

De milieumaat voor de bouw

Citation for published version (APA):

van Schaijk, L. A., Maanders, E. H. C., Slot, B. J. M., Hardon, J. J., & Niël, E. M. M. G. (1990). *De milieumaat voor de bouw: een methode om milieu-aspecten van bouwproducten te kwantificeren*. Interuniversitair Milieu-instituut Brabant.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1990

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

De Milieumaat voor de Bouw

*Een methode om milieu-aspecten van
bouwprodukten te kwantificeren*

Interuniversitair Milieu-instituut Brabant
Celebeslaan 4
5641 AG Eindhoven
040 - 458195

Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde
Vakgroep FAGO, groep Materiaalkunde
Postbus 513
5600 MB Eindhoven
040 - 473350

september 1990

ir. L.A. van Schayk
ir. E.H.C. Manders-Maanders
ir. B.J.M. Slot
drs. J.J. Hardon
prof.dr.ir. E.G.G.M. Niël



«Die Richtschnur der Welt ist das Verwirklichen der Maat.»

Voorwoord

Doel van het milieubeleid voor de bouw is beheersen, terugdringen en preventie van de milieubelasting, die gepaard gaat met de activiteiten in het bouwproces van initiatief tot hergebruik, met inbegrip van het gebruik en beheer van de gebouwde omgeving. Om dit mogelijk te maken is gedragsverandering nodig van alle bouwpartners. Maar wat is, in deze, "goed" gedrag? Zeker, een aantal criteria is nu al beschikbaar, zoals voor stoffen als CFK's en asbest en ook voor bepaalde typen van straling uit bouwstoffen. Echter, over bijvoorbeeld toelaatbare grenswaarden van uitloging uit met name secundaire grondstoffen bestaan op dit moment nog grote verschillen van inzicht.

Wij moeten ons daarom realiseren dat met de ontwikkeling van milieucriteria slechts een begin is gemaakt. Goed verdedigbare eisen waaraan grondstoffen, winning- en productieprocessen, halffabrikaten, bouwmethoden en gebouwen vanuit milieuoogpunt moeten voldoen, kunnen nu nog nauwelijks voldoende worden onderbouwd.

Allereerst ontbreekt een meetinstrument, waarmee de milieu-effecten in alle fasen van de produktlevenscyclus kwantitatief en kwalitatief kunnen worden vastgesteld. Ook is nog geen systeem of infrastructuur voorhanden, waarmee deze informatie in bruikbare vorm -en voorzien van waarborgen voor de kwaliteit van die informatie!- kan worden doorgegeven aan alle bouwactoren en worden teruggekoppeld naar de producent die "milieuveilig" moet gaan produceren!

In het Nationaal Milieubeleidsplan (-plus) is aangegeven dat vóór 1994 een zgn. Milieumaat voor de bouw zal worden ontwikkeld. Het begrip "Milieumaat" moet worden verstaan als "geobjectiveerde informatie over milieu-effecten".

In de rapportage van dit vooronderzoek wordt een model gepresenteerd waarmee milieu-effecten van bouwmaterialen en bouwelementen in de opeenvolgende fasen van de produktlevenscyclus getalsmatig kunnen worden bepaald.

Laat ik direct een veel gehoord misverstand uit de wereld helpen: **met de milieumaat zal naar mijn mening GEEN "rapportcijfer" voor bouwprodukten moeten worden ontwikkeld.** Diverse onderzoekers hebben pogingen gedaan om een dergelijk "rapport"-concept uit te werken. Maar voor geen van deze initiatieven lijkt binnen het bedrijfsleven voldoende draagvlak te bestaan. En mijns inziens terecht; een getal verbergt achterliggende informatie en de waardering van deelprocessen en beperkt aldus het creatief omgaan met die informatie. Het zal integendeel stigmatiseren en verstarrend werken, aanleiding geven tot mystificaties en -al dan niet terecht- van de markt verdwijnen van produkten. Daarbij zijn zelfs ongewenste neveneffecten als gedwongen versnelde afschrijving, onnodige kostenverhoging en zelfs concurrentievervalsing niet uitgesloten.

In mijn visie zal de milieumaat vóór alles een praktisch en vrijwillig in te zetten instrument moeten worden waarmee milieuschade, "lekkage" uit de grondstoffenketen en onnodig energieverbruik, kan worden verhinderd. Het moet positief motiveren tot produkt- en produktieinnovatie, bewust kiezen in ontwerp en bouwvoorbereiding, en realiseren van effectieve milieuzorg, vanaf planvorming tot recycling. Vanuit de NMP-doelstelling is een zekere politieke druk op het bedrijfsleven, gericht op actieve betrokkenheid en acceptatie, echter noodzakelijk. Onder die voorwaarden zal de milieumaat potentiële meerwaarde bieden voor alle partners, van opdrachtgever tot consument. "Spin-off" is te verwachten in de vorm van afdekking van milieurisico-aansprakelijkheid, compensatie voor méér investering in stichtingskosten in de exploitatiefase en daarna. Kortom, niet een of/of-keuze, maar een situatie waarin iedere partner met de milieumaat in de hand, zijn eigen aandeel in het bouwproces milieutechnisch kan optimaliseren. De milieumaat zal echter wel degelijk een grondslag moeten bieden voor wet- en regelgeving met betrekking tot stoffen met ontoelaatbare milieu- en gezondheidsrisico's. Bijvoorbeeld, als de beoogde vrijwillige gedragsverandering zoals aanpassing van produktie- en bouwmethoden niet binnen de gestelde termijn mocht lukken. Een sluitstuk in de vorm van een Milieukeur, al dan niet gekoppeld aan certificering, is overigens, onafhankelijk hiervan, één van de opties.

Parallel aan dit vooronderzoek, dat werd begeleid door medewerkers van VROM, Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directoraat-Generaal voor de Volkshuisvesting en de Rijksgebouwendienst en de Directie Coördinatie Bouwbeleid, is in opdracht van mijn Directie een definitiestudie verricht naar implementatiemogelijkheden, kansen en bedreigingen van een milieumaat voor de bouw. Uit interviews met vertegenwoordigers van brancheorganisaties, intermediaire en onderzoeksinstellingen lijkt een begripsafbakening zoals ik die hiervoor heb geschetst, heel sterk naar voren te komen. Niet zozeer het mathematisch concept, maar het ketenbeheer model lijkt de voorkeur te krijgen. Kernwoorden daarin zijn: participatie, communicatie en informatieverschaffing, innovatie.

Met de helder wordende contouren van de milieumaat wordt het vraagstuk van de invoeringstrategie actueel. Daarvoor leent zicht op nationaal niveau allereerst het platform van het Milieuberaad Bouw, (MBB). Bedrijfsleven en Overheid ontwerpen hier op basis van de in het NMP-Plus genoemde acties voor de bouwnijverheid, gezamenlijke inhoudelijke maatregelen en beleid gericht op een duurzame ontwikkeling voor de bouw. Dat ons land zelf daaraan vormgeeft is trouwens ook noodzakelijk vanuit het perspectief van de Interne Markt; laten wij dit na, dan wacht ons wellicht het dictaat vanuit Brussel. Een actieve politiek kan mijn inziens de gang van zaken zowel op EG-niveau als in ons land in positieve zin beïnvloeden. Uitwerking van de Milieumaat met steun van alle betrokken partijen, is de stap die daartoe nu moet worden gezet.

de Directeur Coördinatie Bouwbeleid,
Ir. C.J. Vriesman

INHOUD

Samenvatting	7
Inleiding	9
1. De levensloop van een bouwprodukt en het milieu	11
1.1 Probleemstelling en uitgangspunten.	11
1.2 Gehanteerd begrippenkader.	12
1.3 Materiaal- en energiestromen.	13
1.4 Processen en activiteiten in de bouw.	15
1.5 Milieu-invloeden en milieu-maatstaven.	22
1.6 Beoordeling volgens bestaande milieunormering.	26
2. Rekenmodel voor het bepalen van de milieumaat van een bouwdeel	31
2.1 Modeluitgangspunten	31
2.2 Activiteiten- en processchema's	33
2.2.1 Activiteiten en processen ten behoeve van winning en produktie.	33
2.2.2 Activiteiten en processen ten behoeve van onderhoud en gebruik.	35
2.2.3 Activiteiten en processen ten behoeve van sloop en afvalverwerking.	37
2.3 Maatstafgetallen en stroomfactoren	39
2.4 Procedurestappen bij de berekening	42
2.5 Het rekenmodel	47
3. Onderzoek en Implementatie.	51
3.1 Benodigde gegevens	51
3.1.1 Beleidsmatig bepaalde gegevens.	51
3.1.2 Referentiegegevens.	52
3.1.3 Milieubelastingsgegevens.	54
3.2 Input en discriminerend vermogen van het model.	55
3.3 Gegevensaanpassing en flexibiliteit van het model	56
Literatuur	61
Bijlage Milieudefinities	63

Samenvatting

Het in dit rapport ontwikkelde rekenmodel is ontworpen om bouwdelen te vergelijken op grond van hun milieu-effecten. Het model berekent de gewogen, genormeerde milieubelasting per 1000 gram bouwdeel.

Voor de term milieu zijn vele omschrijvingen te geven. In dit rapport wordt de volgende gehanteerd. Het milieu is (ecologisch gezien) de som van de externe condities en invloeden, die het leven en de ontwikkeling van organismen beïnvloeden. Er zijn drie belangrijke hoofdgroepen van milieu-invloeden die door activiteiten ten behoeve van de bouw worden veroorzaakt:

1. Afvalstoffen die vrijkomen in het milieu.
2. Afvalenergie die vrijkomt in het milieu.
3. Bodemverbruik.

Bovendien kunnen milieu-invloeden op verschillende milieucompartimenten betrekking hebben, namelijk lucht, water, bodem en binnenmilieu. Uiteraard geldt dit wat betreft het bodemverbruik alleen voor het milieucompartiment bodem.

Een invloed die niet direct betrekking heeft op het milieu is de schaarste van grondstoffen. Deze factor heeft betrekking op de maatschappelijke structuur en het belang van grondstoffen daarin. Schaarste van grondstoffen speelt echter wel degelijk een grote rol in het milieubehoud, of het behoud van een bepaalde levensstandaard voor de mens.

Na afweging van de milieu-invloeden worden een aantal maatstaven vastgelegd die in een rekenmodel kunnen worden verwerkt.

Dit zijn de volgende:

1. grondstoffen
2. bodemverbruik
3. uitstoot van afvalstoffen in de lucht
4. lozing van afvalstoffen in het oppervlaktewater
5. deponie/stort van afvalstoffen
6. vrijkomen van afvalstoffen in het binnenmilieu (alleen in de gebruiksfase)
7. energieverbruik
8. transport
9. afvalenergie

Per maatstaf kunnen verschillende milieu-invloeden ten opzichte van elkaar op hun schadelijkheid worden gewogen. Dit gebeurt met behulp van bestaande normen en richtlijnen of met behulp van classificaties.

De maatstaven worden hierna eveneens gewogen met behulp van een weegfactor die afhankelijk van de inzichten in de milieuproblematiek van dat moment wordt vastgesteld.

Behalve de directe milieu-invloeden is ook de levensduur van een bouwprodukt of bouwdeel van groot belang. Hoe langer een produkt meegaat, hoe minder produktie plaatsvindt en hoe minder effecten op het milieu plaatsvinden. Vandaar dat ook gekeken wordt naar de gebruiksperiode van het produkt of bouwdeel.

Het rekenmodel kan met behulp van al deze parameters en variabelen opgesteld worden. De milieumaat die hiermee voor een bouwdeel kan worden berekend geeft dan een beoordeling voor de milieubelasting van dat bouwdeel door produktie, gebruik, sloop en afvalverwerking. Het model is eveneens geschikt voor de beoordeling van andere produkten op milieu-aspecten. Hierbij dient de gebruiksperiode te worden aangepast.

Belangrijke aspecten van het model:

- Levensduur van het bouwdeel of bouwprodukt.
- Afvalstoffen in lucht, bodem, water en binnenmilieu.
- Recycling is impliciet in het model aanwezig. Verminderd grondstofverbruik en een verminderde hoeveelheid afval zijn hiervan het gevolg.
- Sloop en afvalverwerking worden met behulp van toekomstscenario's ingevuld.

Inleiding

Na het uitkomen van het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP) acht het ministerie van VROM een structurele aanpak gewenst van de milieuconsequenties van de produktie, het gebruik en de sloop van materialen en produkten in de bouw. Men wil een informatiesysteem ontwikkelen waarmee een milieumaat voor bouwmaterialen kan worden bepaald. Deze milieumaat moet een instrument worden om beleidsmatige beslissingen te kunnen nemen ten aanzien van die bouwdelen en de materialen die daarin verwerkt zijn.

In dit rapport wordt een aanzet gegeven voor de systematische opbouw van een dergelijke milieumaat. De milieumaat is een instrument van getalsmatige aard, waarmee de milieu-effecten van bouwdelen, veroorzaakt door produktie, gebruik, sloop en deponie, worden geïnventariseerd en berekend. Een milieubeoordelingsinstrument kan niet onverschillig zijn ten opzichte van ontwikkelingen in milieukundig inzicht, in procestechniek, in meettechniek of in wettelijke normering. De beslissingen waarop de milieumaat is gebaseerd zullen daarom een evolutionair karakter bezitten. Zij zijn immers gebaseerd op menselijk inzicht dat groeiende is.

Op het gebied van verpakkingen bestaan er reeds systemen om de milieuaspecten van produktie, gebruik en afvalverwerking te beoordelen. Hoewel de daarin ontwikkelde systematiek qua doelstelling vergelijkbaar is met de milieumaat zoals die in dit rapport aan de orde komt, zijn er toch verschillen. Zo is de levensduur van verpakkingen minder van belang voor de onderlinge vergelijking dan bij bouwdeel/materiaalcombinaties. De levensduur van bouwdelen daarentegen is wél belangrijk voor een goede vergelijking. Ze is afhankelijk van onderhoud, de plaats van het bouwdeel in het gebouw en klimatologische omstandigheden. Een ander verschil is de eenduidige functie van verpakkingen in tegenstelling tot de diverse functies die bouwdelen in gebouwen vervullen. Afhankelijk van de functies kan men met behulp van de milieumaat verschillende bouwdelen vergelijken.

Al eerder is aan de Technische Universiteit Eindhoven onderzoek gedaan naar de milieuaspecten van bouwmaterialen. P.C. Kreijger, voormalig hoogleraar Materiaalkunde, hield zich hiermee bezig. Met name de produktie van beton had hierbij zijn aandacht [1]. Uitgezet tegen de materiaaleigenschappen heeft Kreijger ook een aantal materialen op ecologische eigenschappen vergeleken [2]. Voor het onderzoek naar de milieumaat kon gebruik gemaakt worden van een aantal door hem geformuleerde criteria. De berekeningswijze moest echter worden herzien.

In dit rapport wordt een methode opgezet waarbij stap voor stap de milieu-invloeden worden geïnventariseerd, naar een bouwdeel toegerekend en vervolgens met behulp van een weging van een beoordeling voorzien. De te nemen stappen, de geformuleerde milieucriteria, de te volgen procedures en de uiteindelijke weging worden zo veel mogelijk expliciet gemaakt. We menen dat hiermee een open informatie- en beoordelingssysteem is ontstaan waarop de milieumaat voor de bouw op een verantwoorde wijze kan worden gebaseerd.

1. De levensloop van een bouwprodukt en het milieu

1.1 Probleemstelling en uitgangspunten.

De uitgangspunten voor het ontwerpen van de milieumaat en haar maatstaven zijn in overleg met het ministerie van VROM en enkele andere instanties tot stand gekomen. De belangrijkste uitgangspunten van het te ontwikkelen model zijn:

1. Een levenscyclusbenadering.

Dit betekent, dat rekening moet worden gehouden met alle milieubelastende effecten vanaf de winning van de diverse grondstoffen tot en met de herwinning na het slopen.

2. Analyse op basis van meerdere criteria.

Hieronder wordt verstaan dat alle relevant geachte milieu-invloeden in de beoordeling moeten kunnen worden betrokken.

3. Discriminerend vermogen.

Het model dient een discriminerend vermogen te hebben ten aanzien van zoveel mogelijk vergelijkbare milieubelastende grootheden in de bouw. Concreet betekent dit dat niet alleen het vergelijken van produkt-alternatieven mogelijk moet zijn maar ook het vergelijken van bedrijven of bedrijfsactiviteiten.

4. Objectiviteit van de milieugegevens.

De gegevens waarop de milieubeoordeling wordt gebaseerd dienen objectief en verifieerbaar te zijn. Dit impliceert dat rekenwaarden altijd teruggevoerd moeten kunnen worden naar de oorspronkelijke gegevens.

5. Flexibiliteit.

Het is duidelijk dat een beoordeling van milieu-effecten altijd gebonden is aan de inzichten die op een bepaald tijdstip gelden. Theorieën over de schadelijkheid van stoffen worden in de loop van de tijd bijgesteld of vervangen door geheel nieuwe theorieën. Het model moet flexibel genoeg zijn om deze ontwikkelingen te volgen.

1.2 Gehanteerd begrippenkader.

De milieumaat geeft een indicatie voor de milieu-invloeden van produktie, gebruik en deponie van een bouwprodukt.

De eerste vraag die opkomt is: Wat is milieu eigenlijk?

