

# Meten is weten in de Nederlandse bouw

## Milieu-impacts van Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010

### **Rapport**

Delft, mei 2014

### **Uitgevoerd door:**

CE Delft

### **In opdracht van:**

Bouwend Nederland

### **Opgesteld door:**

M.M. (Marijn) Bijleveld

G.C. (Geert) Bergsma

B.T.J.M. (Bart) Krutwagen

M.A. (Maarten) Afman



# Colofon

## **Bibliotheekgegevens rapport:**

M.M. (Marijn) Bijleveld, G.C. (Geert) Bergsma, B.T.J.M. (Bart) Krutwagen,  
M.A. (Maarten) Afman

Meten is weten in de Nederlandse bouw

Milieu-impact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010

Delft, CE Delft, mei 2014

Bouw / Sloop / Milieu / Effecten / Milieuanalyse

Publicatienummer: 14.2746.25

Opdrachtgever: Bouwend Nederland.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Bergsma.

© copyright, CE Delft, Delft

**CE Delft**

**Committed to the Environment**

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# Voorwoord

In opdracht van Bouwend Nederland heeft CE Delft een milieuanalyse van de complete Nederlandse bouwsector inclusief indirecte effecten uitgevoerd. Voor het jaar 2010 wordt een totaalbeeld geschetst van de milieudruk waarvoor de Nederlandse bouw verantwoordelijk is. In dit rapport worden de resultaten van deze analyse geleverd en besproken. Ook is een korte inventarisatie gedaan van ontwikkelingen binnen de bouw die tot verduurzaming kunnen leiden.

Daarnaast wordt ingegaan op beweringen in de media over de milieueffecten van de bouw: zijn zij feit of fictie? Interessante uitkomst van de *check* van drie regelmatig terugkerende beweringen in de media is dat deze allen genuanceerder liggen. De meest opvallende is het statement dat de bouw verantwoordelijk zou zijn voor 45% van het landelijke energiegebruik. Dit percentage representeert energiegebruik in de totale Nederlandse bestaande gebouwde omgeving. Uit dit onderzoek blijkt dat de energievraag voor de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten, inclusief materiaalgebruik en andere keteneffecten, zo'n tien maal lager ligt. Als toch het complete gasverbruik in bestaande woningen en kantoren in 2010 hierbij wordt opgeteld komt men uit op circa 20% van het nationale energiegebruik. Hetgeen nog steeds 25% lager is dan beweerd.

Het totaalplaatje van de milieudruk van de Nederlandse bouw biedt aanknopingspunten voor verbetering en een basis om mogelijk in de toekomst periodieke monitoring op te zetten.

Het onderzoek is ondersteund door de volgende begeleidingscommissie:

- Frank Hoekemeijer (Heijmans)
- Claudia Heimensen (Dura Vermeer)
- Jan Kees van Vliet (Mourik)
- William van Niekerk (Royal BAM)
- Helen Visser (Bouwend Nederland)

Daarnaast wil CE Delft alle personen hartelijk bedanken, werkzaam bij diverse bedrijven, brancheverenigingen en kennisinstituten, die tijd hebben gestoken in het aanleveren van gegevens en/of actief hebben meegedacht met de ontwikkelingen ter verduurzaming in de bouw.





# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
	<b>Verklarende woordenlijst</b>	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>15</b>
1.1	Behoeftte aan macroanalyse	15
1.2	Doelen en methodiek	15
1.3	De Nederlandse bouw in 2010: afbakening	17
1.4	Milieuanalyse: milieueffecten	22
<b>2</b>	<b>Milieueffecten van de Nederlandse bouw (2010)</b>	<b>27</b>
2.1	Inleiding	27
2.2	Milieu-impact van de Nederlandse bouw in 2010: totalen	27
2.3	Conjunctuurgevoeligheid	38
2.4	Aanbevelingen voortkomend uit de milieuanalyse	39
2.5	Toekomstige monitoring milieueffecten van de Nederlandse bouw	41
<b>3</b>	<b>Beweringen over de bouw getoetst</b>	<b>43</b>
3.1	Zijn de beweringen waar?	43
<b>4</b>	<b>Naar lagere milieu-impact</b>	<b>49</b>
4.1	Inleiding	49
4.2	Ontwikkelingen op materiaalgebied	49
4.3	Transport en het verlagen van de milieudruk	54
4.4	Energiedragers in de bouwnijverheid	55
4.5	Constructie: Lichter bouwen	56
4.6	Energiegebruik in nieuwbouw	56
<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>61</b>
5.1	Hoofdconclusies milieu-impactanalyse	61
5.2	Conclusies: statements over de bouw	62
5.3	Ontwikkelingen ter verduurzaming	62
5.4	Aanbevelingen milieuanalyse en vervolgmonitoring	64
	<b>Bronvermelding</b>	<b>67</b>
<b>Bijlage A</b>	<b>Detailresultaten van de diverse milieueffecten</b>	<b>73</b>
A.1	Klimaatimpact en primair energiegebruik van materiaalgebruik uitgesplitst naar materiaal	73
A.2	De winst door verwerking van bouw- en sloopafval	73
<b>Bijlage B</b>	<b>Achtergronddata inventarisatie materialen</b>	<b>77</b>
B.1	Overzicht geïnventariseerde gegevens en bronnen	77
B.2	Asfalt	78



B.3	Metselwerk	79
B.4	Beton en wapeningsstaal	80
B.5	Staal: constructiestaal	82
B.6	Non-ferrometalen en glas	82
B.7	Dakbedekking	83
B.8	Hout	83
B.9	Kunststoffen	88
B.10	Ophoogzand en grind	90
<b>Bijlage C</b>	<b>Achtergronddata inventarisatie bouwnijverheid</b>	<b>91</b>
C.1	Energiegebruik bouwnijverheid	91
C.2	Fijnstofvorming bij bouwactiviteiten	94
<b>Bijlage D</b>	<b>Achtergronddata inventarisatie transport</b>	<b>95</b>
D.1	Transporthoeveelheden: wegvervoer	95
D.2	Transporthoeveelheden: binnenvaart	96
D.3	Transportafstanden	97
D.4	Bepalen milieu-impact: emissiefactoren transport	97
<b>Bijlage E</b>	<b>Achtergronddata inventarisatie bouw- en sloopafval</b>	<b>99</b>
E.1	Hoeveelheid bouw- en sloopafval	99
E.2	Berekening milieu-impact verwerking van bouw- en sloopafval	99
E.3	Puin: beton en metselwerk	100
E.4	Dakbedekking	101
E.5	Hout	101
E.6	Kunststof	102
E.7	Staal	103
E.8	Overige metalen	104
E.9	Glas	104
E.10	Asfalt	104
<b>Bijlage F</b>	<b>Aargasverbruik kantoren en woningen</b>	<b>105</b>
F.1	Aardgasverbruik overheid, onderwijs en diensten	105
F.2	Aardgasverbruik woningen	105
<b>Bijlage G</b>	<b>Bronnen voor milieugegevens</b>	<b>107</b>
G.1	SimaPro	107
G.2	Nationale Milieudatabase	107
G.3	Ecoinvent-database	108
G.4	CUR Rekentool	108



# Samenvatting

Duurzaamheid is één van de speerpunten van Bouwend Nederland. Om hier gericht verder aan te kunnen werken heeft Bouwend Nederland aan CE Delft opdracht gegeven om een milieuanalyse uit te voeren op macroniveau, ter beantwoording van de vraag: Wat is de milieu impact van de gehele Nederlandse bouwsector gedurende één jaar?

De resultaten bieden inzicht in milieu-impacts die voortkomen uit de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010. Ook wordt inzicht geboden hoe verschillende aspecten bijdragen aan de milieu-impact, zoals onder andere materiaalgebruik. De resultaten tonen de status quo over 2010, waardoor periodieke meting of monitoring mogelijk wordt. In dit rapport is, met deze resultaten als basis, ook gekeken naar het realiteitsgehalte van een aantal milieukundige beweringen in de media over de Nederlandse bouw. Ook is een korte inventarisatie gedaan van ontwikkelingen binnen de bouw die tot verduurzaming kunnen leiden.

De milieuanalyse is uitgevoerd volgens de aanpak van de levenscyclusanalyse (LCA). De studie is geen klassieke levenscyclusanalyse, in die zin dat het niet de impact berekent van één specifiek materiaal of product(groep) gedurende zijn hele of een deel van zijn levensduur. De studie betreft een macrostudie van de milieu-impact van de Nederlandse bouw, met een afbakening: de impact gedurende het jaar 2010. De scope van het onderzoek is hierop ingericht. Op hoofdlijnen zijn de volgende stappen in de bouwketen inbegrepen:

- de gebruikte bouwmaterialen;
- transport van bouwmaterialen en transportbewegingen ten behoeve van de bouwnijverheid;
- (Energiegebruik voor) bouw-, sloop- en onderhoudsactiviteiten;
- de verwerking van vrijkomende materiaalstromen bij sloop.

Energiegebruik en emissies van de bestaande gebouwde omgeving worden niet toegerekend aan de activiteiten van de Nederlandse uitvoerende bouw- en sloopsector in 2010.

Op basis van informatie van brancheverenigingen, kennisinstututen en openbare bronnen zijn hoeveelheden voor bovenstaande stappen geïnventariseerd en gekoppeld aan milieu-informatie voor bouwmaterialen, energiedragers en verwerkroutes voor bouw- en sloopafval uit milieu-databases, zoals de Nationale Milieudatabase.

Voor een viertal milieueffecten en -indicatoren is de impact berekend, voortkomend uit de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010, waarbij de gehele keten is beschouwd, van grondstofwinning tot eindverwerking van bouw- en sloopafval. Dit betreft de milieueffecten: klimaatimpact, fijnstofvorming, plus de milieu-indicatoren: totale primaire energie en de gewogen milieuscore 'ReCiPe single score'. In paragraaf 1.4 wordt een uitgebreide toelichting gegeven op de keuze, de beschikbare analysemethoden en de gekozen milieueffecten en -indicatoren zelf.



## Toelichting bij de uitgangspunten

Een aantal uitgangspunten zijn kenmerkend van dit onderzoek en de interpretatie ervan:

### 1. Scope: 2010

De éénjarige scope is gekozen om monitoring in de toekomst mogelijk te maken, om 2010 te kunnen vergelijken met toekomstige jaren. De keus voor 2010 is omdat, bij aanvang van de studie, bleek dat recentere gegevens nog niet beschikbaar waren voor sommige te inventariseren aspecten. De eenjarige scope heeft tot gevolg dat milieu-impacts die buiten dit jaar vallen, zoals vrijkomend materiaal en bouw- en sloopafval in de toekomst, niet is inbegrepen. Hiermee is de scope van de studie anders dan bij een impact-berekening van een gebouw, of GWW-product.

### 2. Gebruiksfase van bouwwerken

Er is in deze studie ook gekeken naar energieverbruik en emissies van de bestaande gebouwde omgeving, met name die voor verwarming. Deze emissies worden echter niet direct toegerekend aan de activiteiten van de Nederlandse uitvoerende bouw- en sloopsector in 2010. Immers, bouw- en sloopactiviteiten in 2010 zijn niet verantwoordelijk voor emissies voortkomend uit eerder gebouwde bouwwerken. Om context te bieden en ter vergelijking worden jaarlijkse impacts door gebruik van de gebouwde omgeving in aparte figuren weergegeven. In paragraaf 1.3 wordt dit nader toegelicht.

### 3. Geen 1-op-1 vergelijking van bouwmaterialen

Om de studie te kunnen uitvoeren was het noodzakelijk hoeveelheden bouwmaterialen te inventariseren en te koppelen aan milieu-informatie. Hier komt op macroniveau de impact van bouwmaterialengebruik en -verwerking na demontage/sloop uit naar voren. Deze studie heeft niet tot doel om materialen onderling te vergelijken. Dit is ook niet mogelijk met deze macrostudie. Alle materialen hebben specifieke eigenschappen en vervullen bepaalde functies in bouwwerken. De keuze van een ontwerper om een bepaald materiaal wel of niet te gebruiken hangt bij duurzaam ontwerp af van de impact van dat materiaal in combinatie met de functie (bijvoorbeeld draagcapaciteit, isolerend vermogen, etc.).

## Milieu-impactresultaten van de Nederlandse bouw- en sloop-activiteiten in 2010

- In 2010 heeft de bouw ruim 260 Mton aan bouwmaterialen gebruikt. Het grootste deel betreft ophoogzand (200 Mton).
- In 2010 kwam er 23 Mton bouw- en sloopafval vrij dat grotendeels<sup>1</sup> werd gerecycled, hergebruikt of anderszins nuttig werd toegepast. Vrijkomend zand wordt niet als bouw- en sloopafval meegerekend.
- De klimaatimpact van de hele bouwsector in 2010, inclusief de effecten van grondstoffenwinning en productie in het buitenland<sup>2</sup>, bedraagt ongeveer 9,6 Mton CO<sub>2</sub>-eq. Dat is ongeveer 5% van de nationale broeikasgasemissie van Nederland.

---

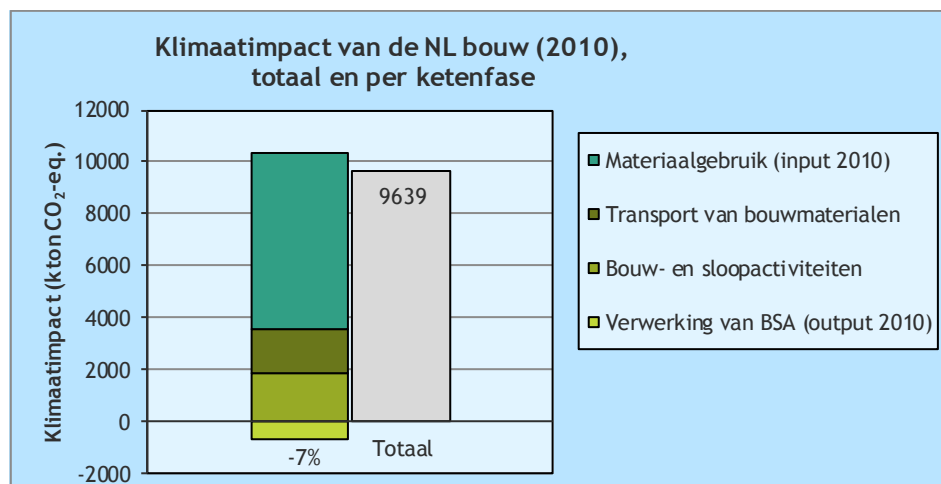
<sup>1</sup> >95%, Compendium voor de Leefomgeving.

