genom Suezkanalen [Lumsden]. Transportavståndet från Indien till Holland uppskattas till 12 900 km med båt.

15) Linoleum

Forbos anläggning i Krommenie utanför Amsterdam har studerats, och data och uppskattningar gäller denna anläggning.

Energianvändning

Energianvändningen anges till 13,5 MJ ånga och 6,5 MJ el för tillverkning av 1 m² linoleum med tjockleken 2 mm [Forbo-Krommenie (2)]. För framställning av ånga används naturgas, och en verkningsgrad på 90% antas för denna omvandling. 15 MJ naturgas förbrukas då per m². Holländsk el framställs huvudsakligen via kolkraftverk, men elförbrukning anges här endast som direkt förbrukning (exkl. emissioner från koleldning) för att vara jämförbar med övrig elförbrukning.

Emissioner

Två huvudtyper av emissioner till omgivningen förekommer: damm och kolväteutsläpp. Mycket av det damm som uppstår inomhus samlas in med reningsfilter och återanvänds i processen. Trä- och kalkmjöl tömmas pneumatiskt, och orsakar därför ingen större dammning. Flyktiga organiska ämnen som bildas vid linoljans oxidationsprocess förbränns till 99,9% i tre keramikfilter, men de ca 4,6 g/m² som bildas i torkkammarna släpps ut till omgivningen. Lösningemedel (bestående av främst toluen, butanol och etylacetat) avges från mattorna då de värms i processen. Uppgifter om utsläpp av kolväten från torkningskammare liksom utsläpp av damm och lösningemedel är hämtade ur [Potting et al -93], och grundar sig på Forbo-Krommenies ansökan enligt naturvårdslagen 1989 och erhållet tillstånd 1990. Rengöring sker huvudsakligen med högtrycksluft, och inget övrigt processvatten förekommer. Vätska ingår i kylsystemen, men de är alla slutna.

Avfall

Linoleumspill (från kantskärning och liknande) återvinns till mer än 99% i produktionsprocessen, och försummas därför.

Tabell 4.5. Anläggningsdata för miljöbelastning vid framställning av 1 m² linoleum (specifik vikt 2,3 kg)

Resursanvändning

Ytskikt (akrylat)	8 g/m ²
Linolja	536 g/m ²
Harts	179 g/m ²
Trämjöl	701 g/m ²
Korkmjöl	115 g/m ²
Kalkstensmjöl	408 g/m ²
Pigment	102 g/m ²
Jute	250 g/m ²

Energianvändning

El	6,5 MJ/m ²
Naturgas	15 MJ/m ²

Emissioner (exkl. från bränslen)

Luft:

VOC	4,6 g/m ²
lösningemedel	2,7 g/m ²
damm	0,66 g/m ²

16) Transport av linoleum

Mattorna går med lastbil från fabriken till någon kaj i närheten av Amsterdam, därifrån skeppas de till Sverige. Transportavståndet från Amsterdam till Göteborg uppskattas till 900 km med båt. Till detta läggs ett distributionsavstånd inom Sverige på 400 km med lastbil (se kapitel 3.3).

17) Läggnig

Underlaget ska vara torrt, plant och rent. Smältråd används för fogförslutningen. Efter samråd med mattläggare och materialtillverkare uppskattas materialspletet vid läggning till 10%.

Värmevärde

Linoljas effektiva energiinnehåll antas motsvara det för rapsolja, och sätts till 37,6 MJ/kg [SLU -91]. Linoleums effektiva värmevärde före oxidation blir då 17,7 MJ/kg (se kap 3.2 och 3.4).

18) Användning

Miljöbelastningen för rengöring, underhåll och skötsel utelämnas ur analysen (se kapitel 2.4), men olika rekommendationer för vad som används tas upp nedan som en fingervisning om belastningens storlek.

Golvtilverkarers rekommendationer

Polish bör läggas på med jämna mellanrum för att hålla golvet lättskött och vackert. Tvättpolish eller tvättvax bör tillsättas vid rengöringen av golvet (underhåll). För daglig rengöring ska man i första hand använda torra metoder [Sommer -92].

Polish är p g a förbättringar av mattan numera ej längre erforderligt, och polerbart vax (= golvrengöringsvax) rekommenderas som avslutning på byggstädningen. För dagligstädningen rekommenderas torra metoder, och för underhållet bör golvrengöringsvax användas. Golvrengöringsvax är ett kombinerat rengörings- och underhållsmedel. Produkter med pH-värde högre än 8 i bruklösning kan vid frekvent användning skada linoleum och ytbehandling [Forbo-Forshaga (3)].

Rengöringsmedelstillverkarens rekommendationer

En rengöringsmedelstillverkare [Gipeco -94] rekommenderar för linoleum i bostadslägenhet ca 2,8 cl golvrengöringsvax per m² vid behandling och byggstädning, och sedan ca 0,2 ml/m² golvrengöringsvax för städning en gång i veckan. Veckostädningen kräver då 10,3 ml/år och m², och för ett golvmaterial som används i 20 år blir den sammanlagda förbrukningen ca 235 ml/m², inberäknat byggstädning. Mängderna avser fuktupptagning. Vid svabning anges 3 gånger mer vax behövas, vilket skulle motsvara sammanlagt ca 645 ml/m².

Rivning

Utrivning av materialet efter användning antas ske för hand, och själva rivningsprocessen utgör alltså ingen nämnvärd miljöbelastning.

19) Transport

Transporten uppskattas till 18 km med lastbil (se kapitel 3.3).

20) Förbränning

Mattorna antas förbrännas med energiutvinning (se kapitel 3.4).

4.4. MILJÖFARLIGA ÄMNEN

Zinkbaserade torkämnen används i små mängder. Vid titandioxidframställning uppkommer gruvavfall innehållande en rad tungmetaller. Inga miljöfarliga ämnen enligt 40-listan (se Bilaga 2) har noterats i inventeringen av linoleums livscykel.

4.5. RESULTAT

I tabell 4.6 beskrivs den sammanlagda beräknade miljöbelastningen för linoleum per funktionell enhet. Belastningens huvudorsak anges i tabellen efter belastningsdata.

Tabell 4.6. Total miljöbelastning för 1 m² linoleum (2,556 kg, inklusive läggningsspill).

<u>Resursanvändning</u>		
akrylat	2,5 g	råvara
titandioxid	102 g	råvara
kalksten	460 g	råvara
harts	204 g	råvara
trä	767 g	råvara
kork	128 g	råvara
jutfiber	280 g	råvara
linolja	588 g	råvara
K ₂ O	13,5 g	gödning
P ₂ O ₅	16,5 g	gödning
skogsarea	4,52 m ² , år	träodling
åkerarea	9,82 m ² , år	linodling
<u>Energianvändning</u>		
el	16,3 MJ	linoleumframställning (44%) titandioxid (30%)
fossila bränslen	25 MJ	linoleumframställning (67%)
värmevärde	45,2 MJ	
återvunnen energi	-28,8 MJ	förbränning
<u>Emissioner till luft</u>		
CO ₂	1600 g	linoleumframställning (58%)
CO	1060 mg	transporter (80%)
SO ₂	4300 mg	transporter (62%)
NO _x	12,8 g	förbränning (40%) transporter (31%)
VOC	5870 mg	linoleumframställning (20%)
lösningsmedel	3,12 g	linoleumframställning (87%)
terpener	34,5 mg	trämjöl
stoft	34,5 g	kalkstensmjöl (96%)
<u>Emissioner till vatten</u>		
olja	2,38 mg	transporter (65%)
fenol	0,034 mg	transporter (65%)
COD	6,96 mg	transporter (65%)
tot-N	1,14 mg	transporter (65%)
<u>Avfall</u>		
aska	555 g	förbränning
branschspecifikt avfall	17,2 g	jutfiberframställning
MFA	238 g	titandioxidframställning

Trä och linolja tas i tabell 4.6 upp under resursanvändning både som massa och som areal. Det bör påpekas att detta på sätt och vis är en dubbelbokföring, men i den kommande utvärderingen har man nytta av att båda parametrarna finns med.

El för linoleums tillverkningsprocess är producerad i Holland. Holland har ungefär lika stor import som export av el, och den el som framställs inom landet kommer till största delen från kolkraftverk. Det vore därför möjligt att för holländsk el ange både emissioner

och annan miljöbelastning, men för att få konsekvens i studien anges även denna el enbart i direkt energianvändning. Både i linoleums och PVC-mattans livscykel förekommer el tillverkad i olika länder, och jag överlämnar åt framtida användare att - om så önskas - räkna ut miljöbelastningen för el av olika ursprung.

Emissioner till vatten upptagna i tabell 4.6 uppkommer huvudsakligen vid framställning av bränsle för transporter. Detta beror på att dessa parametrar endast förekommer i beräkningarna i samband med fossila bränslen (se schablonvärden i tabell 3.2).

Det branschspecifika avfallet i tabell 4.6 kommer från jutevävningen. Det uppstår säkerligen branschspecifikt avfall även i andra processer, men data för detta har inte varit tillgängliga.

Enligt Franklin (-91) är den totala energiåtgången för linoleum fram till användningen 116,15 MJ/kg produkt, vilket motsvarar 296,9 MJ/f.e. Värdet, som gäller amerikanska förhållanden, ligger väldigt högt jämfört med denna inventering, och mer detaljerade upplysningar saknas om vad som ingår i Franklins uppgift.

5. INVENTERING PVC-MATTA

5.1. PRODUKTBESKRIVNING

PVC är en förkortning av polyvinylklorid. Huvudbeståndsdelarna vid PVC-tillverkning är klorgas och eten. Klorgas (Cl_2), natriumhydroxid (NaOH) och vätgas framställs i klor/alkali-processen med stensalt (NaCl) som råvara. Luten används sedan för papperstillverkning. Eten är en krackningsprodukt från oljeindustrin. Färdig PVC består till 43 vikts- % av kol och väte, resterande 57 % utgörs av klor.

PVC produceras i stora kvantiteter och har ett brett användningsområde genom möjligheten att tillverka så olikartade produkter. Plasten består först av små, hårda korn. Ren PVC är dock inte användbar utan en rad tillsatser som formulerar den färdiga plastprodukten.

Betydligt mindre än 10% av den olja som utvinns internationellt utnyttjas för framställning av olika petrokemiska produkter [Wallgren -92]. Idag används 80% av all PVC inom bygg- och anläggningsbranschen [REFORSK -93]. En förhållandevis stor del, 24% av den totala PVC-tillverkningen i Sverige, används till golv. En motsvarande internationell siffra är 5% [Hedenmark -92]. I USA står PVC-golv för ca 64% av marknaden för hårda golv, med fördelningen 60% plattor och 40% mattor [AIA -92]. I Sverige förekommer inte plattorna som produkt.

Val av specifik produkt

Tarkett AB har ca 36% av den totala svenska golvmarknaden och ca 60% av den svenska plastgolvsmarknaden, och de specifika data som används i analysen kommer därför från en av Tarketts anläggningar i Ronneby. Andra svenska tillverkare av PVC-mattor är bl a Forbo-Forshaga och Holmsund, där Forbo-Forshaga har ca 30% av den totala golvmarknaden.

Tarkett har två anläggningar i Ronneby för tillverkning av PVC-mattor; På Fornanäs görs enbart skiktade (heterogena) mattor, medan Södra Fabriken producerar homogena mattor. De PVC-mattor som används i svenska bostäder är i allmänhet skiktade och skummade, och data för Fornanäsanläggningen används därför. Producerad volym på Fornanäs uppgick under 1992 till 5 milj m^2 skiktade mattor, varav hälften såldes på objekt (till flerfamiljshus) och hälften direkt till konsumenter [Tarkett (1)]. De skiktade produkterna avsedda för bostäder väger 1,3 kg/m^2 . Skiktade mattor för offentlig miljö har vanligen en vikt på 2,5-3 kg/m^2 , och är inte skummade.

5.2. TEKNISK BESKRIVNING

Sammansättning

En PVC-matta för bostäder antas ha genomsnittsvikten 1,3 kg/m^2 . De skiktade mattor som produceras av Tarkett på Fornanäs har, grundat på inköp av råvaror, en sammansättning enligt tabell 5.1.

Tabell 5.1. Genomsnittlig råvaruförbrukning för skiktade PVC-mattor [baserad på Tarkett -92]

Material	Vikts-%
PVC	55
Mjukningsmedel	27
Fyllmedel	6
Bärare	4
Tillsatskemikalier	3,3
Pigment	2,5
Stabilisatorer	1,5
Lösningsmedel	0,4
Lackkemikalier	0,3
PUR	0,3

Råvaror

PVC

Klor är en av huvudbeståndsdelarna i PVC. Klor framställs ur råvaran NaCl, också kallad bergsalt, stensalt eller koksalt. Eten är tillsammans med klor råvara till EDC och därmed PVC.

Mjukningsmedel

Mjukningsmedel förändrar permanent egenskaperna hos polymera material som plaster, så att de blir mindre hårda och samtidigt mer plastiska och töjbara. Mjukningsmedel består av svårflyktiga lösningsmedel som har till uppgift att svälla PVC-kornen till en geléartad, formbar massa. Som mjukningsmedel kan användas ftalater, fosfater, epoxyfetttsyror, alkylsulfonsyrastrar, adipin-, azelain- och sebacinsyrastrar, trimellitsyrastrar [REFORSK -93]. Av dessa används ftalater mest [Hedenmark -92].

Fyllmedel

Fyllmedel har en rad olika funktioner; få ned elasticiteten (ge stummare material), förbättra brandegenskaper och minska intryckskänslighet. Som fyllmedel används material som krita, glimmer, talk, kalksten, marmor, gips, kvartsmjöl, kaolin, magnesiumoxid [REFORSK -93, AIA -92]. I studerad produkt används huvudsakligen kalciumkarbonat.

Bärare

Som bärare används vanligen glasfiberväv, men även polyesterväv förekommer.

Tillsatskemikalier

Tillsatskemikalier är främst smörjmedel, skumbildare, stabilisatorer och flamskyddsmedel. Som smörjmedel kan användas metalltvålar, montan- och paraffinwax, polyetylen, fettalkoholer och estrar, silicon och glycerinestrar [REFORSK -93]. Stearinsyra används vid valsningsprocessen [Tarkett (1)]. Som drivgaser för skumning av PVC används azodikarbonat, där N₂ bildas. Största volymerna är "luftvispning", med oxaner som stabiliserare. Inga freoner används [Tarkett (1)]. Både smörjmedel och skumbildare utelämnas ur analysen p g a sin ringa mängd. Stabilisatorer tillsätts för att förhindra en successiv nedbrytning (spjälkning), som annars uppstår av ljus och värme. Stabilisatorerna fungerar samtidigt som processhjälpmedel. Glidmedel som stearinsyra och vaxer tillsätts ibland för att förhindra klibbnig och materialflytning. I studerad produkt används främst barium, kalcium och zink som stabilisatorer. Lite tennföreningar förekommer också. P g a den ringa mängden utelämnas stabilisatorernas miljöbelastning

ur inventeringen, och detsamma gäller flamskyddsmedlen. Som flamskyddsmedel används främst aluminiumhydroxid. Inga bromerade flamskyddsmedel används enligt tillverkaren.

Pigment

Som pigment används titanoxid, kimrök, kobolt, järnoxid [REFORSK -93].

Övrigt

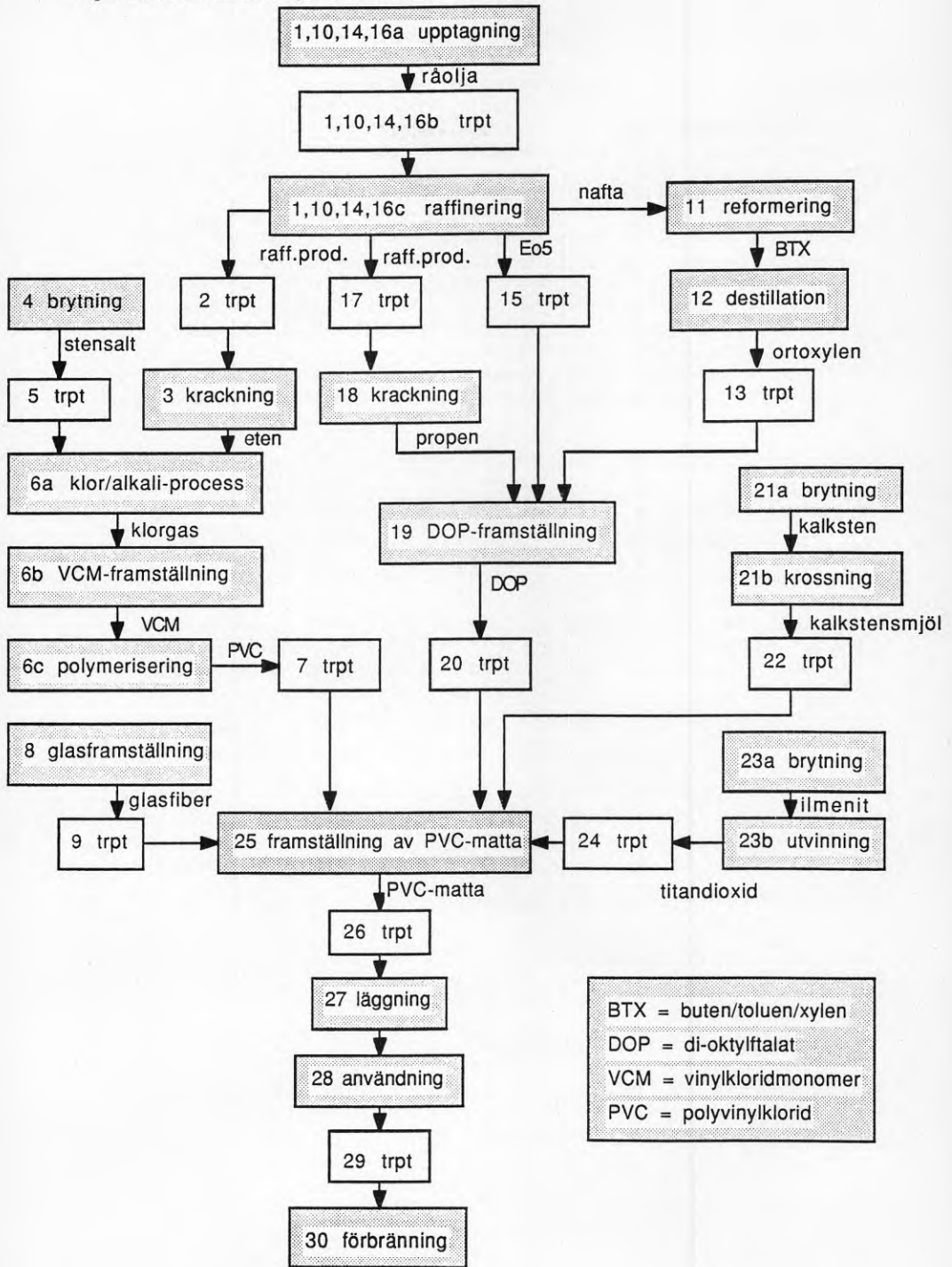
Lösningens miljöbelastning försummas p g a sin ringa mängd, liksom lackkemikaliernas belastning. Som ytbehandling används för den studerade produkten polyuretan (PUR). Vid PUR-framställning används en rad isocyanater. Dessa utgör ett arbetsmiljöproblem genom att orsaka irritation i luftvägarna, nedsättning av lungfunktionen, ögonirritationer m m [Miljöstyrelsen -90]. På grund av sin ringa materialmängd (och avgränsningar diskuterade i kapitel 2.4) utelämnas miljöbelastning av PUR ur analysen.

Tillverkningsprocess

PVC tillverkas ur koksalt (NaCl), eten och elenergi. Eten har sitt ursprung i råolja. Tillverkning av PVC delas upp i tre delprocesser; klor/alkaliprocessen, tillverkning av VCM (vinylkloridmonomer) och tillverkning av PVC. I klor/alkaliprocessen tillverkas klor (Cl_2) och natriumhydroxid (NaOH) genom elektrolys av koksalt. Även vätgas bildas. I VCM-fabriken blandas klor och eten i reaktorer, och etylendiklorid (EDC) bildas. Av EDC framställs sedan VCM. I PVC-fabriken polymeriseras VCM till PVC i autoklaver (reaktorer) under högt tryck. Efter polymerisering och torkning processas PVC:n ytterligare och bildar suspensions-PVC (avsedd för hårda produkter) och pasta-PVC. Pasta-PVC används för mjuka produkter som golvmattor, och säljs i granulatform.

Vid golv tillverkning blandas PVC-granulat med övriga tillsatser (mjukningsmedel, pigment, fyllmedel m m) under tillförsel av värme och tryck, och blandningen pressas på en bärare. Ett ytskikt av PUR (polyuretan) läggs på.

Figur 5.1. Flödesschema för PVC-matta



BTX = buten/toluen/xylen
 DOP = di-oktylfталат
 VCM = vinylkloridmonomer
 PVC = polyvinylklorid

5.3. LIVSCYKEL

1) Raffinaderiprodukter (utvinning, transport, raffinering)

Raffinaderiprodukterna nafta, propan och butan utgör råvaror vid krackningsprocessen (se steg 3). Nafta använd för den studerade produkten har sitt ursprung i råolja från Nordsjöbassängen, som raffinerar i Skottland, England, Norge, Danmark eller Göteborg. Propan köps från Saudiarabien, Algeriet och Vestlandet i Norge, en tredjedel från vardera. Butan köps från Lysekil, Vestlandet (Kårsö) och Finland (kommer dit från Ryssland), en tredjedel från vardera [Statoil (1)].

Tillman et al (-91) har i "Miljön och förpackningarna" sammanfattat emissioner och energibehov för råoljeupptagning, tankertransport av råoljan och raffinering i ett pålägg kallat "precombustion". Faktorererna är framräknade utifrån ett fall med råoljeupptagning på Nordsjön och raffinering på Scanraff i Lysekil. Den eten som ingår i den studerade produkten kommer från Statoil Petrokemi AB. Framställning av där använda raffinaderiprodukter bedöms någorlunda överensstämma med den av Tillman et al (-91) beskrivna processen, och dessa data används alltså i beräkningarna. De anges i utsläpp per kg snittprodukt, alltså allokering efter vikt. Följande data används:

Tabell 5.2. Miljöbelastning av uppfordring, transport och raffinering av råolja [efter Tillman et al -91]

Emissioner	Råolje-uppfordring	Transport	Raffinering	Summa [g/kg]	Summa [g/MJ]
<u>Till luft</u>					
SO ₂	iu	0,0515	0,542	0,594	0,0140
NO _x	iu	0,0298	0,149	0,179	0,00414
CO	iu	0,0056	iu	0,00563	1,3*10 ⁻⁴
HC	iu	0,00402	0,354	0,359	0,00844
CO ₂	58,5	3,05	108	170	3,99
Stoft	iu	0,00442	0,0167	0,0211	4,97*10 ⁻⁴
<u>Till vatten</u>					
Olja	0,0157	-	0,00124	0,0169	3,98*10 ⁻⁴
Fenol	iu	-	0,00024	0,000241	5,67*10 ⁻⁴
COD	iu	-	0,0497	0,0497	0,00117
Tot-N	iu	-	0,00810	0,00810	1,91*10 ⁻⁴

Energianvändningen uppgår till 2,01 MJ internt bränsle (råolja) och 0,12 MJ el per kg produkt. För framställning av 1 kg raffinaderiprodukt åtgår 1,04 kg råolja [Tillman et al -91].