De interpretaties zijn divers. In de bijlage worden er een achttal genoemd. De milieudefinities die in dit rapport wordt gehanteerd is de volgende:

Het milieu is (ecologisch gezien) de som van de externe condities en invloeden, die het leven en de ontwikkeling van organismen beïnvloeden.

De hier genoemde externe condities en invloeden worden ook wel milieu-factoren genoemd. De milieu-factoren zijn onder te verdelen in de **biotische**, **abiotische** en **psychogene** factoren.

De **biotische** factoren zijn de invloedsfactoren van levende organismen op andere organismen. Het betreft de afhankelijkheidsrelaties van organismen onderling.

De **abiotische** factoren zijn onder te verdelen in de fysische, de fysisch-chemische en de chemische factoren. Twee belangrijke factoren zijn licht en temperatuur.

Tevens zijn er drie belangrijke milieu-compartimenten te onderscheiden, het water, de lucht en de bodem.

De **psychogene** factoren zijn de factoren die een zekere psychische invloed uitoefenen op de mens. Hierbij kan gedacht worden aan o.a. geluidhinder, stank en "drukte".

De produktie, het gebruik en de deponie van (bouw-)produkten beïnvloeden deze milieu-factoren. Dit noemen we milieu-invloeden.

Alle milieu-invloeden samen noemen we ook wel de **milieubelasting** van die activiteiten. De milieu-invloeden beïnvloeden vooral de abiotische en de psychogene milieu-factoren.

De abiotische factoren worden direct door produktie, gebruik en sloop beïnvloed. De biotische factoren, van de relaties van organismen onderling, worden indirect beïnvloed. Psychogene milieu-factoren betreffen de hinder die organismen ondervinden. Hinder kan echter overgaan in schadelijkheid voor het organisme.

Bij de uitstoot van schadelijke stoffen door een aantal geografisch dicht bij elkaar gelegen bronnen kan het opgetelde effect van die bronnen schade veroorzaken, terwijl de afzonderlijke bronnen bijvoorbeeld alleen irritatie opwekken. Dit betekent dat hinder niet verwaarloosd kan worden.

Er is nog een begrip van belang, namelijk het begrip biotoop. Om een biotoop te omschrijven dient eerst ingegaan te worden op het begrip ecosysteem. Een ecosysteem is in 1935 door Tansley [3] geïntroduceerd ten einde het verband van organismen met hun omgeving in een bepaald gebied aan te geven. Zo'n gebied kan een meer, een bos of een heideveld zijn. Theoretisch kan men de hele biosfeer der aarde als één groot ecosysteem beschouwen.

De omschrijving van ecosysteem is als volgt [4]: Een verzameling individuen behorend tot verschillende soorten, die in nauwe relatie tot elkaar leven, heet een levensgemeenschap of biocoenose. Tezamen met abiotische factoren als licht, water, temperatuur, bodem en lucht vormt zo'n biocoenose een karakteristiek onderdeel van een zogenaamd ecosysteem. Een ecosysteem wordt ook wel een biotoop genoemd [4]. Een biotoop heeft meer betrekking op de plaats waar bepaalde milieufactoren heersen dan een ecosysteem.

1.3 Materiaal- en energiestromen.

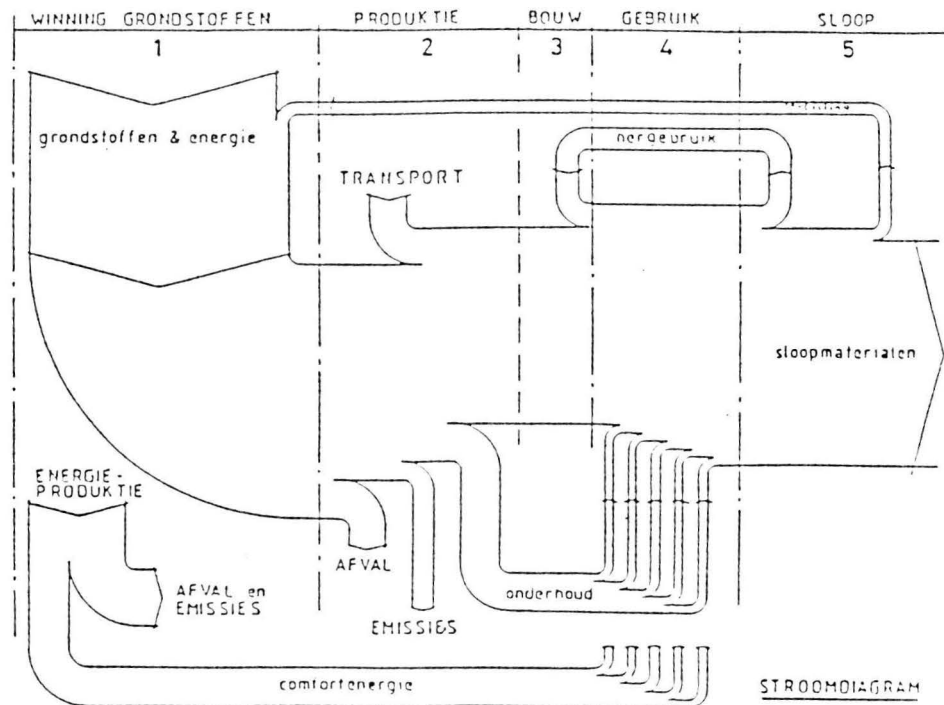
Een ander aspect van milieu-effecten is dat stoffen en energie zich bewegen in kringlopen.

Milieuverontreiniging wordt veroorzaakt door de transformatie en verspreiding van materie [5]. Wij willen hier de verspreiding en transformatie van energie aan toevoegen.

Wanneer een stof geen direct effect heeft op een organisme, betekent dit niet dat deze stof helemaal geen invloed heeft. Op langere termijn kan er toch een effect optreden, omdat de stof via een kringloop in bijvoorbeeld voedsel voor dat organisme terecht komt. Dit valt nauwelijks te voorspellen.

Om dit onoverzichtelijke, complexe kringloopstelsel in de rekenmethode te omzeilen, zeggen we dat een bepaalde milieu-invloed een bepaald vaststaand effect heeft. In de opzet van de rekenmethode gaan we uit van de negatieve milieu-effecten. Positieve milieu-effecten kunnen echter ook, indien gewenst, worden ingecalculerd.

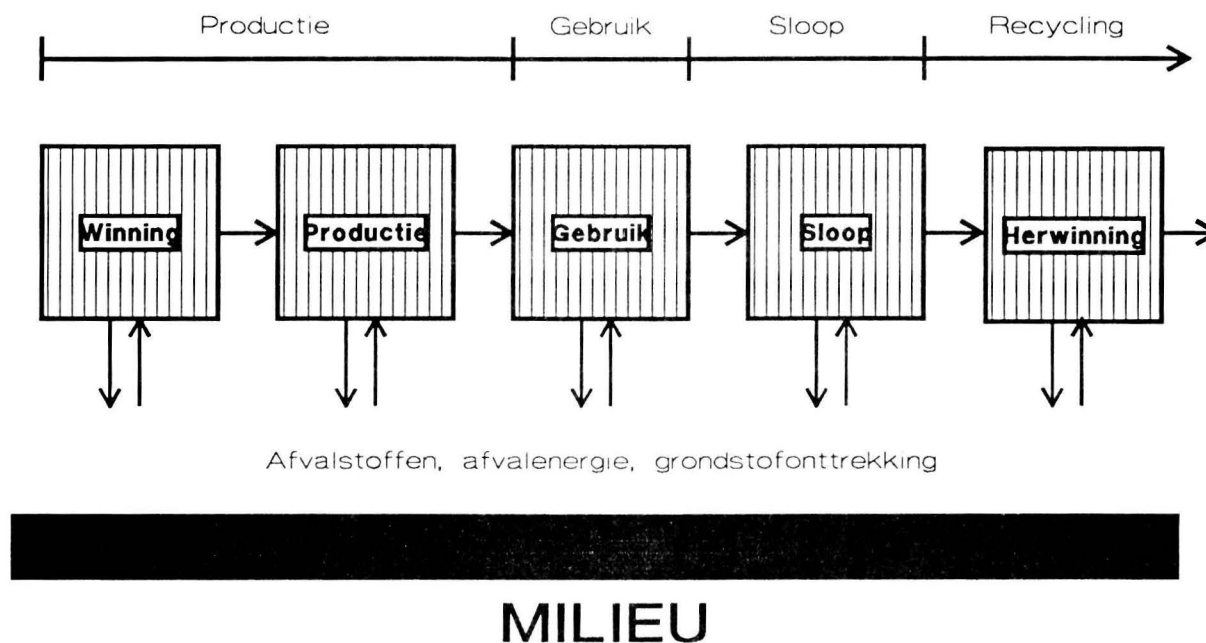
Na deze constatering kunnen we de levensloop van een (bouw)produkt beschouwen. Ze is op te delen in de volgende fasen: productie, gebruik, sloop en recycling. Men kan dit schematiseren in een stroomschema of in een blokschema. Een stroomschema, het woord zegt het al, laat de (goederen)stromen duidelijk zien. De energiestromen en de afvalstromen naar het milieu zijn echter minder duidelijk voor te stellen.



Figuur 1. Stroomschema [6].

Het stroomschema weerspiegelt weliswaar de processen zoals die zich voor de meeste bouwdeel/materiaalcombinaties afspelen, maar het biedt weinig aanknopingspunten voor een kwantitatieve benadering. Daarvoor dienen de in het stroomschema aangegeven diffuse grenzen tussen de fasen nauwkeurig te worden vastgelegd. Hierdoor ontstaat een processchema, waarin ieder verwerkend proces, dat ten aanzien van een bouwdeel plaatsvindt, begrensd is. Dit wordt in de vorm van een blokje voorgesteld.

Een blok representeert een afgegrensd proces met in's en out's naar andere processen en naar het milieu. Met behulp van dit blokschema is het mogelijk voor ieder proces afzonderlijk de massa- en energiebalans op te stellen omdat geldt dat voor elk proces in- en output van stoffen plaatsvindt. Hierbij komen afvalstoffen vrij in het milieu. Bovendien wordt er energie verbruikt in het proces en komt er afvalenergie vrij.



Figuur 2. Blokschema voor de levensloop van een bouwdeel.

1.4 Processen en activiteiten in de bouw.

Zowel in figuur 1 als in figuur 2 zagen we dat er binnen de levensloop van bouwdelen drie hoofdgroepen van activiteiten kunnen worden onderscheiden nl:

- 1) het produceren en monteren van het bouwdeel;
- 2) het gebruiken en onderhouden ervan;
- 3) het slopen en de recycling van het door het bouwdeel veroorzaakte puin.

Hoewel deze reeksen van activiteiten voor iedere bouwdeel/materiaalcombinatie een eigen verloop kennen, is het nuttig de activiteitenclusters (ofwel processen) aan een algemene beschouwing te onderwerpen.

Onder het productieproces verstaan we de fase waarin stoffen worden verwerkt tot stoffen die ten aanzien van het gebruik meerwaarde hebben verkregen. Ook de montageactiviteiten behoren tot de productiefase. Onder de gebruiksfase verstaan we de periode dat het bouwdeel onderdeel uitmaakt van een bouwwerk. De gebruiksfase vormt het doel van de productie, een produkt moet het door de gebruikers verwachte resultaat opleveren [7]. Om de levensduur van een produkt tijdens de gebruiksfase te verlengen, is onderhoud nodig.

Indien het bouwdeel, hetzij door technische mankementen, hetzij door economische of gebruiksmotieven, niet meer voldoet, dient zich de sloop aan. De sloopfase kan men omschrijven als de fase waarin het ruimtegebruik van het produkt op een bepaalde plaats teniet wordt gedaan.

In dit kader omschrijven we een proces als volgt:

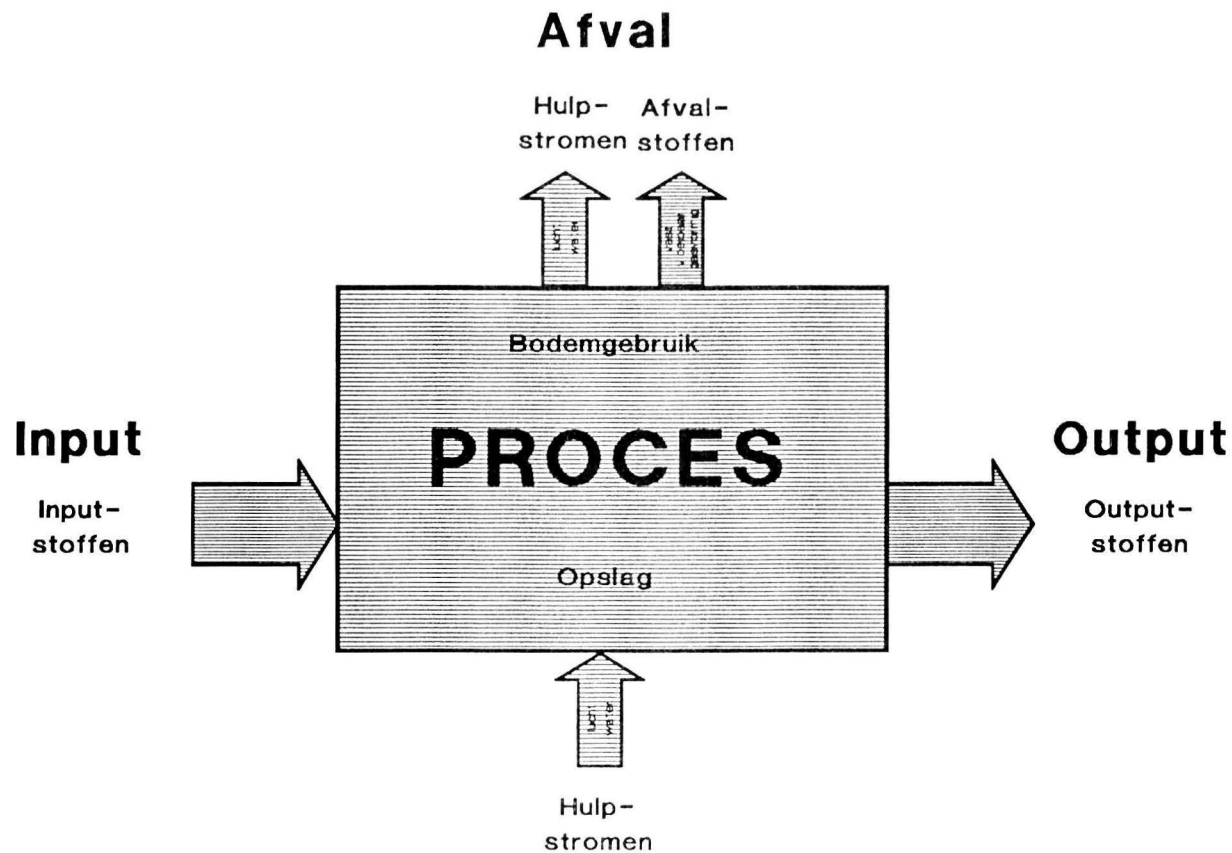
Een **proces** is een verzameling van activiteiten waarbij verwerking van stoffen, gebruik van energie, en/of gebruik van hulpgoederen plaats kan vinden.

We beschouwen een willekeurig proces uit de levensloop van een bouwdeel. In een dergelijk proces worden inputstoffen verwerkt om meerwaarde van die stoffen te verkrijgen in de vorm van de outputstoffen. Tevens kunnen afvalstoffen vrijkomen. Deze worden afgevoerd met behulp van de zogenaamde hulpstromen (water en lucht) of als vaste stoffen met behulp van transportmiddelen.

Indien het proces de winning betreft kan ook bodemverbruik optreden door onttrekking van stoffen aan het milieu. Dit kan bijvoorbeeld optreden bij houtkap. Op het oppervlak, waar het hout is gekapt, is de biotoop (tijdelijk) verstoord. Dit kan gecompenseerd worden door tijdige aanplant van gelijkwaardig bos.

Er is sprake van een massabalans. De massa van de inputstoffen is gelijk aan de massa van de outputstoffen plus de massa van de afvalstoffen. Er kan sprake zijn van een vertragingseffect in de vorm van opslag van stoffen in het proces.

- Inputstoffen** : De benodigde stoffen (grondstoffen, halffabrikaten) door een proces verwerkt worden.
- Outputstoffen** : De nuttige stoffen (halffabrikaten, fabrikaten, her te gebruiken stoffen) die in verwerkte vorm het proces verlaten.
- Afvalstoffen** : De stoffen die terecht komen in het milieu.
- Stofopslag** : De stoffen die tijdelijk in het proces achterblijven.
- Bodemverbruik** : Het onttrekken van grondoppervlak ten behoeve van menselijke activiteiten aan het milieu.
- Hulpstromen** : De lucht- en waterstromen die (afval-)stoffen en (afval-)energie met zich meevoeren.