<sup>2</sup> In de studie is de gehele productieketen van bouwmaterialen beschouwd, inclusief de keteneffecten van ingevoerde bouwmaterialen



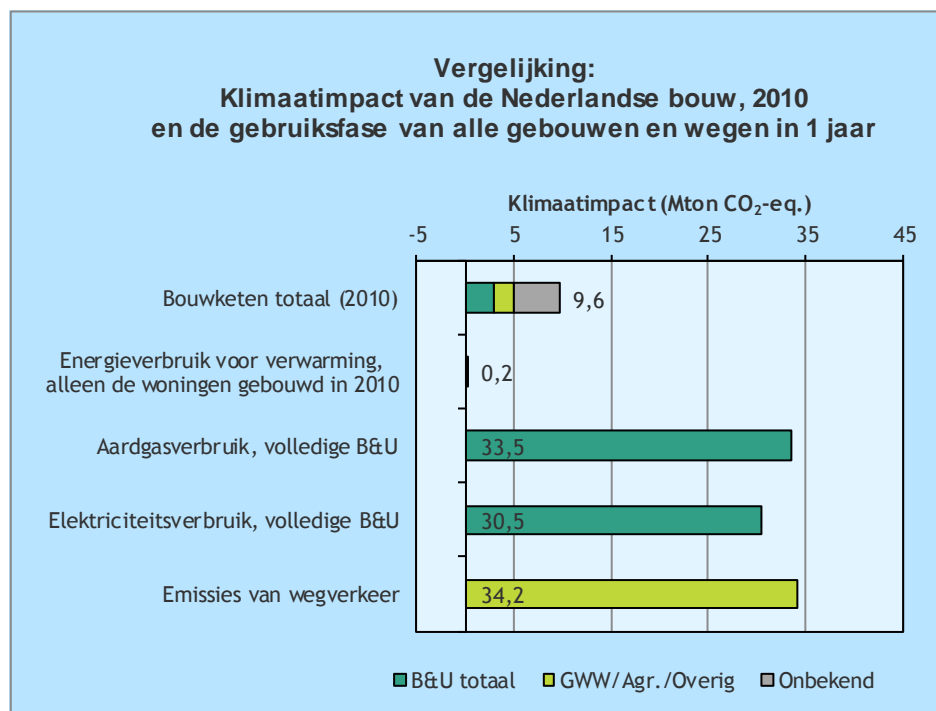


Figuur 1 Klimaatimpact van de Nederlandse bouw (2010)



- Materiaalgebruik levert de grootste bijdrage aan de klimaatimpact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010: de 260 Mton aan materiaal betreft zo'n 70% van de totale emissie. Door het verwerken van het vrijkomende bouw- en slooafval in 2010 wordt 7% van de totale emissie gecompenseerd. Transport van bouwmaterialen en activiteiten op de bouwplaats leveren ieder ongeveer 18% van de totale klimaatscore.
- De Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten, inclusief materiaalwinning in binnen- en buitenland, is verantwoordelijk voor een primair energiegebruik van 172 PJ in 2010. Dat is 4,5% vergeleken met het volledige primair energiegebruik in Nederland (CBS Milieurekeningen, energiegebruik).
- Fijnstof komt vooral vrij in de winnings- en productiefase van bouwmaterialen, dat voor een deel in het buitenland plaatsvindt. Verbranding van fossiele energiedragers is de voornaamste bron van fijnstofemissie in Nederland zelf. Fijnstofvorming op de bouwplaats door stofontwikkeling heeft een kleiner aandeel op de totale fijnstofvorming en bestaat vrijwel voornamelijk uit grotere deeltjes (PM<sub>10</sub>).

Figuur 2 Vergelijking: klimaatimpact van de Nederlandse bouw en gebruiksfase van gebouwen en wegen



NB: De bovenste staaf is het resultaat van de klimaatanalyse in deze studie; de overige staven komen voort uit gegevens van het CBS (Milieurekeningen; netto energieverbruik) en Compendium voor de Leefomgeving (emissies naar lucht door verkeer en vervoer).

- In Figuur 2 is de klimaatimpact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten vergeleken met emissies door gebruik van de gebouwde omgeving. Deze emissies zijn niet toe te rekenen aan de uitvoerende bouw in 2010. Voor zover bekend is de emissie uitgesplitst naar B&U en GWW/agrarische bouw/overige bouw. Figuur 2 is bedoeld om context te scheppen. De klimaatimpact veroorzaakt door het aardgasverbruik in de totale bestaande gebouwde omgeving bedroeg in 2010 33,5 Mton CO<sub>2</sub>-eq. Een groot deel hiervan is voor verwarming. Wat de hoge cijfers aangeven is dat het zinvol is om in de bestaande bouw in te zetten op energiebesparing. Zowel op het gebied van verwarming als op elektriciteitsgebruik is er veel te winnen.

### Statements over de bouw

In het onderzoek zijn ook een aantal statements over de bouw op waarheid getoetst.

- Het statement dat bouwmaterialen 25% van het vervoerd gewicht aan goederen over de weg representeren is niet van toepassing op 2010: het aandeel is gezakt van tegen de 25% rond 2004 naar 20%. Uitgedrukt per tonkm (vervoerd gewicht maal afstand), in plaats van alleen gewicht, is dit aandeel 18%.
- Het statement dat de Nederlandse bouw verantwoordelijk is voor 35% van het afval in Nederland is op het eerste gezicht waar: op basis van totaalgewicht aan vrijkomend bouw- en sloopafval is de bouw verantwoordelijk voor meer dan 35% van de afvalstroom in Nederland (47% in 2010). Het bouw- en sloopafval wordt echter voor een zeer groot aandeel gerecycled<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> >95%, Compendium voor de Leefomgeving.

Daarom is het relevanter te kijken welk aandeel bouw- en sloopafval heeft op het totaal aan afval dat jaarlijks verbrand of gestort wordt. Dit aandeel is veel lager: 15%.

- Het statement dat de Nederlandse bouw verantwoordelijk is voor 45% van het nationale energiegebruik is niet correct. Waarschijnlijk wordt in dit statement het energiegebruik in de totale bestaande gebouwde omgeving bedoeld. Dit is iets anders dan de emissies die voortkomen uit alle bouw- en sloopactiviteiten gedurende een jaar. Energie die direct toe te rekenen is aan de uitvoerende bouw- en sloopactiviteiten in 2010 representeert maximaal 4,5% van het nationale energiegebruik. Als toch alle energie benodigd voor verwarming van bestaande woningen en kantoren wordt meegeteld komt men uit op circa 20%. Binnen dit onderzoek is de energiebehoefte in de bestaande bouw niet toegerekend aan de uitvoerende bouw in 2010.

## Ontwikkelingen ter verduurzaming

### *Materiaalgebruik en -hergebruik*

Het rapport gaat in op een aantal ontwikkelingen en handelingsperspectieven in het algemeen en voor enkele bouwmaterialen die uit de milieuanalyse als belangrijk naar voren komen. Enkele voorbeelden:

- In het algemeen is het belangrijk om bij materiaalgebruik bewust om te gaan met de mogelijkheden per bouwfase: materiaalkeuze toegespitst op de functie in het ontwerp, keuze binnen materiaalcategorieën voor de minst belastende optie, en het mogelijk maken van hergebruik en recycling na afdanking van het bouwwerk. Dit sluit aan bij de ‘Roadmap to a Resource Efficient Europe’ (EC, 2011), waarin gestreefd wordt naar een circulaire economie.
- De betonsector is bezig met de ontwikkeling van een groot aantal duurzame(re) materialen in de Green Deal duurzaam beton. Belangrijk hierin is het gebruik van minder klinker in beton.
- Voor metalen vindt hergebruik en recycling plaats, wat een belangrijke verlaging van de impact tot gevolg heeft. Nieuwe technieken worden toegepast ter verlaging van impact tijdens productie. Daarnaast zou overwogen kunnen worden om de duurzaamheidscertificering toe te passen op de best practice van productie van virgin metalen.
- Voor hout is het tegengaan van illegale kap door te kiezen voor duurzaam gecertificeerde productie het belangrijkste middel om de milieu-impact te verlagen.
- Vrijkomend asfalt wordt gerecycled in nieuw wegdek. Voor asfalt worden mogelijkheden aangegeven als het verlengen van levensduur, vermindering van energie door ontwikkeling van laagtemperatuurasfalt en toepassen van dunnere tussenlagen.

### *Transport*

Op langere termijn zal de transportsector verduurzamen door een transitie van diesel, stookolie en benzine naar biobrandstoffen, biodiesel (mits geen concurrentie optreedt met voedseltoepassing) en/of elektrisch (mits opgewekt uit hernieuwbare bron). Momenteel heeft vervoer over water een lagere emissie dan over de weg. Zeker voor natte waterbouw en bouw aan het water is het volledig inzetten van binnenvaart, in plaats van wegvervoer, een handelingsperspectief, voor zover dit nog niet gebeurt.



### *Energiedragers in de bouwnijverheid*

De handelingsperspectieven overlappen deels met die van verduurzaming van transport:

- Het gebruiken van hernieuwbare brandstoffen (biodiesel, mits van duurzame oorsprong) en/of elektriciteit (uit hernieuwbare bron).
- Het vervangen van inefficiënt materieel, toepassing van hybride machines, efficiënt toepassen van materieel (het nieuwe draaien).

### *Energiegebruik in nieuwbouw*

De verlaging van de EPC van woningen en kantoren zal het jaarlijks primair energiegebruik in woningen doen dalen. Als wordt gekeken naar de impact van de bestaande bouw (volledige gebouwde omgeving) valt op dat de klimaat-impact voor verwarming in 2010 ongeveer drie maal zo hoog is als de impact van alle bouwactiviteiten in Nederland. Inspanningen van de bouwsector voor het opleveren van steeds zuinigere nieuwe woningen, maar vooral ook voor het energiezuiniger maken van bestaande gebouwen, zijn een heel belangrijke manier om de milieudruk van gebouwen omlaag te brengen. De sloop van de meest onzuinige woningen en kantoren en vervanging door energiezuinige nieuwbouw heeft weliswaar een nadeel door de milieu-impact van bouwactiviteiten, maar dit kan worden ‘terugverdiend’ door de vermindering van emissie door energiegebruik.

CE Delft beveelt aan de afweging tussen sloop, nieuwbouw en renovatie middels een case verder te verkennen.

### *Aanbevelingen voor milieuanalyse*

Voortkomend uit de uitvoer van deze studie heeft CE Delft een aantal constatering/aanbevelingen voor toekomstige soortgelijke studies, op het gebied van beschikbaarheid van de juiste hoeveelheden en milieugegevens:

- Slechts een deel van benodigde achtergrondgegevens voor de milieuanalyse wordt jaarlijks bijgehouden en is openbaar beschikbaar. Voor bouwmaterialen zou jaarlijkse rapportage door brancheverenigingen aan - bijvoorbeeld - het CBS een oplossing kunnen zijn.
- De bekendheid en beschikbaarheid van de Nederlandse milieugegevens kan verbeterd worden. Als de gegevens direct beschikbaar zouden zijn in LCA-software zoals SimaPro en GaBi, zouden meer LCA-onderzoekers (ook buitenlandse en beginnende) worden bereikt.
- Er zijn vele bronnen voor milieu-informatie van materialen (Nationale Milieudatabase, MRPI-bladen, Ecoinvent, EU-brede branchegegevens). Resultaten kunnen enorm verschillen tussen bronnen en het is vaak niet direct duidelijk welke bron de meest geschikte gegevens biedt. Er is soms ook onduidelijkheid over de juiste interpretatie van milieu-informatie. Soms werd pas na overleg met brancheverenigingen/ kennisinstututen duidelijk wat de juiste milieugegevens en interpretatie zijn. Naast beschikbaarheid kan achtergrondinformatie bij de milieugegevens worden verbeterd.
- Om gebruik van gegevens mogelijk te maken door internationale partijen (onderzoeksbureaus, aannemers) en in internationale studies, zou het nuttig zijn de gegevens in de Nationale Milieudatabase te vertalen naar het Engels. Dit is ook voordelig voor aansluiting bij internationale milieugegevens van bouwmaterialen.



# Verklarende woordenlijst

## **Broeikasgas**

Een broeikasgas is een gas dat, wanneer het in de atmosfeer komt, bijdraagt aan het broeikasgaseffect: het vasthouden van warmte in de atmosfeer.

## **EPC**

Afkorting voor 'energieprestatiecoëfficiënt'. Dit is een maat voor de energiezuinigheid van nieuwbouw.

## **Emissie**

Een emissie is een uitstoot naar de leefomgeving van een schadelijke stof, een stof die een milieu-impact teweeg brengt. Emissies kunnen naar lucht, water of bodem zijn. Bekende voorbeelden zijn emissie van broeikasgassen, dat bijdraagt aan het klimaatimpact, en emissie van fijnstof.

## **Keten, productketen**

De keten van een product is de benaming voor alle stappen/fasen die gemeoid zijn met het product: eerst vindt grondstofwinning plaats, dan productie van materiaal uit die grondstoffen, productie van het product uit die materialen, transport, gebruik van het product en verwerking van het product na afdanking (behalve bij brandstoffen). Al deze stappen vormen de productketen.

## **Ketenfase**

Een van de stappen in de productketen.

## **Klimaatimpact**

Het milieueffect dat wordt veroorzaakt door broeikasgassen in de atmosfeer.

## **Levenscyclusanalyse (LCA)**

Een vorm van milieukundige studie, waarbij de impact van producten wordt geanalyseerd, over de gehele levensduur en rekening houdend met de gehele keten van het product.

## **Milieueffect**

Een milieueffect is een (nadelig) gevolg voor de leefomgeving. Er zijn meerdere milieueffecten; een zeer bekende is klimaatimpact, ook wel CO<sub>2</sub>-footprint. Enkele andere zijn verzuring, toxiciteit, fijnstofvorming, vermisting en biodiversiteitsimpact. De score voor milieueffecten van grondstoffen, producten, energiedragers (etc.) kan worden gekwantificeerd met milieu-informatie van de grondstoffen ed. en analysemethoden. De ReCiPe-methode (zie verder) is een analysemethode waarmee meerdere milieueffecten kunnen worden geanalyseerd.

## **Milieu-impact**

De milieu-impact is algemene benaming voor de score op een milieueffect, een benaming voor een nadelig gevolg voor de leefomgeving.

## **Milieu-ingreep**

Een milieu-ingreep is iets dat tot milieu-impact leidt. Enkele voorbeelden zijn emissies door verbranding van brandstoffen (diesel, kolen, etc.) voor transport, machinegebruik of elektriciteitsopwekking, emissies bij verbranding van materialen, landgebruik en verandering van landgebruik.



### **Milieu-informatie**

Dit is achtergrondinformatie van materialen, producten, energiedragers (etc.) waarin de milieu-ingrepen gekwantificeerd zijn. Er wordt bijvoorbeeld aangegeven hoeveel brandstof nodig is voor een bepaald productieproces. Met milieu-informatie en een analysemethode kan de milieu-impact (de score voor milieueffecten) worden berekend. Milieu-informatie is vaak beschikbaar in de vorm van een proceskaart.

### **Proceskaart**

Een proceskaart bevat milieu-informatie of milieuresultaten. In databases, zoals de Nationale Milieudatabase en de Ecoinvent-database, zijn proceskaarten met milieu-informatie beschikbaar van producten, materialen, winning van grondstoffen, energiedragers, productieprocessen, vervoersmiddelen, afvalverwerkingsprocessen (verbranding, vergisting) van materialen, waterzuivering, etc. Door koppeling van proceskaarten kan de productketen gemodelleerd en geanalyseerd worden.

### **ReCiPe**

De ReCiPe-methode is in West-Europa de meest gebruikte analysemethode door LCA-uitvoerders. Met de ReCiPe-methode kan zowel een groot aantal milieueffecten (18) kunnen worden berekend, als de schade die door de milieueffecten teweeg wordt gebracht. De ReCiPe-methode is de opvolger van de vroeger toonaangevende methoden CML2001 en Eco-indicator 99. Wat betreft methodiek voor berekening van de milieueffecten, sluit de ReCiPe-methode aan bij recent en geaccepteerd wetenschappelijk onderzoek naar milieueffecten. De ReCiPe-methode is standaard beschikbaar in alle LCA-softwareprogramma's, zoals SimaPro, GaBi en Umberto.

### **SBK**

Staat voor Stichting Bouwkwiteit. Deze stichting heeft de Nationale Milieudatabase onder zijn beheer.

### **SimaPro**

SimaPro is een softwareprogramma dat de uitvoer van levenscyclusanalyse faciliteert. Het bevat databases met milieu-informatie en analysemethoden. CE Delft gebruikt dit programma.



# 1 Inleiding

## 1.1 Behoeftte aan macroanalyse

Duurzaamheid is één van de speerpunten van Bouwend Nederland. De overheid, de markt en de sector zelf streven naar het verduurzamen van bouwprocessen en eindproducten in de bouwsector. Al sinds jaren is de bouw actief in het verminderen van de milieudruk.

Er zijn al veel studies uitgevoerd naar de milieu-impact van bouwmaterialen en bouwwerken: er zijn rekenprogramma's die de hele keten van specifieke bouwwerken in kaart brengen. De vele studies zijn allen op micro- of meso-niveau. Er is echter ook behoefte aan een macro-overzicht, dat milieueffecten van de bouw- en sloopactiviteiten in Nederland gedurende 1 jaar in beeld brengt, van materiaalproductie tot verwerking van het bouw- en sloopafval. In dit rapport wordt gerapporteerd over deze macroanalyse.

## 1.2 Doelen en methodiek

### 1.2.1 Hoofddoel en uitgangspunten van het onderzoek

Het hoofddoel van de studie is het in kaart brengen van milieueffecten die voortkomen uit Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010.

De studie is een macro-studie, beperkt van omvang, waarbij gebruik wordt gemaakt van bestaande gegevens en milieu-informatie om tot een onderbouwde milieuscore te komen.