2) Transport av raffinaderiprodukter

Råvarorna anländer till krackningsanläggningen med tankbåtar med en kapacitet på 20 000-40 000 ton per styck [Statoil (1)]. Medelavståndet mellan raffinaderi och etenframställning (krackning) sätts till 500 km.

3) Eten (krackning)

Eten i studerad produkt kommer från Statoil Petrokemi AB i Stenungsund, som driver Sveriges enda krackeranläggning för produktion av eten och propen. Data är därför hämtade från denna anläggning.

Nafta, propan och butan sönderdelas genom upphettning i krackugnar till omättade kolväten (eten, propen, buten/butadien) samt brännngas (svavelfri metan- och vätgasblandning), krackbensin och tyngre produkter. Huvudprodukter är eten och propen, och produktionen styrs mot att få ut så mycket eten som möjligt. Producerad eten och propen vidareförädlas i huvudsak lokalt. Hela processen hanteras i slutna system som rörledningar och behållare [Statoil -92]. Efter krackning går brännngas (ca 20%) tillbaka och används som bränsle vid krackningen [Statoil (1)].

Tillverkningen av eten och propen bestod 1992 till ca 67 vikts-% av eten. Enligt tillverkare kan övriga produkter ses som produkter av lägre värde. Jag väljer därför att fördela den sammanlagda miljöbelastningen jämnt per kg tillverkad eten och propen.

Resursanvändning

Raffinaderiprodukterna nafta, propan och butan utgör råvaror.

Energianvändning

Efter krackning går brännngas (ca 20%) tillbaka och används som bränsle vid krackningen [Statoil (1)]. Dessutom används el.

Emissioner

I angivna processemissioner ingår emissioner från bränslen. SO₂-utsläppet är så lågt att det inte kunnat fastställas (<0,002 g/kg produkt), och försummas därför. Uppgifter på utsläpp till vatten grundar sig på genomförda mätningar, medan luftutsläppen grundar sig på beräkningar och/eller mätningar.

Avfall

Det miljöfarliga avfallet, som skickas antingen till SAKAB eller till GRAAB, bestod 1992 till över hälften av koksolja. Övrigt industriavfall, som lagts på egen deponi, har av tillverkaren angivits i m³ men i beräkningarna räknats om i vikt. (1 m³ industriavfall antas då motsvara 0,4 ton).

Vid framställningen av eten och propen används 36 olika hjälpkemikalier, men mängderna är så små att deras miljöbelastning utelämnas ur analysen.

Tabell 5.3. Miljöbelastning vid framställning av 1 kg eten 1992 (baserat på [Statoil -92]).

Resursanvändning
Raffinaderiprodukter 1 860 g/kg

Energianvändning
El 2,0 MJ/kg
Bränngas 18,3 MJ/kg

Emissioner (inkl. från bränslen)

Luft:
H_xC_y 1,6 g/kg
NO_x 1,0 g/kg
CO₂ 930 g/kg
sot 0,028 g/kg
stoff 0,087 g/kg
Vatten:
Olja 0,0051 g/kg
Fenol 0,000089 g/kg
Tot-N ca 0,0089 g/kg
Tot-P 0,00047 g/kg

Avfall
Branshspec. avfall 0,021 g/kg
MFA 0,75 g/kg

Produkterna levereras i rörledningar till lokala kunder [Statoil -92]. Transportens miljöbelastning bedöms vara försumbar.

4) Stensalt

Stensaltet bryts i Danmark, Holland och Storbritannien [Hydro Plast (1)]. Data för denna brytning är inte tillgängliga, och uppgifter för framställning av stensalt är därför hämtade ur [EMPA -89] och gäller ett brott i USA.

Tabell 5.4. Miljöbelastning vid framställning av 1 kg stensalt [EMPA -89] (exkl. emissioner från bränslen)

Resursanvändning
stensalt 1000 g/kg

Energianvändning
El 1,025 MJ/kg
Diesel 0,236 MJ/kg

Avfall
Branshspec. avfall 128 g/kg

5) Transport av stensalt

Transporten sker med båt, och medelavståndet uppskattas till 700 km.

6) PVC

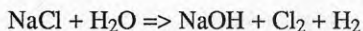
Flera leverantörer används för samma råvara. Jag väljer att använda data för PVC-framställning på Hydro Plast AB i Stenungsund, eftersom 35-40% av den PVC som används i studerad produkt (skiktad) kommer därifrån. Hydro Plast är ett helägt dotterbolag till Norsk Hydro. Anläggningen är uppdelad i tre skilda enheter:

- a) Klorframställning
- b) VCM-framställning
- c) PVC-framställning

Miljöbelastningsdata för de tre enheterna sammanställs i tabell 5.5. Data är främst hämtade ur [Norsk Hydro -92] och [Hydro Plast -92]. Sammanlagd miljöbelastning för PVC-tillverkning anges per kg framställd PVC. Råvaruförbrukningen är grundad på stökiometriska beräkningar, och för övriga parametrar utgås ifrån att 0,6 ton klor går åt för att framställa 1,02 ton VCM, som går åt för att framställa 1 ton PVC [Norsk Hydro -92].

Klorframställning (klor/alkali-processen)

Stensaltet övergår genom elektrolys i natriumhydroxid, klorgas och vätgas enligt följande formel:



Klorgasen levereras via en rörledning till VCM-fabriken. Natriumhydroxiden säljs framför allt till cellulosaindustrin medan vätgasen används som bränsle i ångcentralen. Stökiometriskt bildar 1 kg natriumklorid 0,69 kg natriumhydroxid och 0,6 kg klorgas, och utifrån detta utgås ifrån att det för framställning av 1 kg klorgas åtgår 0,78 kg natriumklorid. Klorgas och natriumhydroxid betraktas som likvärdiga produkter, och allokering görs därför efter vikt. Tre olika metoder används kommersiellt för elektrolysen: amalgam-, diafragma- och membranprocessen. På den studerade anläggningen används idag amalgamprocessen, vilket innebär att kvicksilver används som katod. Kvicksilvret recirkuleras i processen, men trots detta uppstår en del kvicksilverhaltigt avfall. Före år 2010 kommer man att byta ut amalgamprocessen.

VCM-framställning

Vinylkloridmonomer (VCM) utgör råvara för PVC-tillverkning. VCM tillverkas av klorgas och eten, med 1,2-diklorethan (EDC) som mellanprodukt. Klorgas kommer från klorfabriken (se föregående stycke), medan eten levereras från lokal kracker. Tillverkningen sker i tre sammankopplade steg: direktkloreringen (HTC), oxikloreringen där EDC produceras, och krackningen där EDC vid 500° C sönderdelas till VCM. Efter rening och torkning pumpas slutprodukten VCM till lager och vidare till PVC-fabriken. Mellanprodukten EDC tillverkas i överskott och säljs på export. Saltsyra och etylklorid erhålls som biprodukter. Saltsyran ses som en produkt av värde, och får alltså bära sin del av miljöbelastningen efter vikt. Etylklorid uppstår i så liten mängd att den försummas i beräkningarna. Processens miljöbelastning fördelas jämnt efter vikt per kg EDC och VCM.

PVC-framställning

VCM polymeriseras till PVC. Vid polymeriseringen tillsätts mindre mängder processkemikalier som suspenderande ämnen, emulsionsmedel och pH-buffertar. Efter polymerisering och torkning processas PVC:n i två steg, varav en del säljs redan efter det

första steget. Suspensions-PVC är i första hand avsedd för hårda produkter. Den andra produkten, pasta-PVC (emulsions-PVC), används för tillverkning av golv, handskar och andra mjuka produkter, och säljs i form av granulat eller pellets [Norsk Hydro -92]. Miljöbelastningen fördelas jämnt efter vikt, och den belastning som inte kan åtskiljas för VCM- och PVC-anläggningen fördelas jämnt per kg EDC, VCM och PVC. Detta slår till PVC:s fördel, eftersom tillverkning av ett kg PVC rimligen orsakar en högre miljöbelastning än tillverkning av ett kg EDC.

Resursanvändning

Huvudråvaror är klor baserad på stensalt och eten baserad på nafta/råolja. Kvävgas används som skyddsgas i processen. Kvävgasen orsakar ingen miljöbelastning efter användning, och försummas därför i analysen.

Energianvändning

Data för energianvändning gäller den direkta användningen, d v s den mängd som åtgår i processen oavsett verkningsgrad vid energiframställningen. Ungefär två tredjedelar av energin används i klor/alkali-fabriken [Hydro Plast (1)].

Emissioner

Vid VCM-framställningen erhålls utsläpp av EDC och VCM [Rydberg -89]. Dioxidutsläppens storlek anges inte i [Norsk Hydro -92], men enligt Hydro Plast (-92) släpptes under 1992 ut 0,235 g dioxiner. Klorutsläpp till luft anges av Norsk Hydro (-92) till 0,1 ppm, men sammanlagd mängd har inte angivits. Därför utelämnas utsläpp av klorgas ur beräkningarna.

Avfall

EDC-tjära är en miljöfarlig restprodukt som uppstår i processen. Av denna tjära exporteras sk heavy ends till Storbritannien (ca 35%) för behandling och vidareförädling, medan resten förbränns i anläggningens egen destruktionsugn med energiutvinning. Den exporterade EDC-tjäran betraktas på sin karaktär som MFA, och tas upp under avfall i tabell 5.5. Vid VCM-framställningen betraktas framställda mängder EDC och VCM som likvärdiga huvudprodukter, och miljöbelastningen för hela detta processsteg fördelas jämnt per kg producerad EDC och VCM. I PVC-fabriken uppstår kemslam och bioslam, som läggs på anläggningens egen deponi.

Andra klorerade kolväten än EDC och VCM bildas i mindre mängder som biprodukter i processen, och förbränns ofta i destruktionsugn. Det gäller såväl gasformiga komponenter (etylklorid) som flytande eller tjärartade (t ex koltetraklorid och hexaklorbutadien) [Rydberg -89].

Tabell 5.5. Sammanställning av miljöbelastning vid framställning av 1 kg klor, 1 kg VCM och 1 kg PVC (främst baserat på [Norsk Hydro -92]).

Parameter	klor	VCM	PVC	PVC (tot)	Enhet
Resursanvändning					
Stensalt (NaCl)	0,78	-	-	0,47	kg/kg
(Klor (Cl ₂) ¹)	-	1,13	-	1,15	kg/kg
Eten	-	0,45	-	0,46	kg/kg
Energianvändning					
Elektricitet	5,8	0,7	1,4	5,6+1,1 ²	MJ/kg
Olja	0,0	0,0	0,0	0,2 ²	MJ/kg
Annat	-1,6	5,0	4,2	8,34+1,9 ²	MJ/kg
Emissioner (exkl. från bränslen)					
Luft:					
Kvicksilver	0,12*10 ⁻³	-	-	0,07*10 ⁻³	g/kg
VCM	-	-	0,675	0,675	g/kg
EDC/etylklorid/ VCM	-	18,8*10 ⁻³	-	19,2*10 ⁻³	g/kg
Eten	-	44,3*10 ⁻³	-	45,2*10 ⁻³	g/kg
Vatten:					
Kvicksilver	0,0052*10 ⁻³	-	-	0,003*10 ⁻³	g/kg
PVC	-	-	0,059	0,059	g/kg
Natriumformiat	-	0,093	-	0,096	g/kg
EDC	-	0,4*10 ⁻³	-	0,4*10 ⁻³	g/kg
VCM	-	0,4*10 ⁻³	-	0,4*10 ⁻³	g/kg
COD ³	x	x	x	0,6	g/kg
Avfall					
Kvicksilverhaltigt oorganiskt slam	0,3	-	-	0,18	g/kg
Organiskt bundet kvicksilver (s)	0,1	-	-	0,06	g/kg
Koppar (s)	-	0,04	-	0,04	g/kg
EDC-tjära (export)	-	6,15	-	6,3	g/kg
Kemiskt/ biologiskt slam ⁴	-	x	x	3,6	g/kg
Förorenad PVC (s)	-	-	3,9	3,9	g/kg
Spillolja ⁵	x	x	x	0,11	g/kg

1 Mellanprodukt

2 Inklusive energianvändning för ångproduktion och användning av hjälpenergi

3 Gäller hela anläggningen

4 Gäller VCM/PVC-tillverkning, avfallet fördelat jämnt per vikt på framställd mängd EDC och PVC.

5 Gäller hela anläggningen. Spilloljeproduktionen fördelas här på den totala PVC-framställningen.

Spilloljan antas ha en densitet på 950 kg/m³ (motsvarande Eo5).

Energianvändningen kan jämföras med en beräknad energiåtgång på 51 MJ för framställning av 1 kg emulsions-PVC enligt BUB (-91). Det är oklart vad som ingår i denna siffra. Som en annan jämförelse anges en total energiåtgång på 79,1 MJ/kg för PVC-produkter fram till användningen [Franklin -91], materialets energivärde inräknat. Tillsatser i några större mängder ingår då inte.

7) Transport av PVC

PVC-pulvret levereras i säckar eller i bulkfordon. Transportavståndet uppskattas till 300 km med lastbil.

8) Bärare

I den studerade produkten används glasfiber som bärare. Väven kommer från Finland och Tyskland. I BFR (-93) anges energianvändningen vid framställning av svensk glasull för isolering till 7,1 MJ el och 7,4 MJ gasol per kg glasull, och dessa siffror används i beräkningarna. Som jämförelse anges energianvändningen för livscykeln för förpackningsglas av Tillman et al (-91) till 6,69 MJ termisk energi och 1,57 MJ el per kg glas, där 100% jungfruligt material avses. Övrig miljöbelastning från glasfiberframställningen försummas.

9) Transport av bärare

Transportavståndet uppskattas till 150 km med båt och 650 km med lastbil.

10)-19) Mjukningsmedel

Mjukningsmedel, dioktylfталat (DOP), levereras av en rad olika leverantörer. DOP är en kemisk standardprodukt. Inga fosfatmjukningsmedel används i den studerade produkten. Enda tillverkare av mjukningsmedel för PVC i Sverige är Neste Oxo AB i Stenungsund, och data är därför hämtade från denna anläggning. Processen är likartad för olika tillverkare, och vald anläggning bedöms vara representativ. Ftalsyraanhydrid framställs ur ortoxylen av Neste Oxo AB i Nol, som är Sveriges enda tillverkare av ftalsyraanhydrid. Ortoxylen, olja och propen utgör huvudråvarorna för framställningen av mjukningsmedel. Det är möjligt att ersätta ortoxylen med annan råvara.

Inköpt ortoxylen har sitt ursprung i nafta, som reformeras för att framställa aromater. Aromaterna destilleras till bensen, toluen och blandade xylenener. De blandade xylenerna destilleras i sin tur vidare för att få fram ortoxylen, som i den studerade processen omvandlas till ftalsyraanhydrid.

Genom partiell oxidation av eldningsolja 5 (som anländer med tankbåt) framställs syntesgas, som är en blandning av kolmonoxid och vätgas. Syntesgasen reagerar med propen (från kracker i Stenungsund), och butyraldehyd bildas. Butyraldehyd omvandlas till 2-etylhexanol (oktanol), som slutligen förestras med ftalsyraanhydrid och bildar dioktylfталat (DOP). En rad hjälpkemikalier och katalysatorer används i processen.

10) (=1) Raffinaderiprodukter

För framställning av nafta används samma data som i steg 1. Transportavstånd mellan raffinaderi och BTX-framställning är okända, och utelämnas ur analysen.

11) BTX

Nafta reformeras för att framställa aromaterna bensen, toluen och blandade xylenener (BTX). Energianvändning för reformering av nafta är hämtade ur [MRI -77]. I beräkningarna antas att 1 kg nafta bildar 1 kg BTX. Data för övrig miljöbelastning är inte kända, och detsamma gäller transport mellan BTX- och ortoxylenframställning.

Tabell 5.6. Resurs- och energianvändning vid framställning av 1 kg BTX [efter MRI -77].

<u>Resursanvändning</u>	
nafta	1000 g/kg
<u>Energianvändning</u>	
El	0,12 MJ/kg
Naturgas	2,16 MJ/kg

12) Ortoxylen

Data för för destillation av blandade xylener till ortoxylen är hämtade från en av leverantörerna av ortoxylen. Miljöbelastningen är jämnt fördelad per kg produkt. Data för anläggningens energiförbrukning är inte kända, och utelämnas därför.

Tabell 5.7. Resursanvändning och emissioner vid framställning av 1 kg ortoxylen

<u>Resursanvändning</u>	
blandade xylener	1000 g/kg
<u>Emissioner till luft</u>	
CO	0,08 g/kg
CO ₂	2,45 g/kg
SO _x	1,5 g/kg

13) Transport av ortoxylen

Ortoxylen anländer till den svenska tillverkaren med tankbåt. Leverantör varierar. Avståndet uppskattas till 1000 km.

14) (=1) Raffinaderiprodukter

För framställning av eldningsolja 5 används samma data som i steg 1.

15) (=2) Transport av raffinaderiprodukter

Transporten sker med båt, och ett medelavstånd på 500 km mellan raffinaderi och anläggning för framställning av mjukningsmedel väljs enligt data i steg 2.

16) (=1) Raffinaderiprodukter

För framställning av raffinerad råvara används samma data som i steg 1.

17) (=2) Transport av raffinaderiprodukter

Transporten sker med båt, och ett medelavstånd på 500 km mellan raffinaderi och anläggning för framställning av mjukningsmedel väljs enligt data i steg 2.

18) (=3) Propen

Data i steg 3 används för framställning av propen, där tillverkning av propen och eten antas ha samma miljöbelastning. Ingen miljöbelastning från transporter uppstår, eftersom propen anländer via pipe-line från lokal kracker.

19) Mjukningsmedel

DOP framställs genom en rad reaktioner, där främst ortoxylen, eldningsolja och propen är råvaror. Framställning av ftalsyraanhydrid sker på annan ort men är inkluderad i nedan givna data, inklusive transport mellan ftalsyraanhydridframställning och mjukningsmedelsframställning.

Tabell 5.8. Miljöbelastning vid framställning av 1 kg DOP under 1992 (baserat på [Neste -92] och samråd med tillverkare)

<u>Resursanvändning</u>	
Ortoxylen	355 g/kg
Eo5	171 g/kg
Propen	500 g/kg
<u>Energianvändning</u>	
El	1,8 MJ/kg
Dieselloolja (transporter)	0,05 MJ/kg
Eldningsolja	11,2 MJ/kg
<u>Emissioner till luft (inkl. från bränslen)</u>	
stoff	0,02 g/kg
CO	0,03 g/kg
CO ₂	691 g/kg
SO ₂	0,09 g/kg
NO _x (NO ₂)	0,27 g/kg
VOC	0,26 g/kg
<u>Emissioner till vatten</u>	
COD	0,17 g/kg
<u>Avfall</u>	
MFA	13,5 g/kg

20) Transport av mjukningsmedel

Mjukningsmedlet transporteras i tankbil till Ronneby. Avståndet uppskattas till 300 km.

21) Kalkstensmjöl

Fyllmedel i den studerade produkten utgörs nästan uteslutande av kalkstensmjöl (kalciumkarbonat) från Österrike. Kalkstenen är i form av fast berg, och bryts och krossas. Genomsnittlig kornstorlek ligger på omkring 7 mikrometer. Det är inte aktuellt att använda kalkstensmjöl från svenska brott i produkten, och därför används uppgifter ur Potting et al (-93) som geografiskt bättre motsvarar använd produkt. Enligt samma källa ger brytning och krossning upphov till en miljöbelastning på 72 g damm/kg och 0,08 MJ/kg. Denna energi antas bestå av el.

Data kan skilja sig åt mellan olika stenbrott beroende på stenens hårdhet, kornstorlek efter krossning m m. I kapitel 9.3 presenteras som jämförelse motsvarande data för ett svenskt brott. Ännu en jämförande referens är Sundström (-90), som anger att brytning av 1 kg kalk använder 0,132 MJ fossilt bränsle och 0,0792 MJ el.

22) Transport av kalkstensmjöl

Kalkstensmjölet går på järnväg så gott som hela vägen från Österrike till Ronneby. Avståndet uppskattas till 1100 km.

23) Titandioxid (brytning, utvinning)

Liksom för linoleum är titandioxid det pigment som i PVC-mattor används i absolut störst utsträckning: i den studerade anläggningen utgjordes 1992 ca 95 vikts-% av pigmentet av titandioxid. I beräkningarna antas därför ifrån att allt pigment utgörs av titandioxid. Titandioxiden i den studerade PVC-mattan är huvudsakligen framställd med sulfatprocessen.

Brytning

Titandioxid utvinns ur ilmenit. Fyndigheter finns och brytning förekommer i USA, Kanada, Norge och Finland. Titandioxid i den studerade produkten kommer huvudsakligen från Norge, och jag gör därför antagandet att malmen bryts i Norge. Malmen innehåller ursprungligen i snitt ca 16% titandioxid, och för produktion av 1 kg titandioxid krävs därför ca 6,25 kg ilmenitmalm. I anslutning till brytningen mals och siktas malmen så att en mineralhalt på 50% uppnås [Minerals -61]. Det antas att denna process, såväl som utvinningsprocessen, äger rum i nära anslutning till brytningen. I beräkningarna tas av den brutna malmen endast själva titandioxiden upp som resurs. Eftersom data för ilmenitbrytning inte är tillgängliga används allmänna uppgifter om gruvbrytning från Boustead (-79), där energibehovet anges till 1,93 MJ el per ton sten för brytning och 0,07 MJ el per kg sten för malning.