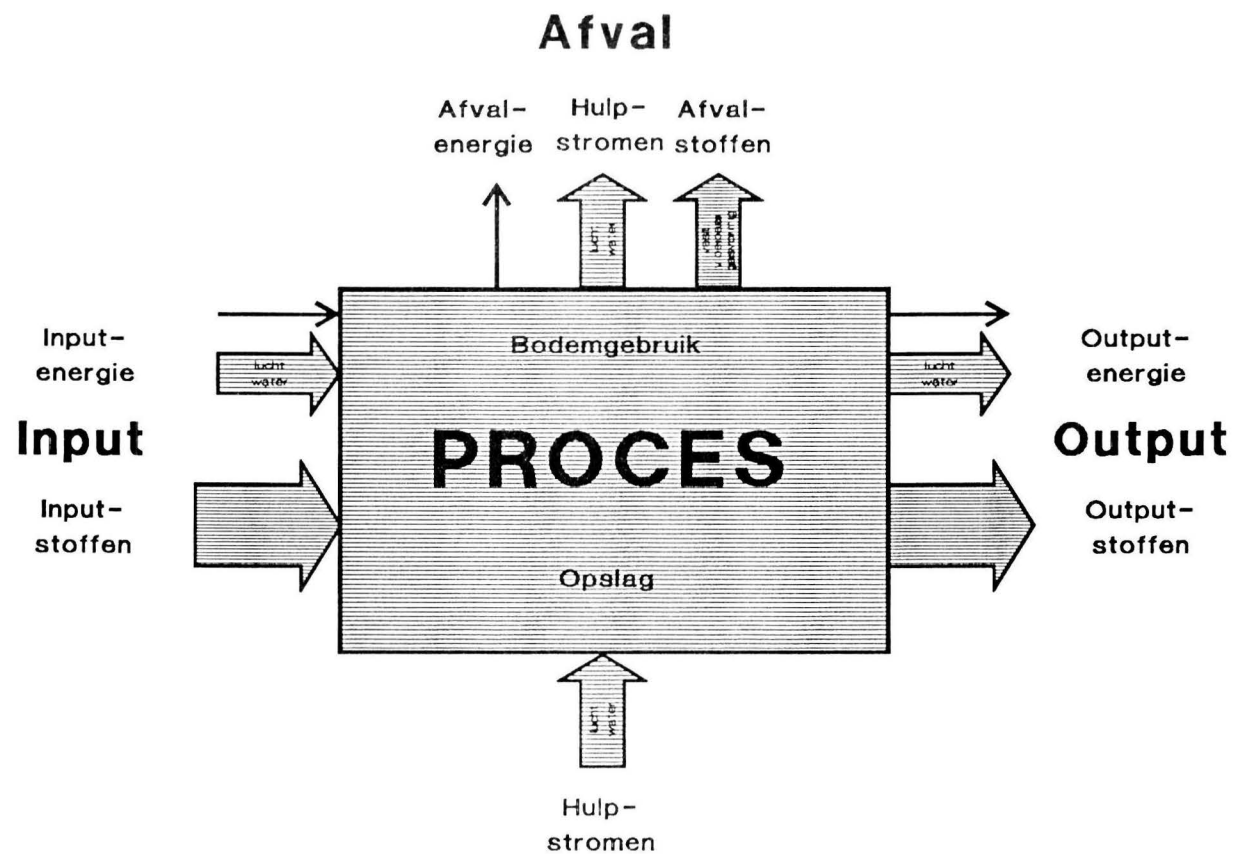
Figuur 3. Massastromen van een produktieproces.

Voor het proces is ook energie nodig. De energie wordt toegevoerd in de vorm van elektriciteit, in de vorm van brandstoffen (kolen, olie, gas), in de vorm van warmte-energie, kinetische of potentiële energie (verwarmde lucht resp. wind- en waterkracht), of in de vorm van straling (zonne-energie). Een deel van de energie komt terecht in de outputstoffen en zorgt voor een toename van de energie-inhoud van die outputstoffen.

Bij een proces ontstaat afvalenergie en is sprake van energieopslag. Afvalenergie wordt afgevoerd in de vorm van warmtestraling, radioactieve of elektromagnetische straling, akoestische energie of een toename van de inwendige energie van de hulpstromen water en lucht. Afvalenergie kan ook ontstaan door chemische reacties van stoffen onderling, anders dan verbranding. Energieopslag kan plaatsvinden in accu's, in een watertoren en dergelijke.

Tevens wordt er outputenergie afgevoerd via elektriciteit of via hulpstromen. Bijvoorbeeld bij het bakken van baksteen, waarbij restwarmte in de afvoerlucht wordt teruggevoerd naar het droogproces. Voor de energiebalans geldt dat de inputenergie gelijk is aan de toename van de energie-inhoud van de output plus de afvalenergie.

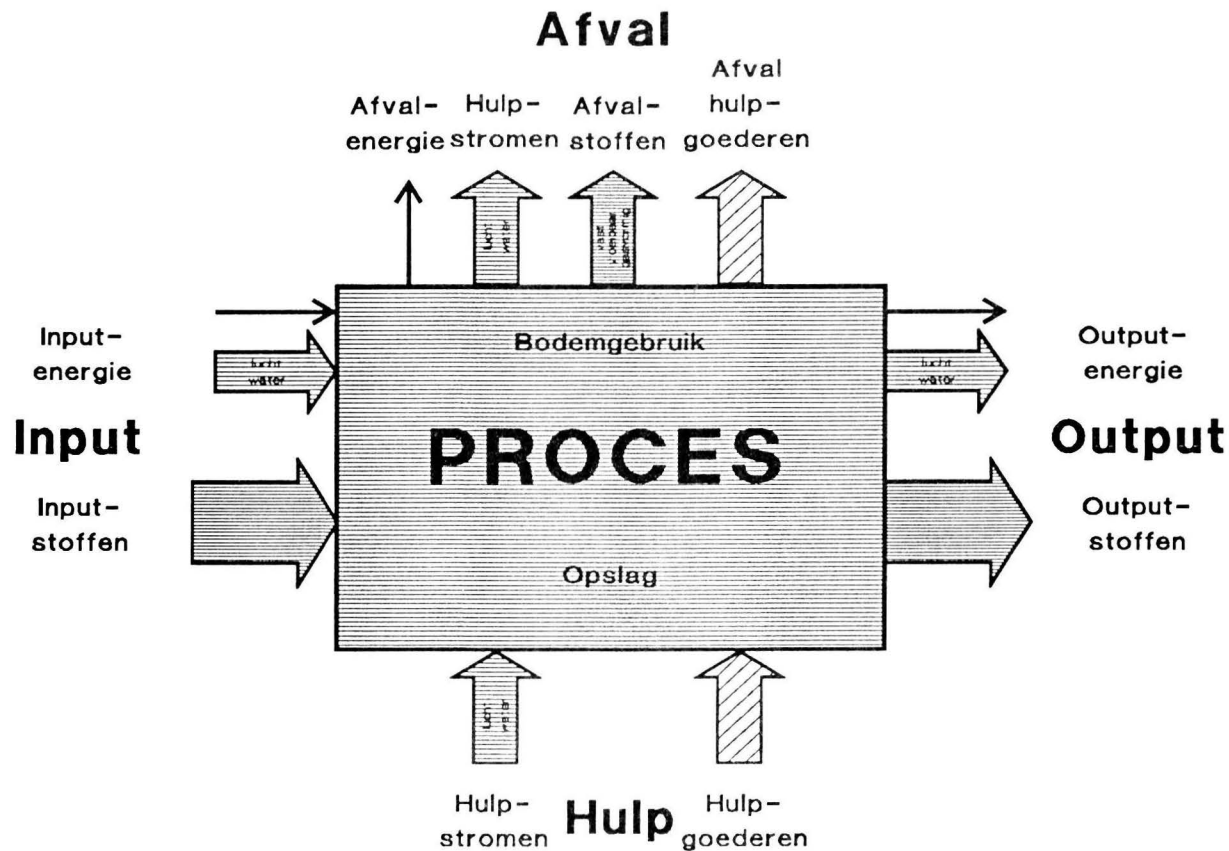
- Inputenergie** : De energie die aan het proces wordt toegevoerd.
- Outputenergie** : De nuttige energie die het proces verlaat.
- Energieopslag** : De energie die tijdelijk in het proces achterblijft.
- Afvalenergie** : De energie die terecht komt in het milieu.



Figuur 4. Massa- en energiestromen van een productieproces.

Voor een proces zijn tevens hulpgoederen nodig. Hieronder vallen zowel fabrieken en installaties, alsook verpakkingen, regelmatig te vervangen onderdelen en her te gebruiken hulpstoffen, zoals katalysatoren. Tevens is er sprake van energieverbruik voor verwarming van gebouwen en brandstofverbruik voor vervoer van personeel en materieel enzovoorts. Ruimtegebruik van infrastructurele goederen impliceert bodemverbruik. Dit bodemverbruik is gelijk aan het oppervlak dat door de goederen of activiteiten wordt ingenomen.

Hulpgoederen : De infrastructurele goederen, produkten en hulpstoffen die bij het proces nodig zijn.



Figuur 5. Massa- en energiestromen van een productieproces plus de hulpgoederen die bij het proces nodig zijn.

Samengevat onderscheiden we:

- Input** : De benodigde stoffen voor het proces die verwerkt worden en de energie die aan het proces wordt toegevoerd.
- Output** : De nuttige stoffen die het proces in verwerkte vorm verlaten en de nuttige energie die het proces verlaat.
- Afval** : De stoffen en energie die in het milieu terecht komen.
- Hulp** : De hulpstromen en de hulpgoederen die bij het proces nodig zijn.

Voor de gebruiks-, sloop- en recyclingfasen gelden in principe dezelfde grenzen. De getalsmatige invulling van deze fasen kan echter enigszins afwijken. In de gebruiksfase worden bijvoorbeeld gezondheidsaspecten meegenomen. Hier wordt later op ingegaan.

Er worden drie hoofdgroepen van milieu-invloeden van een proces onderscheiden:

- 1 afvalstoffen (o.a.: emissies, bulkafval)
- 2 afvalenergie (o.a.: akoestische energie, warmte-energie, elektromagnetische straling, ioniserende straling)
- 3 bodemverbruik

Wat betreft de verspreiding van afvalstoffen en afvalenergie kunnen verschillende milieu-compartimenten onderscheiden worden, namelijk lucht, bodem en water. Verder kan men een onderverdeling maken in een binnenmilieu en een buitenmilieu. Een binnenmilieu is een fysisch begrensde ruimte waarbinnen zich een organisme bevindt of waarbinnen zich meerdere organismen bevinden. Het buitenmilieu is alles dat niet als binnenmilieu wordt beschouwd. In de rekenmethode voor de milieumaat wordt het binnenmilieu alleen in de gebruiksfase meegenomen om de gezondheidsaspecten van een bouwdeel te toetsen.

In figuur 6 wordt een overzicht geboden van milieu-invloeden gerelateerd aan verschillende processen van de levensloop van een bouwprodukt.

Activiteiten en de milieu-invloeden	mijn bouw	bos bouw	produk-tie	vervoer	montage	deponie	afval-verwerking
snel afbreekbare stoffen		++	+	+	+	++	+
moeilijk afbreekbare stoffen	++		++	+	++	+++	++
zouten, fosfaten	++		+			+	+
zware metalen	+		+	+	+	++	+
anorganische luchtverontreinigende stoffen	+		++	++	++	+	++
organische luchtverontreinigende stoffen			++	++	++	+	++
radioactiviteit	+						
elektromagnetische straling			+				
temperatuurverhoging lucht of water			+				+
geluidhinder			++	++	+		++
bodemverbruik	++	+ ¹	++	++		+++	++
uitputting van grondstoffen	+++	+ ¹		+++			
verlaging grondwaterstand	++	+	+		+	+	+
risico	++		++	++	+	+	++

Figuur 6. Indicatief overzicht van milieu-invloeden gerelateerd aan verschillende processen van de levensloop van een bouwproduct. Hoe meer plusjes, hoe meer bijdrage door de processen geleverd wordt.

¹ Bij onvoldoende aanplant.

1.5 Milieu-invloeden en milieu-maatstaven.

In deze paragraaf wordt een inventarisatie gemaakt van milieu-invloeden. Hierbij wordt het belang van het meenemen van zo'n milieu-invloed in de milieumaatberekening telkens afgewogen ten aanzien van:

- a) de belasting die een bepaalde activiteit heeft voor het milieu zoals gedefinieerd in paragraaf 1.2. van dit rapport;
- b) de (praktische) implicaties die het bepalen van zo'n milieu-invloed heeft ten aanzien van het verzamelen van de benodigde gegevens.

Bij het kiezen van de milieu-invloeden die in het rekenmodel worden ingevoerd, dient te worden uitgegaan van drie criteria, te weten:

1. bewezen, c.q. algemeen aanvaarde milieurelevantie;
2. mogelijkheid en/of geschiktheid voor normstelling;
3. opvraagbaarheid en controleerbaarheid van de gegevens;

Daarbij dienen we ook het praktische aspect niet uit het oog te verliezen. Alle voor het berekenen van de milieumaat benodigde gegevens dienen immers van tijd tot tijd aangepast en opnieuw bewerkt te worden, hetgeen aanzienlijke inspanningen zal vergen. Hoe groter het aantal benodigde gegevens is, des te groter wordt de inspanning om het systeem d.m.v. onderzoek van de juiste input te (blijven) voorzien.

Met name met het oog op de praktische randvoorwaarden die de toekomstige implementatie van de milieumaat-systematiek stelt, is gekozen voor het combineren van milieu-invloeden tot **maatstaven**. In de volgende verhandeling zullen de meest invloedrijke milieu-invloeden worden besproken en zal tevens op grond van de bovengenoemde criteria een voorstel worden gedaan voor het opnemen van de milieu-invloeden in een voor het model hanteerbaar geacht aantal maatstaven. Deze maatstaven vormen de 'dimensies' van de milieubelasting, welke later in het rekenmodel zoals in hoofdstuk 2 wordt ontwikkeld, zullen worden vertaald tot milieumaatgetallen.

Grondstoffen

In de strikte betekenis is uitputting van grondstoffen géén milieu-invloed. Zo heeft bijvoorbeeld het delven van aardolie geen invloed op organismen, ook niet na verloop van tijd. Uitputting van grondstoffen heeft echter wel invloed op de maatschappelijke structuur. Als de grondstoffen niet toereikend zijn, kan deze worden beïnvloed. We spreken van 'schaarste' van grondstoffen. Andersom kan de maatschappij invloed uitoefenen op die schaarste. Zo kan door maatregelen de winning van bepaalde grondstoffen bemoeilijkt worden. Uitputting van grondstoffen moet zeker worden ingecalculeerd en is daarom een maatstaf voor het model.

Voor recyclestoffen geldt hetzelfde. Ook hier kan gekeken worden naar de behoefte en de beschikbare hoeveelheid. Hoe groter de behoefte en hoe kleiner de beschikbare hoeveelheid, hoe groter de schaarste is. In dit geval zal het zeer aantrekkelijk zijn om recycling uit te voeren.

Waterverbruik

Water kan zowel grondstof als hulpstroom voor koeling en afvoer van stoffen zijn. Het gebruik van water kan, afhankelijk van de omstandigheden, schadelijk zijn voor het milieu. Zo kan de grondwaterstand verlaagd worden, wat schade aan vegetatie kan veroorzaken. De mate van verlaging van die grondwaterstand en de schade zijn echter moeilijk in te schatten. Indien er bovendien bij afvoer van het water afvalstoffen worden meegevoerd, dan worden de gevolgen hiervan met behulp van andere maatstaven (zie afvalstoffen) in rekening gebracht. Hiervoor hoeft dus geen maatstaf waterverbruik te worden ingevoerd. Het waterverbruik wordt daarom vooralsnog niet als maatstaf meegenomen.

Bodemverbruik

Biotoopverlies (zie paragraaf 1.2: biotoop) is het op een bepaalde plaats totaal verdwijnen van het natuurlijk milieu, bijvoorbeeld door afgraving, verharding of bebouwing [8]. Daling van het grondwaterpeil wordt hiermee niet omschreven. Ten behoeve van de milieumaat is het zinvol een minder absoluut criterium te hanteren, namelijk bodemverbruik. Bodemverbruik is het onttrekken van grondoppervlak aan het milieu ten behoeve van menselijke activiteiten. Hieronder valt ook bos dat wordt gekapt. Uiteraard kan houtkap worden gecompenseerd door nieuwe aanplant van bossen.

Afvalstoffen

Het produceren, in stand houden en slopen van bouwdelen brengt emissies en afval (deponie/stort) te weeg. Soms gaat het om gemakkelijk afbreekbare stoffen en soms om moeilijk afbreekbare. In beide gevallen kunnen voor mens en milieu gevaarlijke stoffen ontstaan. Bij de verschillende activiteiten komen zeer veel uiteenlopende stoffen vrij. Indien al deze stoffen als afzonderlijke maatstaven worden beschouwd², dan wordt de milieumaat-systematiek ten aanzien van het genereren, opslaan en bijstellen van al deze gegevens naar onze mening in praktische zin teveel belast. Vandaar dat we kiezen voor een differentiatie van afvalstoffen in vier aparte maatstaven.

Deze worden als volgt ingedeeld:

- uitstoot van afvalstoffen in de lucht
- lozing van afvalstoffen in het oppervlaktewater
- deponie/stort van afvalstoffen
- vrijkomen van afvalstoffen in het binnenmilieu (alleen in de gebruiksfase!)

². Alleen al ten opzichte van de in de lucht uitgestoten stoffen is een lijst van meer dan 750 chemisch onderscheidbare milieubelastende stoffen thans voorhanden.

Energie

In alle processen wordt energie verbruikt. Deze energie kan al dan niet van (fossiele) brandstoffen, zoals kolen, olie en gas, afkomstig zijn. Verder zijn kernenergie, wind- en waterkracht en zonne-energie van belang. Bovendien zou men menselijke arbeid als energie-bron kunnen beschouwen.