#### Uitgangspunten

In de studie wordt de bouwketen beschouwd, aspecten die gemoeid zijn met bouw- en sloopactiviteiten en die tot milieu-impact leiden. Op hoofdlijnen zijn dit:

- gebruik van bouwmaterialen;
- gebruik van (energiedragers voor) werktuigen, materieel voor bouw en sloop;
- transportbewegingen gerelateerd aan de bouw- en sloopactiviteiten;
- verwerking van bouw- en sloopafval.

Een belangrijke afbakening van deze studie is de afbakening in tijd. Deze analyse is gericht op 1 jaar: 2010. De inventarisatie is gericht op bouw- en sloopactiviteiten gedurende dit jaar.

Als referentiejaar is 2010 gekozen. De reden is dat, bij aanvang van de studie, bleek dat recentere gegevens nog niet beschikbaar waren voor sommige te inventariseren aspecten.

Aspecten die gelieerd zijn aan de bestaande gebouwde omgeving, maar niet direct aan uitvoerende bouw- en sloopactiviteiten, worden niet toegerekend aan de Nederlandse bouw. Energiegebruik in de gehele gebouwde omgeving in 2010 en emissies door gebruik van de gebouwde omgeving (zoals wegverkeer) komen niet direct voort uit bouw- en sloopactiviteiten. Omdat deze emissies wel een relatie hebben tot de bouw worden ze wel apart gerapporteerd.



Bovenstaande punten maken deze macrostudie wezenlijk anders dan een levenscyclusanalyse (LCA-studie) van een specifiek bouwwerk gedurende zijn gehele levensfase. De macrostudie gaat niet in (en kan niet ingaan) op specifieke bouwwerken en de specifieke functie die zij vervullen in de gebouwde omgeving. Deze macrostudie geeft dus niet aan of het beter is om het ene materiaal te gebruiken dan het andere: dit is afhankelijk van de functie dat het materiaal vervult in de specifieke toepassing.

In Paragraaf 1.3 wordt in meer detail besproken welke exacte afbakening is gehanteerd en welke aspecten wel en niet zijn inbegrepen in de genoemde ketenfasen in de bouw.

### 1.2.2 **Nevendoele van het onderzoek**

Naast de uitvoer van de macro-analyse van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010 is er een aantal nevendoele:

- het toetsen van statements over de Nederlandse bouw;
- het noemen van ontwikkelingen ter verduurzaming en kansrijke richtingen voor verduurzaming voor de meest milieubelastende onderdelen van de bouw;
- een advies over vervolgmonitoring op basis van de status-quo-analyse.

#### **Toetsen van statements over de Nederlandse bouw**

Inzicht in de totale milieu-impact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010 geeft ook de mogelijkheid om beweringen over de Nederlandse bouw in de media en politiek te toetsen. Zo zou de bouw volgens mediaberichten verantwoordelijk zijn voor 25% van het vrachttransport over de weg, 35% van de afvalstroom en 45% van het Nationale Energiegebruik. Deze statements zijn gecheckt in dit onderzoek.

#### **Ontwikkelingen in verduurzaming**

Er is gekeken naar ontwikkelingen ter verduurzaming van de Nederlandse bouw en naar mogelijke handelingsperspectieven en aandachtspunten. Hierbij is vooral aandacht besteed aan die aspecten in de bouw die uit de analyse als milieukundig meest relevant naar voren komen. De verkenning biedt input voor de verduurzamingsagenda voor de bouw in Nederland.

#### **De status quo: start van een regelmatige monitoring**

Eén van de nevendoele is een periodieke meting van de milieu-impact van de bouw mogelijk te maken. Daarvoor dient de wijze van analyseren reproduceerbaar te zijn in de toekomst. Daarom wordt in dit rapport de aanpak en gebruikte achtergrondgegevens in detail beschreven. Ook zijn er aanbevelingen voor verdere verbetering van de monitoring in de toekomst opgenomen.

### 1.2.3 **Structuur van dit rapport**

Het rapport is als volgt opgebouwd:

1. In Hoofdstuk 1 worden de doelen van het onderzoek, afbakeningen en gehanteerde methoden besproken.
2. Hoofdstuk 2 toont de belangrijkste resultaten van de milieuanalyse.
3. Hoofdstuk 3 bevat een check van een aantal statements in de media over de Nederlandse bouw.
4. Hoofdstuk 4 geeft, voor de delen van de bouwketen met de hoogste milieudruk, enkele belangrijke ontwikkelingen en mogelijke handelingsperspectieven ter verduurzaming.
5. Hoofdstuk 5 bevat een overzicht van de belangrijkste conclusies uit de eerdere hoofdstukken plus aanbevelingen.





Een 7-tal bijlagen biedt tot slot:

- de achtergrondinformatie die ten grondslag ligt aan de analyse;
- uitleg over de gehanteerde methodiek;
- detailresultaten: figuren die aanvullende informatie bieden op de hoofresultaten uit Hoofdstuk 2.

### 1.3 De Nederlandse bouw in 2010: afbakening

Voordat met de milieuanalyse kan worden gestart is het belangrijk om te bepalen welke aspecten wel en niet tot de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010 kunnen worden toegerekend.

In deze paragraaf wordt aangegeven welke ketenfasen op hoofdlijnen worden onderscheiden. Daarna wordt per ketenfase toegelicht welke aspecten wel en niet zijn inbegrepen. In de bijlagen wordt in detail de inventarisatie van gegevens weergegeven.

#### 1.3.1 Systeemgrenzen op hoofdlijnen

Tabel 1 geeft op hoofdlijnen de ketenfasen weer die gemeoid zijn met bouw- en sloopactiviteiten in 2010. Deze ketenfasen zijn geclusterd in vier hoofdcategorieën, die worden gehanteerd bij de presentatie en bespreking van de resultaten.

Tabel 1 Systeemafbakening op hoofdlijnen

Hoofdcategorie	Details in	Omvat de ketenfasen
Materiaalgebruik (input 2010)	Bijlage C	Winning van grondstoffen voor bouwmaterialen
		Productie van bouwmaterialen en -producten
		Transportroutes van grondstoffen en halfproducten naar locatie van productie van het eindproduct
Bouw- en sloop-activiteiten in 2010	Bijlage D	Activiteiten op de bouwplaats
		Onderhoud van bouwwerken
		Sloopactiviteiten
Transport in 2010	Bijlage E	Transportroutes van bouwmaterialen en -producten naar bouwplaats
Verwerking van bouw- en sloop-afval (output 2010)	Bijlage F	Sortering van materialen uit bouw- en sloopafval
		Recycling, verbranding of stort van de diverse materiaalstromen uit bouw- en sloopafval
		Transport voor verwerking
		Milieuwinst door extra uitgespaard virgin materiaal

#### Scope: 2010

De diverse ketenfasen zijn onderverdeeld in vier hoofdcategorieën, deze hoofdcategorieën komen voort uit het type informatie dat beschikbaar is over de ketenfasen. Zo is er bijvoorbeeld 'cradle-to-gate' milieu-informatie van bouwmaterialen, waarin grondstofwinning, gebruik van gerecycled materiaal, transport en productie van bouwmaterialen inbegrepen is. Voor bouw- en sloopactiviteiten en onderhoud is geaggregeerde informatie beschikbaar over energiegebruik op macroniveau. Voor recycling en andere verwerking van vrijkomende materialen na demontage of sloop is milieu-informatie beschikbaar waarbij winst wordt toegekend voor extra besparing van virgin materiaal.



Steeds dient men te bedenken dat de inventarisatie zich richt op 2010. Er is geïnventariseerd hoeveel materialen werden gebruikt in 2010, hoeveel onderhoud werd gepleegd in 2010, hoeveel werd gesloopt in 2010, et cetera. De hoeveelheid toegepast materiaal (input) en vrijgekomen materiaal (output) in 2010 is verschillend. Het toegepaste materiaal (input) zal ooit vrijkomen. Dit is echter niet in 2010, maar in de toekomst, waarbij niet bekend is hoe dan om zal worden gegaan met de materialen. Daarom en vanwege de scope op 2010 wordt toekomstige verwerking na afdanking van dit materiaal niet inbegrepen in de studie. De verwerking van materiaal is dus alleen toegekend voor het daadwerkelijk vrijgekomen materiaal (output) in 2010.

Samengevat:

- Op de input van materialen wordt de cradle-to-gate milieu-informatie toegepast. Hierbij wordt rekening gehouden met het aandeel gerecycled materiaal in het product ('recycled content').
- Op de output van materialen na demontage/sloop wordt milieu-informatie over verwerking (hergebruik, recycling, verbranding) toegepast.
- Transport, onderhoud en bouw- en sloopactiviteiten zijn inbegrepen: hoeveelheden zijn op macroniveau bekend en gekoppeld aan milieu-informatie.

Hiermee is de scope van de studie anders dan bij een impactberekening van een gebouw, of GWW-product, waarbij wel over meerdere jaren gekeken. De scope over 2010 is vastgesteld om periodieke metingen, over 1 jaar, mogelijk te maken.

#### **Exclusief gebruiksfase van bestaande bouw**

Aspecten die gelieerd zijn aan de bestaande gebouwde omgeving, maar niet direct aan uitvoerende bouw- en sloopactiviteiten, worden niet toegerekend aan de Nederlandse bouw. Energiegebruik in de gehele gebouwde omgeving in 2010 en emissies door gebruik van de gebouwde omgeving (zoals wegverkeer) komen niet direct voort uit bouw- en sloopactiviteiten. Omdat deze emissies wel een relatie hebben met de bouw worden ze apart gerapporteerd.

### **1.3.2 Details van de afbakening**

In deze paragraaf wordt per hoofdfase nader toegelicht welke aspecten wel en niet zijn geïnventariseerd in deze studie. Voor elke hoofdfase is een bijlage gereserveerd, waarin in detail de geïnventariseerde gegevens worden besproken. Ook wordt nader besproken hoe deze studie omgaat met energiegebruik en emissies in de gebouwde omgeving.

#### **Afbakening: Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten**

De inventarisatie van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010 en bijbehorende ketenfasen is uitgevoerd op macroniveau. Dit wil zeggen dat de inventarisatie zich richt op totalen in Nederland, ongeacht of het van toepassing is op B&U, GWW, agrarische sector, offshore, ed., en ongeacht het verkoopkanaal (aannemers, doe-het-zelf). Materiaal in producten voor de bouw, zoals kozijnen, trappen en hekwerken, is inbegrepen. Materiaal in machines, installaties en materieel is niet inbegrepen.

Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van macro-gegevens (totalen voor Nederland). Om een goede milieuanalyse uit te voeren voor materiaalgebruik (input) en verwerking van vrijkomend materiaal was wel een uitsplitsing nodig naar type materiaal en type vrijkomende stromen. Ook hier is zoveel mogelijk macro-informatie opgevraagd en opgezocht, zoals totaalgebruik aan materiaal voor de Nederlandse bouw, de totale hoeveelheid BSA en sorteeranalyses van BSA.



Voor elke stap in de keten worden de ingrepen geïnventariseerd die leiden tot milieu-impact. Voorbeelden van deze milieu-ingrepen zijn: emissies bij en verandering in landgebruik door winning van grondstoffen, emissies van stoffen naar lucht bij productieprocessen en bouwactiviteiten, gebruik van brandstof of elektriciteit voor transport en bij productie-, energiegebruik voor bouw-, sloop-, en recyclingprocessen.

In deze ketenstudie zijn de effecten door activiteiten in het buitenland inbegrepen, zoals de winning van grondstoffen en productie van materialen.

### Materialen (input)

Voor de inventarisatie van de hoeveelheid gebruikte bouwmaterialen is contact gezocht met brancheverenigingen en kennisinstanties.

Er is gevraagd naar totaalgebruik van materialen in de Nederlandse bouw in 2010, ongeacht toepassingsgebied, en omvat zodoende ook materiaal dat gebruikt wordt voor reparatie en onderhoud. Wel is gevraagd om, indien mogelijk, een uitsplitsing aan te geven naar B&U en GWW; deze informatie is echter lang niet altijd beschikbaar.

Tabel 2 geeft de totale hoeveelheden die zijn geïnventariseerd. In Bijlage B worden de hoeveelheden toegelicht en wordt ingegaan op de gebruikte milieugegevens voor de diverse typen materialen.

Tabel 2 Hoeveelheden materiaal (input), gebruikt in de Nederlandse bouw (2010)

Materiaaltype	Hoeveelheid	Eenheid	Bron
Ophoogzand	202.400	kton	Branchevereniging Cascade
Grind	4.400	kton	Branchevereniging Cascade
Beton	14.000	m <sup>3</sup>	CE Delft, 2013
Asfalt	9.500	kton	Vakgroep Bitumineuze Werken, Bouwend Nederland
Vlakglas	3.960	kton	CE Delft, 2006
Baksteen	1.728	kton	Koninklijk Verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten (KNB, 2011)
Hout	3,0	x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Probos, 2013
Constructiestaal	890	kton	Bouwen met Staal
Wapeningsstaal	546	kton	CE Delft, 2013
Kunststoffen	290	kton	Jetten et al., 2011; Plastics Europe
Dakbedekking	73	kton	Vakblad Dakenraad, 2012
Aluminium	25	kton	CE Delft, 2006
Koper	50	kton	CE Delft, 2006
Kalkzandsteen	Vertrouwelijke gegevens		Vereniging Nederlands Kalkzandsteenplatform
Cellenbeton	Vertrouwelijke gegevens		Xella

In 2010 werd er ruim 260 Mton aan materialen toegepast in Nederlandse bouwactiviteiten<sup>4</sup>. Het grootste deel betreft ophoogzand (ruim 200 Mton).

### Milieu-informatie voor input van bouwmaterialen: cradle-to-gate

Cradle-to-gate milieu-informatie is meestal op materiaal- of productniveau beschikbaar. Dit betekent dat alle ingrepen die plaatsvonden tot aan productie

<sup>4</sup> Voor hout, kalkzandsteen en cellenbeton is een omrekening naar kton uitgevoerd.



van het materiaal of product zijn inbegrepen in de milieu-informatie, dus ook transport van ruwe grondstoffen.

### **Hiaten en inschattingen**

In de inventarisatie van materiaalgebruik in de bouw zit een aantal hiaten en inschattingen. Dit leidt tot een kleine onzekerheid op het totaal: veel materiaalstromen zijn met hoge zekerheid geïnventariseerd.

- Voor de materiaalstromen koper, aluminium en kunststof zijn geen precieze hoeveelheden bekend, met name omdat veel van deze materialen in producten worden verwerkt (bedrading, kozijnen, buizen). Op basis van openbare bronnen en studies zijn inschattingen gedaan, die zijn besproken met de relevante brancheverenigingen.
- Isolatiemateriaal is gedeeltelijk inbegrepen: er waren geen openbare gegevens beschikbaar voor glas- en steenwol. Kunststof isolatiemateriaal (EPS) is inbegrepen in de inschatting voor kunststof.
- Voor cellenbeton is informatie ontvangen van 1 van de 2 producenten in Nederland; alleen de hoeveelheid van deze producent is inbegrepen.
- Het materiaal dat gebruikt wordt in producten ten behoeve van de bouw, zoals bouwmaterieel en machines zijn niet inbegrepen in de inventarisatie.
- Materialen verankerd in installaties, zoals in ventilatiebuizen en cv-installaties, zijn niet specifiek geïnventariseerd. Bij brancheverenigingen is niet bekend hoeveel van hun materiaalstroom wordt gebruikt in producten. Voor aluminium en koper zijn installaties wellicht inbegrepen in de geschatte hoeveelheden. Staalgebruik in installaties is niet inbegrepen: de inventarisatie is gericht op constructiestaal.

### **Bouw- en sloopactiviteiten**

De energie die benodigd is voor bouw- en sloopactiviteiten wordt op macroschaal bijgehouden door het CBS: CBS-categorie F, 'Bouwnijverheid'. Ook onderhoudsactiviteiten vallen binnen deze categorie, net als installatiewerkzaamheden. De energiebehoefte wordt door het CBS uitgesplitst in (onder andere) diesel, elektriciteit, stookolie en aardgas. Deze categorie is goed bruikbaar in deze macrostudie. Fijnstofvorming bij bouw- en sloopactiviteiten is echter niet inbegrepen in de CBS-gegevens. Hiervoor is een aanvullende bron gebruikt. In Bijlage C wordt de aanpak in detail besproken.