Utvinning

I sulfatprocessen används svavelsyra för att utvinna titandioxid ur malmen. Processen genererar ett sulfatslam innehållande metaller från råvaran, d v s mest järn, men även mangan, bly, niob och krom [Baumann -94]. Man får också svaveloxidutsläpp till luft [Hallberg -91], men eftersom data för dessa utsläpp inte är tillgängliga utelämnas de ur analysen. Inga övriga uppgifter om slammets mängd och sammansättning är tillgängliga, men eftersom likvärdig malm används i klorid- och sulfatprocessen uppskattas att samma mängd restprodukter bildas som i kloridprocessen (se kapitel 4.3). På grund av tungmetallhalten definieras restprodukterna som MFA. Uppgifter om energibehov vid tillverkningsprocessen är inte heller tillgängliga, men då processen påminner om Bayerprocessen för aluminiumutvinning ur bauxit används som approximation data för denna process.

Tabell 5.9. Miljöbelastning för framställning av 1 kg titandioxid med sulfatprocessen (exkl. emissioner). Referenser anges i tabellen.

<u>Resursanvändning</u>		
Titandioxid	1000 g/kg	
Svavelsyra	3000 g/kg	[Baumann -94]
<u>Energianvändning</u>		
El (brytning)	12,1*10 ⁻³ MJ/kg	[Boustead -79]
El (malning)	0,44 MJ/kg	[Boustead -79]
El (utvinning)*	0,84 MJ/kg	
Olja*	8,97 MJ/kg	
<u>Avfall</u>		
MFA**	2,33 kg/kg	[Potting et al -93]

* Gäller för Bayerprocessen per kg framställd Al₂O₃.

** Gäller för kloridprocessen.

24) Transport av titandioxid

Titandioxiden kommer huvudsakligen från Norge, och körs på lastbil. Avståndet uppskattas till 450 km.

25) PVC-matta

Produktionen vid Tarketts anläggning Fornanäs i Ronneby består av skiktade produkter för offentlig miljö (vikt 2,5-3 kg/m²) och för bostäder (vikt 1,3 kg/m², tjocklek 2-2,5 mm). Produkterna för bostäder är skummade, till skillnad från produkterna för offentlig miljö. Givna data gäller för skiktade, skummade produkter. Efter samråd med tillverkare har energianvändning, avfallsmängder och emissioner fördelats jämnt på tillverkat antal m². Jag utgår sedan ifrån att specifika vikten för skummat bostadsgolv ligger på 1,3 kg/m². Resursanvändningen har fördelats efter vikt. Den procentuella materialsammansättningen antas då vara densamma för skummade och oskummade produkter. Egentligen har de skummade mattorna något högre fyllmedelshalt, men skillnaden bedöms av tillverkare vara försumbar för analysens resultat. PUR används som ytförstärkning för Tarketts PVC-mattor. (Gäller ej övriga svenska tillverkare).

Energianvändning

Förutom fossila bränslen och el används också mjukningsmedel (som avgått under tillverkningsprocessen och sedan kondenserats i reningsprocessen) som energikälla. Dessa antas i beräkningarna ha densiteten 980 kg/m³ och ett värmevärde som motsvarar det hos Eo1, vilket ger en mjukningsmedelförbränning på 0,28 MJ/m². (Värmevärdet i det mjukningsmedel som förbränns vid golv tillverkningen borträknas då produktens värmevärde i beräkningarna tas upp som en energikostnad).

Emissioner

Endast specifika processemissioner ingår i tabell 5.10. Emissioner från förbränning av fossila bränslen läggs senare till i beräkningsprogrammet. N-metylpyrrolidon (NMP) är ett lösningsmedel som används i processen. CH₄-emissionerna uppkommer vid tvättning av valsar och schabloner. Inget processvatten förekommer, och därmed inga emissioner till vatten.

Avfall

Avskurna kanter tuggas ned och går in i processen i de valsade produkterna i de fall kanterna innehåller tillräckligt mycket plast. Jag antar att allt kantspill går in i processen igen. Avfallet fördelas på antal m², eller enligt upplysningar från tillverkare.

Tabell 5.10. Anläggningsdata för miljöbelastning vid framställning av 1 m² skiktad, skummad PVC-matta (ytvikt 1,3 kg/m², baserat på [Tarkett -92]).

<u>Resursanvändning</u>	
Bärare	51 g/m ²
Pigment	32 g/m ²
Tillsatskemikalier	43 g/m ²
Lösningsmedel	5 g/m ²
PVC	709 g/m ²
Fyllmedel	81 g/m ²
Stabilisatorer	19 g/m ²
Lackkemikalier	3 g/m ²
Mjukningsmedel	354 g/m ²
PUR	4 g/m ²
<u>Energianvändning</u>	
Elektricitet	8,74 MJ/m ²
Eo1+diesel	3,2 MJ/m ²
Eo4	1,31 MJ/m ²
Mjukningsmedel	0,28 MJ/m ²
<u>Emissioner (exkl. från bränslen)</u>	
Luft:	
N-metylpyrrolidon (NMP)	1,4 g/m ²
DOP	0,22 g/m ²
CH ₄	2,77 g/m ²
<u>Avfall</u>	
Branchspecifikt avfall	131 g/m ²
Ej branchspecifikt avfall	126 g/m ²
MFA	5,2 g/m ²

26) Transport av PVC-matta

Alla transporter ut från fabriken inom Sverige sker på lastbil. Transporterna går ofta till grossister i närheten av användaren, t ex till golventreprenörer. Huvudlagret ligger i Ronneby. Vikten är den begränsande faktorn vid transporterna. Medelavståndet till användare uppskattas till 400 km (se kapitel 3.3), oavsett om varan går direkt till kunden eller via grossist.

27) Laggning

Fogmaterial

Svetstråden till mattorna består av mjukgjord PVC. Den finns i många färger och används även för att skapa mönster [Tarkett (1)]. Svetstråden behandlas inte ytterligare i studien.

Spill

Efter samråd med mattläggare och materialtillverkare uppskattas materialspillet vid läggning till 10%.

Värmevärde

PVC-mattans värmevärde uppskattas till 18,9 MJ/kg produkt. Förbränningen av mjukningsmedel vid golvframställningsprocessen är då fråndragen.

28) Användning

Miljöbelastningen från rengöring, skötsel och underhåll försummas i beräkningarna, men några rekommendationer anges här som en bakgrund för ytterligare utredning.

Golvtilverkares rekommendationer

Golvet ska inte skyddsbehandlas utan har denna egenskap inbyggd genom sitt PUR-skikt. Variationerna beträffande rengöringsfrekvens är stora, men vi utgår ifrån fukt mopning en gång per vecka med allrengöringsmedel. Använd fabrikantens doseringsanvisningar. Överdoserar ej.

Rivning

Äldre PVC-mattor kan vara armerade med asbestfibrer, och man bör därför antingen ha särskild utrustning och kompetens för utrivandet eller lägga den nya mattan ovanpå den gamla [AIA -92]. Asbest som fiberförstärkning används inte längre i Sverige, men man bör tänka på det vid hantering av gamla mattor. Det förekommer att den gamla mattan ligger kvar under den nya mattan istället för att rivas ut. Eftersom studien begränsar sig till dagens produkter ingår inte eventuella asbestfibrer i analysen. Utrivning av en PVC-matta antas inte orsaka någon miljöbelastning förutom avfall, eftersom det antas att arbetet görs manuellt.

29) Transport

Transporten uppskattas till 18 km med lastbil (se kapitel 3.3).

30) Förbränning

Mattorna antas förbrännas med energiutvinning (se kapitel 3.4).

5.4. MILJÖFARLIGA ÄMNEN

Metaller

Zink- och tennföreningar förekommer som stabilisatorer. De metallpigment som används är koppar för blått och grönt samt koppar/zink för metallic-färg. Kvicksilver och koppar används i PVC-tillverkningsprocessen, och orsakar emissioner och avfall. Vid titandioxidframställning uppkommer gruvavfall innehållande tungmetaller.

Stabila miljöfrämmande ämnen

Vid förbränning av klorhaltiga material finns risk för dioxinbildning, och den studerade PVC-anläggningen släpper varje år ut en mindre mängd dioxiner. Isocyanater används för tillverkning av PUR. Användning av klor kan dessutom ge upphov till en rad stabila miljöfrämmande ämnen. Dioktylfталat (DOP) utgör mjukmedel i PVC-mattan. Kemikalieinspektionen (KemI) ser ftalatestrarna som en homolog serie där miljöfarligheten gradvis förändras. KemI pekar på en tydligare miljöfarlighet för dibutylftalat, som finns med på listan över miljöfarliga ämnen (se Bilaga 2), än för exempelvis dietylhexylftalat (=DOP), som tills vidare ej medtagits på samma lista [KemI -89].

Hälsofarliga ämnen

VCM är cancerframkallande [AIA -92]. Ett av de största problemen i PVC-cykeln anses vara arbetsmiljön i samband med polymerisering av vinylklorid. Cancerframkallande utsläpp till luft uppstår, och klorerat MFA bildas [Hedenmark -92]. Vid VCM-framställning bildas EDC-tjära. Förorenad spillolja uppkommer som avfall vid tillverkning av PVC.

Övrigt

En mindre mängd klorgas släpps ut via klor/alkaliprocessen. Klorgas är mycket giftig för växter, djur och människor. HCl bildas vid förbränning av PVC. I förbränningsanläggningar går huvudmängden av HCl att avskilja.

5.5. RESULTAT

De råvaror som har sitt ursprung i olja är i tabell 5.11 tillbakaräknade till mängd råolja. För framställning av 1 kg raffinaderiprodukt åtgår 1,045 kg råolja [Tillman et al -91]. De fossila resurser som använts som bränsle anges enbart som energi och inte som massa, för att undvika dubbelbokföring. PVC-avfall är inräknat i det branschspecifika avfallet. Emissioner från fossila bränslen har beräknats schablonmässigt i de fall de inte givits som processdata. I tabell 5.11 presenteras sammanlagd miljöbelastning per m² PVC-matta (inkl. läggningsspill) under dess livstid. Belastningens huvudorsak anges i tabellen efter belastningsdata.

Tabell 5.11. Total miljöbelastning för 1 m² PVC-matta (1,444 kg, inkl. läggningsspill).

<u>Resursanvändning</u>		
råolja	1420 g	råvara
stensalt	378 g	råvara
titandioxid	43,3 g	råvara
glasfiber	57,8 g	råvara
fyllmedel	86,6 g	råvara
svavelsyra	130 g	titandioxidframställning
<u>Energianvändning</u>		
el	18,2 MJ	golvframställning (53%) PVC-framställning (30%)
fossila bränslen	26,5 MJ	petrokemisk industri (73%) (transporter (5%))
värmeverde	27,3 MJ	
återvunnen energi	-16 MJ	förbränning
<u>Emissioner till luft</u>		
CO ₂	4140 g	förbränning (53%)
CO	0,51 g	fossila bränslen
SO ₂	4,87 g	fossila bränslen
NO _x	8,36 g	fossila bränslen
HC*	1,94 g	fossila bränslen
eten*	0,057 g	PVC-framställning
CH ₄ *	3,08 g	golvframställning
VOC*	1,95 g	golvframställning (94%)
kvicksilver (Hg)	0,057 mg	PVC-framställning
EDC/EC/VCM	0,56 g	PVC-framställning
HCl	23,4 g	förbränning
stoft	6,79 g	fyllmedelsframställning (92%)
<u>Emissioner till vatten</u>		
olja	0,03 g	fossila bränslen
fenol	0,49 mg	fossila bränslen
COD	0,65 g	PVC-framställning (75%)
tot-N	0,02 g	fossila bränslen
kvicksilver (Hg)	0,024 mg	PVC-framställning
PVC	0,048 g	PVC-framställning
natriumformiat	0,078 g	PVC-framställning
EDC/VCM	0,65 mg	PVC-framställning
<u>Avfall</u>		
aska	801 g	förbränning
branschspecifikt avfall	197,15 g	golvframställning (74%) stensaltutvinning (24%)
MFA	121,3 g	titandioxidframställning (83%)

* Parameternamn överlappar i vissa avseenden varandra, men hålls ändå isär i tabellen beroende på i vilken form data har givits i inventeringen.

Ej branschspecifikt avfall utelämnas, eftersom dessa data inte genomgående varit tillgängliga. Av tabell 5.11 framgår att transporter har en relativt låg miljöbelastning i förhållande till de industriella processerna.

6. INVENTERING FURUGOLV

6.1. PRODUKTBESKRIVNING

När det stampade jordgolvet togs ur bruk övergick man i bostäder främst till trägolv, eftersom trä var både billigt och lättillgängligt. Trägolv är vanligt även idag, om än inte i samma utförande som förr. I Sverige används idag huvudsakligen furu, gran, ek och bok till golvträ. En rad tropiska träslag förekommer också, men då främst som ytskikt på lamellgolv. När det gäller massiva trägolv är furu eller gran vanligast. Lövträd ger i allmänhet ett hårdare trä än barrträd. Parkett görs därför av ek och övriga hårda träslag, ofta importerade. Lamellträgolv är idag den typ av trägolv som har störst marknadsandel, främst beroende på ett lägre pris, att användaren lätt kan lägga det själv och att fuktrörelserna i lamellträ är avsevärt mindre än i massivt trä. Ett massivt trägolv däremot har en lång livstid eftersom det kan slipas om ett antal gånger. Huvuddelen av dagens massiva trägolv lackas för att ge en mer lättstädad yta. Jag väljer ändå att studera ett olackat trägolv, eftersom det är så det svenska trägolvet av tradition ser ut.

Val av specifik produkt

I princip kan obehandlat virke från de flesta sågverk användas till trägolv. Några svenska försäljare av massivt trägolv är:

- Klockestrands (massivt trägolv av norrländsk furu)
- Siljan Trägolv (furu från Siljanstrakten)
- Föllinge Golv AB (norrländsk gran och furu, koniska helträdstiljor)
- Baseko

Enligt uppgift är Siljan Trägolv absolut störst på massivt furugolv i Sverige, och deras produkt får därför representera svenska furugolv. Siljan Trägolv står för det traditionella "vardagsgolvet", med avsikt att kunna användas i de flesta utrymmen. Sågverkets produktion är ca 120 000 m³ sågade varor per år. Man tillverkar årligen ca 400 000 m² golv, varav endast ca 35 000 m² säljs i Sverige. Golvvirket har vid försäljning en obehandlad yta. Större delen av försäljningen sker direkt till kunden, och endast en liten del går via byggvaruhus m m.

Det obehandlade furugolvet från Siljan Trägolv säljs i två kvaliteter. Skillnaden är rent utseendemässig, och påverkar inte analysen. Golvbrädorna är försedda med not och fjäder, även i ändarna. Golvet förekommer i följande dimensioner:

Tabell 6.1. Dimensioner hos studerat furugolv

Tjocklek (mm)	Specifik vikt (kg/m ²)
14	7
20	10
25	12

Brädor med dimensionerna 14x110 och 20x110 läggs på befintligt golv, medan dimensionerna 25x130, 25x155, 25x180 och 30x180 läggs direkt på reglar [Siljan (1)]. I beräkningarna antas en specifik vikt på 7 kg, eftersom tjockleken 14 mm enligt tillverkarna är vanligast vid läggning på befintligt golv. Ett furugolv av denna dimension antas vara jämförbart med linoleum och PVC-golv beträffande funktionen. En

nedslipning på 3 mm antas ske var 10 år (se kapitel om användning). Ett golv på 14 mm klarar då minst två slipningar, vilket ger en livslängd på ca 40 år.

I de fall data inte har varit tillgängliga från Siljans sågverk har data från annat håll använts, vilket då anges i texten.

6.2. TEKNISK BESKRIVNING

Sammansättning

Ett massivt furugolv innehåller till 100% trä. (Spikar utelämnas i inventeringen, vilket motiveras i kapitel 2.4).

Fuktkvot

Trä skiljer sig från övriga studerade material genom att vikten varierar kraftigt beroende på träs fuktkvot, som definieras på följande sätt:

$$\text{fuktkvot} = \frac{\text{förångningsbara vattnets vikt}}{\text{materialets torra vikt}}$$

Inventeringsdata fås ibland per vikt och ibland per volym. Då data lämnas per viktsenhet är det viktigt att även fuktkvoten anges. I beräkningarna antas - om inte annat anges - TS-halt (torrsubstans) för trä ligga på 455 kg/m³. Skrymdensiteten för nyfälld furu är 750-800 kg/m³ [LTH -90]. Densiteter och fuktkvoter antas enligt tabell 6.2. Den studerade produkten torkas visserligen till en fuktkvot på 8%, men eftersom data från detta sågverk inte är tillgängliga används energiförbrukningsdata från Erlandsson (-93) med en nedtorkning till 12%. Det bör påpekas att torkning från 12 till 8% kräver betydligt mer energi per procentenhet än motsvarande för fuktigare virke (då använd energimängd endast motsvarar förångning av vatten), men inga data för denna energianvändning har kunnat hittas. (Efter läggning kan golvets fuktkvot förväntas sjunka till 6-10%, men detta påverkar inte inventeringsdata).

Tabell 6.2. Densitet och fuktkvot hos furu (ungefärliga siffror)

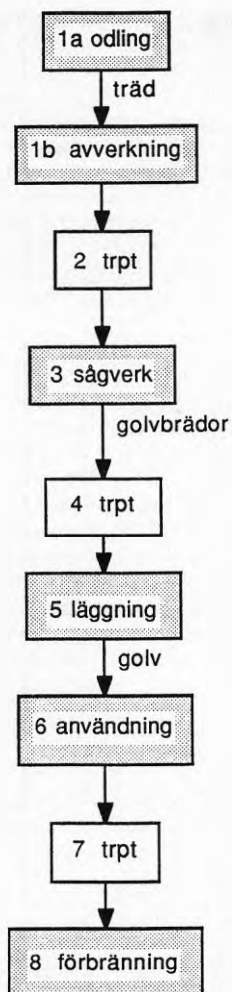
tillstånd	densitet (kg/m ³)	fuktkvot (%)
nyfällt	775	70
från sågverket	510	12

Utifrån ovanstående tabell motsvarar 1 kg torkat virke ca 1,52 kg nyfällt virke.

Tillverkningsprocess

Trä, som är enda råvaran i trägolvet, utgör en förnybar resurs. En produktionscykel för skogsbruket innebär att skogen ska planteras, växa, röjas, gallras, avverkas, markberedas och återplanteras. Efter avverkning transporteras träden till sågverk, där barkning, uppsågning i önskade dimensioner och torkning sker. Därefter är golvet färdigt för transport till kund och läggning.

Figur 6.1. Flödesschema för furugolv



6.3. LIVSCYKEL

1) Trä (odling, avverkning)

Odling

Det växande trädet orsakar miljöbelastning främst i form av markanvändning, användning av bekämpningsmedel och användning av konstgödning. Odlingens markbehov sätts till 0,30 ha,år/m³fub (kubikmeter fast volym, mätt under barken) [Stora (1), Skogsstyrelsen -92]. Gödning används för att höja tillväxten före slutavverkning. 1987 gödslades 0,5% av Sveriges totala skogsareal [Skogsstatistisk årsbok -89]. Sedan dess har skogsgödslingen sjunkit betydligt, och fortsätter att sjunka kontinuerligt. Den dominerande mängden som fälls idag har inte gödslats. Kemisk bekämpning är fr o m 1987 tillåten så gott som enbart i form av "fickning", då bekämpningsmedlet i tablettform förs in i trädet via spikpistol. Detta är så kostsamt att högst någon promille av träden behandlas. Under de senaste 10 åren har i stort sett inga bekämpningskemikalier använts [Näslund]. Användning av bekämpningsmedel och skogsgödning används i så liten omfattning att dess miljöbelastning bedöms vara försumbar. Växande skog tar upp CO₂. Detta upptag utelämnas ur belastningsprofilen, eftersom motsvarande mängd CO₂ avges igen då träet förbränns eller bryts ned.

Avverkning

Den mätbara miljöbelastningen vid skogsavverkning består främst av bränsleförbrukning hos använda maskiner. Avverkningens effekter på djur- och växtliv, dess påverkan på grundvattenmagasin och liknande är viktig, men lämnas utanför denna analys eftersom den är omdiskuterad och svår att kvantifiera. Träet kommer från trakterna omkring Siljan, och är vid avverkning ca 150 år. Skogen avverkas med processmaskin, och körs sedan fram till väg av skotare [Siljan (1)]. Ungefär 25 % av avverkad biomassa utgörs av toppar, grenar och klena stammar [Energifakta]. Denna massa lämnas ofta på hygget, men kan även användas som bränsle. Massan antas bli kvarlämnad på växtplatsen, och ger alltså varken ger upphov till transporter eller förbränningsutsläpp. Nedan angiven energiförbrukning avser plantering, avverkning och skotning, anges i m³fub (kubikmeter fast volym, mätt under barken) och är hämtade från [Stora (1)]. Uppgifterna gäller inte hela landet, men kan jämföras med en uppskattning för Sverige på 57,4 MJ/m³fub dieselolja enligt [Erlandsson -93/Myrman -93].

Tabell 6.3. Mark- och energianvändning vid plantering, avverkning och skotning (baserat på [Stora (1)], fuktivt 70%)

<u>Markanvändning</u>		
Skogsarea		3,9 m ² ,år/kg
<u>Energianvändning</u>		
El	0,36MJ/m ³ fub =>	0,00046 MJ/kg
Diesel	45 MJ/m ³ fub =>	0,058 MJ/kg
Eol	51 MJ/m ³ fub =>	0,066 MJ/kg

Terpener fungerar som fotooxidanter. När ett barrträd skadas avges terpenener för att skydda såret mot angrepp. Vid avverkning höjs terpenhalten i omgivande luft upp till 1000 gånger [Strömvall -92]. Terpenutsläppens storlek diskuteras i steg 3.

2) Transport av trä

Timret körs till såg av lastbil, och medelavstånd från skog till sågverk är ca 80 km. Medelavstånd från skog till sågverk bedöms av Myrman (-93) vara ca 80 km för svenskt skogsbruk, vilket visar att aktuellt avstånd är rimligt. Träet antas ha samma skrymdensitet vid transport som vid fällning.

3) Sågverk

Virket barkas, sönderdelas av bandsåg, och sorteras efter kvalitet i justerverk. Sedan följer nedtorkning till en fuktkvot på max 8% i artificiella torkar. Virket hyvlas därefter till golvbrädor. Ingen ytterligare behandling av virket sker före försäljning. Processen styrs mot att få ut så mycket virke som möjligt, men stora mängder restprodukter uppstår ändå. Data för aktuellt sågverk är inte tillgängliga, och andra källor har därför använts. Produktsammansättningen i ett genomsnittligt svenskt sågverk beskrivs i tabell 6.4.