Voor het bepalen van de milieubelasting van een bouwdeel is vooral de van fossiele brandstoffen afkomstige energie van belang. Als maatstaf rekenen we voorlopig met de energie die afkomstig is van fossiele brandstoffen.

Transport

Grondstoffen moeten meestal van hun wingebed naar de produktieplaats vervoerd worden. Ook vervoer van het geproduceerde bouwdeel naar de bouwplaats en vervoer van bouwafval na sloop vergen transport. Het is daarom zinnig om de factor transport in de milieubeschouwing te betrekken.

Produktiemiddelen

Iedere industriële activiteit behoeft installaties en machines die zijn ondergebracht in een werkplaats of een fabriek. Bij het produceren van bouwdeel/materiaalcombinaties zullen deze installaties en gebouwen onderhoud behoeven en zullen ze vanuit technisch of economisch oogpunt worden afgeschreven. Het produceren, onderhouden en afdanken van produktiemiddelen is op zichzelf milieubelastend. De vraag is echter of we van deze factor een maatstaf moeten maken. Beseft dient te worden dat de daartoe benodigde gegevens zeer complex van aard zijn en daarom moeilijk te vergaren. Bovendien is het de vraag of de uitkomsten van de berekening wel een voldoende mate van discriminerend vermogen zullen bezitten ten aanzien van de met elkaar 'concurrerende' bouwdeelen. Vooralsnog is er geen aanleiding om te veronderstellen dat binnen een bepaalde produktiebranche in de bouw van zulke uiteenlopende procestechologieën gebruik wordt gemaakt, dat dit een aparte maatstaf voor de produktiemiddelen zou rechtvaardigen.

Afvalenergie

Afvalenergie kan in vele vormen vrijkomen (paragraaf 1.4). Een aantal vormen van afvalenergie zijn zeer schadelijk voor mens en milieu; we denken hierbij vooral aan radioactiviteit en ioniserende straling. Andere vormen van afvalenergie zijn thermische energie en akoestische energie.

Akoestische energie kan eveneens schadelijk zijn voor het gehoor.

Thermische energie kan ervoor zorgen dat bijvoorbeeld het zuurstofgehalte van water te laag wordt, met alle gevolgen vandien.

Voorlopig is gekozen voor de radioactiviteit van stoffen als rekengrootheid voor de maatstaf afvalenergie. Later kan wellicht thermische energie hieraan toegevoegd worden.

Risico

Het risico dat er een milieuramp plaatsvindt dient meegenomen te worden in de beschouwing. Men kan een risicofactor in de milieumaat invoeren door de kans op bepaalde milieu-invloeden (milieuramp) te vermenigvuldigen met die milieu-invloeden zelf. De uitkomst wordt bij de genormeerde meetwaarden van de maatstaven opgeteld.

Recycling

Na de sloop van een bouwdeel kunnen de materialen, waaruit dat bouwdeel bestaat, zowel gestort, verbrand als opnieuw gebruikt worden. Indien de materialen opnieuw gebruikt worden, al dan niet na een bewerking, kunnen deze beschouwd worden als grondstof voor een ander produkt. Op deze manier worden de grondstoffen minder snel uitgeput, wat een gunstige waarde geeft aan de maatstafwaarde voor grondstoffen.

Stort- en verbrandingsprodukten kunnen beschouwd worden als milieubelastend en vallen onder

- uitstoot van afvalstoffen in de lucht
- lozing van afvalstoffen in het oppervlaktewater
- deponie/stort van afvalstoffen

Bij een grote mate van hergebruik wordt de maatstafwaarde voor deponie/stort van afvalstoffen gunstig beïnvloed.

Daarom is het niet nodig voor recycling een aparte maatstaf te definiëren.

Levensduur en onderhoud

De duurzaamheid van bouwdelen bepaalt in sterke mate de behoefte aan vervanging en onderhoud van die bouwdelen. Dit is van groot belang voor de milieubelasting die veroorzaakt wordt. Vandaar dat levensduur en onderhoud integraal in de berekeningsprocedure worden opgenomen. Voor onderhoud dient hierbij de milieubelasting van de gebruikte onderhoudsprodukten (verf, schoonmaakmiddelen) te worden beschouwd.

We hebben thans negen maatstaven gedefinieerd en geselecteerd. Tabel 1 geeft het samenvattende overzicht.

Maatstaf	Milieu-invloed	Dimensie van de milieu-invloed
1.	grondstoffen	kg grondstoffen per kg bouwdeel
2.	bodemverbruik	m ² bodemverbruik per kg bouwdeel
3.	uitstoot van afvalstoffen in de lucht	g emissiestoffen per kg bouwdeel
4.	lozing van afvalstoffen in het oppervlakte water	g lozingsstoffen per kg bouwdeel
5.	deponie/stort van afvalstoffen	g deponiestoffen per kg bouwdeel
6.	vrijkomen van afvalstoffen in het binnenmilieu (alleen in de gebruiksfase!)	g emissiestoffen per tijdsperiode per kg bouwdeel
7.	energieverbruik	MJ energieverbruik per kg bouwdeel
8.	transport	km transport per kg bouwdeel
9.	afvalenergie	Curie per kg bouwdeel

Tabel 1. Maatstaven voor de milieumaat van een bouwdeel.

1.6 Beoordeling volgens bestaande milieunormering.

Voor de kwalitatieve weging geldt dat de milieubelastende activiteiten naar hun schadelijkheid voor het milieu moeten worden beoordeeld. De meetwaarden aangaande de milieu-invloeden van een activiteit kunnen pas in het model worden opgenomen indien zij in termen van vermeende milieubelasting zijn vertaald. Hiertoe zijn richtlijnen nodig die per milieu-invloed een uitspraak doen over de schadelijkheid ten opzichte van het milieu.

Om de maatstaven te hanteren is zoveel mogelijk uitgegaan van bestaande normen. Deze normen zijn gerelateerd aan milieu-effecten en maken het mogelijk effecten van verschillende stoffen en verschillende soorten energie onderling te vergelijken en/of op te tellen.

In het volgende overzicht is aangegeven welke normen er bestaan en welke richtlijnen moeten worden opgesteld om de diverse milieubelastinggegevens tot maatstafgetallen te kunnen vertalen.

Maatstaf	Milieu-Invloed	Beoordelingsnorm/richtlijn
1.	Grondstoffen	Mate van schaarste van een grondstof
2.	Bodemverbruik	Ecologische waarde van de aangetaste biotoop
3.	Uitstoot van afvalstoffen in de lucht	Indicatief Meerjaren Programma Lucht [9]
4.	Lozing van afvalstoffen in het oppervlaktewater	Indicatief Meerjaren Programma Water [10]
5.	Deponie/stort van afvalstoffen	Indicatief Meerjaren Programma Chemisch Afval [11]
6.	Vrijkomen van afvalstoffen in het binnenmilieu (alleen in de gebruiksfase)	MAC-waarden [12]
7.	Energieverbruik	Milieubelasting bij opwekking en schaarste van de energie
8.	Transport	Milieubelasting per soort transport
9.	Afvalenergie	Milieubelasting per soort straling

Tabel 2. Beoordelingsnormen en richtlijnen ten behoeve van het bepalen van de schadelijkheid van milieu-maatstaven.
 Binnen het kader: bestaande normen
 Buiten het kader: richtlijnen

Om de maatstaf uit te drukken dienen nieuwe grootheden te worden ingevoerd. Deze geven de gewogen meetwaarden van de maatstaven weer. De grootheden worden gerelateerd aan de milieu-invloeden en de richtlijnen en normen. Hieronder volgt een overzicht.

Maatstaf	Dimensie van de maatstaf	Grootheid
1.	hoeveelheid [kg] * schaarste []	Grondstof Equivalent
2.	$\frac{\text{hoeveelheid [m}^2\text{]}}{\text{ecologische waarde []}}$	Bodemverbruik Equivalent
3.	$\frac{\text{hoeveelheid [g]}}{\text{norm IMP-L [\mu g/m}^3\text{]}}$	Genormeerd Uitstoot Equivalent
4.	$\frac{\text{hoeveelheid [g]}}{\text{norm IMP-W [\mu g/l]}}$	Genormeerd Lozings Equivalent
5.	$\frac{\text{hoeveelheid [g]}}{\text{norm IMP-CA [mg/kg]}}$	Genormeerd Stort Equivalent
6.	$\frac{\text{hoeveelheid [g]}}{\text{norm MAC [\mu g/m}^3\text{]}}$	Genormeerd Binnenmilieu Equivalent
7.	hoeveelheid [MJ] * schaarste []	Energieverbruik Equivalent
8.	hoeveelheid [km]	Transport Equivalent
9.	hoeveelheid [Ci]	Afvalenergie Equivalent

Tabel 3. Grootheden om de maatstaven uit te rekenen.

Uiteraard kunnen de grootheden worden aangepast indien een verfijning gewenst is. Dit geldt bijvoorbeeld voor de maatstaven energieverbruik, transport en afvalenergie.

Toelichting bij tabellen 2 en 3.

ad Maatstaf 1) Grondstoffen.

Het is aan te bevelen niet alleen te kijken naar de hoeveelheid grondstoffen die nodig is voor de produktie van een bepaald bouwdeel, maar ook naar de schaarste van die grondstoffen. Hiervoor dient een schaarste-index beschikbaar te zijn. Aanbevolen wordt om de schaarste-index te koppelen aan de prijs op de wereldmarkt. Deze prijs is echter een economische grootheid en geen milieu-technische.

Zoals eerder opgemerkt (paragraaf 1.5) worden ook recyclestoffen als grondstoffen gebruikt. Ook hiervoor kan de prijs dienen om een indicatie te geven van de schaarste-index. Indien men echter het belang van recycling zwaar laat wegen, dient men een extra factor in te voeren. Deze moet er voor zorgen dat recyclestoffen gunstiger worden beoordeeld dan andere grondstoffen. De schaarste-index voor recyclestoffen wordt dan door deze factor verlaagd. Met de schaarste-index kan het Grondstof Equivalent worden berekend.

ad Maatstaf 2) Bodemverbruik.

Behalve het oppervlak is ook de ecologische waarde van de bodem van belang. Naarmate een vernietigde biotoop waardevoller is (denk aan houtkap in tropisch regenwoud ten opzichte van houtkap in Zweeds produktiebos) dient het bodemverbruik zwaarder te wegen. Hiervoor is vooralsnog echter geen index beschikbaar. Men kan hier wel een klasse-indeling voor opstellen. Met behulp van deze klasse-indeling kan men het Bodemverbruik Equivalent berekenen.

ad Maatstaf 3) Uitstoot van afvalstoffen in de lucht.

In het Indicatief Meerjaren Programma Lucht 1985-1989 [9] wordt een overzicht gegeven van de interim grenswaarden en streefwaarden luchtkwaliteit. Er zijn nog niet zoveel waarden beschikbaar. Dit dient uitgebreid te worden met andere waarden. De waarden kunnen als norm voor het Genormeerd Uitstoot Equivalent dienen.

ad Maatstaf 4) Lozing van afvalstoffen in het oppervlaktewater.

Voor wat betreft de lozing naar water zou in principe moeten worden meegewogen naar welk soort water de lozing plaats vindt. Terecht bestaan er verschillende normen voor bijvoorbeeld lozing naar 'gewoon' oppervlaktewater, naar voor drinkwaterbereiding bestemd oppervlaktewater, naar viswater, etc. Het is vooralsnog ondoenlijk om bij de berekening van de milieumaat in aanmerking te nemen naar welk water een lozing plaats vindt. In het Indicatief Meerjaren Programma Water 1985-1989 [10] wordt een overzicht gegeven van de getalswaarden van de basiskwaliteit van het oppervlaktewater. Deze lijst is uiteraard ook beperkt en dient eventueel uitgebreid te worden. Aan de hand hiervan kan men dan het Genormeerd Lozings Equivalent uitrekenen.

ad Maatstaf 5) deponie/stort van afvalstoffen

De Indicatief Meerjaren Programma Chemisch Afval 1985-1989 [11] gaat uit van onder andere de wet chemische afvalstoffen waarin verschillende klassen van chemisch afval zijn ingedeeld. Afhankelijk van met name de toxiciteit is het toegestane gehalte van een bepaalde stof hoger of lager alvorens iets als chemisch afval bestempeld wordt. Indien bouw- en sloopafval niet in de categorie 'overig' wordt ingedeeld, kan men met behulp van de klasse-indeling van deze wet het Genormeerd Stort Equivalent berekenen.

ad Maatstaf 6) vrijkomen van afvalstoffen in het binnenmilieu

De MAC-waarde [12] van een stof is de maximaal aanvaarde concentratie van een stof in de lucht bij de werkplek gedurende de werktijd, die de gezondheid van de werknemers niet benadeelt. Over MAC-waarden bestaat veel overeenstemming, terwijl het aantal stoffen waarvan de MAC-waarden bekend zijn zeer aanzienlijk is. Voor een onderlinge weging van de effecten van stoffen op de gezondheid is een lijst van MAC-waarden dan ook zeer geschikt. Het Genormeerd Binnenmilieu Equivalent komt hieruit voort.

ad Maatstaf 7) Energieverbruik.

Voor fossiele brandstoffen geldt dat zij over niet al te lange tijd uitgeput raken. Analoog aan de schaarste-index voor grondstoffen, kan ook voor fossiele brandstoffen een schaarste-index worden vastgesteld. De milieubelasting, die bij de opwekking van energie ontstaat, is in deze schaarste-index echter niet terug te vinden. Deze milieubelasting hangt af van de voor de energieopwekking gebruikte brandstof. Indien deze milieubelasting in de maatstaf wordt ondergebracht, dient een extra weging te worden ingevoerd. Dit is vooralsnog niet aan te bevelen. Het Energieverbruik Equivalent wordt gerelateerd aan de schaarste-index voor de fossiele brandstoffen.

ad Maatstaf 8) Transport.

Voor de milieubelasting ten gevolge van transport geldt hetzelfde als voor energieopwekking. In gevallen, waarbij bekend is met welke middelen de stoffen worden vervoerd, kan transport worden vertaald in termen van energie, emissie (luchtverontreiniging) en bodemverbruik (aanleg van wegen, filevorming e.d.).

Ook hier zou een extra weging moeten worden uitgevoerd om de milieu-invloeden van de verschillende soorten transport te vergelijken. Ook dit is in de praktijk moeilijk te realiseren. Het Transport Equivalent wordt uitgedrukt in het totaal aantal kilometers transport, onafhankelijk van het soort transport.

ad Maatstaf 9) Afvalenergie.

Van afvalenergie wordt alleen radioactiviteit van stoffen bekeken. Er wordt dus niet naar de ontvanger, mens, dier, plant of gewoon omgeving, gekeken. De radioactiviteit wordt in Curie uitgedrukt. Er vindt geen weging plaats naar effecten van verschillende soorten straling. Het Afvalenergie Equivalent wordt berekend aan de hand van de totale hoeveelheid radioactiviteit van de stoffen die voor een kg produkt ergens in de levensloop vrijgekomen is. Afvalenergie wordt niet naar het milieucompartiment onderscheiden.

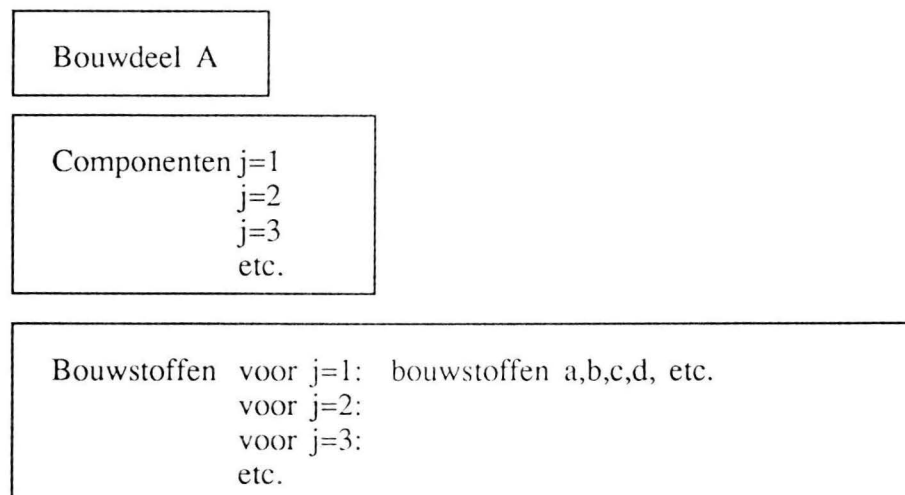
2. Rekenmodel voor het bepalen van de milieumaat van een bouwdeel

2.1 Modeluitgangspunten

Voor de berekening van de milieumaat is het van belang dat het te beoordelen materiaal of produkt in een bouwkundige context wordt geplaatst. De berekening geschiedt aan de hand van bouwdeel/materiaal-combinaties omdat, zonder zo'n context, geen zinnige uitspraak over levensduur en benodigd onderhoud kan worden gedaan.

1. Opbouw bouwdeel

In het model gaan we er van uit dat een bouwdeel is opgebouwd uit componenten (j stuks), welke op hun beurt weer zijn samengesteld uit bouwstoffen (zie onderstaand schema). Als rekenuitgangspunt wordt uitgegaan van de milieubelasting behorende bij 1000 gram gemonteerd bouwdeel.



Figuur 7. De opbouw van een bouwdeel. Opmerking: een component of een bouwstof worden ook wel als 'bouw materiaal' aangeduid.