### **Niet-bruikbare CBS-categorieën**

De CBS-indeling bevat ook andere categorieën die deels van toepassing zijn op de Nederlandse bouw, zoals categorie B, 'winning van delfstoffen', en categorie C, 'industrie', waaronder de productie van producten uit grondstoffen vallen. Deze categorieën zijn echter niet bruikbaar voor deze studie: er alleen geaggregeerde gegevens over energie beschikbaar via het CBS, voor de gehele categorie. Om twee redenen zijn deze categorieën niet bruikbaar:

- Zowel categorie B als C zijn veel breder dan de bouw alleen. Er zijn industrieën inbegrepen die niet onder de Nederlandse bouw vallen. Voorbeelden zijn aardoliewinning in categorie B en verwerking van aardolie, de voedselindustrie, vervaardiging van elektronica, auto's, verf en chemische producten (onder andere) in categorie C.
- Gegevens over energiegebruik alleen dekken niet de milieuanalyse. Milieu-informatie die gericht is op andere milieueffecten, zoals fijnstofvorming, is niet beschikbaar.

De winning van delfstoffen en impact van productie van bouwmaterialen is dus niet via gegevens van het CBS te modelleren. De te brede categorieën B en C zouden een enorme overschatting van het energiegebruik in de bouw opleveren, maar ook onvoldoende informatie over andere milieueffecten die



niet energie-gerelateerd zijn, zoals fijnstof. Daarom is per bouw materiaal de impact geïnventariseerd via hoeveelheden bouwmaterialen en milieu-informatie uit milieudatabases.

### **Transport van bouwmaterialen**

Onder de categorie transport vallen de transportroutes die te maken hebben met het vervoer van bouwmaterialen. Hiervoor zijn op macroschaal gegevens van het CBS beschikbaar. In Bijlage D worden de gehanteerde achtergrondgegevens (transporthoeveelheden, afstanden en emissiefactoren) besproken. De transportroutes die niet van toepassing zijn op bouwmaterialen in Nederland zijn inbegrepen in de andere ketenfasen. Een voorbeeld is transport van ruwe grondstoffen en energiedragers bij productie in het buitenland.

### **Verwerking van vrijkomende materialen na sloop/demontage (output)**

Er kwam in 2010 22 Mton bouw- en sloopafval vrij (vrijkomend zand niet meegerekend als bouw- en sloopafval). Per type bouw- en sloopafval is de verwerkroute gemodelleerd. Er worden drie routes onderscheiden: hergebruik/recycling, verbranding en stort. Verbranding kan plaatsvinden in diverse faciliteiten: afvalverbrandingsinstallatie (AVI), biomassacentrale, cementoven, asfaltcentrale, etc.

Bij de modellering van de verwerkingsroutes is inbegrepen:

- het transport naar eindverwerking en transport tussen eventuele meerdere eindverwerkingsstappen (bijvoorbeeld bij recycling);
- eventueel energiegebruik bij recycle- en verbrandingsprocessen;
- emissies naar lucht, water en bodem, die veroorzaakt worden door de verwerkingsprocessen;
- vermeden productie van nieuwe materialen (door hergebruik en recycling);
- vermeden productie van elektriciteit en warmte (bij verbranding).

### **Gebruiksfase van bouwwerken**

De bouw produceert allerhande bouwwerken, zoals woningen, kantoren, wegen, waterkeringen en infrastructurele constructies. Bij de gebruiksfase van deze bouwwerken zijn emissies gemoeid, afkomstig van bijvoorbeeld energiegebruik door verlichting van wegen, kantoren en woningen, verwarming van kantoren en woningen, en wegverkeer dat gebruik maakt van de door de bouw aangelegde infrastructuur. De constructie van individuele bouwwerken heeft effect op emissies die voortkomen uit het gebruik van die bouwwerken, vaak in gunstige zin. Zo heeft de mate van isolatie invloed op de benodigde energie voor verwarming van gebouwen en de structuur van het wegdek op emissies van wegverkeer.

De jaarlijkse emissies door gebruik van de bestaande bouw zijn echter niet toe te rekenen aan de bouwsector in 2010. Deze emissies komen voort uit bouwwerken die in eerdere jaren zijn gebouwd. Deze studie kijkt naar de bouwactiviteiten in 2010 en daarom zouden alleen effect op emissies door de in 2010 gebouwde werken kunnen worden toegerekend aan de Nederlandse bouw in 2010.

De manier van bouwen heeft echter slechts indirect effect op verlichting, verwarming en emissies op de weg. De gebruiker zelf heeft een grote invloed op de emissies en de keuze van de gebruiker staat vaak los van het bouwwerk zelf. Elektriciteitsgebruik voor verlichting hangt bijvoorbeeld af van de hoeveelheid en type lampen; warmtehuishouding in een gebouw is mede afhankelijk van persoonlijke voorkeur voor binnenhuistemperatuur (regelen van de thermostaat); de ontwikkelingen op het gebied van zuinigheid van automotoren en het gebruik van roetfilters staan los van de aanleg van wegen.



Het CBS publiceert jaarlijks het energieverbruik in de gebouwde omgeving en emissies van vervoer. Deze cijfers zijn van toepassing op alle bouw (bestaande bouw en nieuwbouw), terwijl dit onderzoek gericht is op nieuwbouw uit 2010. Ook daarom is de totale jaarlijkse emissie in de gebouwde omgeving niet toe te rekenen aan de (nieuw)bouwactiviteiten in 2010.

Om context te scheppen worden de milieuresultaten op basis van de CBS-gegevens wel weergegeven, maar in aparte figuren, los van de resultaten van de ketenstappen die wel volledig toe te rekenen zijn aan de Nederlandse bouw in 2010.

## 1.4 Milieuanalyse: milieueffecten

Na inventarisatie van de bouwketen worden de milieuanalyse uitgevoerd. Bij elke milieustudie wordt de uitgebreidheid van analyse bepaald door de omvang van de studie en de relevantie van milieu-thema's. De studie is beperkt van omvang en heeft als doel tot een orde- van-grootte- resultaat te komen. In dit onderzoek was ruimte om een aantal milieuanalyses uit te voeren. Er zijn vier milieuthema's geselecteerd:

- klimaatimpact (kg CO<sub>2</sub>-eq.);
- de totale hoeveelheid primaire energie (MJ, verdeeld naar hernieuwbare en niet-hernieuwbare energie);
- fijnstofvorming (PM<sub>2,5</sub>-eq. en PM<sub>10</sub>-eq.);
- de gewogen milieuscore 'ReCiPe single score' (Pt).

Er is bewust voor gekozen om niet alle milieueffecten en -indicatoren te tonen, die met analysemethoden zoals via de ReCiPe-methode of de SBK-methode kunnen worden berekend (zie ook onder). Dit zijn er zeer veel, meer dan 20, en vergt een veel uitgebreider onderzoek<sup>5</sup> dan beoogd in deze studie. Het doel van deze milieu-studie is om een orde-van-grootte resultaat te leveren, gebruik makend van bestaande bronnen en LCA-studies. Het is geen nieuwe LCA-studie.

Deze studie is daarmee in opzet wezenlijk anders dan een LCA-studie van een specifiek bouwwerk, volgens NEN/ISO-normering.

### Milieuanalysemethodes in het algemeen

In LCA-softwareprogramma's, zoals Simapro en GaBi, zijn diverse milieuanalysemethodes beschikbaar voor het berekenen van milieueffecten en -indicatoren.

Een veelgebruikte methode door LCA-uitvoerders in West Europa is de analysemethode 'ReCiPe'. De methode is een wetenschappelijk erkende methode voor het berekenen van milieueffecten. De ReCiPe-methode richt zich op het analyseren van milieueffecten en schade door emissies. Met de methode worden eerst achttien milieueffecten berekend, waaronder klimaatimpact en fijnstofvorming. Na berekening van deze achttien milieueffecten kunnen deze worden getoetst op daadwerkelijke schade en gewogen worden tot één milieu-indicator, de ReCiPe single score.

---

<sup>5</sup> Het gebruikmaken van macro-gegevens (zoals van het CBS) is dan bijvoorbeeld niet afdoende. Een voorbeeld: om een gedegen resultaat voor toxiciteit aan te leveren is meer informatie nodig dan alleen energiegebruik.



Daarnaast zijn in de softwareprogramma's analysemethoden beschikbaar die zich richten op 1 milieueffect of milieu-indicator<sup>6</sup>. Voorbeelden zijn UseTox (voor toxiciteit), de Cumulative Energy Demand (berekent de primaire energie) en de Water Stress Index. Deze zijn complementair aan de ReCiPe-methode.

Nederland kent daarnaast de SBK Bepalingsmethode. Voor LCA's van bouwmaterialen en -producten, ten behoeve van MRPI-bladen en/of opname in Dubocalc of de Nationale Milieudatabase, schrijft deze methode voor welke milieueffecten en milieu-indicatoren dienen te worden berekend.

De ReCiPe-methode en SBK-methode overlappen deels. Beiden berekenen een groot aantal milieueffecten, door emissies naar lucht, bodem en water om te rekenen naar milieueffecten. De milieueffecten die SBK voorschrijft worden ook in de ReCiPe-methode berekend. SBK-methode bevat echter geen fijnstof en landgebruik. De SBK-methode bevat wel ook een aantal milieu-indicatoren.

In deze studie zijn vier milieueffecten/-indicatoren uitgekozen. In Tabel 3 wordt getoond dat zij kunnen berekend worden met meerdere analysemethoden. De vier worden hieronder nader toegelicht.

Tabel 3 Milieueffecten en -indicatoren en overlap tussen analysemethoden

	ReCiPe	SBK	Cumulative Energy Demand
Klimaatimpact	X	X	
Primair energiegebruik		X	X
Fijnstofvorming	X		
Gewogen milieuscore, inclusief landgebruik en fijnstofvorming	X		

### Klimaatimpact

Het milieueffect 'klimaatimpact' geeft de emissie van broeikasgassen weer. Maatschappelijk en beleidsmatig ligt er grote nadruk op dit milieueffect. Ook uit milieuanalyses komt de klimaatimpact naar voren als belangrijk milieueffect: wanneer de gewogen milieuscore ReCiPe single score wordt berekend, blijkt stevast dat de klimaatimpact een grote bijdrage heeft aan de totale schadescore.

Broeikasgassen in de atmosfeer zorgen ervoor dat warmte vastgehouden wordt en de gestage toename van de hoeveelheid broeikasgassen in de laatste eeuw leidt tot langzame opwarming van de aarde met alle milieugevolgen van dien. Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) is het bekendste broeikasgas, daarom wordt de klimaatimpact uitgedrukt in kg CO<sub>2</sub>-equivalenten (CO<sub>2</sub>-eq.): de effecten op het klimaat van andere broeikasgassen zoals methaan (CH<sub>4</sub>), koolmonoxide (CO), stikstofoxide (N<sub>2</sub>O) en CFK's zijn omgerekend naar het effect van CO<sub>2</sub>.

De klimaatimpact wordt berekend met de analysemethode 'ReCiPe Midpoint', versie 1.07.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Milieu-indicatoren zijn aspecten die niet zelf een impact aangeven, maar wel bijdragen aan milieueffecten en als zodanig een indicator voor milieu-impact zijn. Voorbeelden zijn: primair energiegebruik, het vrijkomen van afval en waterverbruik.

<sup>7</sup> Deze methode volgt de karakterisatiefactoren en berekeningsmethoden van het IPCC.



## Fijnstofvorming

Net als klimaatimpact komt het milieueffect fijnstofvorming in LCA-studies vaak naar voren als een milieueffect dat tot daadwerkelijke schade leidt, meer dan andere milieueffecten. Tot fijnstof worden in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 micrometer gerekend. Fijnstof bestaat uit deeltjes van verschillende grootte, herkomst en chemische samenstelling. Fijnstof is bij inademing schadelijk voor de gezondheid. Bij mensen met luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten verergert chronische blootstelling aan fijnstof hun symptomen en het belemmert de ontwikkeling van de longen bij kinderen. De normen voor fijnstof worden in Europa op veel plaatsen overschreden, vooral langs drukke wegen.

De fijnstofvorming wordt berekend met de analysemethode 'ReCiPe Midpoint', versie 1.07. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de fijnste deeltjes (kleiner dan  $PM_{2,5}$ ) en de grotere deeltjes ( $PM_{2,5}$  tot  $PM_{10}$ ). Dit is gedaan door de karakterisatiefactoren die binnen deze methode worden gehanteerd te splitsen in deeltjes kleiner dan  $2,5 \mu m$  en deeltjes groter dan  $2,5 \mu m$ . Respirabel kwarts (<63 micrometer), dat vrijkomt bij de bewerking van bouwmaterialen, wordt in deze studie niet als aparte categorie behandeld.

## Primaire energie

De analysemethode 'Cumulative Energy Demand' (versie 1.08, beschikbaar in het LCA-softwareprogramma SimaPro) berekent de totale hoeveelheid primaire energie in Joules. Het voordeel van deze methode is dat onderscheid wordt gemaakt tussen niet-hernieuwbare energie en hernieuwbare energie (zie Tabel 4). De primaire energie-inhoud van een materiaal omvat zowel de energetische waarde van het materiaal (verbrandingswaarde) als de toegevoegde energie voor productie. De hoeveelheid niet-hernieuwbare energie is een maat voor uitputting van (onder andere fossiele) bronnen.

Tabel 4 Primaire energie, uitgesplitst in zijn componenten

Type	Bron	Omvat
Niet-hernieuwbaar	Fossiel	Energie uit olie, gas, steenkool, bruinkool, etc.
	Nucleair	Kernenergie
	Biomassa	Energie uit biomassa/hout/biotische grondstoffen waarbij primaire bossen worden aangetast, bijvoorbeeld door houtkap of verandering van landgebruik waardoor primair woud verloren gaat
Hernieuwbaar	Biomassa	Energie uit hernieuwbare biomassa, agrarische en/of voedselketens. Er is geen ontbossing of verandering van landgebruik
	Wind, zon, geothermisch	Wind-, zonne- en geothermische energie
	Water	Energie uit waterkracht





### **Gewogen milieuscore 'ReCiPe single score'**

De 'ReCiPe single score' is een gewogen milieuscore. Met deze analyse-methode worden eerst achttien afzonderlijke milieueffecten berekend, waarna deze worden beoordeeld op daadwerkelijke schade die ze aanrichten aan menselijke gezondheid, ecosystemen en uitputting van grondstoffen. De schade aan deze categorieën wordt vervolgens via weging samengevat in één enkele milieuscore, de 'ReCiPe single score', uitgedrukt in punten (Pt). Deze gewogen milieuscore biedt een aanvulling op de drie andere milieuthema's: wanneer een ander milieueffect een belangrijke rol speelt, zoals landgebruik, aantasting van biodiversiteit of verzuring, wordt dit zichtbaar in de resultaten. De single score dient vooral ter verificatie of de relatieve resultaten per ketenfase vergelijkbaar blijven als ook de schade door een groot aantal andere milieueffecten wordt meegenomen.

De single score wordt berekend met de analysemethode 'ReCiPe Endpoint', versie 1.07. Toegepast is de hiërarchische normalisatie, op Europees niveau met gemiddelde weegfactoren (Europe ReCiPe H/A).





# 2 Milieueffecten van de Nederlandse bouw (2010)

## 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk toont de belangrijkste resultaten van de milieuanalyse. Voor de achtergronden van deze milieuanalyse en de gegevens waarop de analyse is gebaseerd, wordt verwezen naar de bijlagen. Ook worden enkele aanbevelingen gedaan die voortkomen uit de milieuanalyse en worden aanbevelingen gegeven voor toekomstige monitoring.

In de grafieken worden vier hoofdfasen onderscheiden. Tabel 5 geeft deze fasen aan en welke aspecten zij omvatten.