Tabell 6.4. Procentuell produktsammansättning för svenska sågverk 1990 (baserat på [Erlandsson -93] och [Andersson et al -91])

virke	bark	sågspån	kutterspån
53	5	7	35

De produkter som inte är virke kan betraktas både som huvudprodukt, som spill och som bränsle. Den dominerande behandlingsmetoden av bark är idag förbränning med energiuttag. Allt övrigt sågspill används också vidare, antingen som bränsle eller i spånskiveindustrin. Även om biprodukterna har en marknad (d v s inte blir avfall), har ingen av dem något större ekonomiskt värde. Jag väljer att fördela miljöbelastningen före och efter sågverk jämnt på alla produkter (inklusive biprodukter), medan huvudprodukten - det sågade virket - ensam får bära själva sågverkets miljöbelastning. Biprodukter använda som bränsle i sågverket tas upp i form av energianvändning och förbränningsemissioner. Emission av terpener fördelas jämnt på alla produkter.

Torkningen står för övervägande delen av sågverkets energiförbrukning. I genomsnitt avgår 300 kg vatten per m³ virke vid torkningsprocessen [Sandqvist et al -85], vilket stöder tidigare antagande att virket har i stort sett samma fuktkvot (och därmed skrymdensitet) vid fällning som vid transport och ankomst till sågverket. Sågverkets genomsnittliga energiförbrukning anges i tabell 6.5. (Energiförbrukningen för Siljans produkter lär bli något större eftersom detta virke torkas ytterligare, men skillnaden i förbrukning försummas eftersom data inte är tillgängliga).

Tabell 6.5. Genomsnittlig energianvändning i svenska sågverk per kg sågat torkat virke (12% fuktkvot, fördelat på samtliga produkter) [Erlandsson -93], [Flinkman -89]

	el	biobränslen	enhet
Sågverk totalt	0,6	2,54	MJ/kg
varav torkning	0,22	2,12	MJ/kg

Om 53 vikts-% av produkterna består av virke och sågverkets hela energianvändning får belasta producerat virke blir elförbrukningen istället 1,13 MJ/kg (577 MJ/m³) och

användningen av biobränslen 4,79 MJ/kg (2444 MJ/m³), vilket har antagits i belastningsprofilen. Ved, spån och flis antas ha samma densitet (510 kg/m³) och fukthalt.

Emissioner

Emissioner från bränslen tas inte upp i tabell 6.6, men tillkommer i beräkningarna enligt emissionsfaktorer i tabell 3.2. Processutsläpp i form av terpenavgivning från sågspån och frilagda träytor uppskattas av CIT (-90) till 0,05 g/kg sågat virke (TS), motsvarande 22,75 g/m³ eller 0,045 g/kg (fuktkvot 12%). Av ett femtiotal kända extraktivaämnen i trä är det endast de mest lågmolekylära terpenerna (monoterpenerna) som är flyktiga. Halten monoterpener i färsk tallved är ca 0,5% [Trätek -90], dvs ca 2,5 kg/m³, vilket motsvarar 5 g/kg trä (fuktkvot 12%). I denna inventering har terpenutsläppen uppskattats till 0,45 g/kg (fuktkvot 12%) vilket innebär att ca 10% av träets terpeninnehåll avdunstar under dess livscykel från och med avverkningsstillfället. I beräkningarna bokförs detta utsläpp förenklat i sågverksledet. Övriga biprodukter belastas med sina egna terpenutsläpp, eftersom detta inte är en processemission. Terpenutsläppets storlek är väldigt grovt uppskattad, men inga mer exakta data finns framtagna i Sverige. Problemet borde studeras närmare.

Avfall

Uppgifter för genomsnittliga avfallsmängder saknas. Mängden aska från förbränning av biobränslen som anges i tabell 6.6 grundar sig på [Tillman et al -91], där det anges att förbränning av 1 kg trä (fuktkvot 12%) alstrar ca 20 g aska. En verkningsgrad på 90% och ett värmevärde på 17 MJ/kg biobränsle antas. Jag gör antagandet att inget processavfall förutom förbränningsaska uppstår.

I tabell 6.6 sammanställs sågverkens miljöbelastning för svenskt sågat torkat virke. Trä betraktas i Sverige som en förnybar vara som det inte råder brist på, men trä tas ändå upp som en resursförbrukning nedan. CO₂-utsläpp från biobränslen utelämnas, eftersom motsvarande mängd tagits upp vid framställning av biobränslet.

Tabell 6.6. Anläggningsdata för miljöbelastning för sågat torkat virke (hela miljöbelastningen lagd på producerat virke, referenser anges i texten ovan, fuktkvot 12%). 1 m² golv motsvarar 7 kg.

Parameter	värde	enhet	värde	enhet
<u>Resursanvändning</u>				
trä	1	m ³ /m ³	1	kg/kg
<u>Energianvändning</u>				
el	577	MJ/m ³	1,13	MJ/kg
biobränslen	2444	MJ/m ³	4,79	MJ/kg
<u>Emissioner (exkl. från bränslen)</u>				
terpener	227,5	g/m ³	0,45	g/kg
<u>Avfall</u>				
aska	3195	g/m ³	6,26	g/kg

Data i tabell 6.6 kan jämföras med motsvarande data i tabell 6.7 för Gruvöns sågverk [Stora (1)]. Emissioner från bränsleförbrukningen ingår inte i tabellen. I beräkningarna används dock data ur tabell 6.6, eftersom dessa motsvarar ett svenskt genomsnittligt sågverk.

Tabell 6.7. Anläggningsdata för miljöbelastning per kg sågat torkat virke, Gruvön 1991 (baserat på [Stora (1)], exkl. emissioner från bränslen, hela miljöbelastningen lagd på producerat virke). 1 m² golv motsvarar 7 kg.

<u>Resursanvändning</u>	
trä (fuktkvot 12%)	1000 g/kg
<u>Energianvändning</u>	
el	0,33 MJ/kg
Eo1	0,25 MJ/kg
Eo5	0,35 MJ/kg
biobränsle (egen flis och bark)	2,88 MJ/kg
<u>Avfall</u>	
branschspecifikt avfall (bark och fibrer)	
	0,15 g/kg
aska och slagg	0,74 g/kg

4) Transport av furugolv

Transport till användaren sker i lastbil (linjebilar), som tar 30 ton [Siljan (1)]. Avståndet uppskattas till 400 km (se kapitel 3.3). Eftersom trä ju är en lokal råvara kan detta avstånd ifrågasättas. I de fall golvbrädor köps från lokalt sågverk blir avståndet betydligt kortare, men inga data finns tillgängliga på detta.

5) Lägning

Golvet anländer obehandlat, och monteras genom spikning eller limning. Spikning är vanligast. Golvbrädorna är spontade i förväg. I obruten förpackning har golvet en fuktkvot på 8%. När ett trägolv läggs på betonggolv bör det läggas flytande och i mindre rum, eftersom träet rör sig vid ändrade fukthalter. Tröskelhöjden bestämmer då vilken tjocklek som väljs. 14 mm är vanligast, men om tjockare är möjligt rekommenderar tillverkaren detta eftersom man då kan slipa om golvet fler gånger.

Limning

Limmets miljöbelastning utelämnas i analysen (se kapitel 2.4). Vid limning åtgår ca 1 l trälim per 10 m² golv. Limning bedöms av tillverkaren vara mer sällsynt än spikning. Vid spikning kan brädornas kortändar limmas för tätare skarvar.

Spikning

Spikens miljöbelastning utelämnas i analysen (se kapitel 2.4). Till 14 mm-golvet rekommenderas 2,0*50 mm galvaniserad trådspik. Ca 12 st galvaniserad spik går åt per m² [Siljan (1)].

Avfall

Läggningsspill för furugolv bedöms av golvläggare vara 5-6%. Vid beräkningarna antas en specifik vikt på 7 kg/m², eftersom tjockleken 14 mm enligt tillverkarna är vanligast vid läggning på befintligt golv. Ett läggningsspill på 6 vikts-% läggs sedan till i beräkningen av använt material. Läggningsspill antas slutbehandlas på samma sätt som det utrivna golvet, vilket enligt diskussion med flera golvläggare är rimligt.

Värmevärde

Trä har ett energivärde, och utgör alltså en resurs både som bränsle och som råmaterial. Träet i ett trägol skulle alternativt kunna användas som bränsle. Värmevärde för trä sätts till 17 MJ/kg golv (fuktkvot 12%) [Tillman et al -91].

6) Användning

Miljöbelastningen från rengöring, skötsel och underhåll utelämnas ur analysen (se kapitel 2.4), men hanteringen beskrivs ändå nedan som en bakgrund. Ett rätt skött furugolv fordrar både mer rengöring/behandlingsmedel och fler arbetstimmar än linoleum och PVC-matta.

Golvtillverkarens rekommendationer

Golvet lutas vid inläggning (någon gång till om golvet utsätts för mycket slitage). Lutet stoppar träets naturliga gulningsprocess och bevarar det ljus. Före lutning skall golvet vara rent, torrt och eventuellt slipat. Efter lutning oljas golvet 1-2 ggr. 2-3 timmar efter lutning vaskas golvet med en fet såpblandning (1 kg såpa till 10 l kallt vatten). Detta upprepas 2-3 gånger tills golvet är mättat med såpa. I fortsättningen oljas det in en gång varje eller vartannat år, och rengörs däremellan med såpa. I fortsättningen skuras golvet med såpa bara när det är nödvändigt, däremellan rekommenderas dammsugning. Vid skador slipas träet ned [Siljan (1,4)].

Lutning

Det lut som rekommenderas av golvtillverkaren är ett vattenbaserat kalklut med följande sammansättning: 77% vatten, 1,1% Borax, Dammarharts 2%, vegetabiliskt vax 2%, cellulosa 1%, titandioxid 9%, krita 6%, kalk 0,9%. En liter anges räcka till 6-8 m², beroende på träets sugförmåga, vilket leder till att 0,14 l lut per m² åtgår. Densiteten antas till 1 kg/l, och materialåtgången per m² blir då bl a 13 g titandioxid och 9 g krita.

Oljning

1/8 l olja går åt per m², och grundbehandling består av två inoljningar. Detta sker i början av golvet liv, sedan oljar man inte på många år (minst 10) [GBR (1)].

Slipning

Efter samtal med branschfolk görs uppskattningen att ett bostadsfurugolv slipas i genomsnitt var 10:e år beroende på slitage och utseendekrav, och varje gång tas ca 3 mm. Sliprester antas behandlas på samma sätt som ett förbrukat golv, d v s som byggavfall som förbränns. Det antas förenklat, med avseende på avfallsbehandlingen, att hela materialmängden rivs ut på en gång. Enligt golvslipare är detta ett rimligt antagande.

Rivning

Rivningsprocessen i sig antas inte ge upphov till någon mätbar miljöpåverkan förutom avfallet, eftersom arbetet antas ske manuellt.

7) Transport

Rivningsavfallet transporteras till förbränningsanläggning. Transporten uppskattas till 18 km med lastbil (se kapitel 3.3).

8) Förbränning

Som slutbehandling antas förbränning med energiutvinning. Idag sorteras det mesta träet ut ur bygg- och rivningsavfall, antingen på byggplatsen eller på tippen. Det flisas med mobil flismaskin och förbränns sedan, troligen oftare på avfallsvärmeverk än på värmeverk. Båda alternativen är någorlunda vanliga, men det råder ibland brist på värmeverk som vill ha flisen. Avfallsvärmeverken har all erforderlig reningsteknik, och

är säkrare att använda om man tror att träet är förorenat [RVF (1)]. I beräkningarna antas att ett förbrukat trägolv eldas på avfallsförbränningsverk. Miljöbelastningsdata för förbränningen anges i kapitel 3.4. Energivinsten antas utgöra 90% av produktens värmevärde.

6.4. MILJÖFARLIGA ÄMNEN

Terpener avges från träet under dess livstid. Inga miljöfarliga ämnen som ingår i 40-listan (se Bilaga 2) har noterats i inventeringen av trägolvet livscykel.

6.5. RESULTAT

I tabell 6.8 presenteras den sammanlagda miljöbelastningen för 1 m² furugolv under dess livscykel (inkl. läggningsspill). Huvudorsaken till varje belastningsslag anges också i tabellen.

Tabell 6.8. Total miljöbelastning för 1 m² furugolv (7,4 kg, inkl. läggningsspill)

<u>Resursanvändning</u>		
trä	7,4 kg	råvara
skogsarea	43,9 m ² , år	träodling
<u>Energianvändning</u>		
el	8,37 MJ	sågverk
fossila bränslen	5,39 MJ	transporter (74%) avverkning m m (26%)
förnybara bränslen	35,4 MJ	sågverk
värmevärde	126 MJ	
återvunnen energi	-113 MJ	förbränning
<u>Emissioner till luft</u>		
CO ₂	424 g	transporter (74%)
CO	36,8 mg	sågverk (96%)
SO ₂	1,89 g	sågverk (56%) transporter (24%)
NO _x	31,6 g	förbränning (64%)
HC	0,98 g	transporter (85%)
terpener	3,33 g	trä (100%)
stoff	1,24 g	transporter (48%) sågverk (36%)
<u>Emissioner till vatten</u>		
olja	2,15 mg	transporter (74%)
fenol	0,03 mg	transporter (74%)
COD	6,3 mg	transporter (74%)
tot-N	1,03 mg	transporter (74%)
<u>Avfall</u>		
aska	198 g	förbränning (75%) sågverk (25%)

Liksom då det gällde linoleum tas resursen trä här upp både som massa och som areal, vilket på sätt och vis är en dubbelbokföring men har en funktion i den kommande utvärderingen. Emissionerna till vatten är orsakade av användning av fossila bränslen, där transporterna har huvudansvaret. Energianvändningen kan jämföras med framställning av träprodukter från "vagga till grind" enligt Franklin (-91). Denna anges till ca 14,9 MJ/kg trä, vilket här skulle motsvara 110,3 MJ/f.e. Det är osäkert vad som inkluderas i denna siffra.

7. JÄMFÖRELSE AV MILJÖBELASTNING

Som redan tidigare diskuterats är ett av de svåraste problemen i kvantitativt LCA-arbete hur man ska värdera miljöbelastning. Tre principiella jämförelser är möjliga:

- 1) Intern jämförelse för ett produktalternativ parameter för parameter av var i livscykeln miljöbelastningen har sin tyngdpunkt.
- 2) Jämförelse av olika alternativ parameter för parameter. Inventeringsresultatet används utan att man rangordnat olika parametrar sinsemellan.
- 3) Jämförelse av olika parametrars miljökonsekvenser. Värderingsmodeller som EPS m fl utgör här förslag till viktning, grundade på olika utgångspunkter för vilka typer av miljöbelastning som främst bör uppmärksammas. De index som blir resultat av viktningen används så för att jämföra olika alternativ med varandra.

En intern jämförelse enligt punkt 1 har redan gjorts i inventeringskapitlen. I detta kapitel värderas golvmaterialen enligt punkt 2. Miljöbelastningen jämförs kategorivis för de tre undersökta materialen. Data divideras för respektive material med den uppskattade livslängden och gäller därför per år. De parametrar som både har ett resurs- och energivärde (t ex trä och fossila bränslen) tas här upp enbart i den form de angivits i inventeringen.

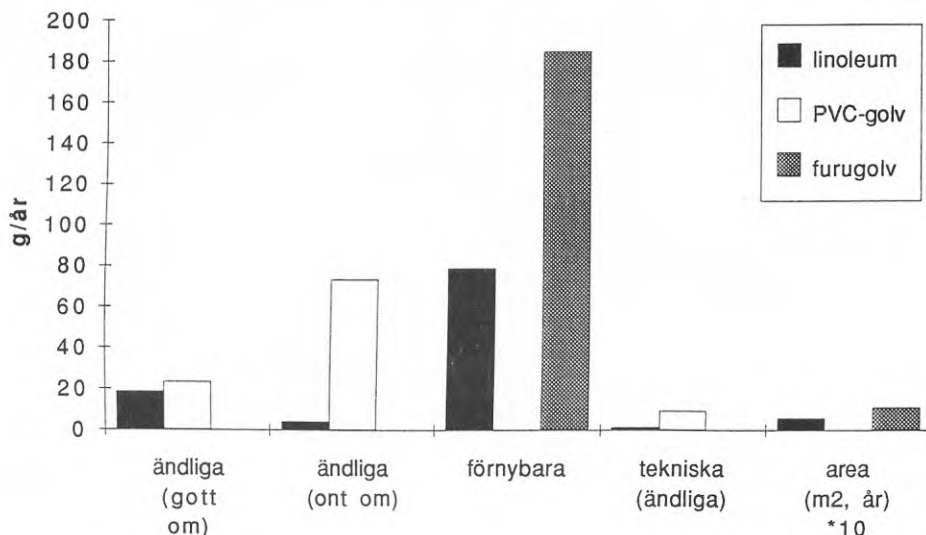
7.1. RESURSANVÄNDNING

I figur 7.1 delas resursanvändningen per funktionell enhet upp i följande kategorier:

- Ändliga naturresurser (gott om): kalksten, stensalt
- Ändliga naturresurser (ont om): titandioxid, råolja
- Förnybara naturresurser: harts, trä, kork, jutefiber, linolja
- Tekniska resurser: akrylat, K-och P-gödning, glasfiber, svavelsyra
- Arealanvändning: skogs- och åkeryta

Vilken kategori en resurs hamnat i beror på i vilken form den har redovisats, och i de fall det varit möjligt har resursen räknats tillbaka till uttag ur natursystemet. En resurs kallas här för teknisk resurs då resursanvändningen inte kunnat följas hela vägen tillbaka till natursystemet. De tekniska resurserna är alla ändliga i detta fall.

Figur 7.1. Resursanvändning per funktionell enhet

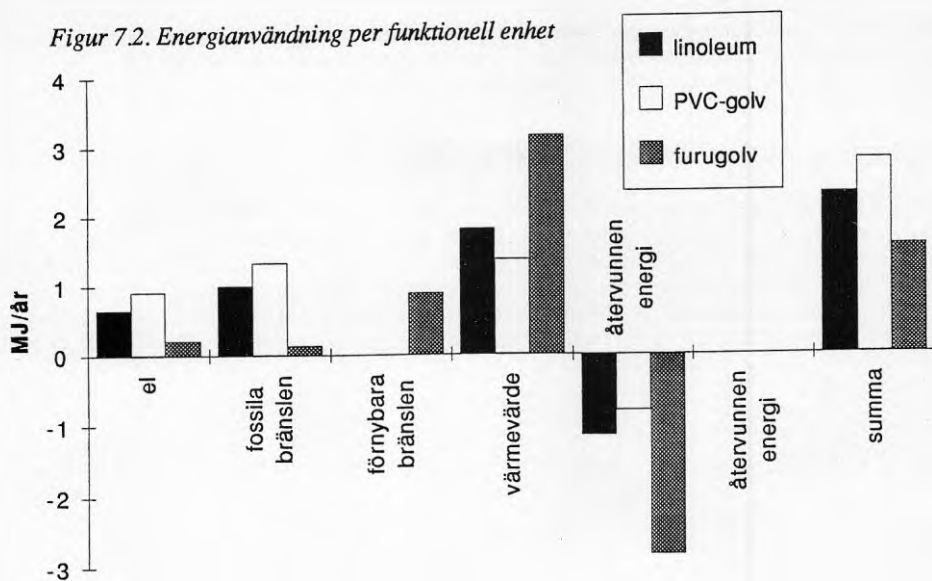


Figuren visar att PVC-mattan förbrukar mest av begränsade naturresurser, medan trägolvet förbrukar överlägset mest förnybara resurser. Det är mer angeläget att hushålla med ej förnybara resurser (särskilt de som finns i begränsad mängd) än förnybara. Framställning av förnybara resurser kräver oftast odlingsbar yta, vilket gör att framställning av PVC-matta tar in anspråk mindre yta än de golv som framställs av förnybara resurser.

7.2. ENERGIANVÄNDNING

En betydande del av dagens miljöeffekter hänger samman med energiframställning och -användning. I figuren har energianvändningen delats upp i fem kategorier och sedan summerats. Staplarna för återvunnen energi och värmevärde motsvarar varandra så när som på en verkningsgrad på den återvunna energin, eftersom man vid förbränningen får tillbaka det värmevärde som tidigare bokförts som ett energiuttag. Då staplarna summeras per material framkommer att linoleum använder ungefär 2,3 MJ/m² och år, medan motsvarande siffror för PVC- och trägolv är 2,8 respektive 1,6 MJ/m² och år. Variationen mellan materialen i energianvändningens sammanlagda storlek är alltså mindre än inom varje energislag. Trægolvet uppvisar lägst energibehov, under förutsättning att golvmaterialen förbränns med energiåtervinning.

Figur 7.2. *Energianvändning per funktionell enhet*

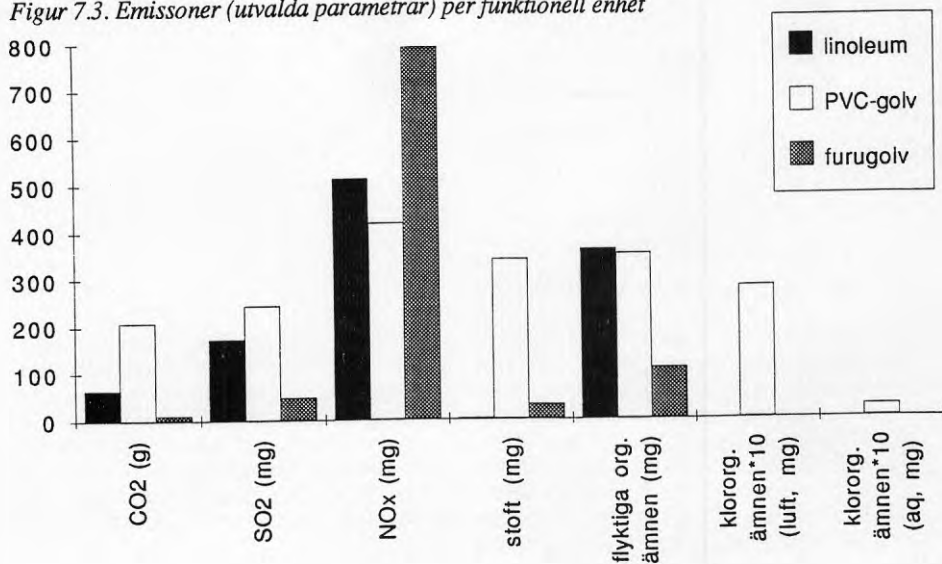


7.3. EMISSIONER

I figuren har några av de vanligast uppmätta emissionerna tagits upp. Under beteckningarna flyktiga organiska ämnen och klororganiska ämnen har flera parametrar slagits ihop:

- flyktiga organiska ämnen (luft): HC, lösningsmedel, terpen, eten, CH₄, VOC
- klororganiska ämnen (luft): EDC/EC/VCM
- klororganiska ämnen (vatten): PVC, EDC/VCM

Figur 7.3. *Emissioner (utvalda parametrar) per funktionell enhet*

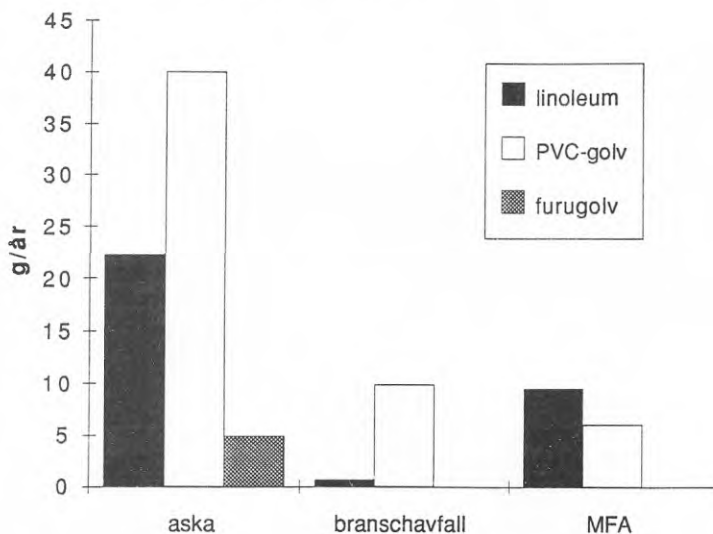


PVC-mattan har högst emissioner för fem av de sju parametrarna, men skillnaden mellan de olika golvmaterialen är inte tillräckligt tydlig för någon definitiv rangordning. Trägolvet har genomgående relativt låga emissioner förutom för NO_x .