2. Activiteitenbestand

Centraal in het model staat een uitgebreid activiteitenbestand. Van elke activiteit of proces is de milieubelasting gegeven. De milieubelasting bezit 9 kengetallen, conform de 9 milieumaatstaven zoals die in hoofdstuk 1 zijn gedefinieerd.

3. Bedrijfsgetallen versus branchegetallen

De genoemde 9 kengetallen zijn gebaseerd op bedrijfsgericht enquête-onderzoek. De branche waartoe de te enquêteren bedrijven behoren betreft de bedrijven die werkzaam zijn in de Nederlandse bouw en de toeleverende bedrijven uit binnen- en buitenland. Al naar gelang het marktaandeel van een bedrijf voor een bepaalde activiteit worden de bedrijfs-milieubelastingsgetallen omgerekend tot branche-milieubelastingsgetallen.

4. Gebruiksperiode, onderhoudsperiode en levensduur

Naast het berekenen van de milieubelasting van activiteiten is het van belang om te berekenen hoe vaak een bepaalde onderhoudsactiviteit gedurende de gebruiksperiode moet worden uitgevoerd. Om dit te berekenen maakt het model gebruik van:

1. de gebruiksperiode G ; deze moet worden gekozen, bijv. $G = 40$ jaar, $G = 80$ jaar, $G = 120$ jaar, etc. Ter vergelijking van bouwdelen dient deze periode wel vast te staan.
2. de gemiddelde levensduur van een component L_j ; hiervan zijn reeds gegevensbestanden voor vele bouwdeel-materiaal-combinaties aanwezig [13].
3. de gemiddelde onderhoudsduur van een component g_i ; deze wordt in het model vertaald naar de gemiddelde tijd die verloopt tussen twee identieke onderhoudsactiviteiten i . Ook hiervan zijn uitgebreide gegevensbestanden aanwezig [14].

Met behulp van deze gegevens kan per bouwdeel een activiteitschema worden opgesteld waarbij voor iedere activiteit i , welke in de levensloop van dat bouwdeel een rol speelt, wordt aangegeven hoeveel input en output van massa er nodig is per 1000 gram gemonteerd bouwdeel.

2.2 Activiteiten- en processchema's

Zoals uit het voorgaande al blijkt vergt de berekening van een milieumaat voor een bouwdeel, waarin vaak vele grondstoffen en materialen via verschillende componenten zijn verwerkt, een omvangrijke hoeveelheid gegevens. Om hieraan te komen dient allereerst een activiteiten- of processchema voor de gehele levensloop van een bouwdeel te worden opgesteld. Hierna kan men dit schema stap voor stap invullen.

Activiteiten worden aangeduid met:

- A) een werkwoord dat de activiteit of het proces typeert (bijv. afkorten, verhitten, verzinken, delven, etc.).
- B) de naam van het materiaal dat de bewerking ondergaat (bijv. mergel, aluminaat, staal etc.).
- C) eventueel een extra aanduiding van de methode of techniek waarvan men zich binnen de activiteit bedient (bijv. elektrolyse, graafmachine, zaagtype, etc.).

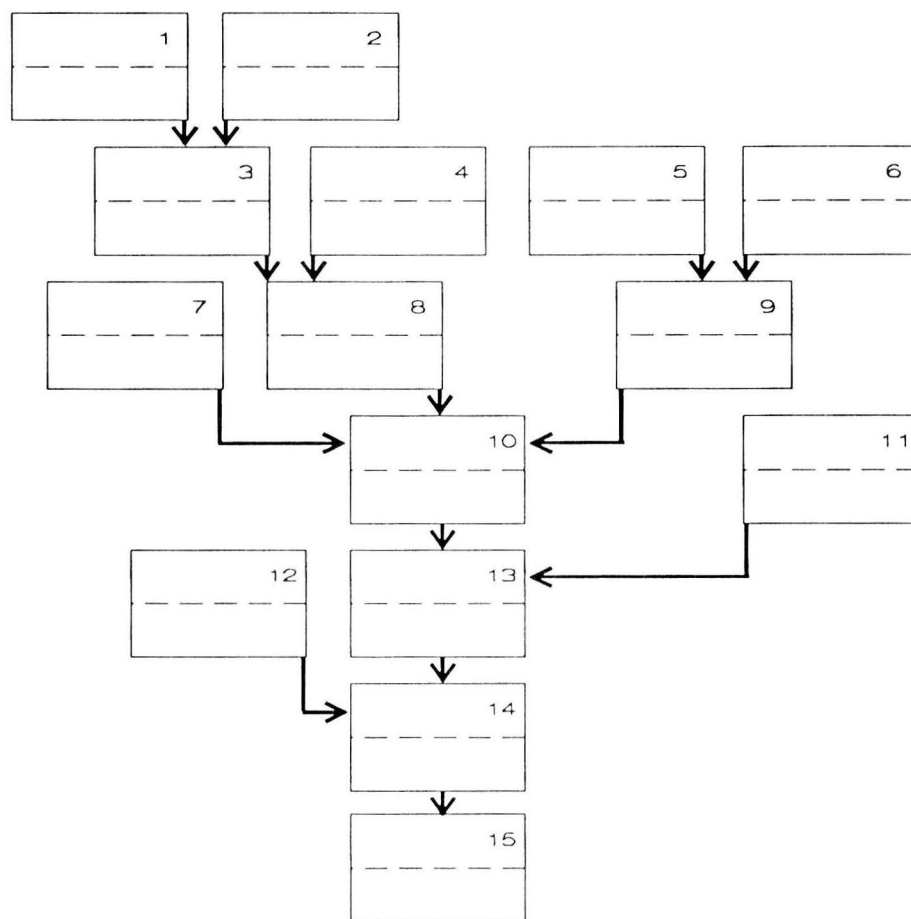
Een activiteit is dan bijvoorbeeld verzinken van staal met behulp van elektrolyse.

Activiteiten kunnen in het bestand worden uitgewisseld als:

1. Het dezelfde soort activiteit betreft, hetzelfde materiaal en dezelfde techniek.
 2. Wanneer na onderzoek blijkt dat de maatstaven niet verschillen.
- Bijvoorbeeld het **afkorten** van **pvc profielen** m.b.v. de lintzaag is als activiteit uitwisselbaar met het **afkorten** van **aluminium profielen** m.b.v. de lintzaag, indien de milieubelasting (door onder andere het zaagsel en het stof) gelijk is.

2.2.1 Activiteiten en processen ten behoeve van winning en produktie.

Deze categorie van activiteiten en processen is de meest uitgebreide en vergt daarom ook de meest uitgebreide inventarisatie. Daar staat tegenover dat we precies kunnen nagaan welke activiteiten door welke bedrijven zijn uitgevoerd ten einde het bouwdeel in zijn gemonteerde staat te krijgen. De activiteiten zijn op het moment van milieumaatbeoordeling, namelijk op het punt dat het bouwdeel zich in gemonteerde toestand bevindt, in de tijd gezien al volbracht. Men kan nu een activiteitschema opstellen als in figuur 8.



Figuur 8. Activiteitschema ten behoeve van de productie en montage van een bouwdeel of component.

Het activiteitschema vormt het geraamte voor het vergaren van de benodigde gegevens. Per activiteit wordt de aard en omvang van de milieubelasting vastgesteld. Dit vergt enquête-onderzoek in de totale branche.

Tot de branche behoren bedrijven in binnen- en buitenland die actief zijn in de Nederlandse bouw. Buitenlandse bedrijven die een relevant deel van hun output leveren aan de Nederlandse markt, rekenen we hier dus ook toe. Indien we de toeleverende en producerende bedrijven beschouwen dan geldt dat per bedrijf een of meerdere activiteiten worden uitgevoerd. De milieu-invloeden van die activiteiten kunnen van bedrijf tot bedrijf verschillen. In principe worden alleen bedrijfsgegevens verzameld betreffende één activiteit, waarna de gegevens tot branchegegevens worden geconverteerd.

Indien een relevant aantal bedrijven van een bepaalde branche alleen gegevens betreffende een bepaald cluster van activiteiten of processen kan leveren, kan de vergelijking van afzonderlijke activiteiten moeilijk worden. In dat geval dient een cluster van activiteiten in het activiteitschema te worden opgenomen. Wél moet de vergelijking van deze clusters met andere bedrijven zoveel mogelijk gehandhaafd blijven.

2.2.2 Activiteiten en processen ten behoeve van onderhoud en gebruik.

Betreffende het gebruik zijn naast de duurzaamheid van een bouwdeel, wat de milieu-effecten integraal beïnvloedt, de gezondheidsaspecten voor de mens van belang. Ook speelt bij het gebruik onderhoud een niet te verwaarlozen rol. Met behulp van onderhoud kan de levensduur van een bouwdeel worden verlengd.

1. Onderhoud

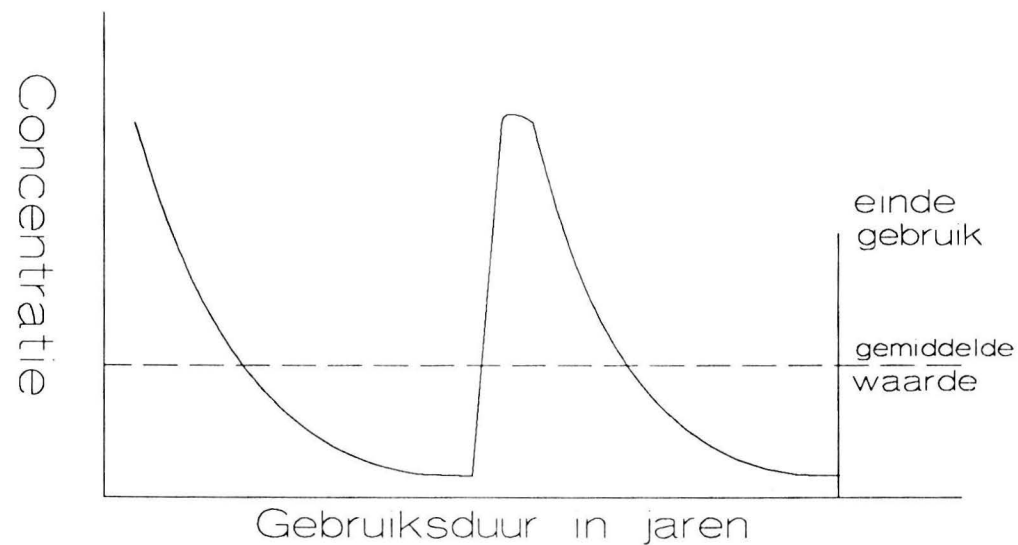
Onder onderhoudsactiviteiten verstaan we in de regel de reiniging van het bouwdeel en het aanbrengen van reparatie- en beschermingsmaterialen. Zowel de reinigingsactiviteit zelf als het vervaardigen en verwerken van de reinigingsstoffen worden in het onderhoudscenario van het betreffende bouwdeel opgenomen. Dit geldt uiteraard ook voor de reparatie- en beschermingsactiviteiten. Naar analogie met de productie- en montageprocessen dienen de activiteiten die te maken hebben met het gedurende periode G onderhouden van het bouwdeel te worden geïnventariseerd. Bijvoorbeeld voor een bouwdeel als een houten gevelkozijn worden de productie en applicatie van verfstoffen in de berekening van de milieubelasting ingevoerd.

2. Gezondheid

Zoals algemeen bekend, onder andere door de publiciteit rond het vrijkomen van formaldehydegas uit spaanplaat en het vrijkomen van radongas uit gips, spelen in de gebruiksfase de gezondheidsaspecten een grote rol. Dit type aspecten kan men beoordelen door de emissie van stoffen naar het binnenmilieu als extra maatstaf te behandelen. De betreffende maatstaf dient anders benaderd te worden dan de andere maatstaven. Immers, de tijdsperiode dat uitstoot van schadelijke stoffen plaatsvindt speelt hier een rol. Deze tijdsperiode is gelijk aan de gebruiksfase.

We zullen bovendien rekening moeten houden met de meetbaarheid van de uitstoot van stoffen. Men kan als standaardreferentie een vertrek met een bepaald ventilatievoud definiëren, waarin het bouwdeel op een vooraf bepaalde wijze is aangebracht. Meetbaar zijn dan de concentraties van stoffen in de ruimte.

Welke meetwaarden bekijkt men echter? Het is namelijk waarschijnlijk dat de concentraties vooral vlak na de montage het hoogst zullen zijn en daarna zullen dalen. Berekening van de totale uitstoot gedurende de gebruiksduur lijkt het meest betrouwbaar. Zie figuur 9.



Figuur 9. Het bepalen van het gemiddelde concentratieniveau van een schadelijke emissie van een bouwdeel in een referentieruimte.

3. *Energieverbruik tijdens gebruik*

Een ander aspect betreffende het gebruik is het energieverbruik van gebouwen dat door bepaalde bouwdelen beïnvloed wordt. Het is mogelijk hierover een berekening op te zetten [15], doch dit maakt de systematiek ter berekening van de milieumaat te gecompliceerd. De samenhang met de andere bouwdelen en de wijze van gebruik dienen in deze beschouwing betrokken te worden. Wij kiezen er voor om ons te beperken tot de effecten die direct betrekking hebben op de produktie, onderhoud, sloop en afvalverwerking van het bouwdeel zelf.

2.2.3 Activiteiten en processen ten behoeve van sloop en afvalverwerking.

Een aparte behandeling gelden de sloop- en afvalverwerkingsactiviteiten van een bouwdeel. Immers voor zover het produktie en montage betreft, hebben we te maken met veelal industriële procestechnieken, waarvan de toegepaste technieken en methoden in principe bekend zijn. Voor het slopen, verwerken en storten van bouwpuin bestaan er, in tegenstelling tot de andere procestechnieken, geen eenduidige methoden.

1. *Sloopmethoden*

Veelal hangt de keuze van de sloopmethode af van omstandigheden als:

1. De hoedanigheid van de draagconstructie;
2. De omvang en/of de bestemming van het bouwwerk;
3. De bouwkundige- en infrastructurele omgeving;

Dit plaatst ons voor het dilemma dat de meetwaarden voor de milieubelasting op activiteiten moet worden gebaseerd waarvan de gehanteerde techniek niet als vast kan worden aangenomen³ en waarvan bovendien ook de volgorde niet vaststaat.

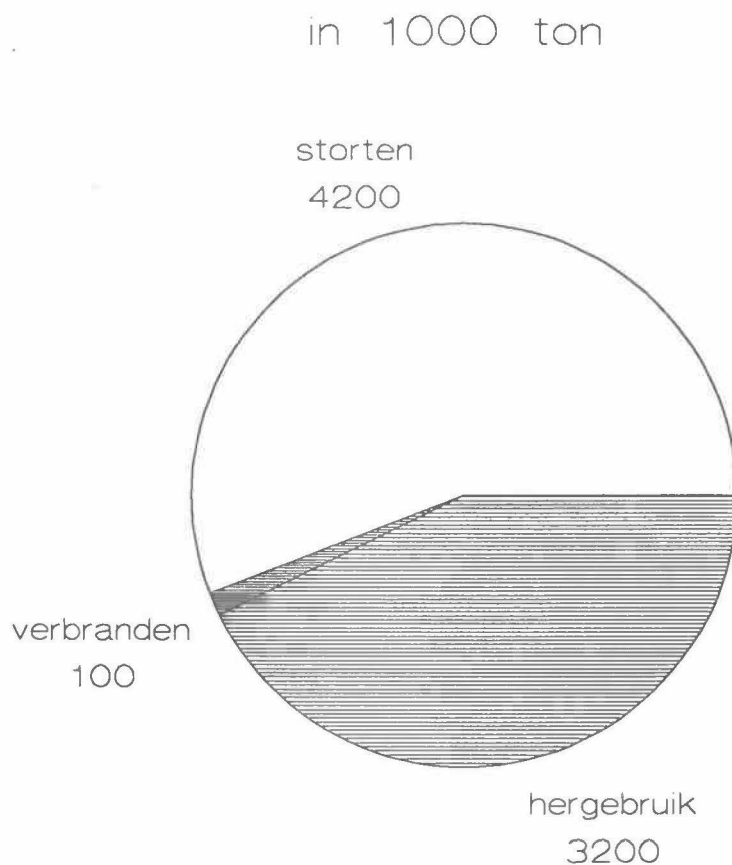
Vandaar dat we veronderstellingen moeten maken op grond waarvan de sloopactiviteiten in technische zin kunnen worden ingeschat. Hiertoe is het nodig het te beoordelen bouwdeel door een drietal aanduidingen te laten vergezellen: een bestemmingsaanduiding, een bouwijze aanduiding en een locatieaanduiding.

2. *Afvalverwerking*

Ook voor afvalverwerkingsactiviteiten van bouwpuin is heden ten dage geen eenduidig recept te geven. Op dit gebied bestaan er diverse naast elkaar gebruikte technieken en methoden.

Grofweg kan men stellen dat van het bouw- en sloopafval dat op dit moment jaarlijks vrijkomt, zo'n 7 à 8 miljoen ton volgens het rapport "Zorgen voor morgen" [16], voor een deel wordt gekorrelt of gesmolten, voor een ander deel wordt verbrand en voor het overige deel wordt gestort. Daarbij moeten we ons bedenken dat er thans in Nederland bouwwerken worden gesloopt of gerenoveerd die merendeels reeds 50 tot 80 jaar oud zijn. Hierdoor zijn de fracties afvalpuin, naar materiaalsoort, een afspiegeling van de bouwmethoden zoals die in de periode 1910 tot 1940 zijn toegepast.