Tabel 5 Afbakening op hoofdlijnen en ketenfasen die worden onderscheiden in de grafieken

	Naam in grafiek	Omvat
Bouw- en sloop-activiteiten in Nederland, 2010	Materiaalgebruik (input 2010)	Grondstofwinning
		Transport van materialen naar fabriek/productielocatie
		Productie van halffabricaat en/of eindproduct
	Transport van bouwmaterialen	Transport naar bouwplaats
	Bouw- en sloopactiviteiten	Energie voor bouwactiviteiten op de bouwplaats
		Energie voor sloopactiviteiten
		Onderhoudsactiviteiten
Verwerking van BSA (output 2010)	Verwerking van gesloopte stromen tot bruikbaar product. Milieuwinst wordt toegekend voor het genereren van nuttig toepasbaar materiaal (bij recycling) en opgewekte energie (bij verbranding)	

## 2.2 Milieu-impact van de Nederlandse bouw in 2010: totalen

### 2.2.1 Klimaatimpact

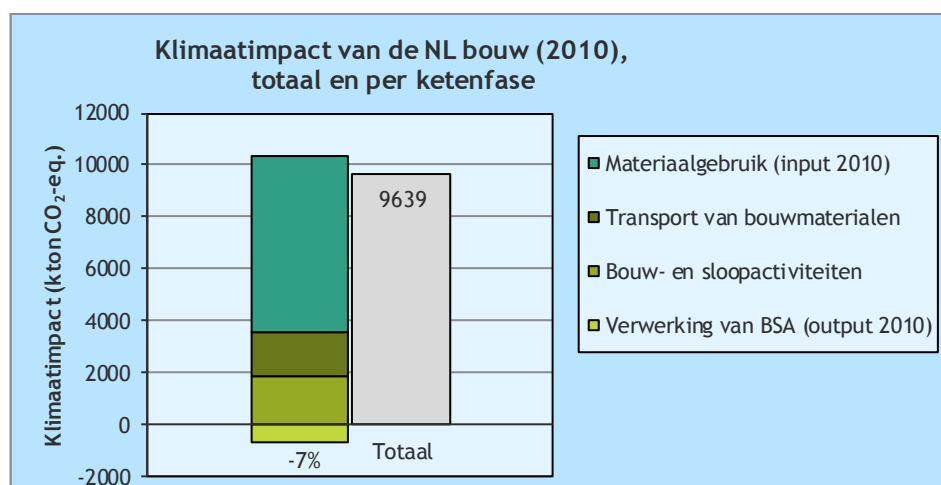
Figuur 3 toont de jaarlijkse klimaatimpact van de Nederlandse bouw: deze is in deze milieuanalyse berekend op 9,6 Mton CO<sub>2</sub>-eq. Het resultaat van 9,6 Mton CO<sub>2</sub>-eq. omvat de fasen in de bouwketen die direct toe te rekenen zijn aan de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010<sup>8</sup>. Om het resultaat in perspectief te plaatsen: de totale uitstoot van broeikasgassen in Nederland ligt rond de 200 Mton CO<sub>2</sub>-eq. per jaar (Compendium voor de Leefomgeving). Deze 200 Mton is de officiële emissieregistratie in Nederland, voor internationale rapportageverplichtingen. Het betreft de emissies in Nederland zelf: emissies door import van grondstoffen en producten, waarvan de emissies dus in het buitenland hebben plaatsgevonden, zijn niet inbegrepen.

<sup>8</sup> Emissies door energiegebruik in de gebouwde omgeving worden niet toegerekend aan bouwactiviteiten in 2010 en zijn niet inbegrepen in Figuur 6. Om de context te schetsen worden deze getoond in Figuur 12.



De impact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten, inclusief emissies die in het buitenland plaatsvinden, is qua orde van grootte dus ongeveer 5% van de officieel gerapporteerde landelijke emissie.

Figuur 3 Klimaatimpact van de Nederlandse bouwnijverheid (2010)



De waarden in deze figuur komen voort uit de milieuanalyse en zijn berekend op basis van de inventarisatie, weergegeven in de bijlagen.

### Materiaalgebruik en verwerking van BSA

In Figuur 3 is te zien dat de hoogste bijdrage aan de klimaatimpact wordt veroorzaakt door het gebruik van bouwmaterialen. In 2010 werd er ruim 260 Mton aan materialen toegepast in door Nederlandse bouwactiviteiten, waarvan het grootste deel ophoogzand betreft (ruim 200 Mton).

Materiaalgebruik representeert ongeveer 70% van de klimaatimpact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010. Hierbij is het gebruik van gerecyclede materialen inbegrepen, maar niet de eventuele extra klimaatwinst<sup>9</sup> wanneer deze materialen (in de toekomst) weer vrijkomen bij sloop. Ontwikkelingen ter verduurzaming van materialen zullen zodoende duidelijk effect hebben op de klimaatimpact van de Nederlandse bouw. In Bijlage A.1 wordt een uitsplitsing gegeven naar de diverse materiaalstromen in de bouw.

Jaarlijks wordt meer materiaal gebruikt dan er vrijkomt bij sloop: 60 Mton gebruik versus 23 Mton bouw- en slooafval (beide cijfers exclusief zand). Dit wordt duidelijk wanneer naar 1 jaar wordt gekeken (2010). De ongeveer 23 Mton aan vrijgekomen materiaal levert een bescheiden klimaatwinst: zo'n 7% van de totale impact van de Nederlandse bouw in 2010. In de grafiek is dit weergegeven als negatieve impact, onder de horizontale as. Het steenachtige puin vormt de bulk van het bouw- en slooafval (17,5 Mton aan materiaal), maar het recyclen levert beperkte klimaatwinst (zo'n 150 kton CO<sub>2</sub>-eq.). Van materialen die meer klimaatwinst leveren door recycling, zoals metalen en kunststoffen, komt veel minder vrij per jaar.

<sup>9</sup> Klimaatwinst komt voort uit:  
 - Opwekking van energie en warmte door verbranding van materiaal.  
 - Nuttig inzetbaar gerecycled materiaal, waardoor de productie van virgin materiaal wordt vermeden.

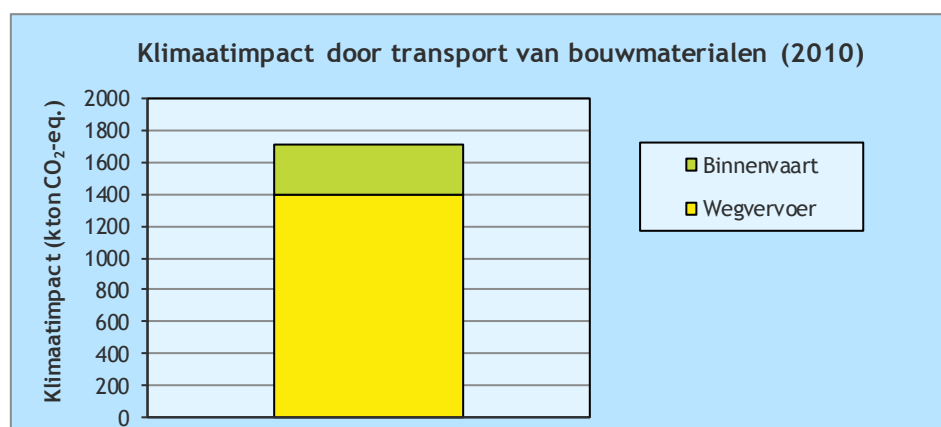
## Transport van bouwmaterialen

Het transport van bouwmaterialen levert een lagere bijdrage dan het materiaalgebruik aan de totale klimaatimpact van de bouwketen, maar de emissie door transport is toch ook aanzienlijk: ongeveer 1,7 Mton CO<sub>2</sub>-eq., wat neerkomt op een bijdrage van 18% aan de totale klimaatimpact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten.

Bouwmaterialen zijn relatief zwaar en representeren ongeveer 20% van alle goederenvervoer over de weg. Vervoer geschiedt vrijwel uitsluitend met behulp van fossiele brandstoffen. De emissies van transport van bouwmaterialen naar de bouwplaats vinden grotendeels plaats op Nederlands grondgebied.

In Figuur 4 is de klimaatimpact van transport van materialen geproduceerd voor de Nederlandse bouw weergegeven, uitgesplitst naar binnenvaart binnen Nederland en wegvervoer (met inbegrip van materialen die vanuit het buitenland naar Nederland worden vervoerd). Volgens (TLN, 2012) is een verwaarloosde deel van het bouw materiaal via het spoor vervoerd. Het wegvervoer is verantwoordelijk voor ruim 80% van de totale klimaatimpact door vervoer van bouwmaterialen, terwijl 76% van de totale *hoeveelheid* bouwmaterialen over de weg wordt vervoerd (TLN, 2012). Wegvervoer is dus wat vervuilender per kilogram vervoerd materiaal dan binnenvaart.

Figuur 4 Klimaatimpact door transport van bouwmaterialen (2010)



De resultaten in deze figuur komen voort uit de milieuanalyse en zijn berekend op basis van de inventarisatie, weergegeven in de bijlagen.

## Bouw- en sloopactiviteiten

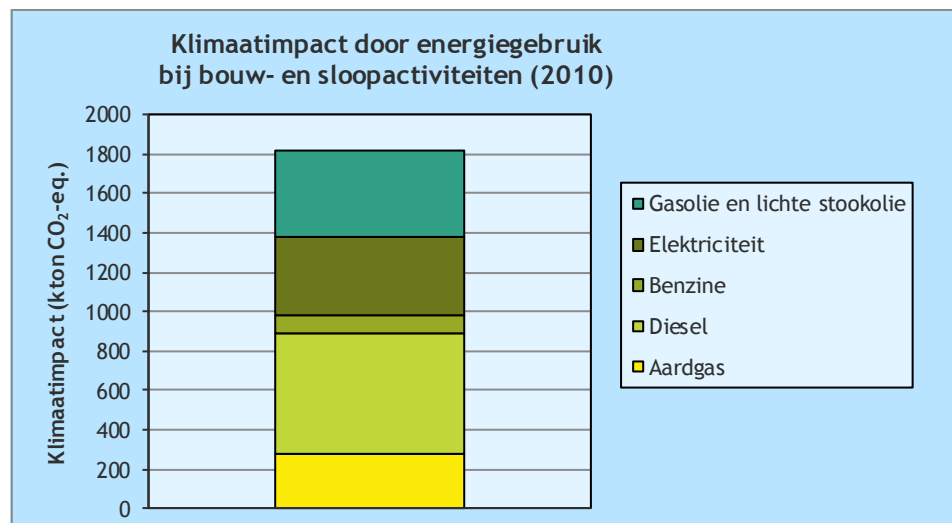
Deze categorie representeert het gebruik van elektriciteit en energiedragers voor het gebruik van materieel en voertuigen op de bouwplaats en slooplocaties. Energiegebruik voor materiaalproductie en transport van bouwmaterialen zitten dus hier niet bij inbegrepen.

De energie die benodigd is voor bouw- en sloopactiviteiten levert een klimaatimpact op van ongeveer 2 Mton CO<sub>2</sub>-eq. en representeert daarmee 19% van de totale impact.

Net als bij transport geldt dat de gebruikte energiedragers vrijwel volledig van fossiele oorsprong zijn en dat de emissies door gebruik (het verstoken) van de energiedragers in Nederland plaatsvindt (diesel, benzine, stookolie en aardgas). Voor het kwantificeren van de emissie door elektriciteit is in deze studie uitgegaan van de gemiddelde Nederlandse mix.

In Figuur 5 is een onderverdeling gemaakt naar de verschillende soorten energiedragers. Te zien is dat diesel, stookolie en elektriciteit de grootste bijdrage aan de klimaatimpact leveren.

Figuur 5 Klimaatimpact door energiegebruik bij bouw- en sloopactiviteiten (2010)

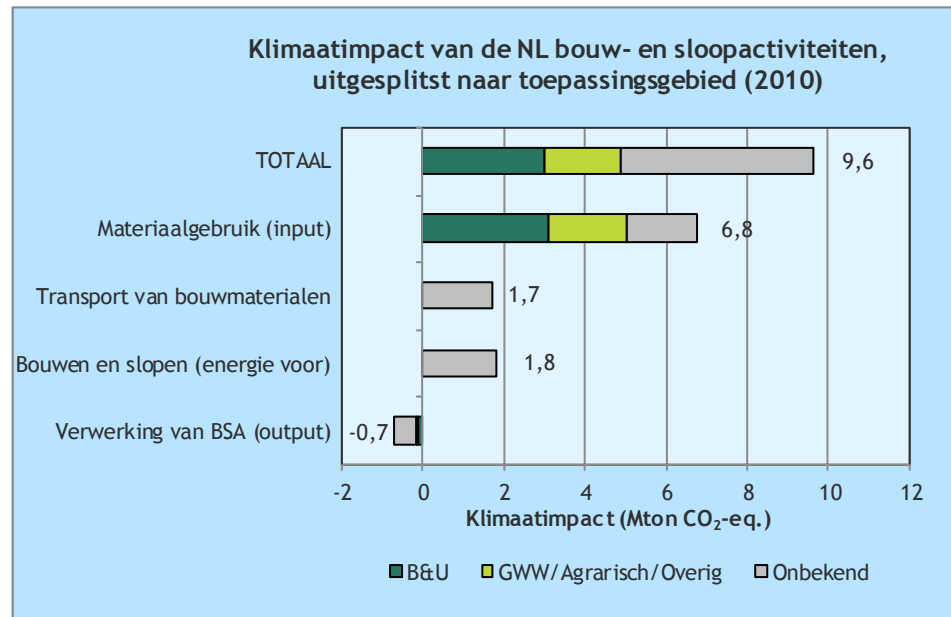


De resultaten in deze figuur komen voort uit de milieuanalyse en zijn berekend op basis van de inventarisatie, weergegeven in de bijlagen.

### Toepassingsgebied

In Figuur 6 is de klimaatimpact, voor zover mogelijk, uitgesplitst naar toepassingsgebied van de materialen: burgerlijke (woningen) en utiliteitsbouw (B&U) en grond- weg- en waterbouw (GWW). Voor veel materialen is bekend in welke toepassing deze worden gebruikt, of is duidelijk in welk toepassingsgebied zij worden gebruikt (kunststoffen, asfalt). Van een deel van de materialen is de verdeling over sectoren niet precies bekend (constructiestaal, hout en grind). Zand voor de tweede Maasvlakte valt onder GWW, van het overige deel zand is niet bekend welke toepassing het kreeg. De macrogegevens over transportafstanden en energiegebruik in de bouw- en sloopfase, beiden op basis van gegevens van het CBS, zijn niet uit te splitsen naar toepassingsgebied.

Figuur 6 Klimaatimpact van de Nederlandse bouw, uitgesplitst naar toepassingsgebied (voor zover mogelijk)



De waarden in deze figuur komen voort uit de milieuanalyse en zijn berekend op basis van de inventarisatie, weergegeven in de bijlagen.

### Emissies door gebruik van de gebouwde omgeving (B&U en GWW)

Het is niet logisch om de emissies door wegverkeer (op de door de bouw gemaakte wegen) en elektriciteitsverbruik (in de door de bouw gemaakte gebouwen) aan de uitvoerende bouwsector zelf toe te rekenen. Zuinigheid van vervoersmiddelen ligt sterk aan de motor, brandstof en de vormgeving van het voertuig. Zuinigheid van lampen en apparatuur als computers en wasmachines wordt ook niet bepaald door de bouwsector. Daarom zijn emissies die voortkomen uit gebruik van de gebouwde omgeving niet toegerekend aan de Nederlandse bouwactiviteiten.