7.4. AVFALL

Avfallet har delats upp i tre parametrar. Av figuren framgår att trä i samtliga fall ger upphov till minst avfall per m^2 och år, medan PVC-mattan orsakar mest aska och branschspecifikt avfall. Linoleum ger upphov till mest miljöfarligt avfall (MFA), vilket är den av de tre parametrarna som har absolut störst miljökonsekvenser. I Bilaga 1 anges vad som i Sverige definieras som MFA. Nästan hela mängden MFA för både linoleum och PVC utgörs av slagg från pigmentframställningen. Inga säkra slutsatser kan dras ur figuren beträffande vilket av materialen linoleum och PVC-matta som ligger bäst till ur miljösynpunkt.

Figur 7.4. Avfall per funktionell enhet



7.5. MILJÖFARLIGA ÄMNEN

Både nationella och internationella beslut finns för vilka kemiska produkter som betraktas som miljöfarliga, och man har även på olika håll upprättat listor över vilka produkter som bör avvecklas. Listor över sådana ämnen kan användas som ett komplement till kvantitativa bedömningar av miljöbelastningen. Utsläppen av dessa miljögifter är inte alltid möjliga att kvantifiera, men antalet ämnen i en produkts livscykel som förekommer på en sådan lista kan räknas och jämföras för olika produkter. I denna analys har Kemikalieinspektionens s k 40-lista [KemI -89] använts som underlag. Listan, som beskrivs närmare i Bilaga 2, utgör en exempelsamling över ämnen som utifrån ett vetenskapligt underlag bedöms vara miljöfarliga.

Få av listans ämnen har via inventeringsunderlaget noterats förekomma i någon av golvmaterialens livscyklar. En stor del av listan består av klorhaltiga ämnen, som ju riskerar att uppträda i störst grad i PVC-mattans livscykel eftersom klor utgör en av råvarorna. Enligt det antal ämnen som har noterats har också PVC-mattan klart högst miljöbelastning; sex av listans ämnen förekommer i PVC-mattans livscykel jämfört med inga alls för både linoleum och furugolv. Ur denna miljöaspekt kan alltså PVC-mattan betraktas som det sämsta valet.

Tabell 7.1. Exempellista över miljöfarliga ämnen och ämnesgrupper.

Exempellista över miljöfarliga ämnen och ämnesgrupper				
		linoleum	PVC-golv	furugolv
1)	Arsenik och dess föreningar			
2)	Atrazin			
3)	Benzo(a)pyren			
4)	Benzidin			
5)	Bly och dess föreningar			
6)	DDT			
7)	Dibutylftalat			
8)	1,4-Diklorbensen			
9)	Dieldrin och andra "driner" (aldrin, endrin)			
10)	Diklordifluormetan			
11)	Fluorid			
12)	Hexaklorbensen			
13)	Hexaklorbutadien		X	
14)	Hexaklorcyklopentadien			
15)	Kadmium och dess föreningar			
16)	4-Kloranilin			
17)	Klorerade paraffiner		X	
18)	Koltetraklorid		X	
19)	Koppar och dess föreningar		X	
20)	Krom och dess föreningar			
21)	Kvicksilver och dess föreningar		X	
22)	Lindan			
23)	4-Nonylfenol			
24)	Nonylfenoletoxylater			
25)	Oktaklorstyren			
26)	Pentaklorfenol			
27)	Polyklorerade bifenyler			
28)	Polyklorerade terfenyler			
29)	Silver och dess föreningar			
30)	2,3,7,8-Tetraklordibensodioxin och andra PCDD och PCDF		X	
31)	Tetrakloreten			
32)	Tiram			
33)	Toxafen			
34)	Tributyltennoxid			
35)	Trifenylfosfat			
36)	1,2,4-Triklorbensen			
37)	1,1,1-Trikloreten			
38)	2,4,5-Triklorfenoxyättiksyra			
39)	Triklorfluormetan			
40)	Xantater (etyl-, isopropyl-, isobutyl-, amyl-)			
	Summa (antal ämnen)	0	6	0

7.6. RESULTAT

Att döma av inventeringsresultatet har furugolvet för ett stort antal parametrar - men inte alla - en lägre miljöbelastning än de övriga materialen. Enligt exempellistan för miljöfarliga ämnen är PVC-mattan det minst miljöanpassade materialet, men vid en jämförelse kategorivis av parametrarna går det inte att dra några säkra slutsatser beträffande om linoleum eller PVC-mattan är att föredra ur miljösynpunkt. Det finns alltså anledning att gå vidare med en värdering av belastningsprofilernas miljöeffekter, för att se om detta kan förenkla en tolkning av resultatet.

8. EFFEKTVÄRDERING

När en jämförelse av inventeringsresultaten inte ger tillräckligt tydligt svar på den fråga analysen vill besvara kan man göra en effektvärdering. Effektvärderingen innebär att de studerade golvmaterialens miljöbelastning omsätts i miljöeffekter, som vikts samman med någon värderingsmall.

En effektvärdering kan inte helt baseras på naturvetenskapliga (objektiva) metoder, men kan grundas på principer hämtade från samhällsvetenskaperna. Underliggande databildning kan då grundas på individers subjektiva val, vilka får ett kollektivt uttryck i bl a politiska beslut, prissättning och etablerad praxis. Den kollektiva viljan kan även utvärderas direkt genom intervjuer, opinionsmätningar eller dylikt. Värderingsmetoder som bygger på en mätning av den kollektiva viljan kan sägas vara objektiva, även om underliggande data är subjektiva.

Enligt SETAC (-93) delas effektvärderingen principiellt upp i stegen klassificering, kategorisering och värdering (se kapitel 1.3). I de tre kvantitativa värderingsmodeller som presenteras i detta kapitel är effektvärderingens tre steg inbakade i modellerna.

8.1. EPS-METODEN

EPS-metoden (Environment Priority Strategies in Product Design) är utvecklad av IVL och Industriförbundet, ursprungligen på initiativ från Volvo. Syftet är att modellen ska kunna användas av konstruktörer för att välja det mest miljöanpassade materialet eller produktionsmetoden. Metoden baseras på en värdering av inverkan på fem skyddsobjekt:

- biologisk mångfald
- människors hälsa
- produktion
- estetiska värden
- naturresurser.

Resultatet blir ett index, ett s k ELU-värde (Environmental Load Unit), som ger en bedömning av den samlade inverkan av en viss parameter på dessa fem skyddsobjekt. Ett lågt ELU-värde innebär en låg miljöbelastning. Grunden för värderingen är den betalningsvillighet som idag finns inom OECD-länderna för att återställa något av de fem skyddsobjekten till ett referenstillstånd. Metoden finns närmare beskriven i [EPS -92]. Beräkningsbakgrunden till hur enskilda index är framtagna har ännu inte offentliggjorts. Index presenteras i Bilaga 3.

EPS-metoden tar upp bränsleförbrukning i antal kg istället för i antal MJ. Den fossila energiförbrukningen har därför räknats om i kg bränsle, och till detta tal har adderats övriga fossila resurser använda som råvaror. För omräkning av användningen av fossila bränslen har använts densiteten 0,0234 kg/MJ (motsvarar diesel). Alla fossila bränslen bokförs sammanslaget, och delas inte upp på olje- och kolförbrukning. Titandioxid räknas om i titan, och stökiometriskt motsvarar då 1 g titandioxid ca 0,6 g titan.

Några ämnen (främst metaller) som förekommer som emissioner saknar ELU-värde som emission men har ett ELU-värde som resurs. För att dessa emissioner ska ingå i beräkningen bokförs de då som resurs. Detta är rimligt, eftersom ett ämne som emitteras ju dessförinnan måste ha tagits ut som resurs i någon form.

Vid tillämpning av EPS-metodens ELU-värden utfaller trägolvet som det bästa valet ur miljösynpunkt, medan PVC-mattan ger upphov till störst miljöeffekter. Skillnaden mellan materialen förstärks om hänsyn tas till skillnader i materialens livslängd (se ”summa/år” i tabellen). PVC-mattans höga poäng beror främst på materialets förbrukning av fossila resurser och emissioner av CO₂. Även för linoleum och furugolvet är det dessa två parametrar som väger tyngst.

Tabell 8.1. Jämförande miljöbedömning av linoleum, PVC-matta och furugolv enligt EPS-metoden (avrundade värden).

EPS-METODEN							
		linoleum		PVC-golv		furugolv	
Parameter	ELU (/kg)	kg/f.e.	ELU/f.e.	kg/f.e.	ELU/f.e.	kg/f.e.	ELU/f.e.
Resursförbrukning							
fossila bränslen	0,4	0,588	0,235	2,04	0,816	0,126	0,0504
olja (fossil)	0,4						
kol	0,1						
silver, Ag	21900						
aluminium, Al	0,089						
guld, Au	875000						
kobolt, Co	76,1						
krom, Cr	8,75						
koppar, Cu	30,2			3,23E-05	0,000975		
järn, Fe	0,0875						
mangan, Mn	0,972						
molybden, Mo	1460						
nickel, Ni	24,3						
bly, Pb	175						
platina, Pt	350000						
rhodium, Rh	1750000						
tenn, Sn	1170000						
titan, Ti	0,398	0,061	0,0243	0,026	0,0103		
vanadin, V	11,7						
zink, Zn	21,3						
Emissioner till luft och vatten							
CFC 11	303						
metan, CH ₄	0,978			0,00308	0,00301		
kolmonoxid, CO	0,269	0,00106	0,00029	0,00051	0,000137	3,68E-05	9,88E-06
koldioxid, CO ₂	0,0889	1,6	0,142	4,14	0,368	0,424	0,0377
eten, C ₂ H ₄	0,982			0,000057	0,000056		
NO _x /NO ₂	0,217	0,0128	0,00277	0,00836	0,00181	0,0361	0,00782
N ₂ O	7,02						
PAH	488						
SO _x /SO ₂	0,0992	0,0043	0,00043	0,00487	0,000483	0,00189	0,000188
stoff	0,00752	0,0345	0,00026	0,00679	5,11E-05	0,00124	9,33E-06
BOD	0,002						
COD	0,0016	6,96E-06	1,1E-08	0,000651	1,04E-06	6,3E-06	1,01E-08
N-tot	0,08	1,14E-06	9,1E-08	0,00002	1,6E-06	1,03E-06	8,24E-08
P-tot	0,2						
Summa			0,41		1,2		0,096
Summa/år			0,016		0,06		0,0024

8.2. EFFEKTKATEGORIMETODEN

Metoden är baserad på en metodik som utvecklats av CML vid universitetet i Leiden tillsammans med holländska miljömyndigheten, RIVM. Inventeringsdata räknas om till bidrag till olika kända miljöproblem, kallade effektkategorier. I den ursprungliga metoden viktades effektkategorierna inbördes med hjälp av en expertgrupp. I den svenska anpassningen av modellen, gjord på Chalmers [CTH et al -93] har istället de olika effektkategorierna viktats mot varandra utifrån svenska miljöpolitiska mål för 1995. Metoden är under utveckling. Index, anpassade efter svenska förhållanden, redovisas i Bilaga 4. Dessa har använts i beräkningarna.

Tabell 8.2. Jämförande miljöbedömning av linoleum, PVC-matta och furugolv enligt effektkategorimetoden, anpassad efter svenska förhållanden (avrundade värden).

EFFEKTKATEGORIMETODEN							
Parameter	Index(/g, MJ)	linoleum		PVC-golv		furugolv	
		g, MJ/f.e.	index	g, MJ/f.e.	index	g, MJ/f.e.	index
<u>Emissioner (per gram)</u>							
CO2	0,011	1600	17,6	4140	45,5	424	4,66
CH4	0,233		0	3,08	0,718		0
N2O	3,22						0
SO2	2,42	4,3	10,4	4,87	11,8	1,89	4,58
NOx	3,95	12,8	50,5	8,36	33	31,6	125
HC	3,14	5,87	18,4	1,94	6,09	4,31	13,5
CO	0,333	1,06	0,353	0,51	0,17	0,0368	0,0123
HCl	2,12			23,4	49,7		
CFC 11	4920						
HCFC 22	262						
CH2Cl2	21,1						
BHT	102						
fenol	98,4	3,4E-05	0,00335	0,00049	0,0482	0,00003	0,00295
bly, Pb	374						
nickel, Ni	965						
koppar, Cu	3150			0,0323	102		
krom, Cr	472						
<u>Ospecificerade emissioner</u>							
stoff	0,036	34,5	1,24	6,79	0,244	1,24	0,0446
tot-N	7,18	0,00114	0,00818	0,0199	0,143	0,00103	0,00739
tot-P	71,8						
BOD	0,4						
COD	0,4	0,00696	0,00278	0,65	0,26	0,0063	0,00252
TOC	1,2						
Susp, SÅ10, SÅ/GF	0,036						
olja	2,56	0,00238	0,00609	0,03	0,0768	0,00215	0,0055
aska	0,036	555	20	801	28,8	198	7,13
avfall	0,036	17,2	0,619	197	7,1		
MFA	2,02	238	481	121	245		
<u>Energiresurser (MJ)</u>							
el	2,45	16,3	39,9	18,2	44,5	8,37	20,5
fossil olja	1,34	25	33,5	87,2	117	5,39	7,22
kol	0,161						
naturgas	0,804						
<u>Övriga resurser (per area)</u>							
skogsarea (m2,år)	4,06	4,52	18,3			43,9	178
vägyta (cm2,år)	0,186						
Summa			690		690		360
Summa/år			28		35		9,01

Eftersom inga index givits per vikt för resursanvändning har jag adderat energiinnehållet i de fossila råvaror som ingår i själva produkten med fossil bränsleanvändning. De fossila bränslena bokförs i tabell 8.2 förenklat som fossil olja, eftersom en sammanslagning av fossila bränslen tidigare gjorts i inventeringsresultatet.

Enligt effektkategorimetoden i sin anpassning till svenska förhållanden bedöms linoleum och PVC-mattan som exakt lika skadliga ur miljösynpunkt. Furugolvet faller bäst ut, med ungefär halva poängsumman av de två andra materialens. Då belastningen fördelas över livslängden får PVC-mattan högre belastning än linoleum. Trägolvet får lägst belastning oavsett om hänsyn tas till livstidens längd eller inte, men de tre materialen hamnar i båda fall så nära varandra att inga tydliga slutsatser kan dras ur resultatet.

Mängden miljöfarligt avfall (MFA) blir helt avgörande för linoleums poängsumma. Energianvändningen väger tungt särskilt för PVC-mattan. För furugolvet ger NO_x -utsläpp och areaanvändning upphov till nästan hela poängen. Liksom EPS-metoden värderar effektkategorimetoden CO_2 -utsläpp högt, men detta ger främst utslag för PVC-mattan som ju förbrukar mest fossila resurser. Metoden tar upp skogs- och vägarea, men utelämnar jordbruksarea. Förutom för freoner saknar metoden index för dioxiner och besläktade klororganiska föreningar.

8.3. EKOLOGISK KNAPPHEIT

Den schweiziska miljömyndigheten, BUWAL, har utvecklat en metod enligt principen om ekologisk knapphet [BUWAL -90]. Metoden har senare anpassats till svenska förhållanden [CTH et al -93], och det är denna version som använts i tabell 8.3. Ekologisk knapphet definieras som förhållandet mellan total miljöbelastning och kritisk belastning inom ett geografiskt avgränsat område. I den schweiziska versionen beräknas den kritiska belastningen i första hand utifrån ekologiska förhållanden, "vad naturen tål". Där sådana data saknas används istället politiska mål. I den svenska versionen används i första hand svenska miljöpolitiska mål som ett mått på den kritiska belastningen. Miljöpoäng/index för den svenska versionen redovisas i Bilaga 5.

Aska har medräknats i avfallsposten. Energi återvunnen vid avfallsförbränning dras ifrån övrig energiförbrukning.

Tabell 8.3. Jämförande miljöbedömning av linoleum, PVC-matta och furugolv enligt ekoknapphetsmetoden, anpassad efter svenska förhållanden (avrundade värden).

EKOKNAPPHETSMETODEN							
Parameter	Index(/g)	linoleum		PVC-golv		furugolv	
		g/f.e.	index	g/f.e.	index	g/f.e.	index
Emission							
NOx (NO2)	6,31	12,8	80,8	8,36	52,8	31,6	199
SOx (SO2)	4,89	4,3	21	4,87	23,8	1,89	9,24
COx (CO2)	0,0248	1600	39,7	4140	103	424	10,5
HC (utom CH4)	9,75	5,8	56,6	1,94	18,9	4,31	42
HCl	6,31			23,4			
CFC	4500						
CO2	3,83	0,00696	0,0267	0,651	2,49	0,0063	0,0241
fosfor (P)	694						
klorid (Cl-)	0,0262						
nitrat (N)	52,9						
ammonium (N)	52,9						
tot-N	52,9	0,00114	0,0603	0,0199	1,05	0,00103	0,0545
sulfat (SO42-)	0,0766						
bly, Pb	8670						
kadmium, Cd	781000						
kvicksilver, Hg	1700000			0,000081	138		
krom, Cr	21800						
koppar, Cu	5920			0,0323	191		
nickel, Ni	44300						
vanadium, V	26400						
zink, Zn	1390						
avfall	0,167	572	95,6	998	167	198	33
MFA	33,4	238	7950	121	4050		
energi (/MJ)	1		57,7	56	56	62,2	62,2
Summa			8300		4800		360
Summa/år			330		240		8,9

Ekoknapphetsmetoden ger linoleum högre poäng än de andra golvmaterialen, och alltså störst miljökonsekvenser. Då hänsyn tas till livstidens längd blir skillnaden i poäng mellan linoleum och PVC-matta mindre tydlig. Både linoleum och PVC-mattan får en avsevärt högre miljöbelastning än trägolvet, oavsett om hänsyn tas till livslängd eller inte.

Liksom effektkategorimetoden lägger ekoknapphetsmetoden stor vikt vid producerad mängd MFA - så gott som hela poängsumman för både linoleum och PVC-mattan kommer från denna parameter. Index för MFA har i den svenska anpassningen baserats på förhållandet mellan den mängd MFA som SAKAB (Svensk Avfallskonvertering AB) tar emot (satt som total miljöbelastning) och den mängd MFA som SAKAB egentligen har kapacitet att behandla (satt som kritisk belastning). Att MFA då får ett relativt högt index är ett utslag av att SAKAB årligen tar emot betydligt mer avfall än man har kapacitet att behandla [SCB -90]. För furugolvet är NO_x-utsläpp den parameter som orsakar flest poäng.

8.4. RESULTAT

När det gäller användning av utvärderingsmetoderna grundade på miljöindex har dessa metoder gemensamt i denna analys att några få parameter varit avgörande för hur golvmaterialen placerat sig i jämförelsen. Både förbrukning av ej förnybara resurser, CO₂-utsläpp (vilka till stor del är kopplade till användningen av fossila bränslen) och mängden MFA väger tungt i värderingen. Många av de parametrar som inventerats har i metoderna inte tilldelats något index, och dessa parametrar påverkar därför inte resultatet då värderingsmetoderna tillämpats. Värderingsmetoderna skulle alltså bli mer användbara om index för så många miljörelaterade parametrar som möjligt utvecklades. Detta arbete pågår för flera av metoderna. I tabell 8.4 sammanställs det anpassade resultatet av de tre effektvärderingsmetoderna.

Tabell 8.4. Jämförande miljöbedömning av linoleum, PVC-matta och furugolv enligt tre värderingsmetoder (avrundade värden).

EPS-metoden (ELU)	linoleum	PVC-golv	furugo'v
Summa	4,2	12,5	1
Summa/år	6,7	25	1
Effektkategorimetoden (index)			
Summa	1,9	1,9	1
Summa/år	3,1	3,8	1
Ekknapphetsmetoden (index)			
Summa	23,3	13,5	1
Summa/år	37,3	27	1

Samtliga metoder utpekar furugolvet som det mest miljöanpassade, medan rangordningen mellan linoleum och PVC-mattan varierar. En följande variationsanalys (kapitel 9), där bl a olika förändringar av givna omständigheter undersöks, ger ett mått på hur tillförlitlig bedömningen är.

9. VARIATIONSANALYS

I detta kapitel analyseras vilken effekt tänkbara förändringar i produkternas livscykel har på inventerings- och utvärderingsresultatet, och på rangordningen produkterna emellan. Inventeringsresultatet används också för grova bedömningar av liknande produkter och omständigheter. Variationsanalysen fungerar som en värdering av tidigare antaganden och avgränsningar. Kapitlet innehåller dessutom insamlad information som utelämnats ur inventeringskapitlen, men som kan utgöra en grund för fortsatt arbete.

9.1. DAGENS AVFALLSHANTERING

I beräkningarna har hittills antagits att alla golvmaterialen förbränns efter användning, även om dagens förhållanden bättre motsvaras av antagandet att linoleum och PVC-mattor istället deponeras medan furugolv förbränns. Hur påverkas inventeringsresultatet om det anpassas efter dagens avfallshantering?