³. Het slopen in de binnensteden, waar veel belendende percelen zijn, gebeurt nog grotendeels handmatig. Wel worden vaak elektrische sloophamers en pneumatische klopboren of hamers gebruikt. De laatste worden, als de omstandigheden het toelaten, soms in combinatie met hydraulische machines toegepast. Voor meer vrijstaande gebouwen wordt vaak een dragline gebruikt voor het slopen met de beul (zwaaiende kogel). Voor gewapend beton constructies worden wel elektrische vloer- en wandzagen toegepast met diamanten zaagblad. Als de omstandigheden het toelaten wordt springstof gebruikt.



Figuur 10. Overzicht van sloop- en verwerkingsgegevens van bouw- en sloopafval in Nederland in 1986. [16]

Gezien de toekomstige toepassing van de milieumaat is het daarom meer voor de hand liggend om een **meer op de toekomst gericht** sloopscenario te beschouwen. Zo'n scenario zou gebaseerd moeten zijn op het materiaalgebruik en de bouwmethoden zoals die zich in de naoorlogse situatie in Nederland hebben voorgedaan. Dat wil zeggen:

1. een significante verschuiving van metselwerkconstructies met houten vloeren naar gewapend beton constructies met betonnen vloeren.
2. een groter aandeel aan metalen waaronder aluminium en roestvrijstaal.
3. en een veel groter gebruik van kunststoffen in allerlei bouwdelen dan thans in de verwerkingscijfers is te zien.

Onderzoeken hiervoor zijn, met name op provinciaal niveau, her en der momenteel in uitvoering (provincie Z.Holland). Concrete resultaten zijn er echter nog niet.

Wat wel vaststaat is dat we in de toekomst een verschuiving te zien krijgen binnen de categorie steenachtig puin in de richting van gewapend beton

(was 40 %, wordt 70% tot 80% volgens de Branchevereniging Recycling Bouw- en Sloopafval, BRBS, te Houten).

Ook zullen we ongetwijfeld zien we dat de verhouding tussen storten, verbranden en recycling via korrelen, etc. zal veranderen ten gevolge van de hernieuwde inzichten op milieugebied die zich momenteel afspelen.

Met deze veranderingen moet bij het opstellen van het verwerkingsscenario voor de milieumaat rekening worden gehouden. De meetwaarden voor de verwerkingsactiviteiten i zouden hierop moeten worden gebaseerd.

2.3 Maatstafgetallen en stroomfactoren

De meetwaarde van maatstaf m , bij een activiteit i ten behoeve van component j , noemen we in het model X_{iBm} . X_{iBm} is een bedrijfsgetal, d.w.z. dat het getal alleen voor zeker bedrijf B geldt.

Over het algemeen is de bestekschrijver echter niet geïnteresseerd in de vraag welk bedrijf een produkt vervaardigd heeft. De aannemer is dan vrij om gelijkwaardige alternatieven te kiezen voor een voorgeschreven produkt. In de toekomst zal dit door het toepassen van prestatiegerichte bestekken nog meer voorkomen. Vandaar dat we ons liever baseren op een **gemiddelde waarde** \underline{X}_{im} van alle aan een bouwdeel-activiteit bijdragende bedrijven dan alleen op de X_{iBm} waarde die per bedrijf geldt. De gemiddelde waarde \underline{X}_{im} noemen we het branchegetal voor activiteit i , component j en maatstaf m .

Als we de bedrijfsgetallen X_{iBm} weten kunnen we het branchegetal \underline{X}_{im} als volgt bepalen:

$$\underline{X}_{im} = \frac{\sum (r_{iB} * X_{iBm})}{\sum_{B=1}^U r_{iB}}$$

waarin: \underline{X}_{im} = branchegetal van maatstaf m gerelateerd aan de output van activiteit i

X_{iBm} = bedrijfsgetal van maatstaf m gerelateerd aan de output van activiteit i

r_{iB} = bijdrage van een bepaald bedrijf aan totale output van activiteit i

U = aantal bedrijven dat de activiteit i uitvoert binnen de vooraf gedefinieerde marktgrenzen

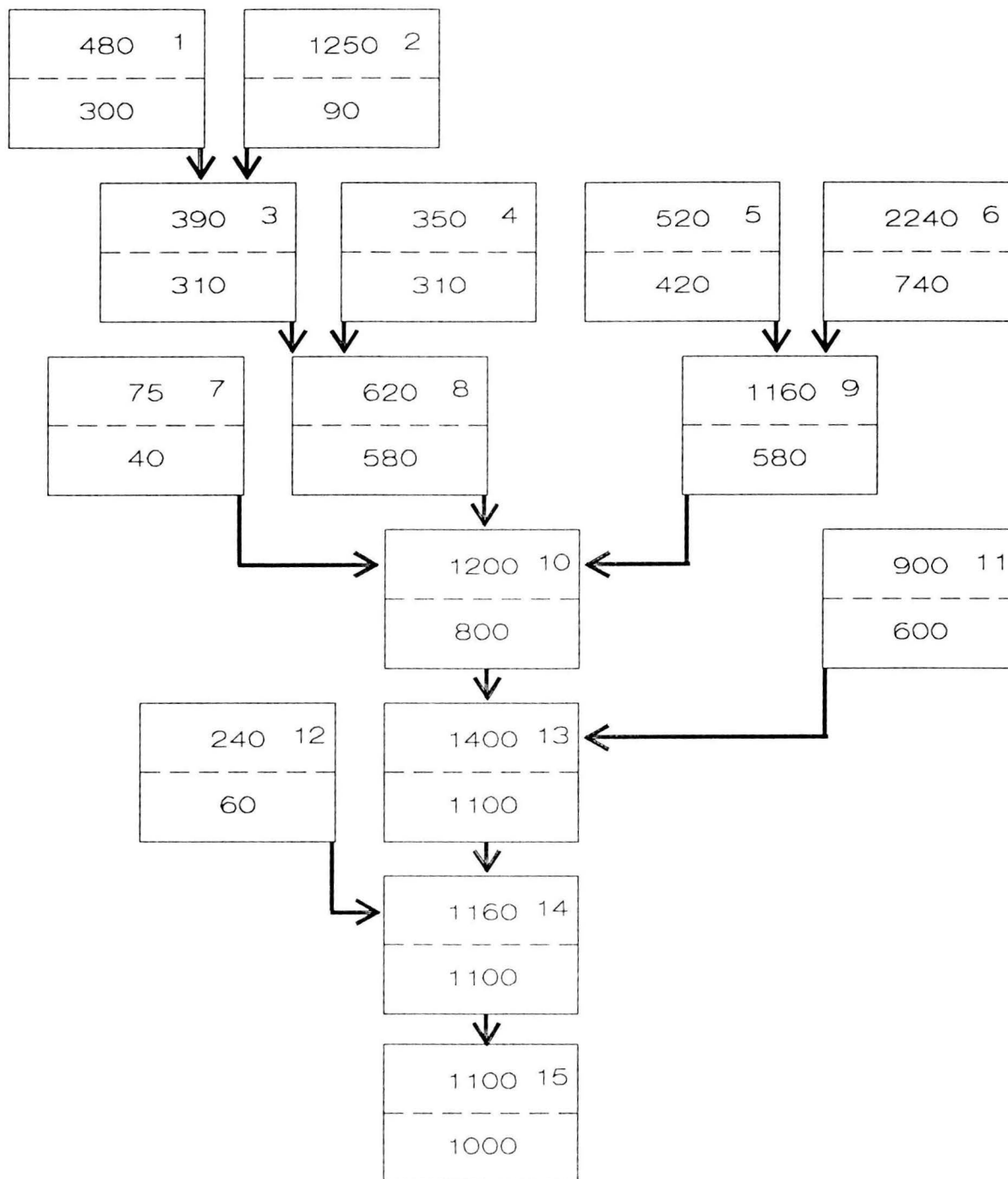
Hierbij zorgt het marktaandeel r_{iB} ervoor dat de meetwaarden \underline{X}_{im} gewogen gemiddelde waarden zijn. De omzet van een bedrijf bepaalt hoe sterk de bedrijfsgetallen meetellen in het branchegetal. Het marktaandeel is gerelateerd aan de betrokken activiteit of verzameling activiteiten.

De waarden \underline{X}_{im} worden uitgedrukt, afhankelijk van de betreffende maatstaf, in de dimensies zoals weergegeven in Tabel 1 van hoofdstuk 1. Het model werkt echter met de grootheden welke in Tabel 3 van hoofdstuk 1 zijn gegeven. De \underline{X}_{im} waarden dienen derhalve tot de **maatstafgetallen** K_{im} omgerekend te worden. Het omrekenen wordt in de volgende paragraaf behandeld. De maatstafgetallen vormen de belangrijkste input van het rekenmodel voor de milieumaat.

Deze maatstafgetallen K_{im} , die zijn gerelateerd aan de output van een activiteit i , dienen gerelateerd te worden aan één kilogram van de component j . Daartoe definiëren we een **stroomfactor** f_{ij} . Dit is een getal waarmee wordt aangegeven hoe de output van activiteit i (in kg) zich verhoudt tot de output van de component j (in kg). Indien we een activiteitschema opzetten voor een bouwdeel, kan voor elke activiteit i worden bepaald hoe groot de output moet zijn om tot 1000 gram van een component j te komen. De na de productie volgende activiteiten zoals onderhoud, sloop, verwerking en stort worden ook in het schema opgenomen.

De stroomfactor f_{ij} van een activiteit i geeft aan wat de bijdrage van het maatstafgetal K_{im} van die activiteit i is aan het totale maatstafgetal K_{im} van de component j . Met behulp van deze stroomfactoren f_{ij} en de meetwaarden K_{im} van alle activiteiten i van de levensloop kunnen de totale maatstafgetallen voor de component j berekend worden.

De massa's van de verschillende componenten van de bouwdeel/materiaal-combinatie worden met behulp van het fractiegetal F_j aangegeven. Er is gekozen voor het rekenen met afzonderlijke componenten met het oog op mogelijke uitbreiding van het rekenmodel. Met behulp van de fractiegetallen F_j kan men de milieutechnische analyse uitbreiden van het niveau van het bouwdeel tot het niveau van, uiteindelijk, het hele bouwwerk.



Figuur 11. Activiteitschema met fictieve input- en outputgetallen ten behoeve van 1000 g van component j.

2.4 Procedurestappen bij de berekening

De berekening van de milieumaat kan in 9 stappen worden opgesplitst. Elke stap levert een getal op dat voor een volgende stap benodigd is.

Stap 1. Bepaling van de samenstelling van 1000 gram bouwdeel. (F_j)

Voor de bepaling van de samenstelling van 1000 gram bouwdeel dienen de massa's van de componenten bekend te zijn. Dit resulteert in bijvoorbeeld een overzicht als volgt:

Bouwdeel A	1000 gram
<hr/>	
Component 1	722 gram
Component 2	273 gram
Component 3	5 gram

Tabel 4.

Aangezien we een bouwdeel wegen in zijn droge staat dienen we bij het berekenen van de massa van in natte staat verwerkte componenten en produkten uit te gaan van de volumieke massa van het materiaal in droge staat.

Stap 2. Vaststelling van het activiteitschema. (f_{ij})

De keuzen van het bouwdeel en de soort en hoeveelheid van de componenten bepalen welke activiteiten i in de levensloop van dat bouwdeel een rol spelen. Deze keuze bepaalt welke grondstoffen en/of recyclestoffen verwerkt worden, welke productie- en montage-activiteiten plaatsvinden, welke onderhoudsactiviteiten voor de instandhouding van het bouwdeel nodig zijn en welke sloop- en afvalverwerkingsscenario's relevant zijn.

In een activiteitschema worden de activiteiten aan elkaar gekoppeld. De in- en output getallen bepalen dan de stroomfactoren f_{ij} . De stroomfactor f_{ij} geeft een verhouding aan van de output van de activiteit i ten opzichte van één kilogram van de component j van het bouwdeel.

Component 1 [722/1000]

Act. i = 4	f = 0,31
Act. i = 6	f = 0,74
Act. i = 10	f = 0,80
Act. i = 13	f = 1,10
Act. i = 14	f = 1,10

etc.

Tabel 5.

Indien een activiteit uit het bestand niet in de levensloop van de betreffende component voorkomt, dan wordt f_{ij} gelijk aan nul.

Stap 3. Verzameling van de bedrijfsgetallen. (X_{iB_m})

Per activiteit worden de bedrijfsgetallen verzameld. In het geval dat activiteiten gebundeld worden gebeurt dit per verzameling van activiteiten. Dit leidt bijvoorbeeld tot het volgende overzicht.

Component 1

Activiteit	Bedrijven die de activiteit uitvoeren
4	B ₁ ; B ₃ ; B ₄ ; B ₇ ;
6	B ₃ ; B ₄ ; B ₆ ;
10	B ₂ ; B ₆ ; B ₇ ; B ₈ ; B ₉ ;
13	B ₉ ;
14	B ₅ ; B ₆ ; B ₉ ; B ₁₀ ; B ₁₁ ; B ₁₃ ;
etc.	

Tabel 6.

Meetwaarden	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	etc.
4	X _{4,1,m}		X _{4,3,m}	X _{4,4,m}			
6			X _{6,3,m}	X _{6,4,m}		X _{6,6,m}	
10		X _{10,2,m}				X _{10,6,m}	
13							
14					X _{14,5,m}	X _{14,6,m}	
etc.							

Tabel 7.

Stap 4. Bepaling van de branchegetallen. (\underline{X}_{iBm} en r_{iB})

Voor de berekening van de milieumaat werken we niet met bedrijfsgetallen maar met branchegetallen. Om van bedrijfsgetallen branchegetallen te maken dienen we te weten wat het marktaandeel is van bedrijf dat zich met een bepaalde activiteit i bezighoudt. Ook deze gegevens dienen na onderzoek in een bestand te worden verzameld.

Voorbeeld van een marktaandelen bestand:

Component 1

Marktbijdragen	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	etc.
4	0,10		0,35	0,15			
6			0,55	0,25		0,20	
10		0,75				0,10	
13							
14					0,15	0,15	
etc.							

Tabel 8.

Het totale marktaandeel per activiteit i moet gelijk zijn aan 1.
De berekening gaat nu als volgt.

Voor maatstaf m wordt $\underline{X}_{4,m}$:

$$\underline{X}_{4,m} = 0,1 * X_{4,1,m} + 0,35 * X_{4,1,m} + 0,15 * X_{4,1,m} + \text{etc.}$$

Het branchegetal $\underline{X}_{i=4,m}$ is de gemiddelde waarde voor maatstaf m voor de milieubelasting van activiteit $i = 4$.

Stap 5. De omrekening van de branchegetallen tot maatstafgetallen. (K_{im})

De in stap 4 berekende grootheden slaan op verschillende soorten van grondstoffen (maatstaf 1), verschillende soorten van bodemverbruik (maatstaf 2), verschillende soorten van afvalstoffen (maatstaven 3, 4, 5 en 6), verschillende soorten van energieverbruik (maatstaf 7), de transportafstand (maatstaf 8) en de afvalenergie (maatstaf 9).

Deze waarden dienen omgezet te worden naar maatstafgetallen. Niet bij alle maatstaven wordt onderscheid gemaakt naar soort milieu-invloed, zoals bij transport waar de totale transportafstand wordt berekend, zonder onderscheid naar vorm van energie te maken. In dat geval hoeft geen extra converteerstap te worden gedaan. Dit geldt behalve voor transport ook voor de maatstaf afvalenergie.

Indien wél onderscheid wordt gemaakt naar milieu-invloed, wordt een weging toegepast met behulp van de normen of richtlijnen die bestaan of opgesteld zijn.

Voor uitstoot van afvalstoffen in de lucht geldt dan bijvoorbeeld:

$$\frac{E_1}{n_1} + \frac{E_2}{n_2} + \frac{E_3}{n_3} + \frac{E_4}{n_4} = K_{4,3}$$

voor maatstaf 3 en activiteit 4.

De variabele E staat voor de soort afvalstof en de parameter n staat voor de maximaal toegestane grenswaarde die voor die afvalstof gehanteerd wordt.

Stap 6. Sommatie I; sommatie van de maatstafgetallen per component.

Het produkt van de maatstafgetallen K_{im} en de corresponderende stroomfactoren f_{ij} wordt voor alle activiteiten gesommeerd. De uitkomst is het totale maatstafgetal voor maatstaf m van een component j.

Stap 7. Sommatie II; sommatie van de totale maatstafgetallen van alle componenten van het bouwdeel per maatstaf m.

Het eindgetal van deze sommatie is te beschouwen als de som van de totale maatstafgetallen per maatstaf m van een bouwdeel gedurende de beschouwde gebruiksperiode G. De gebruiksperiode G is de periode dat het bouwdeel in principe nodig is in een gebouw. Indien een component voortijdig versleten is moet die component vervangen worden om de gebruiksperiode vol te maken. Er geldt dat hoe langer de periode G wordt gekozen, hoe meer de levensduur van een component gaat meetellen in de milieumaat. Hier wordt later op ingegaan.

Stap 8. De inschaling van de maatstafgetallen. ($K_m(\min)$, $K_m(\max)$)

Van belang is hoe de gevonden maatstafgetallen zich verhouden tot de maatstafgetallen van andere bouwdeelen. Hiervoor moeten we een schaal opspannen. De grenswaarden, d.w.z. uiterste waarden van die schaal noemen we $K_m(\min)$ en $K_m(\max)$. Zij zijn gedefinieerd als de minimale en de maximale gesommeerde maatstafgetallen K_{im} van maatstaf m die na een inventarisatie van een groot aantal maatstafgetallen van produkten zijn aangetroffen.