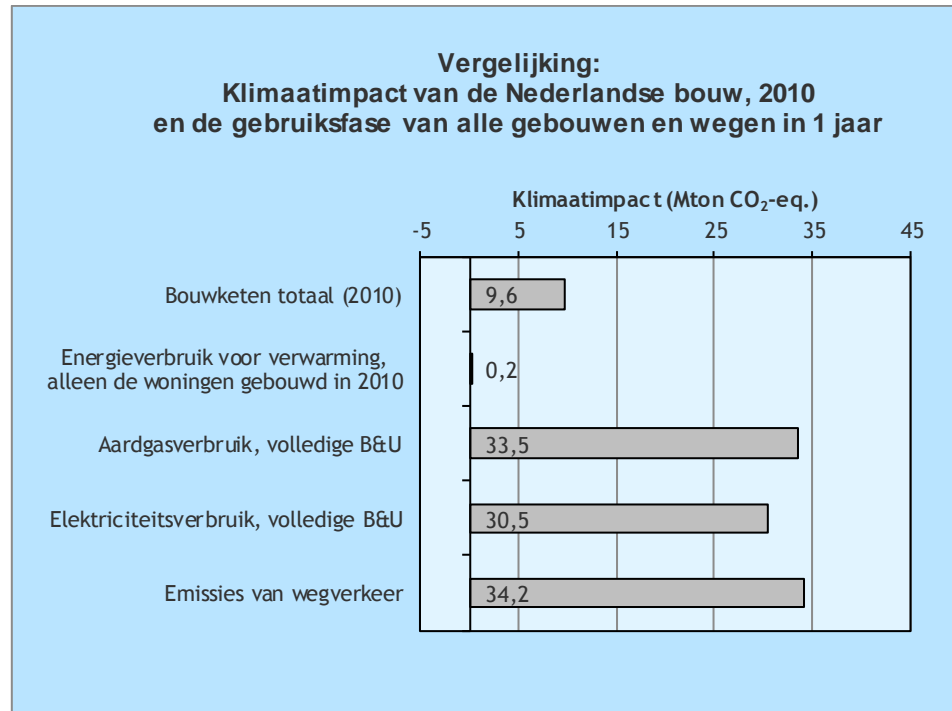
Aardgasgebruik voor verwarming van woningen en kantoren is wel deels gerelateerd aan de manier van bouwen. Het is echter niet eenduidig te bepalen in hoeverre de uitvoerende bouw echt *verantwoordelijk* is voor het aardgasverbruik voor verwarming van gebouwen. Gebruikers van de gebouwen maken de keuze wel of niet te verwarmen en tot welke temperatuur.

Daarom worden deze aspecten los van de totaalresultaten voor de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten gerapporteerd. Figuur 7 is bedoeld om de context te scheppen.

In Figuur 7 is de klimaatimpact van de Nederlandse bouw vergeleken met:

- het totale energiegebruik (aardgas en elektriciteit) in bestaande woningen en utiliteitsbouw in 2010;
- het energiegebruik voor verwarming van alleen de woningen die gebouwd zijn in 2010: inschatting van het te verwachten jaarlijkse energiegebruik;
- emissies van wegverkeer in Nederland in 2010.

Figuur 7 Vergelijking: Klimaatimpact van de Nederlandse bouw en gebruiksfase van gebouwen en wegen



De bovenste staaf is het resultaat van de klimaatanalyse in deze studie; de overige staven komen voort uit gegevens van het CBS (Milieurekeningen; netto energieverbruik) en Compendium voor de Leefomgeving (emissies naar lucht door verkeer en vervoer).

De emissies van het gebruik van de bestaande bouwwerken zijn in 2010 ieder zo'n driemaal zo groot als de emissies van de hele bouwketen. Hierbij moet bedacht worden dat de emissies gaan over de volledige bestaande bouw.

Wat de hoge cijfers aangeven is dat het zinvol is om in de bestaande bouw in te zetten op energiebesparing. Zowel op het gebied van verwarming als op elektriciteitsgebruik is er veel te winnen. Voor nieuwbouw geldt dat het zinvol is om zo te bouwen dat de benodigde energie wordt beperkt, om bij te dragen aan verlaging van de emissies van de gebouwde omgeving in de toekomst. In Paragraaf 4.6 wordt ingegaan op de te verwachten verlaging van energiegebruik door verlaging van de energieprestatiecoëfficiënt EPC.

#### Emissies door woningen gebouwd in 2010

Te zien in Figuur 7 is dat de jaarlijkse energiebehoefte van woningen gebouwd in 2010 leidt tot 200 kton CO<sub>2</sub>-eq. (0,2 Mton). Voor woningen uit 2010 kon berekend worden wat het jaarlijks energiegebruik voor verwarming is, aan de hand van de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) van deze nieuwbouw (CE Delft, 2013). Dit kon worden omgerekend naar klimaatimpact met behulp van een inschatting van type verwarmingsinstallatie (aardgas, stadsverwarming of warmtepomp). Voor utiliteitsbouw kon een soortgelijke berekening helaas niet worden uitgevoerd in dit onderzoek<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> De berekening kon niet worden gedaan omdat er verschillende EPC's zijn voor verschillende typen utiliteitsbouw en omdat niet bekend is wat de verdeling is aan verwarmingsinstallaties in utiliteitsbouw.

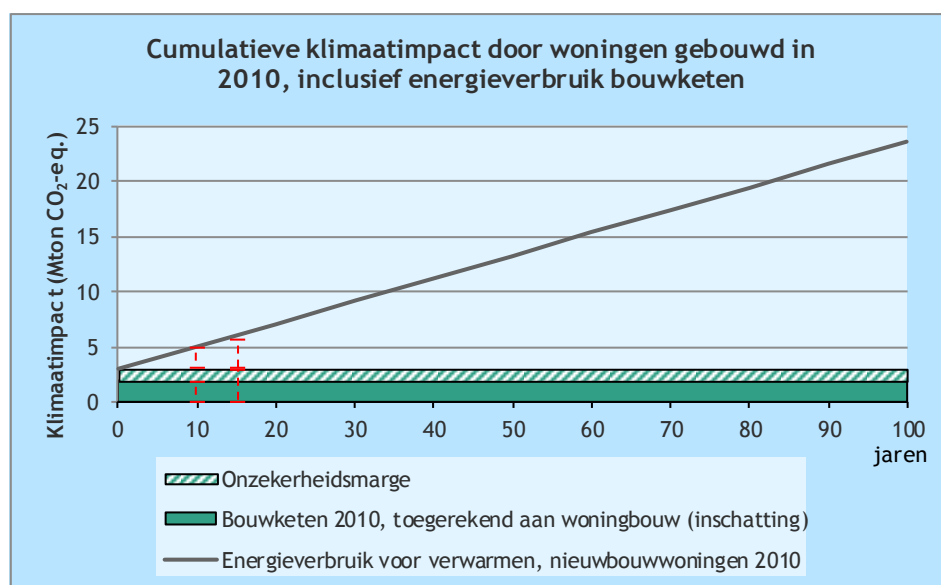


In Figuur 8 is de klimaatimpact van jaarlijks energiegebruik van alle woningen gebouwd in 2010 afgezet tegen de impact van het bouwen van alle woningen in 2010. De groene balk representeert de impact van alle woningen gebouwd in 2010. Dit is een inschatting: een deel van het totaalresultaat voor de Nederlandse bouw is toegerekend aan woningen<sup>11</sup>. Omdat het een inschatting is, is een onzekerheidsmarge toegevoegd.

De woning is eens gebouwd, de impact van de bouw van de woning is eenmalig. Verwarming blijft nodig. De schuine lijn toont het cumulatieve energiegebruik voor verwarming in de woningen, op basis van EPC 0,8. Na ongeveer 10 tot 15 jaar is de impact van gebruikte energie even hoog als de impact van verwarming van de huizen (zie de rode stippellijnen: het grijze deel is gelijk aan het groene deel met en zonder onzekerheidsmarge).

Bij deze analyse benadrukken we dat het gaat om een inschatting op macroschaal; per individuele woning kan het plaatje sterk verschillen.

Figuur 8 Cumulatieve klimaatimpact door woningen gebouwd in 2010 (EPC 0,8)



Deze figuur komt voort uit de milieuanalyse en berekeningen op basis van de energieprestatiecoëfficiënt van woningen.

### 2.2.2 Primair energiegebruik

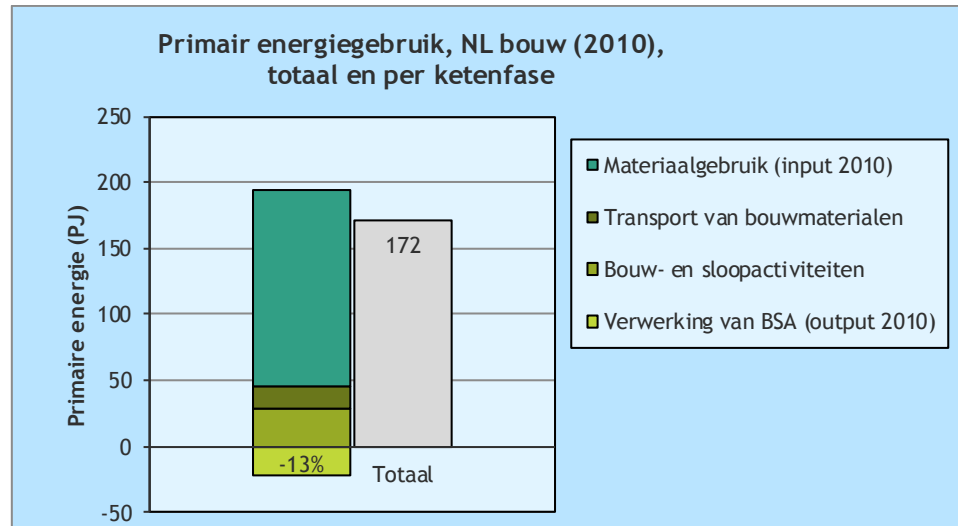
Het totale primaire energiegebruik van de Nederlandse bouw is ongeveer 172 PJ (petajoule). 1 PJ komt overeen met  $10^9$  MJ (megajoule). Om deze 172 PJ in perspectief te plaatsen: het CBS publiceert voor 2010 een totaal gebruik aan energiedragers in de Nederlandse economie<sup>12</sup> van 3.723 PJ<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> De inschatting is als volgt gedaan: de impact voor B&U is voor de helft toegekend aan woningen; de impact waarvan onbekend is waarop deze van toepassing is wordt voor 1/3 toegekend aan woningen.

<sup>12</sup> CBS, Netto Energie: Milieurekeningen; energiegebruik door bedrijven en huishoudens (totaal Nederlandse economie en per SBI-klasse).

<sup>13</sup> Energie verankerd in materialen en producten is in deze 3.723 PJ niet inbegrepen; in de analyse van de Nederlandse bouw wel.

Figuur 9 Primair energiegebruik van de Nederlandse bouwnijverheid (2010)



De waarden in deze figuur komen voort uit de milieuanalyse en zijn berekend op basis van de inventarisatie, weergegeven in de bijlagen.

De resultaten voor primair energiegebruik tonen een iets extremere verdeling dan die van klimaatimpact. Materiaalgebruik levert een nog iets groter aandeel in de primaire energiebehoefte (85%), hoewel het verwerken van bouw- en sloopafval tot een iets grotere winst leidt (-13%) vergeleken met de klimaatimpact.

In deze energievraag zit zowel het energiegebruik voor de productie van de materialen, als de energetische waarde van materialen zelf. Zo is de energetische waarde van de olieproducten kunststof, asfalt en bitumen inbegrepen als niet-hernieuwbaar. Daarmee vormt het resultaat voor primair energieverbruik een maat voor uitputting van energiebronnen.

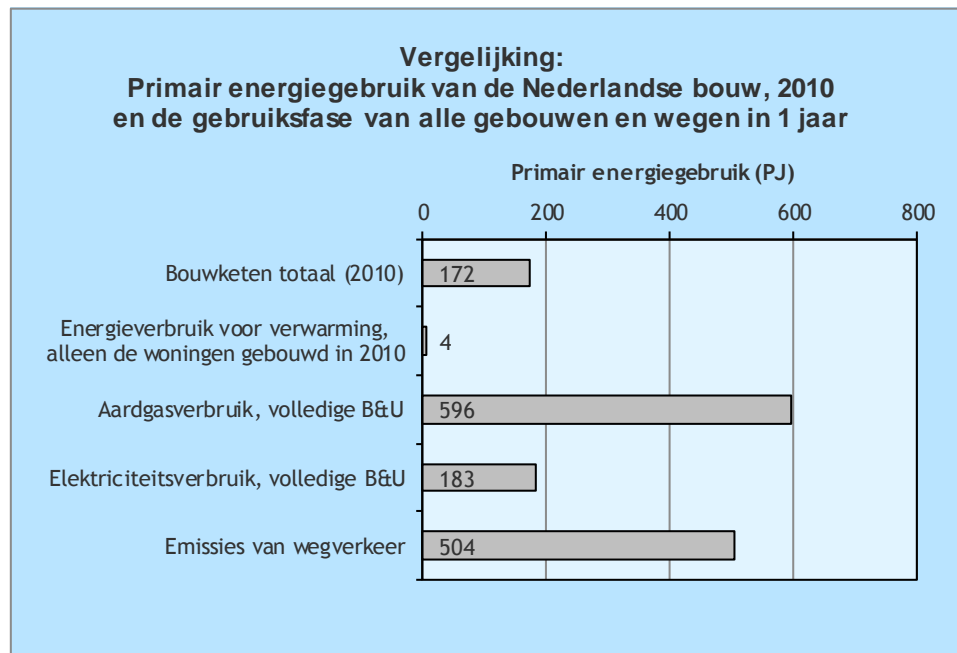
Een deel van de primaire energie is afkomstig van hernieuwbare<sup>14</sup> oorsprong. Voor materiaalgebruik is het aandeel hernieuwbaar 4%. Deze hernieuwbare primaire energie bij materiaalgebruik is voornamelijk het hout. Het hout zelf is volledig hernieuwbaar; een klein deel van de primaire energie van hout is niet hernieuwbaar: de energie voor kap, verwerking en transport. De andere materialen en het overgrote deel van de benodigde energie voor winning en productie zijn van niet-hernieuwbare oorsprong.

Voor zowel transport als bouw- en sloopactiviteiten wordt vrijwel volledig energie van fossiele oorsprong gebruikt, uitgaande van de achtergrondgegevens van het CBS en de gemiddelde samenstelling van het vrachtvervoer in Nederland (TLN, 2012). Het is niet exact bekend wat het aandeel hernieuwbare energie is voor transport en de bouw- en sloopactiviteiten op macroniveau. Bij transport zou een klein deel biodiesel kunnen zijn en bij de bouwfase een klein deel groene stroom, maar dit aandeel is niet bekend.

<sup>14</sup> Onder de noemer 'hernieuwbaar' valt de energie voor het maken van het materiaal uit hernieuwbare bron (waterkracht, zonne- en windenergie), maar ook de energie die opgeslagen zit in hernieuwbare materialen. Hout is een hernieuwbaar materiaal en de energie die in hout zit opgeslagen (calorische waarde) is dus ook hernieuwbaar.

Om de resultaten in perspectief te plaatsen wordt de Nederlandse bouw vergeleken met de primaire energie die voortkomt uit de gebruiksfase van gebouwen en wegen (Figuur 10). De figuur is vergelijkbaar met de resultaten voor klimaatimpact, met uitzondering van de resultaten voor elektriciteit. Het jaarlijkse primaire energiegebruik voor elektriciteit in de B&U ligt lager dan het energiegebruik voor de gehele Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten. Aardgasverbruik en emissies van wegverkeer kennen jaarlijks een ongeveer 2,5 tot 3 keer hoger primair energiegebruik dan de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten. Deze analyse laat zien dat het vooral zinvol is in te zetten op energiebesparing voor verwarming, daar is de meeste winst te behalen.

Figuur 10 Vergelijking: Primair energiegebruik van de Nederlandse bouw en gebruiksfase van gebouwen en wegen

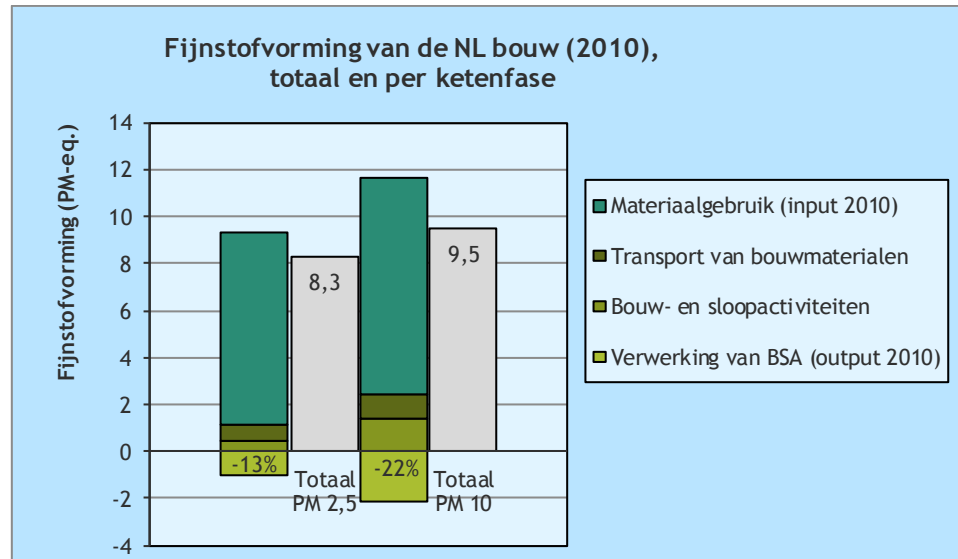


De bovenste staaf is het resultaat van de klimaatanalyse in deze studie; de overige staven komen voort uit gegevens van het CBS (Milieurekeningen; netto energiegebruik) en Compendium voor de Leefomgeving (emissies naar lucht door verkeer en vervoer).