För linoleum är inga data tillgängliga över miljöbelastningen vid deponering, och linoleumtillverkaren känner inte heller till några sådana studier. Även deponering av PVC-mattor är ett bristfälligt studerat område, och det finns idag inga data för PVC-mattors miljöbelastning vid deponering som är användbara i LCA-sammanhang. Studier har gjorts avseende urlakning av tillsatsämnen från PVC-plast, men dessa har varit inriktade på förhållanden relevanta för bearbetning av PVC, d v s relativt hög temperatur och låg syrehalt. Vid temperaturer under 70-80°C, vilket i allmänhet är den högsta temperatur som förekommer i en hushållsavfallsdeponi, har man inte kunnat konstatera någon nedbrytning av styv PVC (d v s PVC utan tillsats av mjukningsmedel). Studier av nedbrytning i avfallsdeponier pågår på Högskolan i Luleå, där PVC är en av de studerade parametrarna [CIT -92]. Eftersom en byggavfalldeponi skiljer sig betydligt från hushållsavfallsdeponier i sin sammansättning är det inte relevant att för deponering av byggavfall använda resultat från studier av hushållsavfall.

Miljöbelastningen vid deponering av de studerade golvmaterialen bedöms vara för dåligt dokumenterad för att utgöra dataunderlag i en LCA. Då linoleum och PVC-mattor deponeras, jämfört med om de förbränns, ökar avfallsmängder och energiförbrukning (ingen energiåtervinning), samtidigt som förbränningsemissioner till luft faller bort. Avfallsmängdens storlek är den parameter som är lättast att fastställa. Uppskattningar av deponeringens övriga belastning (främst emissioner till luft och vatten) är idag alltför osäkra. Deponeringens miljöbelastning är troligen fördelad över en längre tidsperiod än förbränningens belastning.

Ytterligare en tänkbar källa till miljöbelastning vid deponering är okontrollerade bränder, särskilt beträffande emissioner till luft. Dessa är idag mer sällsynta än förr eftersom dagens deponier i allmänhet är bemannade, men det är svårt att förutsäga brandrisker för den mer avlägsna framtiden.

9.2. ÅTERVINNING OCH ÅTERANVÄNDNING

I kapitel 2.3 gjordes antagandet att ingen återvinning och återanvändning av de studerade materialen förekommer idag, men inom byggbranschen diskuteras för närvarande materialåtervinning och -återanvändning flitigt. Länder som Tyskland, Holland och Danmark har redan kommit långt när det gäller att utveckla dessa tillämpningar, ofta som reaktion på höjda taxor för behandling av osorterat byggavfall. I Kretsloppspropositionen anges att producentansvar för hanteringen av byggavfall är att vänta. Det är rimligt att anta att utvecklingen i Sverige kommer att gå i samma riktning, och därför diskuteras i detta avsnitt förutsättningarna för återvinning och återanvändning av de studerade

golvmaterialen, och hur detta skulle påverka studiens resultat. Med återvinning avses ren materialåtervinning (t ex i nedmald form), medan återanvändning innebär att produkten behåller sin form och struktur som golvmaterial.

Ett generellt problem vid återvinning av linoleum och PVC-matta (som båda innehåller ett flertal råvaror) är att dessa produkters sammansättning varierar beroende på när och var de är tillverkade. Detta innebär att uttjänta produkter som samlas in inte är enhetliga, och kvaliteten på den nya produkten blir då svår att garantera. Dessutom har lagstiftningens krav på produkter tillverkade för ett antal år sedan i vissa fall förändrats.

Linoleum

Idag förekommer ingen materialåtervinning av linoleum efter användning. Enligt Forbo-Krommenie (1) är återvinning av linoleum inget tekniskt problem så länge materialet är tillräckligt rent, och det går att ha nästan obegränsad mängd returmaterial i en ny matta. Återvinning anges främst vara ett logistiskt problem, eftersom omfattande transporter blir nödvändiga. Frågan kan ställas om en linoleummatta har samma egenskaper efter användning som före. Linoleumcementet har efter linoljans oxidation delvis förlorat sin mjukhet, och detta borde ha inverkan på återvinningsmöjligheterna. Ingen information är tillgänglig i denna fråga.

På anläggningen i Krommenie förekommer idag ingen återvinning av använda mattor, och ingen forskning pågår om möjligheter för återvinning. Enligt Potting (1) kommer inom två år holländsk lagstiftning att förändras, och producenterna blir då tvungna att ta tillbaka använda produkter.

Organiserad återanvändning av linoleum förekommer inte. Lösläggning skulle underlätta återanvändning, och samtidigt göra limmet onödigt. Eftersom lim inte ingått i inventeringen ger detta ingen synlig effekt på nuvarande inventeringsresultat. Det har tidigare konstaterats att främsta skälet till att man byter sin linoleummatta är att den är utsliten, och därför bedömer jag inte återanvändning av dagens produkter trolig i större skala. Arbetet blir också svårhanterligt genom att linoleum stelnar med tiden. Någon golvläggare anger dock att det är möjligt att slipa linoleum, även om det inte görs idag. För slipning krävs kraftigare ursprungsdimension än dagens.

PVC-mattor

Svenska PVC-mattor återvinns inte idag, men en pilotanläggning för återvinning av PVC-mattor drivs i Tyskland. Målsättningen för denna anläggning är att det återvunna materialet ska användas i golvmattor igen, d v s den nya produkten ska vara kvalitativt likvärdig med den gamla. Anläggningen drivs av råvarutillverkare, golvtillverkare m fl, däribland Tarkett. Av den mängd PVC-mattor som rivs ut i Tyskland samlades 5% in 1993. Mattor till den tyska pilotanläggningen samlas främst in från Tyskland, men kommer även från Österrike och Schweiz. Mattorna mals ned; det går åt över 3,6 MJ/kg för nermalning. Endast en återvinningsanläggning finns idag, och man planerar ingen ytterligare eftersom denna fortfarande har kapacitet kvar. Ett problem är att returpulvret varierar i färg och innehåll, och det sk "recyklatet" används därför endast i underskiktet på skiktade mattor (upp till 80% av underskiktet). Totalt kan man utan vidare ha upp till 50% recyklat i mattan i förhållande till hela vikten, men vid högre halt blir produkterna alltför grå. De tillverkare som står bakom återvinningsanläggningen har förbundit sig att ta emot och använda det återvunna materialet, men i Sverige sker detta ej idag. Mattor innehållande återvunnet material märks i reklamen, och ett högre pris går att ta ut [AgPR - 93].

Val av bärarmaterial kan styra förutsättningarna för materialåtervinning. Kartong som baksida (vilket är vanligt i amerikanska PVC-golv) försvårar återvinning, likaså bärare av

mineralfiber och polyester. Glasfiberbärare däremot utgör inget problem vid återvinning, då glasfibrerna krossas och fungerar som fyllmedel. Gamla PVC-mattor kan innehålla asbest, vilket försvårar återvinning. Dessutom riskerar en ny produkt innehållande återvunnet material att inte uppfylla kraven i dagens miljölagstiftning, eftersom t ex bly och kadmium tidigare använts som tillsatser i PVC-mattor.

Organiserad återanvändning av PVC-mattor förekommer inte idag. Lösläggning skulle öka möjligheten till återanvändning, och också leda till att lim inte behöver användas. Möjligheten att renovera en sliten PVC-matta bedöms vara liten, efter diskussion med tillverkare och golvläggare.

Furugolv

Tillverkaren av furugolvet anger att produkten går att återanvända som golv efter rivning, men det kan skadas vid uttagandet p g a spikning o dyl [Siljan (1)]. Enligt en större rivningsfirma återanvänds trägolv om det är i större volymer, d v s golvet säljs vidare efter rivning. Återanvändningen underlättas av att den ursprungliga dimensionen är så kraftig att golvet kan slipas flera gånger. Inga data finns tillgängliga över i vilken grad återanvändning av furugolv förekommer idag. Om golvet inte återanvänds som golv är ändå materialåtervinning möjlig genom att flisa ned materialet för t ex tillverkning av spånskivor.

Diskussion

I denna analys bedöms dataunderlaget för miljöbelastningen från återvinning och återanvändning vara för klen för en kvantitativ bedömning av dess konsekvenser. En miljömässig fördel med återvinning och återanvändning är att man sparar på råvaruresurser. Detta är mest motiverat då det handlar om ej förnybara, knappa resurser (t ex fossila bränslen). Då råvarornas ursprung är fjärran beläget kan återvinning och -användning också spara in bränsle för transporter, under förutsättning att insamlingssystemet inte kräver för långa transporter. Vid materialåtervinning finns en risk med att blanda produkter med olika sammansättning, särskilt om de innehåller miljöfarliga ämnen. Visserligen kan produkten då användas ett varv till, men den därefter följande avfallshanteringen riskerar att kompliceras i motsvarande grad.

Det är för både linoleum och PVC-mattor svårt att flytta ett använt golv till en annan plats. Furugolv är - bl a eftersom det består av mindre "byggstenar" - lättare att återanvända på annat ställe än det ursprungliga. Dess livslängd avgörs till stor del av ursprunglig dimension, som bör klara ett antal slipningar. Både återvinning och återanvändning av de tre golvmaterialen bör planeras av tillverkaren från början både beträffande produktens materialsammansättning och utformning. Kunden kan också minska golvets miljöbelastning genom att välja sitt golvmaterial med omsorg och sedan underhålla det väl. Miljöbelastningen kan för alla de studerade produkterna minskas per år genom att livstiden ökas, under förutsättning att underhållets miljöbelastning inte ökar med produktens ålder. Både linoleum och PVC-mattan har ett skyddande ytskikt, och då detta är utslitet kan golvet fordra både större mängd rengöringsmedel per städning och tätare städningstillfällen än ett nytt golv för att upprätthålla samma effekt. Då golvet uppnått en viss ålder är det kanske ur miljösynpunkt bättre att byta ut produkten. För att analysera denna fråga behövs ytterligare data om miljöpåverkan från rengöring och underhåll.

9.3. RÅVAROR

Även om råvarorna i de undersökta golvmaterialen generellt inte kan bytas ut mot någon helt annan slags råvara påverkar både framställningsprocessens miljöbelastning och råvaruleverantörens geografiska placering den slutliga produktens miljöbelastning. För

flera av ingående råvaror finns flera råvaruleverantörer på marknaden, och då en av dem ska prioriteras kan miljöhänsyn utgöra en av grunderna för valet. I den följande texten diskuteras bl a alternativ till de råvaror som studerats i inventeringen.

Svensk linoljeframställning

I dag finns i Holland ett överskott på åkermark, och holländska bönder har börjat odla lin. Det är troligt att den europeiska linoljeframställningen kommer att öka på sikt. Europeiska länder där linodling förekommer är Frankrike, Tyskland, England och Holland. Det är svårt att säga var Forbo-Krommenie kommer att köpa sin linolja i framtiden. Valet styrs av priset och kvaliteten hos produkten [Forbo-Krommenie (1)]. Svensk linolja skulle kunna vara ett alternativ, och dess miljöbelastning beskrivs därför.

Svensk linodling är koncentrerad till Örebro län men förekommer även på andra ställen. Oljelin och spånadslin skiljer sig åt, men tillhör samma släkte. Oljelinet har förädlats till att ge stor fröskörd på ett ganska kort strå, medan spånadslin har ett långt och slankt strå som inte grenar sig. Fröskörden blir avsevärt mindre för spånadslin. För gödning rekommenderas 60-70 kg kväve per ha, och lämpligt gödningsmedel är NPK 16-6-17 [Larsson]. Energiförbrukning vid framställning av gödning (inkl. transport) anges till 47 MJ/kg N [Tillman et al (1)], 32 MJ/kg P och 10 MJ/kg K [Tillman et al (2)]. En normal skörd är ca 1500 kg frö per ha, och markanvändningen blir då 6,67 m²/kg. Under gynnsamma förhållanden kan skörden uppgå till 3000 kg frö/ha. Odlingsmetoder och maskinpark är konventionella med en energiförbrukning på 80-100 l dieselolja per ha (motsvarande 2,15 MJ/kg linfrö). Linhalmen hackas idag och plöjs ner i åkern. En skruvpress gör 3-20 l olja per timme, och drar minst 2 kW. Inga utsläpp sker till luft eller vatten. Ungefär 25% av frömängden blir olja, och resterande 75% blir linfrökaka och säljs som foder. Oljan innehåller inga tillsatser [Larsson].

Tabell 9.1 sammanfattar resurs- och energianvändning för svensk linoljeframställning. Liksom i tabell 4.2 betraktas linolja och linfrökaka förenklat som likvärdiga produkter. Gödningsframställningens energianvändning antas bestå av olja. Skruvpressen antas vara eldriven, linoljans densitet uppskattas i beräkningarna till 800 kg/m³ och pressen antas framställa 10 l/h.

Tabell 9.1. Resurs- och energianvändning vid svensk framställning av 1 kg linolja

<u>Resursanvändning</u>	
Linolja	1000 g/kg
P-gödning	16,3 g/kg
K-gödning	46,1 g/kg
Åkerarea	6,67 m ² ,år/kg

<u>Energianvändning</u>	
El	4,4 MJ/kg
Diesel	2,15 MJ/kg
Olja	3,0 MJ/kg

Med givna förutsättningar har svensk framställning en betydligt högre energiförbrukning än den linolja som idag används i linoleum, och - troligen som en följd av detta - en lägre arealanvändning. Svensk odling bedrivs idag i liten skala, och data skulle troligen se annorlunda ut för storskalig odling.

Svensk trämjölsframställning

Trämjöl framställs i Sverige, och enligt holländska linoleumtillverkare är det troligt att svenskt trämjöl väl motsvarar trämjöl använt i linoleum. För närvarande finns en svensk trämjölstillverkare: Svenska trämjölsfabrikerna AB. Som råvara används sågspån, som köps in från bl a snickerier. Furu och gran är de vanligast förekommande träslagen. Råvarupriset är så lågt att transporterna blir det som kostar mest. Spånet mals i eldrivna kvarnar, som liknar dem som används för malning av säd [Trämjölsfabrikerna]. Trämjölsframställning ur snabbväxande lövträd som poppel och liknande har studerats av Åbom (-92). Framställningen sker då i följande steg: flisning, förmalning, torkning och finmalning. Enligt försök blir energiförbrukningen 0,243 (nedmalning) + 0,739 (torkning) = 0,982 kWh/kg torrt pulver (=3,54 MJ/kg). Energimängden i 1 kg torrt träpulver anges uppgå till ca 5,6 kWh = 20,2 MJ. En energiförbrukning på 3,54 MJ/kg vid malning och torkning stämmer ungefär med motsvarande uppgift i [Potting et al -93] på 3,24 MJ/kg trämjöl.

Pigment

Som pigment används i både linoleum och PVC-mattor huvudsakligen titandioxid. Enligt inventeringsresultatet står framställningen av titandioxid för en avsevärd del av produkternas sammanlagda miljöpåverkan, både genom hög produktion av MFA (miljöfarligt avfall) och en hög energianvändning. Två framställningsprocesser finns för titandioxid; sulfat- och kloridprocessen. Kloridprocessen betraktas idag allmänt som den mest miljövänliga processen, men de stora mängder MFA som processen alstrar får kraftigt genomslag i två av de kvantitativa utvärderingsmetoderna, vilka ger MFA ett högt index. För titandioxid i de studerade produkterna används kloridprocessen för linoleum och främst sulfatprocessen för PVC-mattan.

Det slam som uppstår vid titandioxidframställning definieras i Holland som ett kemiskt avfall [Potting et al -93], vilket i Sverige grovt sett motsvarar definitionen MFA. Slagg från den svenska gruvindustrin betraktas i Sverige i allmänhet inte som MFA. Eftersom det i inventeringen inte har klargjorts närmare i vilken grad avfallet från titandioxidframställningen skulle definieras som MFA i Sverige gör jag i tabell 9.2 experimentet att istället definiera detta som branschspecifikt avfall och se hur värderingsresultatet påverkas.

Tabell 9.2. Jämförande miljöbedömning av linoleum, PVC-matta och furugolv enligt tre värderingsmetoder (avrundade värden). Slagg från titandioxidframställning har definierats som branschspecifikt avfall.

EPS-metoden [ELU]	linoleum	PVC-golv	furugolv
Summa	4,2	12,5	1
Summa/år	6,7	25	1
Effektkategorimetoden (index)			
Summa	1	2,2	1,6
Summa/år	1	2,8	1
Ekknapphetsmetoden (index)			
Summa	1,1	4,1	1
Summa/år	1,8	8,1	1

Eftersom EPS-metoden inte har något ELU-värde för avfall och MFA blir dessa siffror oförändrade oavsett hur slaggen definieras. För de andra två metoderna däremot förändras rangordningen av golvmaterialen drastiskt. De tre materialen närmar sig varandra i poäng, och trägolvet blir inte lika klart det mest miljöanpassade valet.

Att titandioxid används i så hög grad som pigment beror på dess höga vithet. Det vore alltså möjligt att byta ut detta pigment mot något annat, eller att sänka pigmenthalten, om kraven på produkternas vithet sänks. Frånsett titandioxiden används också många andra pigment, om än i mindre mängd. Dessa kan delas in i organiska och oorganiska pigment. Många av de oorganiska pigmenten är sedan länge förknippade med hög miljöbelastning (innehållande bly, krom och kadmium). Idag går utvecklingen mot att använda organiska pigment, för vilka miljöbelastningen är dåligt känd [Hallberg -91]. Om pigment väljs med omsorg kan golvets miljöbelastning minskas. Tungmetallhaltiga pigment bör undvikas, bl a för att möjliggöra eventuell framtida återvinning. Pigmenten har en kosmetisk roll, och påverkar inte golvets funktion.

Svensk kalkstensmjölsframställning

Kalkstensmjöl används som fyllmedel både i linoleum och PVC-mattor. Enligt svenska PVC-golvstillverkare är det inte aktuellt att använda svenskt kalkstensmjöl som fyllmedel, eftersom importerad kalksten har en lämpligare kvalitet och sammansättning när det gäller dessa golv. Det kan ändå vara av intresse att som jämförelse ha med miljöbelastningsdata för ett svenskt kalkbrott. Dessa data är nyare än data använda av Potting et al (-93), och den svenska processen har en betydligt lägre energiförbrukning. Inventeringsresultatet påverkas inte nämnvärt om svenska data sätts in istället för data från Potting et al (-93).

Tabell 9.3. Miljöbelastning vid framställning av 1 kg kalkkross (baserat på [Cementa])

<u>Resursförbrukning</u>	
Sprängmedel	0,2 g/kg
Kalksten	1000 g/kg
<u>Energiförbrukning</u>	
El (krossning, malning)	0,017 MJ/kg
Dieselolja	0,011 MJ/kg
<u>Emissioner</u>	
Luft:	
Stoft	0,15 g/kg

9.4. STEGLJUDSDÄMPNING

I kapitel 2.4 beslöts att golvmaterialens stegljudsdämpande effekt skulle utelämnas ur inventeringen. Val av skikt påverkar golvets miljöbelastning, och den intresserade får här bakgrundsinformation för att räkna vidare. Det skummade skiktet i den studerade PVC-mattan har en inbyggd stegljudsdämpande effekt. För linoleum i bostäder används alltid någon typ av stegljudsdämpande skikt. Ett lager av skummat PVC kan då läggas till, men man kan också använda en korkmatta som underlag mot ljudstörningar. Hälften av såld volym av den studerade linoleumprodukten beläggs vid tillverkningen med ett skummat PVC-skikt på undersidan. Detta skikt består av 300 g PVC-skum per m². För den andra hälften läggs det stegljudsdämpande skiktet separat vid läggningen av golvet. Detta skikt kan då bestå av kork, PVC-skum, lumpapp eller liknande.

9.5. OFFENTLIGA GOLV

Rapporten avgränsar sig till bostadsgolv, men mycket av den insamlade informationen går att överföra på offentliga golv. I detta avsnitt görs en grov uppskattning av miljöbelastning och -konsekvenser för golvmaterial för offentliga miljöer, med hjälp av den information som tagits fram i inventeringen. Eftersom ingen inventering har gjorts av de omständigheter där privata och offentliga golv skiljer sig åt bör resultatet endast ses som en vägvisning.

Råvarorna är ofta - inte alltid - desamma för golvprodukter för privat och offentligt bruk, däremot skiljer sig den inbördes proportionella sammansättningen. För samtliga golvmaterial är produkten för offentligt bruk tjockare än den för privat bruk. Nedan anges de av offentliga golvs egenskaper och sammansättning som tagits hänsyn till i de följande beräkningarna.

Linoleum

En linoleummatta för offentligt bruk har vanligen tjockleken 2,5 mm. Produktens uppbyggnad liknar den hos bostadsgolv, och den inbördes procentuella sammansättningen antas vara densamma som för produkter för bostäder. En genomsnittsvikt på 3 kg/m² har använts i beräkningarna, vilket motsvarar 3,33 kg/m² inkl. läggningsspill.

PVC-mattor

PVC-mattor för offentlig miljö är homogena. I tabell 9.4 beskrivs, grundat på råvaruförbrukningen, den genomsnittliga homogena produkten av samma fabrikat som den studerade, skiktade produkten. Det bör påpekas att Tarkett egentligen har skilda anläggningar för homogena och skiktade produkter, så anläggningsdata kan antas skilja sig åt. Detta tas inte hänsyn till i beräkningarna.

Tabell 9.4. Genomsnittlig materialsammansättning hos homogena PVC-mattor (baserat på [Tarkett -92])

Material	Vikts-%
PVC	46,6
Fyllmedel	26
Mjukningsmedel	18,1
Tillsatskemikalier	3,4
Pigment	2,3
Folie	1,5
Stabilisatorer	1,1
Lackkemikalier	1,0

Den homogena mattan innehåller betydligt högre andel fyllmedel än den skiktade. Råvaror skiljer sig något mellan de homogena och de skiktade mattorna beträffande kvalitet och leverantör, t ex används för de homogena mattorna andra - och flera olika - fyllmedel. I denna jämförelse antas förenklat att samma råvaror används för båda produkttyperna. En genomsnittstjocklek på 2 mm och en vikt på 3 kg/m² används i beräkningarna, vilket motsvarar 3,33 kg/m² inkl. läggningsspill. Liksom för privata golv utelämnas tillsatskemikalier, stabilisatorer och lackkemikalier.