Dit inventariserend onderzoek hoeft niet beperkt te blijven tot de bouw. Integendeel, ook andere industrietakken worden erbij betrokken, omdat op die manier een algemeen geldende schaal kan worden opgespannen. Een precieze procedure voor het op deze wijze opspannen van de schaal zou nader moeten worden bestudeerd, evenals de frequentie waarmee de schaal bijgesteld moet worden. In het model is deze schaal als volgt verwerkt:

$$\frac{\text{totaal maatstafgetallen } K_{im} - K_m(\min)}{K_m(\max) - K_m(\min)}$$

Via de inschaling worden de maatstafgetallen per maatstaf tot een getal tussen 0 en 1 getransformeerd.

Overigens merken we op dat via deze inschaling automatisch een lineaire verdeling tot stand komt van de beoordelingen. Vooralsnog lijkt dit voor de meeste maatstaven ook de beste verdeling. Het is evenwel denkbaar dat voor bepaalde emissies uit onderzoek zou blijken dat de schadelijkheid voor het milieu zich niet lineair verhoudt met de uitstoot van een bepaald gas. In dit geval kan worden overwogen de lineaire verdeling van de schaal te vervangen door een niet-lineaire.

Stap 9. Maatschappelijke weging van de maatstaven. (α_m)

In deze stap worden de ingeschaalde maatstafgetallen tot de uiteindelijke milieumaat van het bouwdeel samengevoegd. Dit geschiedt met behulp van weegfactoren die het maatschappelijk belang van de maatstaven aangeven. Het NMP plus kan hierbij wellicht als leidraad dienen.

2.5 Het rekenmodel

Zoals al eerder vermeldt spelen de gebruiksduur en de levensduur van bouwdelen en componenten een grote rol. Om te berekenen hoe vaak een bouwdeel of component vervangen moet worden moeten de levensduren van die bouwdelen of componenten bekend zijn.

Voor veel in Nederlandse bouwwerken toegepaste bouwdelen en componenten is de gemiddelde levensduurverwachting op empirische wijze onderzocht [13].

De getallen hebben een grote spreiding omdat zowel levensduurbeëindigingen op grond van technische, economische of functionele oorzaken als criterium zijn gebruikt. Toch zijn ze goed bruikbaar voor de berekening van de milieumaat.

We duiden de gemiddelde levensduur van component j aan met L_j . Voor het vaststellen van L_j is het nodig dat wordt gekeken naar de bouwkundige context, hetgeen in het volgende voorbeeld wordt geïllustreerd.

Ondergrond	L_j
betonvloer, direct	60 jaar
steengaas	30 jaar
gipskarton	20 jaar

Tabel 9. Voorbeeld: Levensduur stucwerkplafonds.

Door nu deze waarden voor de levensduur te delen op de gebruiksduur, kan men bepalen hoe vaak een component vervangen dient te worden. Deze factor G/L_j bepaalt dan hoe vaak een bouwcomponent in periode G opnieuw moet worden geproduceerd, gemonteerd, gesloopt en verwerkt.

Overigens moet dit getal in geval van breuken naar boven worden afgerond. Immers, men kan niet 2,5 maal iets produceren of 1,5 maal iets slopen.

Om de gemiddelde levensduur L_j te bereiken zullen bepaalde onderhoudsactiviteiten moeten worden ondernomen. Afhankelijk van de activiteit i geldt een bepaalde gemiddelde regelmaat g_i waarmee deze activiteit gedurende de gebruikperiode moet worden verricht. De factor V_{ij} geeft aan hoe vaak een bouwcomponent de onderhoudsactiviteit i nodig heeft gedurende de periode G .

$$V_{ij} = B\left(\frac{G - L_j \cdot B(G/L_j)}{g_i}\right) + B(G/L_j) \cdot A\left(\frac{L_j - g_i}{g_i}\right)$$

waarin:

- V_{ij} aantal malen dat onderhoudsactiviteit i noodzakelijk is bij component j. [dimensieloos]
- G gebruiksperiode van het eindprodukt als bouwdeel [jaar]
- L_j gemiddelde levensduur van de component in het bouwdeel [jaar]
- g_i gemiddelde periode waarna opnieuw onderhoud plaats vindt [jaar]
- $A()$ afrondingsfunctie; deze rondt de waarde tussen de haken af naar boven. [dimensieloos]
- $B()$ afrondingsfunctie; deze rondt de waarde tussen de haken af naar beneden. [dimensieloos]

Door G/L_j maal de productie/montage processen en de processen voor het verwijderen en verwerken te nemen en V_{ij} maal de processen die nodig zijn voor het onderhouden van component j kan men het aantal activiteiten inventariseren dat nodig is voor het toepassen van component j in een bepaald bouwdeel gedurende een gebruiksperiode G.

In formule luidt de milieumaatberekening als volgt:

$$M = \sum_{m=1}^9 \frac{\alpha_m}{\sum_{m=1}^9 \alpha_m} \sum_{j=1}^n F_j \cdot \frac{A(G/L_j) \sum_{i=1}^Y f_{ij} \cdot K_{im} + \sum_{i=Y+1}^Z V_{ij} \cdot f_{ij} \cdot K_{im} - K_m(\min)}{K_m(\max) - K_m(\min)}$$

$$V_{ij} = B\left(\frac{G - L_j \cdot B(G/L_j)}{g_i}\right) + B(G/L_j) \cdot A\left(\frac{L_j - g_i}{g_i}\right)$$

- M milieumaat [dimensieloos]
- α_m weegfactor voor maatstaf m [dimensieloos]
- F_j fractie benodigd van component j voor het eindprodukt [dimensieloos]
- n aantal componenten [dimensieloos]
- f_{ij} stroomfactor die aangeeft hoeveel van de output van een activiteit i benodigd is voor component j [dimensieloos]
- Y, Z aantal activiteiten waarmee het model werkt. [dimensieloos]
- K_{im} maatstafgetal van de maatstaf m gerelateerd aan de output van activiteit i ten behoeve van component j. [dimensieloos]
- G gebruiksperiode van het eindprodukt als bouwdeel [jaar]
- L_j gemiddelde levensduur van de component in het bouwdeel [jaar]
- g_i gemiddelde periode waarna opnieuw onderhoud plaats vindt [jaar]
- A() afrondingsfunctie; deze rondt de waarde tussen de haken af naar boven. [dimensieloos]
- B() afrondingsfunctie; deze rondt de waarde tussen de haken af naar beneden. [dimensieloos]
- $K_m(\min)$ de minimale gesommeerde meetwaarde K_{im} van maatstaf m die bij inventariserend onderzoek van een groot aantal produkten is aangetroffen. [dimensie afhankelijk van m]
- $K_m(\max)$ de maximale gesommeerde meetwaarde K_{im} van maatstaf m die bij inventariserend onderzoek van een groot aantal produkten is aangetroffen. [dimensie afhankelijk van m]
- V_{ij} aantal malen dat onderhoudsactiviteit i noodzakelijk is bij component j. [dimensieloos]

3. Onderzoek en Implementatie.

3.1 Benodigde gegevens

Er zijn voor de berekening van de milieumaat veel gegevens nodig. Dit hoofdstuk geeft een opsomming van die gegevens, onderscheiden naar de beleidsmatig bepaalde gegevens, de referentiegegevens en de milieubelastingsgegevens.

3.1.1 Beleidsmatig bepaalde gegevens.

1. De gebruiksperiode G.

De gebruiksperiode G dient in overeenstemming te worden gebracht met de doelstellingen van het DUBO project. Indien G hoog wordt gekozen zullen de duurzame en minst onderhoudsgevoelige bouwdeel-materiaalcombinaties relatief goed scoren. Hoe lager G is, hoe minder de invloed van het onderhoud zal tellen in de eindscore. De gebruiksperiode G kan vrij worden gekozen, maar dient wel te worden vastgelegd.

2. Normen en classificaties.

De milieunormen vormen een belangrijke basis voor de berekeningsprocedure van de milieumaat. Volledigheid van de normen is dan ook van groot belang. Aanvullingen op de gekozen normen van de Indicatieve Meerjaren Programma's zijn waarschijnlijk nodig. Voor een aantal andere maatstaven zijn geen normen voorhanden. Hiervoor dienen classificaties te worden bedacht. Dit geldt voor de maatstaven grondstoffen en bodemverbruik. Voor de maatstaven energieverbruik, transport en afvalenergie zijn vooralsnog geen classificaties benodigd.

3. De sloop- en afvalverwerkingsscenario's.

Het is nodig vooraf het sloop- en afvalverwerkingsscenario van een bouwdeel vast te stellen. Zo'n scenario omvat een aantal afspraken over de methoden waarop en de technieken waarmee bouwdelen, c.q. de afzonderlijke componenten daarvan, worden gesloopt en verwerkt. In een scenario wordt tevens een beslissing genomen ten aanzien het deel (massapercentage) van het te verwerken bouwafval dat een bepaald type en niveau van afvalverwerking moet ondergaan. In paragraaf 2.2 wordt hieromtrent een voorstel gedaan.

4. De wijze waarop de afrondingsfuncties zijn gedefinieerd.

We onderscheiden 2 afrondingsfuncties, te weten A() en B(). In principe rondt functie A de decimalen naar boven af, dus 3,01 wordt 4, terwijl functie B de decimalen naar beneden afrondt (2,98 wordt 2). In bepaalde gevallen is deze afronding, gezien de betrouwbaarheid van de levensduur- en onderhoudsgegevens L_j en g_j , enigszins rigide. De precieze grenzen waar boven respectievelijk waar beneden functie A en functie B afronden, dienen in overeenstemming gebracht te worden met de in de levensduur- en onderhoudsgegevens aanwezige spreidingen.

5. De waarden van weegfactor α_m .

Het ligt voor de hand dat een voor de bouw gekozen weging ook voor de milieumaatberekeningen van andere produkten kan worden gehanteerd. Deze weging is zeer afhankelijk van de prioriteitstellingen van het beleid. Wellicht kan de weging worden afgeleid uit de doelstellingen van het NMP of het NMP plus.

3.1.2 Referentiegegevens.

Met de term 'referentiegegevens' worden gegevens bedoeld waarvan reeds op de een of andere wijze bestanden aanwezig zijn, maar waarvan tevens in alle gevallen nader dient te worden onderzocht in hoeverre de aanwezige gegevens bruikbaar zijn voor de berekening van de milieumaat.

1. De levensduur L_j

Het is mogelijk om voor bouwdeel/materiaalcombinaties gemiddelde levensduren te bepalen [13]. De beëindiging van de levensduur kan zowel een technische, een economische als een functionele oorzaak hebben. In de tot dusver opgezette bestanden zijn de gegevens niet naar de oorzaak van de levensduurbeëindiging gedifferentieerd.

2. De onderhoudsperiode g_i

Indien men een bouwdeel/materiaalcombinatie toepast is vaak al van te voren bekend wat de onderhoudsbehoefte van dit bouwdeel zal zijn. De onderhoudsbehoefte bestaat uit twee soorten gegevens, namelijk de onderhoudsactiviteit die nodig is en de onderhoudsperiode g_i .

3. De marktaandeelgetallen r_{iB}

In paragraaf 2.3 is de berekeningswijze aangegeven voor het omrekenen van bedrijfsmatige getallen tot branchegetallen. Hierbij is het getal r_{iB} nodig, wat het marktaandeel van de betrokken bedrijven betreft. De omzet van een bedrijf aan goederen en produkten die niet aan het bouwdeel bijdragen worden niet meegerekend. Zoals reeds gezegd dient in eerste instantie de Nederlandse bouw als uitgangspunt voor het opstellen van de r_{iB} waarden.

4. De f_{ij} waarden

De stroomfactoren f_{ij} bepalen de mate waarin een milieubelasting afkomstig van een activiteit op conto van een bepaalde component j wordt geschreven. Voor de meeste activiteiten en processen volgt de f_{ij} waarde uit het activiteitenschema. De f_{ij} waarden voor de sloop- en afvalverwerkingsactiviteiten moeten op basis van scenario's worden vastgesteld.

Activiteiten die in het geheel niet van toepassing zijn krijgen een f_{ij} waarde van 0.

5. De grenswaarden $K_m(max)$ en $K_m(min)$

De waarden $K_m(max)$ en $K_m(min)$ worden per maatstaf opgemaakt. Ze zijn statistisch van aard en kunnen pas definitief ingevuld worden als een groot aantal milieumaatberekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende produkten of bouwdelen. Voor $K_m(max)$ wordt de waarde gekozen die uit dit modelonderzoek als hoogste milieubelasting naar voren is gekomen, voor $K_m(min)$ wordt de laagste waarde ingevuld. We wijzen hier op de volgende relaties met de andere grootheden:

- $K_m(max)$ en $K_m(min)$ zijn afhankelijk van G ; hoe groter G wordt gekozen hoe groter worden de $K_m(max)$ en $K_m(min)$ waarden.
- $K_m(max)$ en $K_m(min)$ zijn afhankelijk van de normen en richtlijnen waarmee de X_{im} waarden tot K_{im} waarden worden geconverteerd.
- $K_m(max)$ en $K_m(min)$ zijn afhankelijk van de keuze van de sloop- en afvalverwerkingsscenario's. Indien sprake is van vooruitstrevende scenario's met bijvoorbeeld hoge eisen aan het eindprodukt bij afvalverwerking, kan dit invloed hebben op de milieubelasting die door de afvalverwerking wordt veroorzaakt.
- $K_m(max)$ en $K_m(min)$ zijn afhankelijk van de $A()$ en $B()$ afrondingsfuncties.
- $K_m(max)$ en $K_m(min)$ zijn onafhankelijk van de α_m factor.

We kunnen $K_m(\max)$ en $K_m(\min)$ ook gebruiken voor het inschalen van andere produkten buiten de bouw. In dat geval dient men wel dezelfde waarden voor G te gebruiken, dezelfde milieunormen en classificaties te hanteren, eenzelfde sloop- en verwerkingsscenario op te stellen, dezelfde afrondingsprincipes en ook dezelfde α_m -waarden te gebruiken.

3.1.3 Milieubelastingsgegevens.

De milieubelastingsgegevens zijn de gegevens die nodig zijn om de maatstafgetallen van het specifieke produkt te berekenen.

1. De (bedrijfs)getallen X_{ilm}

Deze getallen komen tot stand door enquêtering van de bedrijven die verantwoordelijk zijn voor de bij de levensloop van een bouwdeel behorende activiteit i . Op deze wijze kunnen in de regel de gegevens voor maatstaf 1, 2, 3, 4, 5, 7 en 9 worden verzameld (zie tabel 1).

Voor maatstaf 8 (transport) wordt uitgezocht wat de afstand is die een grondstof, halffabrikaat, produkt, etc. ten behoeve van component j moet afleggen tussen de opeenvolgende activiteiten van het activiteitschema. We spreken af dat het transport na activiteit i voor rekening komt van die activiteit i , hetgeen impliceert dat het transport van de laatste i (stort of afvalverwerking) op 0 wordt gesteld.

Maatstaf 6 (binnenmilieu) geldt alleen voor de activiteit gebruik. Voor de overige activiteiten speelt binnenmilieu voor de berekening van de milieumaat geen rol.

2. De (branche)getallen \underline{X}_{im}

De hiertoe te volgen onderzoeks- en berekeningsprocedure is eveneens in paragraaf 2.3 gegeven. Deze methode geldt voor alle maatstaven behalve voor maatstaf 6 (binnenmilieu).

Men dient zich bewust te zijn dat de aldus opgestelde gegevens marktafhankelijk zijn. (\underline{X}_{im} waarden zijn voor Portugal anders dan voor Nederland en voor Nederland weer anders dan voor Europa, etc.)

Voor maatstaf 6 (binnenmilieu) geldt dat de $\underline{X}_{i,6}$ -waarden gelijk zijn aan de $X_{i,6}$ -waarden.

3. De maatstafgetallen K_{im}

De K_{im} waarden zijn de inputgegevens van het rekenmodel. Het zijn geconverteerde (genormeerde), gewogen milieubelastinggetallen per activiteit i en maatstaf m .

Helaas vormt de $K_{i,6}$ waarde wederom een uitzondering. Emissies van schadelijke stoffen naar het binnenmilieu gaan geleidelijk en de activiteit 'gebruik' is de enige activiteit i binnen het model die een tijdsdimensie bezit. Hierdoor dienen we $K_{i,6}$ te bepalen via de totale uitstoot van een bepaalde stof door een component over zijn levensduur.

Hoewel we het 'inventarisatie probleem' niet mogen onderschatten, zal het vergaren van deze gegevens in de praktijk wellicht mee kunnen vallen. Dit heeft een aantal oorzaken:

1. Per activiteit hoeven veelal niet alle milieu-invloeden te worden gemeten. Deze milieu-invloeden zijn dan niet aanwezig bij die activiteit. De maatstaf bodemverbruik bijvoorbeeld is alleen relevant bij winnings- en stortactiviteiten.
2. Soortgelijke activiteiten bij verschillende bedrijven hebben ook soortgelijke bedrijfsgetallen. Dit vormt een controlemogelijkheid voor de gegevens, wat een besparing op het onderzoek betekent.
3. Men zal de gegevens van een bepaalde activiteit bij verschillende bouwdeel/materiaalcombinaties kunnen gebruiken.
4. Alle beleidsmatige gegevens kunnen, wanneer zij eenmaal zijn vastgesteld, ook van toepassing zijn voor het onderzoek naar de milieu-effecten van andere producten.
5. Voor de referentiegegevens is reeds veel materiaal aanwezig. Dit dient alleen nog te worden aangevuld of eventueel bijgesteld.