### 2.2.3 Fijnstofvorming

In Figuur 11 zijn de resultaten voor fijnstofvorming in de bouwketen weergegeven.

Figuur 11 Fijnstofvorming door de Nederlandse bouwnijverheid (2010)



De waarden in deze figuur komen voort uit de milieuanalyse en zijn berekend op basis van de inventarisatie, weergegeven in de bijlagen.

Fijnstof is een milieuthema waar in de maatschappij aandacht voor is omdat fijnstof bij inademing tot gezondheidsschade kan leiden. Voor de bouw is het een relevant milieuthema omdat de bouwactiviteiten vaak in dichtbevolkte gebieden plaatsvinden. In de EU is een grenswaarde voor de fijnstofconcentratie in de lucht vastgesteld, wat voor individuele bouwprojecten consequenties kan hebben (MNP, 2005). Er worden op bouwplaatsen maatregelen getroffen om fijnstofvorming bij bouw- en sloopactiviteiten te beperken en op een verantwoorde manier te kunnen werken.

In deze studie wordt onderscheid gemaakt tussen deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer (PM<sub>2,5</sub>) en deeltjes tussen 2,5 en 10 micrometer (aangeduid met PM<sub>10</sub>). De PM<sub>2,5</sub>-fractie omvat fijne en ultrafijne deeltjes die ontstaan onder andere door verbranding van brandstoffen. De PM<sub>10</sub>-fractie zijn de relatief grotere deeltjes zoals opwaaiend stof en stof door banden-slijtage. Respirabel kwarts (<63 micrometer), dat vrijkomt bij de bewerking van bouwmaterialen, wordt in deze studie niet als aparte categorie behandeld.

Te zien is dat bij materiaalwinning de meeste fijnstof vrijkomt, waarbij de productie van virgin metalen de meeste emissie vertegenwoordigen. Dit geldt vooral voor de PM<sub>2,5</sub>-emissie. 75% van de PM<sub>2,5</sub>-emissie door materialen komt voort uit virgin metaal-productie (20% non-ferro, 55% ferro). Productie van virgin metalen heeft een hoge fijnstofemissie per ton materiaal. Bij het EAF-proces wordt 100% schroot gebruikt; stalen producten (balkstaal) die via deze route zijn vervaardigd hebben zodoende een veel lagere fijnstofemissie. Voor het grootste deel komt dit door de winning van erts (65%), wat niet in Nederland plaatsvindt, en het gebruik van steenkool bij productie, dat voor staalproductie deels in Nederland plaatsvindt.

De fijnstofemissie van non-ferrometalen (aluminium, koper) vindt niet in Nederland plaats, maar de Nederlandse bouw is hier wel verantwoordelijk voor.

De PM<sub>10</sub>-score van materialen wordt voor 45% veroorzaakt door metalen. Betonproductie heeft daarna de grootste bijdrage (28%). Voor de fijnstofvorming bij betonproductie zijn echter geen Nederlandse gegevens beschikbaar; daarom zijn we uitgaan van de Europees gemiddelde waarden

volgens de Ecoinvent-database (v.2.2). De betonsector geeft echter wel aan dat er allerlei preventiemaatregelen worden genomen in de productie van beton in Nederland, dus dat de fijnstofemissie wellicht lager is dan in deze studie berekend.

Doordat de metalen grotendeels worden gerecycled, waarbij de productie van virgin staal, aluminium en koper vermeden wordt, wordt een deel van de fijnstofemissie gecompenseerd; een relatief groot deel, in vergelijking met de klimaatimpact.

Transport heeft een beperkte bijdrage. Dit komt vooral doordat de fijnstof-emissie van vrachtvervoer wordt beperkt door strengere normering (Euro 5-norm voor vrachtwagens) en bijbehorend gebruik van roetfilters. Door dit soort maatregelen is de landelijke fijnstofemissie door transport sinds de jaren '90 zichtbaar gedaald (MNP, 2005).

De fijnstofemissie van bouw- en sloopactiviteiten zijn bepaald op basis van brandstofverbruik en met gegevens over fijnstofvorming bij sloop. Ook inbegrepen zijn twee bronnen van fijnstof op de bouwplaats toegevoegd, aan de hand van CE Delft (2006). In CE Delft (2006) zijn op basis van diverse bronnen inschattingen gedaan voor fijnstofemissies in de Nederlandse bouwketen:

- verstuivend zand bij zandproductie en -vervoer: 0,2 kton PM<sub>10</sub> per jaar;
  - opwervend stof door transport op de bouwplaats: 0,33 ton PM<sub>10</sub> per jaar.
- Het totaalresultaat voor fijnstofvorming in de bouwketen komt hoger uit dan de waarde die ingeschat is in CE Delft (2006), 'Stofemissies in de bouw(keten)'. De verschillen worden voornamelijk verklaard door:
- hoeveelheid bouwmaterialen: de in deze studie geïnventariseerde hoeveelheid staal is hoger dan in de inschatting van CE Delft (2006) (zo'n 1.500 kton, inclusief wapeningsstaal, versus 500 kton);
  - de Ecoinvent-database houdt een hogere fijnstofemissie bij staal en aluminium aan dan was gebruikt in CE Delft (2006).

#### 2.2.4 ReCiPe 'single score'

Met de ReCiPe-methode worden een groot aantal milieueffecten berekend. Het is een wetenschappelijk geaccepteerde methode voor LCA-analyse en wordt veel gebruikt door LCA-onderzoekers in West Europa. (Zie paragraaf 1.4 voor meer toelichting).

Met de ReCiPe single score is een specifieke analyse binnen de ReCiPe-methode. Het bepaalt de geaggregeerde schade aan het milieu in punten (Pt). De meerwaarde van deze analyse is dat de resultaten van de losse milieueffecten (klimaatimpact en fijnstofvorming in deze studie) in perspectief plaatst: de 18 milieueffecten die de ReCiPe-methode berekend worden op schade beoordeeld. Een score voor milieueffect op zich geeft immers nog niet aan of deze score ook tot daadwerkelijke schade leidt.

Als een bepaald milieueffect, een zware rol speelt (tot grote schade leidt), dan wordt dit zichtbaar doordat verhoudingen tussen de ketenfasen veranderen ten opzichte van de resultaten van de losse milieueffecten. Zo worden ook effecten als landgebruik, toxiciteit en verzuring meegenomen in de totale schadescore.

Te zien is dat er bij de single score-analyse, meer nog dan bij klimaat-impact, de nadruk blijkt te liggen op materiaalgebruik. Materiaalterugwinning wordt ook belangrijker. Wanneer men in detail kijkt dan blijken hout, metalen en beton de voornaamste bijdrage te leveren bij materiaalgebruik. Landgebruik

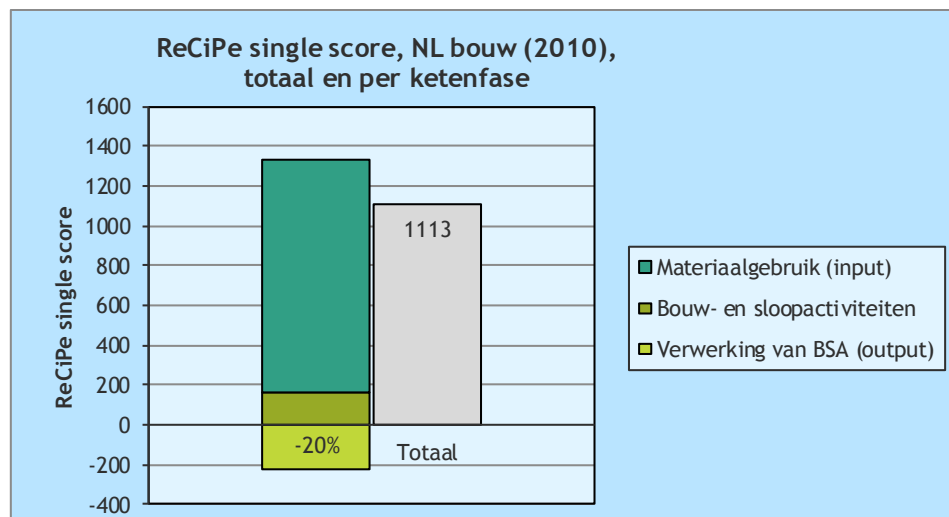


en voornamelijk landtransformatie is een effect dat zwaar meeweegt in de single score.

Wel moet de kanttekening geplaatst worden dat we bij voor de single-score-analyse aangewezen zijn op milieugegevens uit de Ecoinvent-database.

Voor beton en constructiestaal is het daarom waarschijnlijk dat de berekende resultaten aan de hoge kant zijn.

Figuur 12 De gewogen milieuscore 'ReCiPe single score' van de Nederlandse bouw (2010)



\* Er kon geen single score-analyse worden uitgevoerd voor transport van bouwmaterialen, omdat voor transport uit is gegaan van gegevens van STREAM, die niet alle milieu-impact weergegeven, wat wel nodig is voor het bepalen van de single score.

De resultaten in deze figuur komen voort uit de milieuanalyse en zijn berekend op basis van de inventarisatie, weergegeven in de bijlagen.

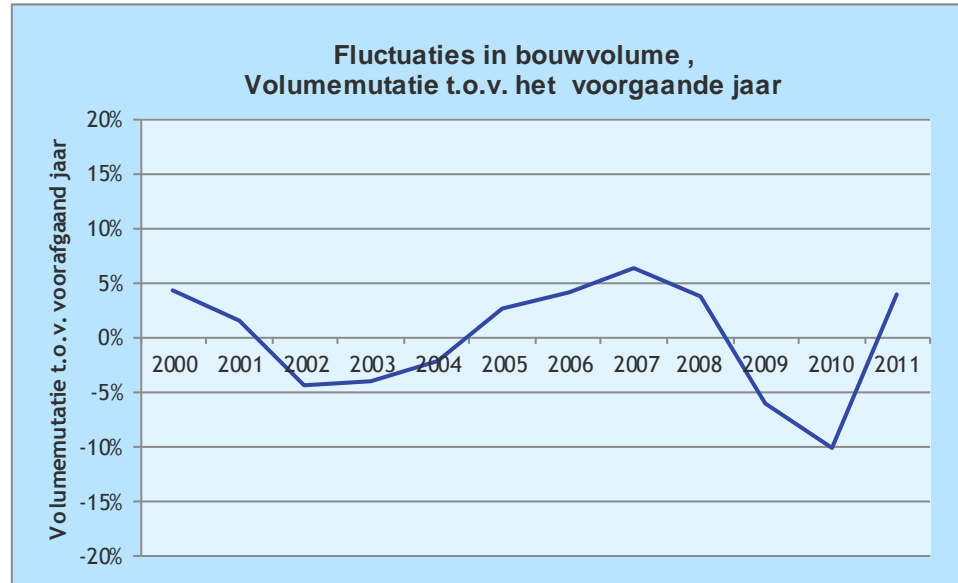
### 2.3 Conjunctuurgevoeligheid

Deze studie biedt een momentopname, het is belangrijk te realiseren dat de resultaten per jaar verschillen. Het bouwvolume per jaar heeft de afgelopen jaren nogal gefluctueerd, zoals Figuur 13 aangeeft. Het bouwvolume werkt door in alle ketenfasen van de bouw, met uitzondering van de sloopfase. In jaren dat er meer wordt gebouwd is er meer energie nodig voor bouwactiviteiten, wordt er meer materiaal verbruikt en is dus ook meer transport nodig.

Vanwege de economische crisis is er in 2010 een sterke daling geweest in bouwactiviteit. De milieu-impact is niet exact 1-op-1 vergelijkbaar met het bouwvolume - er zijn andere factoren die de milieu-impact beïnvloeden die losstaan van het bouwvolume keuze, zoals in materiaalgebruik - maar er is zeker een sterke correlatie.

Vermoedelijk fluctueert de milieu-impactcurve door de jaren heen grofweg volgens onderstaande lijn. Dit wil zeggen dat de milieu-impact van de Nederlandse bouw tot 15% hoger zou kunnen liggen dan in deze studie berekend in piekjaren zoals 2007 en 2000.

Figuur 13 Conjunctuurgevoeligheid: fluctuaties in bouwvolume, volumemutatie ten opzichte van het voorgaande jaar



Bron: CBS, bouwproductie.

## 2.4 Aanbevelingen voortkomend uit de milieuanalyse

Bij het uitvoeren van de milieuanalyse constateert CE Delft dat de benodigde inventarisatie van gegevens voor de analyse soms ingewikkeld is. Hier noemen we twee constatering en aanbevelingen ter verbetering van milieuanalyses in de bouw.

### **Aanbeveling 1: Beschikbaarheid van eenduidige milieu-informatie van bouwmaterialen met goede achtergronddocumentatie**

Bedrijven en brancheverenigingen werken al jaren aan het opstellen van milieu-informatie van bouwmaterialen en bouwactiviteiten, voor gebruik in levenscyclusanalyses van bouwwerken. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van de Nationale Milieudatabase, het opstellen van MRPI-bladen voor bouwmaterialen en de ontwikkeling van allerlei softwareprogramma's voor de berekening van de milieu-impact van bouwwerken, zoals Dubocalc en de MRPI-freetool.

De ontwikkeling van een database met milieu-informatie gericht op de Nederlandse praktijk is nuttig, zeker omdat de door LCA-uitvoerders veelgebruikte database Ecoinvent zich richt op de Europese praktijk en lang niet alle bouwmaterialen en -processen bevat. CE Delft constateert echter een aantal punten ter verbetering:

- de bekendheid en beschikbaarheid bij LCA-uitvoerders van de juiste gegevens;
- mogelijkheid voor gebruik door niet-Nederlandstaligen;
- de transparantie en traceerbaarheid van de milieu-informatie (dit is een bekend aandachtspunt).

### ***Beschikbaarheid en breed gebruik, ook in het buitenland***

De ontwikkelingen van de afgelopen jaren hebben ertoe geleid dat er vele bronnen zijn voor milieu-informatie van bouwmaterialen en -processen. Vaak leidt de keuze voor een andere bron tot heel andere resultaten. Dit geldt echter niet alleen voor de Nationale Milieudatabase versus de Ecoinvent-database, maar ook voor Nederlandse bronnen onderling. Vaak werd pas na

consultatie met de branchevereniging duidelijk welke milieu-informatie de meest recente is. Het samenbrengen van de meest recente kennis in de Nationale Milieudatabase is een goede ontwikkeling. De bekendheid van deze database en de daarin beschikbare milieugegevens kan nog worden verbeterd.

Binnen de bouw is de database wel bekend, maar daarbuiten nog weinig. Veel LCA-uitvoerders in Nederland en West-Europa gebruiken het LCA-softwareprogramma SimaPro, dat standaard de Ecoinvent-database bevat. Zeker beginnende LCA-uitvoerders maken hiervan gebruik, wat kan leiden tot verkeerde resultaten voor de Nederlandse situatie. Idealiter zouden de gegevens van de Nationale Milieudatabase direct beschikbaar zijn in LCA-softwareprogramma's zoals SimaPro en Gabi. Momenteel kan de database worden aangekocht bij SBK en daarna in SimaPro worden gebruikt. Door directe beschikbaarheid worden meer LCA-onderzoekers bereikt, ook in het buitenland.

De LCA-community is internationaal georiënteerd. Ook op Europees niveau worden studies uitgevoerd over de bouw. Het beschikbaar maken van goede Nederlandse gegevens over bouwmaterialen is ook daarvoor nuttig. Daarnaast zal ook de bouw verder internationaliseren. Het beschikbaar maken van proceskaarten in het Engels draagt bij aan bredere toepassing van de juiste Nederlandse milieugegevens.