Massivt furugolv

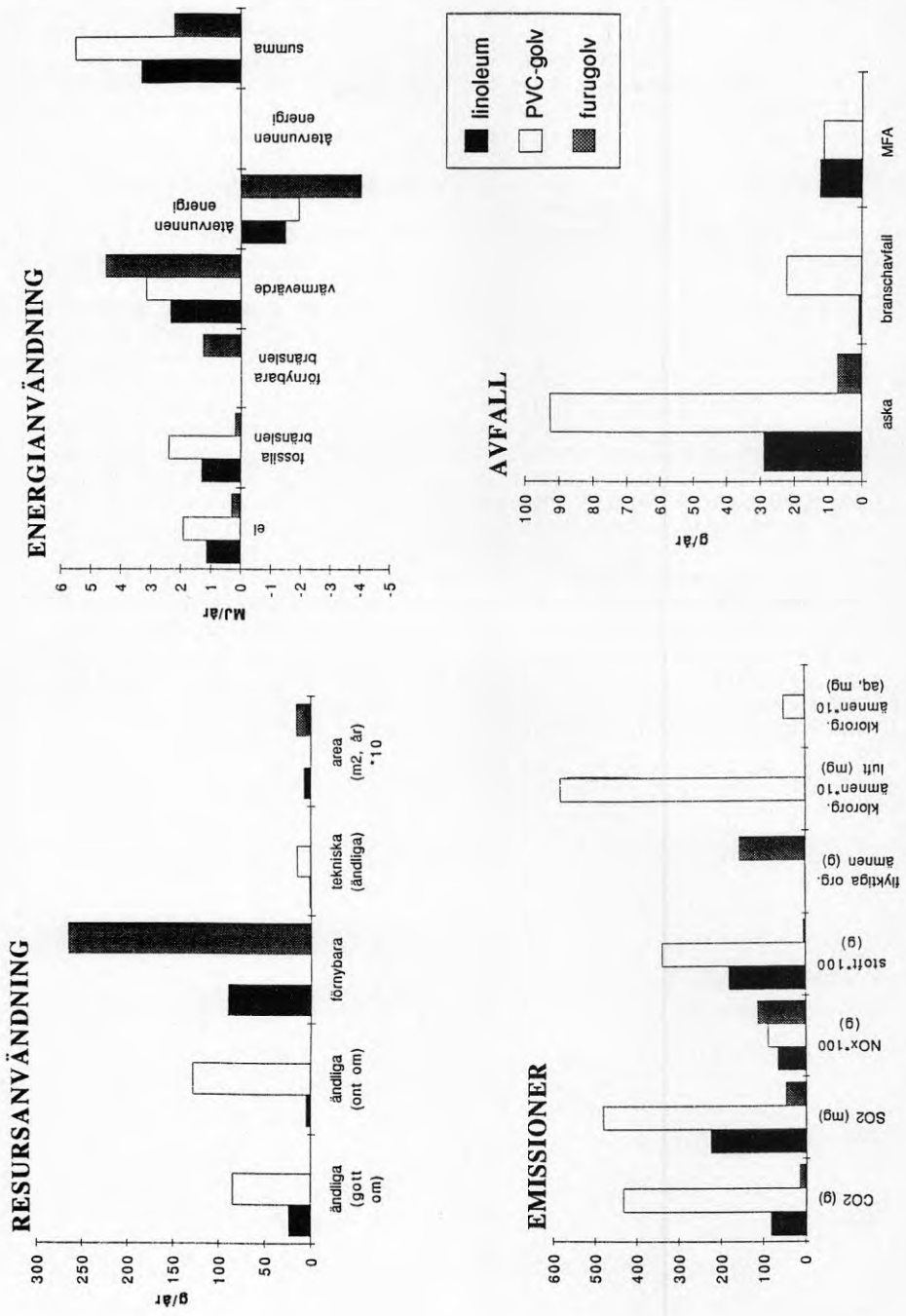
Ett massivt obehandlat furugolv används idag ytterst sällan i offentliga lokaler. För att tåla ett kraftigt slitage och inte vara alltför tidskrävande att rengöra är ett lackerat golv lämpligare än ett obehandlat. Data för lackering har inte tagits fram i analysen, och därför utelämnas lackens miljöbelastning även i bedömningen av offentliga golv. I nedanstående beräkningar har antagits en tjocklek på 20 mm och en vikt på 10 kg/m², vilket är en av standarddimensionerna för den studerade produkten. Detta motsvarar 10,6 kg/m² inkl. läggningsspill.

Resultat

Miljöbelastningen jämförs i figur 9.1 kategorivis. Samma livslängder som tidigare för golvmaterialen har antagits. Om livslängden skiljer sig åt mellan golvmaterial för offentligt och privat bruk bör ändå det relativa förhållandet mellan materialens livslängd överensstämma. Enligt figuren faller PVC-mattan sämst ut för de flesta parametrar medan furugolvet oftast visar lägst miljöbelastning. Linoleum alstrar fortfarande störst mängd MFA.

För bostadsgolven antogs att rengöringen var likartad för de olika produkterna. När det gäller offentliga golv ser situationen troligen helt annorlunda ut. Städning av offentliga lokaler görs yrkesmässigt, och det är då lättare att styra val av rengöringmetod och -medel. Tarkett rekommenderar torrstädning så långt möjligt för sina produkter, vilket innebär att användningen av rengöringsmedel blir låg. Ett furugolv i offentlig miljö fordrar betydligt mer rengöringsprodukter än både linoleum och PVC-matta. Som tidigare konstaterats är rengöringsmedlens miljöbelastning troligen avsevärd, men närmare dataunderlag saknas. En tillförlitlig miljöbedömning av offentliga golv bör därför inkludera rengöringsmedlens miljöbelastning, vilket ligger utanför denna studies rammar.

Figur 9.1. Grov uppskattning av resursanvändning, energianvändning, emissioner och avfall för golvmaterial för offentligt bruk per funktionell enhet



9.6. BÄRANDE GOLV

I det inledande kapitlet diskuterades analysens avgränsningar, och den bärande funktionen inkluderades inte i den funktionella enheten. Om de studerade produkterna ska användas på ett träbjälklag - vilket är vanligt i enfamiljshus - krävs för linoleum och PVC-mattor en bärande golvskena, medan furugolvet i sig har en bärande funktion. Om den bärande funktionen inkluderas i analysen får då golvskenans miljöbelastning läggas till för de två förstnämnda golven. För ett furugolv som läggs på träbjälklag antar jag en tjocklek på 20 mm och en vikt på 10 kg/m², vilket är en kraftigare dimension än den som användes i inventeringen. I inventeringsresultatet visade sig trägolvet i de flesta fall ha en lägre miljöbelastning än linoleum och PVC-matta. Denna rangordning kan endast kullkastas då en bärande funktion tillkommer, om golvskenan för linoleum och PVC-matta har en lägre miljöbelastning än den tillkommande trämängden för furugolvet vid en dimensionsökning från 14 till 20 mm.

Sverige har tre större försäljare av golvspånskivor, och golvskiorna för inomhusbruk på bjälklag är likvärdiga i funktion, tillverkning och sammansättning för de tre tillverkarna. För fuktbeständiga skivor däremot (för vindsbjälklag m m) ingår andra limtyper. Vanliga spånskivor består till 82 % av träspån, 10% bindemedel och 8% vatten. Golvskivor för regler och bjälklag är 22 mm tjocka och genomsnittsvikt kan sättas till 15,8 kg per m². Golvskivor skiljer sig från övriga spånskivor genom att de är starkare (ska tåla att man går på dem); de innehåller ca 12% lim mot de vanliga skiornas ca 10%. Råvarorna är desamma. Spånskivor tillverkas av träspån som torkas och efter tillsats av bindemedel pressas samman under högt tryck och hög temperatur. Spånen kommer antingen från sågverk, hyvlerier eller liknande, eller skärs direkt ur rundved [Laxspan (1), Laxspan -93].

Om man - grundat på ovanstående information - antar att golvskiorna består av ca 80 vikts-% spån motsvarar detta 12,6 kg träråvara per m² golvskena. Denna trä mängd överskrider furugolvets totala vikt. Dessutom tillkommer för golvskenan miljöbelastning för bindemedlets framställning. I tidigare genomförd värdering bedömdes furugolvet vara det golvmaterial som har minst miljöbelastning, och denna bedömning styrks alltså om den bärande funktionen läggs till den funktionella enheten.

10. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

10.1. DATAVAL

I de beskrivna livscyklerna är olika steg mer eller mindre väldokumenterade. I denna analys är för alla golvtyper datatillgången för framställningsprocesserna relativt god, medan det är ont om data både för användningsskedet och avfallsbehandlingen. Vid utvärdering av resultatet får de områden som är väl dokumenterade relativt sett en högre miljöbelastning än de sämre dokumenterade områdena. Detta problem är svårt att åtgärda i en kvantitativ livscykelanalys. Det bör framgå i redovisning av inventeringen om miljöbelastningsdata saknas för att ingen miljöbelastning förekommer eller för att området är för dåligt undersökt. Genom att kombinera den kvantitativa analysen med t ex bedömning från en expertpanel eller en kvalitativ analys av annat slag skulle denna brist kunna åtgärdas.

10.2. DEBATTEN OM PVC

Materialet PVC har debatterats flitigt i massmedia under de senaste åren. Detta beror till stor del på att den internationella miljöorganisationen Greenpeace drivit - och driver - en kampanj mot PVC. Greenpeaces kritik riktar sig mot dels att PVC tillverkas av klorgas, dels att tillsatserna som kan bestå av giftiga tungmetaller och cancerframkallande ämnen är nödvändiga för att produkten över huvudtaget ska kunna användas. Greenpeace menar att många av dagens allvarligaste miljöproblem har klor som gemensam nämnare, och tar som exempel på miljöskadliga klororganiska föreningar upp dioxiner, PCB, CFC, DDT och lindan.

Det är idag allmänt erkänt att ovan nämnda ämnen är mycket miljöfarliga och ger upphov till negativa miljöeffekter, men det finns ingen enighet om i vilken grad framställning och användning av PVC bidrar till att dessa ämnen bildas. I en LCA används främst data grundade på kvantitativa bedömningar med stor bakomliggande säkerhet, och miljökonsekvenserna av klororganiska föreningar från PVC-framställning blir då svåra att inkludera i en LCA. Ämnen som nyligen uppmärksammats som miljögifter men vars miljöeffekter ännu inte fastställts får ingen tyngd i en LCA, och bör därför bedömas kvalitativt i samband med analysresultatet.

De tre effektvärderingsmetoder som använts tar ur gruppen klororganiska föreningar endast upp freoner, medan två av tre metoder ger MFA höga miljöindex. Om man gör tankeexperimentet att definiera använt PVC som MFA skulle PVC-mattan enligt båda dessa metoder bli det överlägset miljöskadligaste valet.

Problematiken med PVC är i hög grad kopplad till, och beroende av, marknadsbilden för natriumhydroxid [Rydberg -89]. När man diskuterar begränsningar av PVC-användning får man alltså inte glömma att klorgas ändå uppstår så länge natriumhydroxid framställs ur stensalt efterfrågas som produkt. Klorgasen måste då omhändertas på något annat sätt. Det är idag dock tekniskt möjligt att framställa natriumhydroxid med klorfria metoder.

10.3. JÄMFÖRELSE MED KVALITATIVA BEDÖMNINGAR

För den som vill bygga och bo miljöanpassat genom att välja byggmaterial med låg miljöbelastning finns en hel del litteratur. De råd som ges i denna litteratur grundar sig oftast på kvalitativa analyser av materialens miljöbelastning. Produktguider har skrivits för att underlätta arkitekters arbete, men en del av litteraturen riktar sig också till den intresserade lekmannen. Hur förhåller sig resultatet av en LCA till vad som anges i sådana kvalitativa bedömningar? Jag redogör här för hur linoleum, PVC-matta och trägolv har bedömts i några fall.

”Ökologie im Bau - Entscheidungshilfen zur Beurteilung und Auswahl von Baumaterialien”

Schwarz J, Verlag Paul Haupt, Bern/Stuttgart 1991

Författaren ger underlag för miljöanpassade val av byggmaterial, och målgruppen är arkitekter, bygghantverkare och byggherrar. Golvmaterial är en av de materialgrupper som tas upp. De tre generella urvalskriterier som golvet ska uppfylla för att vara lämpligt ur miljösynpunkt är:

- Golvmaterialet framställs ur förnybara råvaror.
- Det går att använda hjälpkemikalier (lim, vax m m) som inte innehåller giftiga ämnen.
- Träet i ett trägolv ska vara inhemskt (europeiskt).

Rekommendationer görs sedan i typ A och typ B utifrån dessa kriterier, där A innebär att materialet betraktas som fritt från skadliga ämnen och typ B att få skadliga ämnen ingår. Linoleum rekommenderas som A-golv under förutsättning att syntetiska hartser och PVC inte används i produkten. PVC-matta ingår inte alls bland de rekommenderade produkterna, eftersom det inte uppfyller kriteriet om förnybarhet. Istället rekommenderar författaren linoleum, trä- eller korkgolv för de flesta av PVC-mattans tillämpningar. Vad beträffar trägolv bedöms parkett av massivt trä vara ett A-golv om inhemskt trä används. Dimensionen ska då minst vara fyra mm. Brädgolvet nämns inte alls, troligen p g a dess låga marknadsandel, eftersom ett massivt brädgolv och ett massivt parkettgolv uppfyller samma kriterier.

Enligt rekommendationerna är i allmänhet både linoleum och trägolv att föredra framför PVC-matta. Produktguiden kan inte sägas grunda sig på LCA-metodik även om resursförbrukning inkluderas, utan den största vikten läggs vid skadliga emissioner till boendemiljö och arbetsmiljö. Hjälpmedel som lim, tillsatskemikalier och rengöringsmedel ingår i rekommendationerna, och det betonas att även dessa material ska uppfylla ovan nämnda kriterier för att golvet ska vara miljöanpassat.

”Environmental by Design”

Leclair K, Rousseau D, Hartley & Marcs, Kanada 1992

Denna produktguide riktar sig till husägare, byggare och designers. En kvalitativ bedömning görs i form av en checklista med fem klasser, vardera innehållande frågor som besvaras med ifyllda eller ej ifyllda symboler (motsvarande ja och nej). Resultatet av bedömningen presenteras i tabell 10.1.

Tabell 10.1. Kvalitativ miljöbedömning av furugolv, linoleum och PVC-golv enligt produktguiden "Environmental by Design" (egen översättning).

	furugolv	linoleum	PVC-golv
<u>Produktion</u>			
a) Produkten innehåller återvunnet material	nej	nej	nej
b) Hållbart framställd eller förnyelsebar resurs	ja	ja	nej
c) Energieffektivitet och energiåteranvändning	nej	ja	ja
d) Tillverkningsprocess med låga emissioner	nej	ja	ja
<u>Emballage/transport</u>			
a) Minimerat, återvunnet och återvinningsbart emballage	nej	nej	ja
b) Minimerad transportenergi	nej	nej	nej
<u>Läggning/användning</u>			
a) Minimala hälsorisker vid läggning	ja	nej	nej
b) Låga toxiska emissioner under användning	ja	ja	ja
c) Tåligt material	ja	ja	ja
d) Underhåll utan toxiska ämnen	ja	ja	ja
<u>Resursbesparing</u>			
a) Återanvändningsbart	ja	ja	ja
b) Återvinningsbart	nej	ja	nej
<u>Övrigt</u>			
a) "Justa" affärsmetoder	nej	nej	nej
b) FoU-program finns	nej	nej	nej

Både det linoleum och det PVC-golv som tas upp i guiden är av samma fabrikat som de produkter som studeras i denna LCA. I tabellen ovan får furugolvet sex ja, linoleum åtta och PVC-golvet sju ja, vilket antyder att linoleum är mest lämpligt och trägolv minst lämpligt ur miljösynpunkt medan PVC-golvet hamnar mitt emellan. Detta resultat skiljer sig helt från resultatet av denna livscykelanalys. Men vad säger då tabellen ovan? Man kan fråga sig om värderingsmetoden är användbar för att jämföra olika slag av golv, eftersom många av parametrarna är av relativ karaktär. Den absoluta miljöbelastningen är t ex här ointressant för både processemissioner och transporter. Istället får materialet poäng om bästa tillgängliga teknik används, oavsett emissionernas storlek och transporterens längd. Guidens bedömning skulle däremot kunna tillämpas vid val mellan olika produkter av samma slag, med samma tekniska processer. Även om denna produktguide tar upp både resursförbrukning, processemissioner, transporter och avfallshantering skiljer den sig från LCA-metodik genom att lägga stor tyngd på effekter på mänsklig hälsa.

”Byggningsmaterialenes økologi”
Berge B, Universitetsforlaget, Oslo 1992

Berges bok om byggmaterial har som mål att visa på alternativa material till dem som används mest idag. I boken görs en generell miljöprofil för de viktigaste byggmaterialen i Skandinavien. I miljöprofilen behandlas både furugolv (oimpregnerat), linoleum och PVC-golv, och ett utdrag ur profilen för dessa material redovisas i tabell 10.2.

Tabell 10.2. Ytmaterialens ekologi - en oppsummering (efter Berge -92) (egen översättning).

Material	furugolv	linoleum	PVC-golv
Tjocklek	9-34 mm	2-6 mm	1-4 mm
<u>Tekniska förhållanden</u>			
Vikt (kg/m ³)	550	1200	1300
<u>Resursförhållanden</u>			
Råvarusituation	++	+	-
Primärenergibehov (kWh/ton)	15-270 ¹		24650
Energiniivå ²	M/5	M	4/5
Hållbarhet	+	0	-
Recirkulering	++	0	--
<u>Föroreningsnivå</u>			
Råvaruutvinning/produktion	+	0	--
Byggplats	++	+	0
I huset	+(+) ³	0	--
Som avfall	++	+	--
<u>Möjlighet för lokal produktion</u>			
	++	+	--
<u>Ekologisk oppsummering</u>			
	++	+	--

1) Gäller lufttorkat virke

2) M = Mekanisk energi, 4 = Högtemperatur processvärme >600°C, 5 = elektricitet

3) Furu kan avge naturlig formaldehyd under en period efter montering. Detta beror troligen på torkmetoden.

++ = mycket god, + = god, 0 = neutral, - = dålig, -- = mycket dålig

Enligt oppsummeringen är materialens rangordning tydlig, åtminstone är det lätt att välja mellan furugolv och PVC-golv. Angreppssättet liknar en kvalitativ LCA på så vis att resursförbrukning, emissioner och transporter tas upp. I boken används också en skönhållningsfaktor, som anger ytans städbarhet. De faktorer som anges varierar från två till sju, och ju lägre tal desto bättre ur miljösynpunkt. Trävirke får faktorn fem, linoleum fyra och PVC-golv två.

Resultat

De kvalitativa bedömningsmetoder som tagits upp ger olika resultat i de fall någon rangordning av materialen förekommer, eftersom de har olika grunder för bedömningen. Resursförbrukning är central i bedömningarna, och flera av modellerna prioriterar lokala material. Dessa aspekter ingår även i en kvantitativ LCA. De kvalitativa bedömningarna lägger stor vikt vid arbetsmiljö och boendemiljö, till skillnad från de flesta LCA-studier.

10.4. DATALUCKOR

Det har tidigare framkommit att efterfrågad information inte alltid är tillgänglig. Miljöbelastningen från otillräckligt dokumenterade material, processer och processteg har då antingen utelämnats eller uppskattats utifrån liknande fall. De processer vars miljöbelastning medvetet utelämnats i bedömning p g a brist på data sammanfattas nedan.

Linoleum

Miljöbelastningen av framställning av harts, jutefiber, och kork utelämnas till stor del. Rengöring, skötsel och underhåll utelämnas.

PVC-matta

Miljöbelastningen av smörjmedel, skumbildare, stabilisatorer, brandskyddsmedel, lösningsmedel, lackkemikalier och ytbehandling, rengöring, skötsel och underhåll utelämnas. Delar av DOP-framställningens miljöbelastning utelämnas. Svavelutsläpp från titandioxidframställning utelämnas. Klorets miljöeffekter utelämnas delvis.

Furugolv

Miljöbelastningen från rengöring, skötsel och underhåll utelämnas. Verklig energianvändning för torkning i sågverket är antagligen högre än den angivna siffran.

Risker vid olycksfall ingår inte i en LCA. I PVC-mattans livscykel hanteras bl a klorgas, och ett större processutsläpp av klorgas skulle få stora konsekvenser för omgivande miljö.

10.5. SLUTSATSER

Utifrån underlaget från både inventeringen och effektvärderingen dras slutsatsen att furugolvet under givna förhållanden är det ur miljösynpunkt klart lämpligaste alternativet av de tre studerade materialen. Baserat enbart på inventeringsresultatet kan inga säkra slutsatser dras beträffande om linoleum eller PVC-matta är att föredra ur miljösynpunkt. Både bedömningen av miljöfarliga ämnen i golvmaterialens livscyklar och underlaget från effektvärderingen pekar dock mot att linoleum ur miljösynpunkt är att föredra framför PVC-matta.

Inventeringsunderlaget innehåller dataluckor. Databristen bedöms vara störst för långväga råvaror för linoleum, som harts-, jute- och korkframställning. För PVC-mattan har miljöbelastningen utelämnats för ett antal tillsatser. Det är betydligt svårare att få tag i data för de processer som äger rum utanför Sverige än för processer inom Sverige.

Vid användning av effektvärderingsmetoder styrs resultatet delvis av hur en parameter definieras. Metoderna och deras klasser är idag grova, och borde utvecklas ytterligare. Index bör tas fram för fler parametrar. Det är viktigt att inventeringsresultatet redovisas i samband med effektvärderingen, så att användaren själv kan granska vad som ger utslag i värderingsmetoden. Både inventeringen och effektvärderingen bör vara "genomskinlig" så långt som möjligt, för att underlätta en bred användning av resultatet.

I en vidare kunskapsutveckling inom golvmaterials miljöpåverkan bedöms det vara av stor vikt att studera miljöbelastningen av rengöring, skötsel och underhåll under användningstiden. Denna belastning utgör troligen en viktig del av golvmaterialets totala miljöbelastning. För resultatet av denna rapport bedöms dock miljöbelastningen av rengöring, skötsel och underhåll vara av liten betydelse, eftersom belastningarna vid en jämförande studie tar ut varandra.

Golvmaterialens livslängd påverkar miljöbelastningen. Om en lång livstid är förmånlig eller inte styrs delvis av hur rengöring, skötsel och underhåll förändras med åren. Ett annat område som bedöms viktigt att studera närmare är långtida miljöeffekter av deponering av byggavfall. Dataunderlaget på detta område är idag så gott som obefintligt.