3.2 Input en discriminerend vermogen van het model.

In paragraaf 3.1 is nader ingegaan op de soorten van gegevens waarmee de milieumaat wordt berekend. Als we kijken naar de discriminerende vermogens van deze gegevens ten aanzien van de met elkaar te vergelijken bouwdelen of componenten, kunnen we het volgende overzicht samenstellen:

produkt-onafhankelijk	produkt-afhankelijk
G	L_j
Normen	g_i
$A(\) + B(\)$	r_{iB}
α_m	f_{ij} en F_j
$K(\min) + K(\max)$	scenario's
	$X / \underline{X} / K_{im}$

Tabel 10.

We kunnen het model in principe voor twee doeleinden gebruiken.

Ten eerste kunnen we met behulp van het model bouwdelen of componenten, zoals die in algemene zin door de branche worden geleverd, met elkaar vergelijken. Dit gebeurt doordat men de in te vullen K waarden baseert op de berekende branche getallen \underline{X} . Deze vergelijking van produkt-alternatieven vormt de hoofddoelstelling.

Ten tweede kan men het model echter ook aanwenden om de verschillen tussen concurrerende bedrijven te meten. Dit kan men doen door bij de activiteiten waar zich de (milieu) concurrentie afspeelt (bijvoorbeeld winning en produktie) niet de \underline{X} waarde te gebruiken als basis voor K maar de X waarde zelf.

3.3 Gegevensaanpassing en flexibiliteit van het model

Uiteraard moet het mogelijk zijn om in het rekenmodel oude gegevens te vervangen door nieuwe. Dit kan nodig zijn omdat er bijvoorbeeld een wijziging optreedt in de procestehnologie van een aan de bouw toeleverend bedrijf of, wellicht geleidelijk, in een gehele branche van bedrijven. Maatstafwaarden als emissie van schadelijke stoffen en/of energieverbruik zullen daardoor veranderen.

We zullen nu de aanpassingsmogelijkheden van de parameters in het model één voor één behandelen. De parameter die bij een geringe verandering de grootste invloed heeft op het eindgetal is de politieke weegfactor α_m . Hierdoor is en blijft de berekening van de milieumaat altijd een beleidsmatig instrument. Het is de bedoeling dat, wanneer de α_m -waarden eenmaal zijn vastgesteld, deze zelden worden veranderd.

Hetzelfde geldt voor de $K_m(\text{min})$ en $K_m(\text{max})$ waarden, waarmee de beoordelingsschaal per maatstaf wordt opgespannen. Deze waarden moeten worden aangepast als de toegepaste procestechnologie voor de productie van component j alsmede de sloop- en verwerkingstechnologie en de onderhoudstechnologie voor component j dermate ten goede of ten slechte zijn veranderd, dat de opgespannen schaal niet meer binnen de grenzen van minimum en maximum kan discrimineren. Teveel bouwdelen krijgen dan een eindwaarde die boven de 1 of onder de 0 ligt.

Om het model op te starten zullen eerst $K_m(\text{min})$ en $K_m(\text{max})$ waarden arbitrair moeten worden gekozen. Daarna dienen een groot aantal gevallen te worden doorgerekend om de definitieve $K_m(\text{max})$ en $K_m(\text{min})$ vast te stellen. Deze waarden worden slechts bij het ontstaan van te grote afwijkingen van de eindwaarden ten opzichte van de schaal bijgesteld.

De gebruiksperiode G verandert in het algemeen niet. Ze kan veranderen indien men dit bij de eindscore vermeldt. Bijvoorbeeld: milieumaat = X met $G = 20$ jaar, milieumaat = Y met $G = 50$ jaar en milieumaat Z met $G = 80$ jaar. Dit biedt een aardige mogelijkheid om de milieubelasting van een bouwdeel uit te rekenen alsof het een wegwerpverpakking is ($G = 10$ weken).

De stroomfactoren f_{ij} variëren met de levenscyclus van een component. De stroomfactoren veranderen indien de materiaalstromen veranderen. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door toepassing van nieuwe technieken, waardoor voor bepaalde processen minder of meer toelevering nodig is. Toepassing van nieuwe technieken is vooral van belang indien het marktaandeel van het bedrijf waar die nieuwe technieken zijn toegepast groot is. Uiteraard geldt dit alleen indien de milieumaat opgebouwd is aan de hand van branchegetallen (\underline{X}), wat, tenzij we verschillende bedrijven met elkaar willen vergelijken, vooralsnog het geval is.

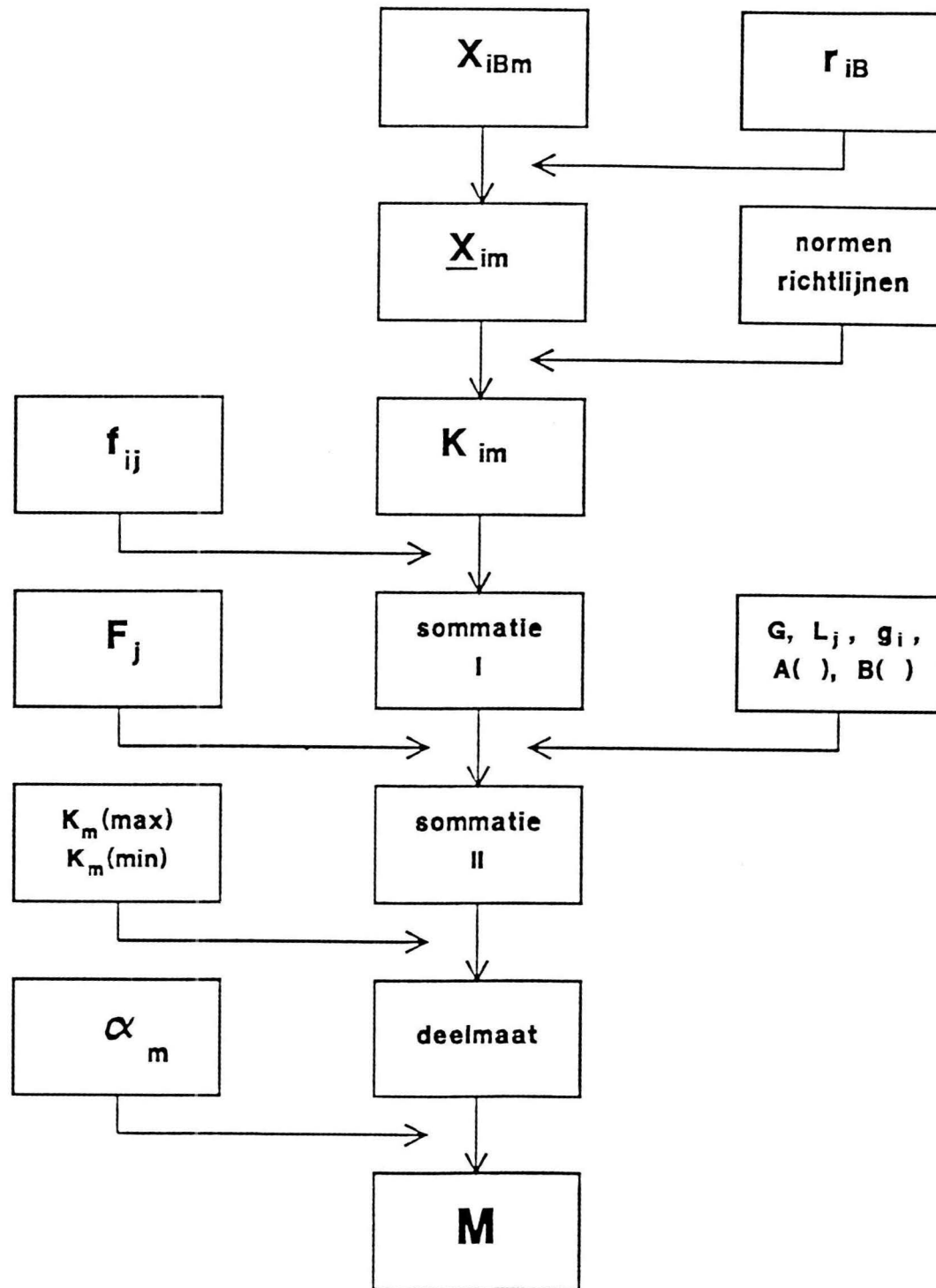
We hebben nu de mogelijke gegevensaanpassingen besproken van de beleidsgetallen (par. 3.1.1) en de referentiegetallen (par. 3.1.2). Ook de normen en richtlijnen zijn aan verandering onderhevig. Indien deze veranderen dienen ook de $K_m(\text{min})$ en $K_m(\text{max})$ waarden opnieuw te worden berekend.

De milieubelastingsgegevens (par. 3.1.3) en de daaraan verbonden maatstafgetallen K_{im} zijn in het model uiteraard het meest veranderlijk. In principe kan bij iedere innovatie in afvangtechniek (emissie maatstaf) of energiebesparing de milieubelasting veranderen en daarmee de maatstafgetallen K_{im} . De mate waarin de branchegetallen veranderen hangt mede af van de marktposities van de innoverende bedrijven.

Een frequente controle van de milieubelastingsgegevens, de (bedrijfs)getallen X_{ibm} en de marktaandelen r_{ib} , is van het grootste belang. Wellicht moet elk jaar enquêtering plaatsvinden gevolgd door steekproefsgewijze controle.

Er kan, behalve een milieumaat, ook een deelmaat worden berekend. Een deelmaat is een getal dat per produkt of bouwdeel per maatstaf een waardering geeft. Deze deelmaat kan zinvol zijn om per maatstaf produkt- of bouwdeelvergelijkingen te maken.

In figuur 12 zijn alle fasen van de berekening van de milieumaat nog eens zichtbaar gemaakt.



Figuur 12. Berekeningsschema van de milieumaat.

Literatuur

- [1] Kreijger, P.C., Energie- en milieuaspecten van beton, rapport M-82-2, Lezing Belgische betondag, 1982.
- [2] Kreijger, P.C., Ecological properties of building materials. Artikel in: Materials and Structures/ Matériaux et Constructions, nr.20, 1987, pp.248-254.
- [3] Copius Peereboom, J.W., Chemie, mens en milieu, Schadelijke stoffen in milieu en voeding, een studie over chemische milieuverontreiniging, Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam, 1976.
- [4] Fuchs, A. (THD en LHW), Ecologie. In: Inleiding tot de milieukunde 1981, Deel 1: Algemene Inleiding, Technische Hogeschool Delft, Centrum Technische Milieukunde.
- [5] Kuenen, D.J., onder redactie van, Inleiding in de milieukunde, hoofdredactie: J.B. Copius Peereboom, W.H. van Dobben, J.B. Opschoor, H. Peters, E. Tellegen, eindredactie: K.M. Zondag, Van Gorcum, Assen/Amsterdam, 1976.
- [6] Bekker, P.C.F., A Life-cycle Approach in Building. Artikel in: Building and Environment, vol.17, nr.1, 1982, pp.55-61.
- [7] Bekker, P.C.F., J.Daams, P.Sanders, onder redactie van L.Florusse, Ontwerpen van technische produktiesystemen, Technische Universiteit Eindhoven, faculteit bedrijfskunde en faculteit wijsbegeerte, dictaat nr.1259, 1988.
- [8] VROM, ministerie van, ministerie van Landbouw en visserij, Milieu-effectrapportage, nr.13, een methodologische studie naar de mogelijkheden voor voorspelling en beoordeling van effecten op het natuurlijk milieu ten behoeve van de milieu-effectrapportage, 1982.
- [9] Indicatief Meerjaren Programma Lucht 1985-1989, Den Haag, Staatsuitgeverij, 1984.
- [10] Indicatief Meerjaren Programma Water 1985-1989, Den Haag, Staatsuitgeverij, 1984.
- [11] Indicatief Meerjaren Programma Chemisch Afval 1985-1989, Den Haag, Staatsuitgeverij, 1984.
- [12] Reijnders, L., Pleidooi voor een duurzame relatie met het milieu, van Gennep Amsterdam, 1984.

- [13] Damen, A.A.J., S.J. Gorter en J. van Rooij, Geannoteerde levensduurcatalogus, Rapport IV in het kader van de IOP-onderzoeksprojecten 8 en 16, TU-Eindhoven, faculteit Bouwkunde, vakgroep FAGO, groep Materiaalkunde, 1989.
- [14] W.T.C.B., Onderhoudsboekje van gebouwen, Brussel, 1984.
- [15] Kohler, N., Energy consumption and pollution of building construction, 3d international congress, Building Energy Management II, Building Planning and Design Tools, 1987.
- [16] RIVM, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Zorgen voor Morgen, Nationale milieuverkenning 1985-2010, 1989.
- [17] Van Dale, Nieuw Handwoordenboek der Nederlandse Taal, door: F.de Tollenare en A.J.Persijn, negende druk, geheel omgewerkt en aangevuld, derde oplage, Van Dale lexicografie Utrecht/Antwerpen, 1985.
- [18] Parker, S.P., editor in chief, Encyclopedia of environmental science, second edition, Mac GrawHill, 1980.
- [19] Allaby, M., MacMillan Dictionary of the Environment, second edition, MacMillan Press London, 1983.
- [20] Ploeg, S.W.F. van der, Ecologie en economie - synthese of antithese?. In: Milieu en economie, onder redactie van P.Nijkamp, Universitaire Pers Rotterdam, 1974.
- [21] Nijkamp, P., H.E. van de Veen, P.Winkel, onder redactie van, Milieu-effectrapportering, Van Gorcum, Assen, 1981.
- [22] Caldwell, L.K., Environment, Anchor Books, New York, 1971.

Bijlage Milieudefinities

In van Dale wordt milieu als volgt omschreven:

- 1 Milieu: (onzijdig), (met betrekking tot planten en dieren) complex van uitwendige factoren die zich ten opzichte van het organisme doen gelden [17].

Een uitgebreidere omschrijving is de volgende:

- 2 Ecologisch gezien is het milieu (de omgeving) de som van alle externe condities en invloeden die het leven en de ontwikkeling van organismen beïnvloeden.

Twee belangrijke aspecten van het milieu worden gewoonlijk beschouwd, de abiotisch en de biotische. Deze verdeling is kunstmatig in die zin dat geen van beiden van de ander gescheiden kan worden wanneer organismen worden bestudeerd.

"Ecologically, the environment is the sum of all external conditions and influences affecting the life and development of organisms.

Two main aspects of the environment are usually considered, the abiotic and the biotic. These divisions are artificial in the sense that neither can be separated when organisms are studied [18,p.265]".

- 3 In de volgende definitie wordt de nadruk gelegd op de omgevingscondities: Milieu (omgeving). De fysische, chemische en biotische condities die een organisme omgeven.

"Environment. The physical, chemical and biotic conditions surrounding an organism [19,p.183]."

De aard van de effecten op het organisme wordt hierin echter niet genoemd.

In definitie 4 wordt gezegd dat het organisme met de uitwendige factoren in betrekking staat.

- 4 Omgeving betekent hier hetzelfde als milieu. Het is een verzamelnaam voor de uitwendige factoren waarmee een organisme in betrekking staat [3,p.1]. Definitie overgenomen uit: [20,p.3].

Wat meer uitgeschreven wordt dat:

- 5 Onder milieu verstaat men hierbij het totaal van exogene (van buiten af komend [17]), abiotische en biotische factoren, die een organisme omgeven en waarmee het in nauwe wisselwerking treedt.

Die laatste toevoeging is essentieel: factoren, die door een organisme niet zintuiglijk of anderszins kunnen worden waargenomen of ondergaan, vormen voor dat organisme geen milieu [4,p.3].

In strikte zin kan men de term milieu ook niet gebruiken anders dan in relatie tot een levend organisme: men kan, bij wijze van spreken, niet praten over het milieu dat heerst op de planeet Jupiter, aangenomen, dat daar geen leven heerst! [4,p.3]

Onder milieu wordt - vooral door leken - vaak ten onrechte verstaan de plaats, waar bepaalde milieufactoren heersen [4,p.3].

Een enigszins merkwaardige definitie wordt gehanteerd door NASA. Hieruit blijkt een denkbeeld over het milieu in de zin van een exploitatiegoed.

- 6 Zeer globaal kan het milieu worden opgevat als een stelsel van reservoirs en stromen die de reservoirs verbinden. Beiden worden voor menselijke activiteiten benut [16,p.1].

Definitie 7 geldt alleen met betrekking tot de mens.

- 7 Milieu: de ingewikkelde samenhangende werkelijkheid die ons omringt en ons, mensen, insluit [21,pp.7-8]. Definitie uit: [22].

En ook in definitie 8 wordt niet gesproken over het organisme in het algemeen.

- 8 Het begrip "milieu" is beperkt tot het natuurlijk milieu; ecosystemen en biotische aspecten daarbinnen als flora, fauna en hogere organisatievormen daarvan (bijv. vegetaties). [8]

Definitie 2 legt niet de nadruk op het ondergaan of waarnemen van factoren, zoals in definitie 5, maar op de condities en invloeden, die een rol spelen. Dit is bruikbaar om invulling te geven aan een waardering voor milieubeïnvloeding.