REFERENSER

- [AgPR -93] Hofmann V (personlig kommunikation)
AgPR, Troisdorf (Köln), maj 1993
- [AIA -92] "Environmental Resource Guide"
AIA (the American Institute of Architects)
Washington DC 1992
- [Andersson et al -91] "The sawing industry 1990, Part 1, Production and requirement"
Andersson et al, Rapport 224, SLU 1991
- [Baumann -94] "Bestick - rostfria eller av plast? En miljöjämförelse.
Rapportdel: plastbestick"
Baumann H, CTH, Göteborg 1994
- [Bejrurum -93] "Byggnaden och bebyggelsen i ett kretsloppsperspektiv"
Bejrurum H, Inst. för Fastighetsekonomi, KTH
Miniseminarium i Stockholm 16 sept 1993
- [Berge -92] "Byggningsmaterialenes økologi"
Berge B, Universitetsforlaget, Oslo 1992
- [BFR -81] "Golv- och vägghmaterial - metoder för borttagning"
Rapport R97:1981, Enequist R, Leidvik M
BFR (Statens Bygghforskningsråd), Stockholm 1981
- [BFR -93] "Miljökonsekvenser av ny energiteknik"
Rapport T4:1993, Tillman A-M, Svensson T
BFR (Statens Bygghforskningsråd), Stockholm 1993
- [Boustead -79] "Handbook of Industrial Analysis"
Boustead I, Hancock GF
Ellis Horwood Publishers, Chichester, England 1979
- [BUB -91] "Fußbodenbeläge - Produktanalyse und Bewertung der
Bodenbelagsmaterialien"
Bremer Umwelt Beratung e.V., Bremen 1991
- [BUWAL -90] "Methodik für Oekobilanzen auf der Basis ökologischer
Optimierung"
Ahbe S., Braunschweig A., Muller-Wenk R.
BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr 133, Bern, oktober 1990
- [Casco -92] Produktinformation
Casco AB, Stockholm 1992
- [Cementa] Edholm A (personlig kommunikation)
Cementa AB, Danderyd, december 1993
- [CIT -90] "Electrolux-PADD. Resurs- och avfallssnåla förpackningar"
Chalmers Industriteknik, Göteborg 1990
- [CIT -92] Emissioner från PVC-plast i avfallsdeponier
Förstudie 1992-09-15, Chalmers Industriteknik, Göteborg 1992

- [CML -92] "Environmental life cycle assessment of products - Backgrounds" och "Environmental life cycle assessment of products - Guide" CML, TNO, B & G, Leiden 1992
- [CTH et al -93] "Miljömässiga skillnader mellan återvinning/återanvändning och förbränning/deponering" CTH, CIT, IVL, SI. Reforsk FoU nr 79, januari 1993
- [EMPA -89] "Herstellung von Aluminium: Ökologische Bilanz-betrachtungen. Aktualisierte Daten" Fecker I, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), St. Gallen 1989
- [ENA -86] "Energi ur avfall" Statens Energiverk/Naturvårdsverket, SOU 1986:6 Allmänna Förlaget, Stockholm 1986
- [Energifakta] "Energifakta - Information från AB Svensk Energiförsörjning" AB Svensk Energiförsörjning, Stockholm 1990-93
- [EPA -92] "Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles" EPA/600/R-92/036, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati 1992
- [EPS -92] "The EPS Enviro-accounting method. An application of environmental accounting principles for evaluation and valuation of environmental impact in product design." Rapport B 1080 IVL (Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning), 1992
- [Erlandsson -93] "Three Different System Boundaries in a Life Cycle Assessment of Wood Products", Erlandsson M, KTH, Stockholm 1993
- [Flinkman -89] "Produktion och utbud av träbränslen från sågverk och skivindustrin i framtiden", Flinkman M, SLU, Uppsala 1989
- [Forbo-Forshaga (1)] Holmberg M (personlig kommunikation) Forbo-Forshaga, Göteborg, juni 1993
- [Forbo-Forshaga (2)] Johnard B (personlig kommunikation) Forbo-Forshaga, Göteborg 1993-94
- [Forbo-Forshaga (3)] "Linoleum. Rengöring, skötsel och underhåll." Informationskrift, Forbo-Forshaga, Göteborg 1993
- [Forbo-Krommenie (1)] Studiebesök på Forbo-Krommenie 930913-14
- [Forbo-Krommenie (2)] van Oosterbosch J (personlig kommunikation) Forbo-Krommenie, Holland 1993-94
- [Franklin -91] "Comparative energy evaluation of plastic products and their alternatives for the building and construction and transportation industries", Franklin Associates, Ltd. USA 1991
- [GBR -93] "Verksamheten 1992" Golvbranschens Riksorganisation (GBR), Stockholm 1993

- [GBR (1)] Duberg N (personlig kommunikation)
Golvbranschens Riksorganisation (GBR), Stockholm, nov 1993
- [Gipeco -94] Florvik A (personlig kommunikation)
Gipeco AB, mars 1994
- [Hallberg -91] "Färgpigment i miljöperspektiv"
Hallberg K, Examensarbete CTH, Göteborg 1991
- [Hedenmark -92] "PVC i golv och tapeter"
Hedenmark M, Kemikaliesvepet
Miljö- och Hälsoskydd, Göteborgs stad 1992:30
- [Hydro Plast -92] Miljörapport 1992
Hydro Plast AB, Stenungsund 1993
- [Hydro Plast (1)] Niklasson R (personlig kommunikation)
Hydro Plast AB, Stenungsund 1993-94
- [KemI -89] "Miljöfarliga ämnen - Exempellista och vetenskaplig
dokumentation"
Kemikalieinspektionen (KemI) Rapport 10/89, Stockholm 1989
- [Kuling] Kuling M (personlig kommunikation)
Örebro Läns Hushållningssällskap, nov 1993
- [Larsson] Larsson S-E (personlig kommunikation)
Rikslinkonsulent, 1993
- [Lumsden] Lumsden K (personlig kommunikation)
Transportteknik, M-sektionen på CTH, maj 1993
- [Laxspan -93] Produktinformation
Laxspan, Laxå 1993
- [Laxspan (1)] Larsson G (personlig kommunikation)
Laxspan, Laxå, aug 1993
- [LTH -90] "Byggnadsmaterial - Allmän kurs för V", Del I, II och III
Byggnadsmaterial, LTH, Lund 1990-92
- [Miljøstyrelsen -90] "Miljøvurdering av PVC og utvalgte alternative materialer"
Miljøprojekt nr 131, Miljøministeriet
Miljøstyrelsen, Danmark 1990
- [Minerals -61] "Minerals for the chemical and allied industries"
Johnstone SJ, Johnstone MG, Chapman and Hall, London 1961
- [MRI -77] "Resource and environmental profile analysis of merlon
polycarbonate refillable milk milk container systems including
specific comparisons with selected competitive container systems"
Final Report, Midwest Research Institute (MRI), Kansas City 1977
- [Myrman -93] Myrman D (personlig kommunikation med Erlandsson M)
Skogsforsk 1993

- [Neste -92a] Miljörapport 1992
Neste Oxo AB, Stenungsund 1992
- [Neste -92b] Miljörapport 1992
Neste Oxo AB, Nol 1992
- [Neste (1)] Alexandersson A (personlig kommunikation)
Neste Oxo AB, Stenungsund 1993-94
- [Norsk Hydro -92] "PVC & the Environment"
Norsk Hydro a.s, Oslo 1992
- [Näslund] Näslund B-Å (personlig kommunikation)
SLU (Statens Lantbruksuniversitet), nov 1993
- [Potting et al -93] "De milieugerichte levenscyclusanalyse van vier typen vloerbedekking", P-UB-93-4, Potting J, Blok K
Coördinatiepunt wetenschapswinkels Utrecht 1993
- [Potting (1)] Potting J (personlig kommunikation)
Coördinatiepunt wetenschapswinkels Utrecht, 1993-94
- [REFORSK -93] "Miljöstörande material i rivningsavfall"
Sigfrid L, SYSAV Utvecklings AB
REFORSK, FoU nr 81, Malmö 1993
- [Rinzema -83] "Literatuurstudie naar de mogelijkheid tot beperking van de afvalproduktie in de titaandioxide industrie"
Rinzema A, Holland 1993
- [RVF -90] "Svensk avfallshantering 1990"
RVF (Renhållningsverksföreningen), Malmö 1990
- [RVF (1)] Audelius B (personlig kommunikation)
RVF (Renhållningsverksföreningen), Malmö 1993
- [Rydberg -89] "PVC - Översikt av utsläpp av miljöstörande ämnen"
Rydberg T, CTH, Göteborg 1989
- [SABO -92] "Underhållsnorm 1992 - Planerings- och budgeteringshjälpmedel för periodiska underhållsarbeten"
SABO (Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretag), Stockholm 1992
- [Sandqvist et al -85] "Sågverkens energibalans", STU-rapport 82-4287, 82-5736
Sandqvist I, Stridberg S, STU, Information nr 449-1985
- [SCB -90] "Naturmiljön i siffror" Tredje utgåvan.
SCB (Statistiska Centralbyrån), SCB Förlag, Örebro 1990
- [SCB -93] "Boendet i siffror 1993"
SCB (Statistiska Centralbyrån), SCB Förlag, Örebro 1993
- [SETAC -93] "Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice'"
SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 1993

- [SIFO -94] "Hygien - Städvanor samt synen på städning och lokalhygien i samhället", Sjören T, Dokumentation nr 324108
SIFO AB, Stockholm 1994
- [Siljan -93] Produktinformation
Siljan Trägolvs 1993
- [Siljan (1)] Billebo K (personlig kommunikation)
Siljan Trägolvs 1993
- [Skogsstatistisk årsbok -89] Skogsstatistisk årsbok 1989, SKS
- [Skogsstyrelsen -92] Skogsstatistisk Årsbok 1992
Skogsstyrelsen, Jönköping, 1992
- [SLU -91] "Omförestrad rapsolja - Egenskaper och framställning"
Dalemo M, Rapport 153, SLU, Uppsala 1991
- [Sommer -92] "Boken om Linoleum"
Rikett Sommer, Nässjö 1992
- [Statoil -92] Miljörapport 1992
Statoil Petrokemi AB, Stenungsund 1993
- [Statoil (1)] Andersson J (personlig kommunikation)
Statoil, Stenungsund juni 1993
- [Stora (1)] Swan G (personlig kommunikation med Tomas Ekvall)
Stora Teknik AB, Säffle dec 1992
- [Stora (2)] Göran Swan (personlig kommunikation)
Stora Teknik AB, Säffle 1993
- [Strömvall -92] "Terpenes Emitted to Air from Forestry and the Forest Industry"
Strömvall A-M, doktorsavhandling
CTH, Göteborg 1992
- [Sundström -90] "Energiförbrukning och miljöbelastning för distributionssystem för öl och läsk i Sverige"
Sundström G, Miljöbalans Gustav Sundström AB 1990
- [Schwarz -91] "Ökologie im Bau - Entscheidungshilfen zur Beurteilung und Auswahl von Baumaterialien"
Schwarz J, Verlag Paul Haupt, Bern/Stuttgart 1991
- [Tarkett -92] Miljörapport för 1992
Tarkett AB, Ronneby 1993
- [Tarkett (1)] Jerndahl P, Konow A (personlig kommunikation)
Tarkett AB, Ronneby, mars 1993
- [Tarkett (2)] Jerndahl P (personlig kommunikation)
Tarkett AB, Ronneby, mars 1993
- [Tarkett (3)] Knöös S (personlig kommunikation)
Tarkett AB, Ronneby 1993

- [Tarkett (4)] Konow A (personlig kommunikation)
Tarkett AB, Ronneby 1993-94
- [Tillman et al -91] ”Miljön och förpackningarna”
Tillman et al, SOU 1991:77, Göteborg 1991
- [Tillman et al (1)] Bertilsson G, Supra
citerad i Miljön och förpackningarna, SOU 1991:77
Tillman et al 1991
- [Tillman et al (2)] ur ”Energy in fertilizer manufacture”, siffror från 1972
citerad i Miljön och förpackningarna, SOU 1991:77
Tillman et al 1991
- [Trämjölsfabrikerna] Lindbom R (personlig kommunikation)
Svenska Trämjölsfabrikerna AB, Hisingsbacka, nov 1993
- [Träteck -90] ”Trä och vår värld”
Temabok med verksamhetsberättelse 1989-1990
Träteck, Stockholm 1990
- [Wallgren -92] ”Natur och retur - Utgångspunkter för kretsloppssamhället”
Wallgren B, Miljöförberedningens rapport 1992:4
- [Åbom -92] ”Träpulver”, NE 1982:8
Åbom J, Institutionen för Skeppsbyggnadsteknik, CTH 1982

BILAGOR

- Bilaga 1 Miljöfarligt avfall (MFA)
- Bilaga 2 Miljöfarliga ämnen
- Bilaga 3 EPS-metoden
- Bilaga 4 Effektkategorimetoden
- Bilaga 5 Ekknapphetsmetoden

Miljöfarligt avfall (MFA)

Hantering av miljöfarligt avfall i Sverige är reglerat enligt en förordning (1985:841), men någon definition av avfall finns inte i någon författning. SNV (Statens Naturvårdsverk) har därför givit ut en vägledande förteckning, som räknar upp exempel på avfall som omfattas av förordningen. Även ett avfallsslag som inte finns med i förteckningen kan alltså utgöra ett miljöfarligt avfall.

Förteckningen innehåller endast ett fåtal kvantitativa uppgifter, d v s mängd- och halt gränser och liknande. Därför kan ett avfall definitionsmässigt sägas vara miljöfarligt så fort det innehåller den allra minsta mängd av något ämne upptaget i förteckningen. I tveksamma fall får, enligt den vägledande förteckningen, avfallsproducent och tillsynsmyndigheter bedöma om avfallet kan ge skador eller innebära fara eller risk för människa eller miljö. Följande huvudgrupper tas upp i förteckningen:

- 1) Oljeavfall
- 2) Lösningsmedelsavfall
- 3) Färg- eller lackavfall
- 4) Limavfall
- 5) Starkt surt eller alkaliskt avfall
- 6) Avfall som innehåller kadmium
- 7) Avfall som innehåller kvicksilver
- 8) Avfall som innehåller antimon, arsenik, barium, beryllium, bly, kobolt, koppar, krom, nickel, selen, silver, tallium, tenn, vanadin eller zink
- 9) Avfall som innehåller cyanid
- 10) Avfall som innehåller PCB
- 11) Bekämpningsmedelsavfall
- 12) Laboratorieavfall

Källa: "Miljöfarligt avfall", Allmänna råd 85:7, Naturvårdsverket, Solna 1985

Miljöfarliga ämnen - Exempellista och vetenskaplig dokumentation
Kemikalieinspektionen Rapport 10/89

Kemikalieinspektionens skrift om klassning av miljöfarliga ämnen utgör en exempelsamling över ämnen som med ett vetenskapligt underlag kan sägas vara miljöfarliga. Den är avsedd att användas av företag som vägledning för hur dessa och andra liknande ämnen bör bedömas. Existerande utländska prioriterings- och urvalssystem har använts som utgångspunkt. Målsättningen är att listan skall utökas med nya ämnen allt eftersom nya bedömningar görs och/eller bedömningsgrunderna för miljöfarlighet utvecklas.

En medveten strävan har varit att ta med ämnen av så olika karaktär som möjligt för att illustrera ett brett spektrum av egenskaper och mekanismer som leder till miljöfarlighet. Exempelen kan därigenom utnyttjas för jämförelse när det gäller att bedöma andra ämnen. Urvalet har följt olika principer, vilka kortfattat presenteras nedan:

- a) Ämnen med konstaterad hög exponering och väl belagda (eller starkt misstänkta) effekter på biologiska system.
- b) Ämnen med konstaterad hög exponering och väl belagda (eller starkt misstänkta) effekter på klimatet.
- c) Ämnen som hittills beaktats i mindre utsträckning, men som besitter egenskaper som motiverar en likartad bedömning som för grupperna a) och b).
- d) Ämnen för vilka det konstaterats att registrerade koncentrationer i miljön ligger mycket nära eller i vissa fall överskrider de halter som i laboratorieförsök framkallar toxiska effekter.
- e) Representanter för en homolog serie ämnen, där de enskilda ämnenas miljöfarlighet ökar t ex med stigande kloreringsgrad.
- f) Ämnen som i miljön undergår omvandling till produkter som har för miljön mera ogynnsamma egenskaper än ursprungsämnet.
- g) Ämnen som blir miljöfarliga genom interaktion med andra ämnen i miljön.

Ovanstående kriterier riktar in sig på den totala yttre miljön, vilket väl överensstämmer med syftet med denna livscykelanalys. De ämnen som finns upptagna på listan presenteras på nästa sida.

Exempellista över miljöfarliga ämnen och ämnesgrupper

- 1) Arsenik och dess föreningar
- 2) Atrazin
- 3) Benso(a)pyren
- 4) Benzidin
- 5) Bly och dess föreningar
- 6) DDT
- 7) Dibutylftalat
- 8) 1,4-Diklorbensen
- 9) Dieldrin och andra "driner" (aldrin, endrin)
- 10) Diklordifluormetan

- 11) Fluorid
- 12) Hexaklorbensen
- 13) Hexaklorbutadien
- 14) Hexaklorcyklopentadien
- 15) Kadmium och dess föreningar
- 16) 4-Kloranilin
- 17) Klorerade paraffiner
- 18) Koltetraklorid
- 19) Koppar och dess föreningar
- 20) Krom och dess föreningar

- 21) Kvicksilver och dess föreningar
- 22) Lindan
- 23) 4-Nonylfenol
- 24) Nonylfenoletoxylater
- 25) Oktaklorstyren
- 26) Pentaklorfenol
- 27) Polyklorerade bifenyler
- 28) Polyklorerade terfenyler
- 29) Silver och dess föreningar
- 30) 2,3,7,8-Tetraklordibensodioxin och andra PCDD och PCDF

- 31) Tetrakloreten
- 32) Tiram
- 33) Toxafen
- 34) Tributyltennoxid
- 35) Trifenylfosfat
- 36) 1,2,4-Triklorbensen
- 37) 1,1,1-Trikloreten
- 38) 2,4,5-Triklorfenoxyättiksyra
- 39) Triklorfluormetan
- 40) Xantater (etyl-, isopropyl-, isobutyl-, amyl-)

EPS-metoden

I beräkningarna använda miljöpoäng, s k ELU-värden (Environmental Load Units), presenteras nedan.

<u>Parameter</u>	<u>Index (ELU/kg)</u>
Resursförbrukning	
fossila bränslen	0,4
olja	0,4
kol	0,1
silver, Ag	21875
aluminium, Al	0,089286
guld, Au	875000
kobolt, Co	76,08696
krom, Cr	8,75
koppar, Cu	30,17241
järn, Fe	0,0875
mangan, Mn	0,972222
molybden, Mo	1458,333
nickel, Ni	24,30556
bly, Pb	175
platina, Pt	350000
rhodium, Rh	1750000
tenn, Sn	1166667
titan, Ti	0,397727
vanadin, V	11,6667
zink, Zn	21,34146
Emissioner till luft och vatten	
CFC-11	303,4196
metan, CH ₄	0,97796
kolmonoxid, CO	0,268615
koldioxid, CO ₂	0,0888734
eten, C ₂ H ₄	0,9824274
NO _x	0,216661
N ₂ O	7,0209986
PAH	487,5
SO _x	0,09924
stoff	0,0075228
BOD	0,002
COD	0,0016
N-tot	0,08
P-tot	0,2

Källa:

"The EPS Environ-Accounting Method. An application of environmental accounting principles for evaluation and valuation of environmental impact in product design".
Steen B, Ryding S-O.

IVL-rapport B 1080, IVL, Göteborg 1992

Effektkategorimetoden

Miljöindex enligt effektkategorimetoden, anpassade efter svenska politiska miljömål för 1995, redovisas nedan. I den ursprungliga holländska metoden viktades effektkategorierna inbördes med hjälp av en expertgrupp. För nedan angivna index har viktning skett efter förhållandet mellan en effektkategori's totala miljöbelastning och svenska miljöpolitiska mål 1995 för samma effektkategori.

<u>Parameter</u>	<u>Index</u>
Emissioner (per gram)	
CO ₂	0,011
CH ₄	0,233
N ₂ O	3,222
SO ₂	2,421
NO _x	3,947
HC	3,139
CO	0,333
HCl	2,123
CFC 11	4915,827
HCFC 22	261,68
CH ₂ Cl ₂	21,118
BHT	101,531
fenol	98,425
bly, Pb	374,016
nickel, Ni	964,567
koppar, Cu	3149,606
krom, Cr	472,441
Ospecificerade emissioner	
stoft	0,036
tot-N	7,177
tot-P	71,778
BOD	0,4
COD	0,4
TOC	1,2
Susp, SÄ10, SÄ/GFA	0,036
olja	2,559
aska	0,036
avfall	0,036
MFA	2,02
Energiresurser	
el	2,447
fossil olja	1,34
kol	0,161
naturgas	0,804
Övriga resurser (per area)	
skogsarea (m ² ,år)	4,055
vägyta (cm ² ,år)	0,186

Källa:

"Miljömässiga skillnader mellan återvinning/återanvändning och förbränning/deponering"
C'TH, CIT, IVL, SI. Reforsks FoU nr 79, januari 1993

Ekknapphetsmetoden

Använda index är så långt möjligt anpassade efter svenska förhållanden. I annat fall har motsvarande schweiziskt index använts (märkt med *). Resursförbrukning ingår inte. Avfall och MFA ingår som emissioner.

<u>Emission</u>	<u>Index</u>
NO _x (NO ₂)	6,31
SO _x (SO ₂)	4,891
CO _x (CO ₂)	0,0248
HC (utom CH ₄)	9,751
HCl	6,31
CFC	4500*
DOC (C)	11,5*
COD (3xDOC)	3,83*
fosfor (P)	694
klorid (Cl-)	0,0262*
nitrat (N)	52,9*
ammonium (N)	52,9*
tot-N	52,9
sulfat (SO ₄ ²⁻)	0,0766*
bly, Pb	8667
kadmium, Cd	781250
kvicksilver, Hg	1700960
krom, Cr	21760
koppar, Cu	5917
nickel, Ni	44291
vanadin, V	26351
zink, Zn	1389
avfall	0,167
MFA	33,4
energi (/MJ)	1

Källa:

”Miljömässiga skillnader mellan återvinning/återanvändning och förbränning/deponering”
CTH, CIT, IVL, SI. Reforsk FoU nr 79, januari 1993

R30:1994

ISBN 91-540-5668-3

Byggeforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 6814030

Abonnemangsgrupp:

W. Installationer

Distribution:

Svensk Byggtjänst

171 88 Solna

Cirkapris: 101 kr inkl moms