### *Verbeteren transparantie en traceerbaarheid van de milieu-informatie*

Als LCA-onderzoeker is het prettig om een eenduidige bron van milieu-informatie te hebben, waaruit duidelijk wordt welke ketenaspecten wel en niet zijn inbegrepen. Vanwege soms vertrouwelijke branche- of bedrijfsinformatie is het begrijpelijk dat de SBK Bepalingsmethode leidt tot het aanleveren van een proceskaart met alleen milieuresultaten. De informatie bijbehorende bij de proceskaarten is nu erg marginaal. Volgens CE Delft kan de informatie in de Nationale Milieudatabase nog worden verbeterd (waarbij aan de proceskaarten van de Ecoinvent-database een voorbeeld kan worden genomen):

1. Toelichting op de proceskaart over de scope ervan. De proceskaart zou als basisinformatie moeten omvatten:
  - Wat is de afbakening: is dat tot aan de productie van materiaal (tot het de fabriek verlaat), of is ook verwerking na einde levensduur inbegrepen? Tot waar zijn transportstappen inbegrepen? Wat is het percentage gerecycled materiaal?
  - Wat is de herkomst van de gegevens: afkomstig van één bedrijf, of representeert het resultaat een branchegemiddelde?
2. Beschikbaarheid van achtergronddocumentatie met daarin de belangrijkste uitgangspunten.
3. Het toevoegen van een onzekerheidsmarge zou de proceskaarten beter geschikt maken voor gevoeligheidsanalyse.

### **Aanbeveling 2: Recentheid en jaarlijkse beschikbaarheid**

Deze macro-analyse vroeg om gegevens op nationaal niveau wat betreft materiaalgebruik, energie en emissies. Slechts een deel van benodigde achtergrondgegevens voor de milieuanalyse wordt jaarlijks bijgehouden en is openbaar beschikbaar. Vooral het inventariseren van hoeveelheden bouwmaterialen bleek tijdrovend te zijn, aangezien deze informatie per branche moest worden nagegaan.

Als tot regelmatige monitoring wordt overgegaan, verdient het de aanbeveling om bijvoorbeeld brancheverenigingen te laten monitoren hoeveel materiaal in de bouw wordt gebruikt en dat te rapporteren ten behoeve van de monitoring. Jaarlijkse rapportage aan het CBS zou een oplossing kunnen zijn.





## 2.5 Toekomstige monitoring milieueffecten van de Nederlandse bouw

De status-quo-analyse fungeert als basis; wellicht zal in de toekomst wederom een monitoring worden uitgevoerd, om te zien wat de veranderingen zijn ten opzichte van 2010. Daarom wordt in deze paragraaf puntsgewijs aangegeven welke stappen zijn gezet in deze analyse om tot de resultaten te komen, zodat herhaling mogelijk is. Voor details van de inventarisatie wordt verwezen naar 0 tot en met Bijlage E.

Om de milieu-impact van de bouw te berekenen is het nodig per stap in de keten te inventariseren wat er gebeurt en wat de invloed is op de te berekenen milieueffecten. In deze paragraaf tonen we op hoofdlijnen de aanpak van deze inventarisatie. Voor details verwijzen we naar de bijlagen, waar details van de inventarisatie besproken.

Tabel 6 Aanpak status-quo-analyse

Ketenfase	Aspect	Aanpak/bronnen
Materiaalgebruik en productie van materialen	Hoeveelheden	Brancheverenigingen contacteren: zij hebben veelal recente gegevens. Voor sommige materialen is geen branchevereniging en zijn bedrijven direct benaderd.
	Milieu-impact	Zoveel mogelijk gebruik maken van milieu-informatie specifiek voor de Nederlandse situatie. MRPI-bladen bieden uitkomst, net als de Nationale Milieudatabase. Indien geen specifieke Nederlandse informatie beschikbaar is kan worden teruggevallen op de Ecoinvent-database.
Bouw- en sloopfase	Energiegebruik	Het CBS verzamelt gegevens over energiegebruik van alle bedrijven die actief zijn in de bouw- en sloop en rapporteert het totaal. Categorie F: bouwnijverheid in de Milieurekeningen; netto energiegebruik.
	Milieu-impact	CBS biedt gegevens per type energie(drager). Met behulp van de CBS-tabel met verbrandingswaarden kan de fysieke hoeveelheid per type brandstof worden berekend. Vervolgens wordt met de Ecoinvent-database de milieueffecten van dit brandstofgebruik berekend. Voor fijnstofvorming op de bouwplaats is geen jaarlijkse bron beschikbaar en is gebruik gemaakt van de bron CE Delft, 2006.
Verwerking bouw- en sloopafval	Hoeveelheden	Er is gebruik gemaakt van gegevens van IVAM, 2010a. Deze studie biedt zowel een totaal voor BSA als een uitsplitsing naar materiaaltypen. Deze gegevens zijn aangepast met recente informatie over steenachtig puin (BRBS Recycling, Agentschap NL) en asfalt (Vakgroep Bitumineuze Werken Bouwend Nederland).
	Verwerkmethoden	Voor de verwerking van de diverse stromen binnen bouw- en sloopafval is gebruik gemaakt van gegevens van BRBS Recycling (steenachtig puin) en IVAM 2010 (hout) en UU, 2010 (overige materialen).
	Milieu-impact	Voor analyse is de verwerking gemodelleerd met behulp van de Ecoinvent-database.



Ketenfase	Aspect	Aanpak/bronnen
Transport	Vervoerd gewicht en afstand	Het CBS biedt jaarlijkse gegevens over transport van bouwmaterialen over de weg en via binnenvaart (mineralen en ruwe bouwmaterialen). Voor binnenvaart zijn gegevens tot 2006 beschikbaar. Hier is uitgegaan van een gemiddelde 2003-2006. Zie voor detailuitleg over de aanpak Bijlage D. TLN, 2012 is gebruikt voor informatie over vervoersafstand specifiek voor bouwmaterialen.
	Milieu-impact	De meest recente milieu-informatie over transportmiddelen zijn te vinden in CE Delft, 2011b: STREAM, studie naar transportemissies van alle modaliteiten.



# 3 Beweringen over de bouw getoetst

## 3.1 Zijn de beweringen waar?

Over de milieu-impact van de bouw in Nederland circuleren verschillende getallen in de media. Zo zou de bouw verantwoordelijk zijn voor:

- 25% van het vrachttransport over de weg;
- 35% van het Nederlandse afval;
- 45% van het Nederlandse energiegebruik.

Met de resultaten van de milieuanalyse van de hele Nederlandse bouw zijn deze uitspraken te toetsen. Is de bewering feit of fictie?

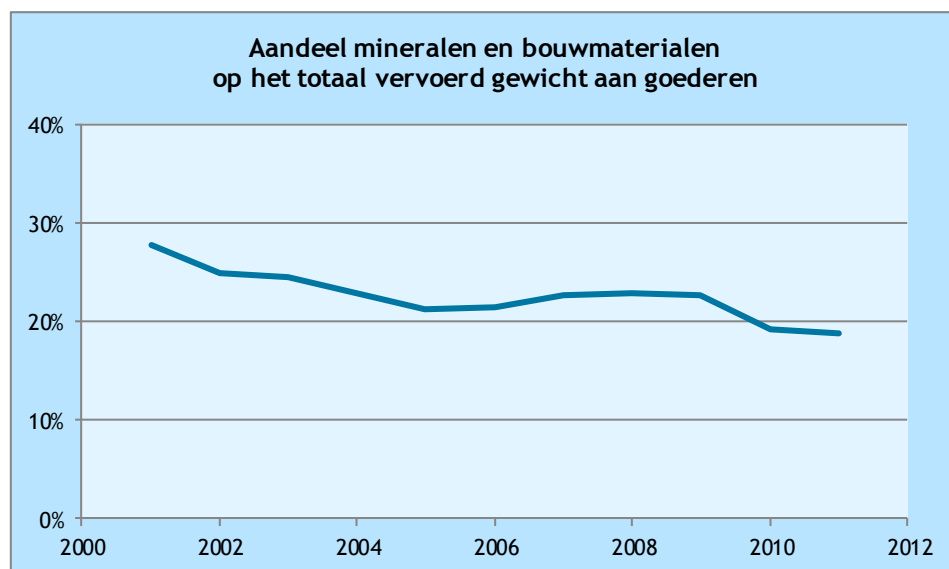
### 3.1.1 Is de bouw verantwoordelijk voor 25% van het vrachttransport over de weg?

TNO, 2012 maakt het volgende statement “25% van alle transportbewegingen is gerelateerd aan de bouw. De verwachting is dat dit percentage nog gaat toenemen als er niets verandert in de bouwsector.”

De gegevens over wegvervoer van het CBS (Wegvervoer; kwartaalreeksen goederenvervoer over de weg) geven antwoord op de vraag of dit statement klopt. Het CBS rapporteert dat 114 Mton aan bouw materiaal over de weg werd vervoerd. In 2010 werd er volgens het CBS in totaal 593 Mton aan goederen over de weg vervoerd. Met deze gegevens wordt een aandeel berekend van 19%.

In Figuur 14 wordt bekeken hoe het aandeel door de jaren heen is veranderd. Te zien is dat het aandeel bouwmaterialen de laatste jaren is gezakt naar 19%; in het verleden schommelde het percentage rond de 25%.

Figuur 14 Aandeel mineralen en bouwmaterialen op totaal gewicht vervoerde goederen

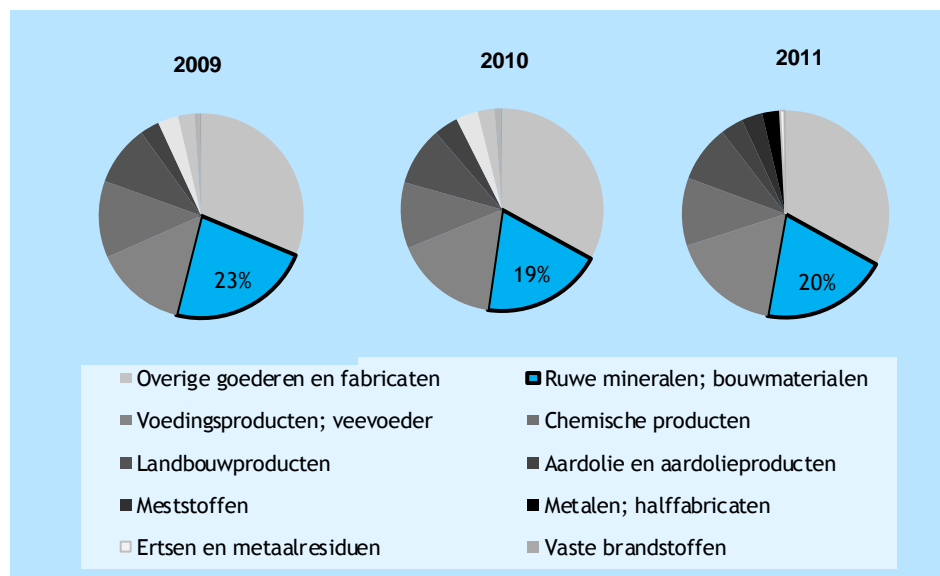


Bron: CBS wegvervoer.



In Figuur 15 is te zien hoe de bouwmaterialen zich verhouden tot de andere goederencategorieën.

Figuur 15 Vervoerd gewicht per type goederen



Bron: CBS wegvervoer.

Tot nu toe is alleen gekeken naar het vervoerd gewicht. Als echter ook de vervoerde afstand van goederen (gewicht x afstand) in ogenschouw wordt genomen, dan daalt het aandeel dat wordt vertegenwoordigd door bouwmaterialen. Hiervoor zijn gegevens gebruikt van het CBS, en gegevens over het totaal goederenvervoer in KiM, 2012.

Op basis van vervoerd gewicht x afstand (tonkm) wordt voor vrachttransport over de weg een aandeel van 18% berekend, in 2010 (zie Tabel 7). Als al het transport in tonkm via zowel de weg als per binnenvaartschip wordt beschouwd, dan is het aandeel bouwmaterialen 16% van het totale goederenvervoer.

Tabel 7 Vervoer van bouwmaterialen en goederen, uitgedrukt in tonkm

Vervoerstype	Mineralen en bouwmaterialen (miljard tonkm)	Totaal goederenvervoer (miljard tonkm)	Aandeel binnen vervoerstype	Aandeel op totaal NL goederenvervoer
Weg (2010)	9,0	50,0	18%	9%
Binnenvaart (2006)	6,7	40,2	17%	7%
Spoor	0,0	5,9	0%	0%
Totaal	15,8	96,1	-	16%

Bron: KiM, 2012

#### Conclusie

Het statement dat bouwmaterialen 25% van het vervoerd gewicht aan goederen over de weg representeren is niet van toepassing op 2010: het aandeel is gezakt van tegen de 25% naar 19%. Als het vervoer wordt uitgedrukt in tonkm (vervoerd gewicht x afstand) dan ligt het aandeel bouwmaterialen nog wat lager: 18%.

Als al het transport in tonkm via zowel de weg als per binnenvaartschip wordt beschouwd, dan is het aandeel bouwmaterialen 16% van het totale goederenvervoer.

### 3.1.2 Is de bouw verantwoordelijk voor 35% van de Nederlandse afvalstroom?

Het CBS rapporteert<sup>15</sup> voor 2010 een totale hoeveelheid afval in Nederland van 59 Mton. In deze studie is becijferd dat 22 Mton materialen vrijkomt uit bouw- en sloopafval (exclusief hergebruikt staal, zie Bijlage E.1). Dit komt neer op bijna 37% van de Nederlandse afvalstroom. Dit komt dus vrijwel overeen met het statement.

Dit wil echter niet zeggen dat de bouw verantwoordelijk is voor 35%, of meer, van de milieu-impact van het verwerken van al het afval. Bouw- en sloopafval wordt grotendeels gerecycled: ten minste 95% van het bouw- en sloopafval wordt hergebruikt of gerecycled en hoeft niet te worden verwerkt in een afvalverbrander of te worden gestort (zie Figuur 16). Voor andere afvalstromen is dit minder, soms veel minder. Op een totaal van 22 Mton bouw- en sloopafval is er daarmee maximaal 1,1 Mton bouw- en sloopafval niet wordt hergebruikt of gerecycled.

In 2010 werd er in totaal in Nederland circa 6,5 Mton afval verbrand en 2 Mton afval gestort (Agentschap NL, 2011b), een totaal van 8,5 Mton. De 1,1 Mton in de bouw is hiervan circa 15% van de totale verbrande en gestorte hoeveelheid.

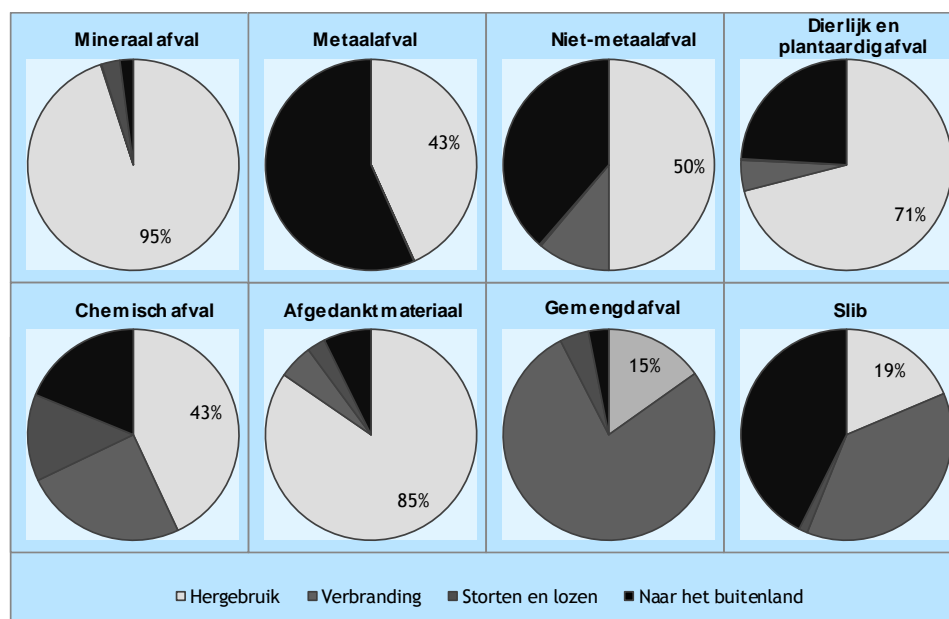
#### Conclusie

Het statement dat de bouw verantwoordelijk is voor 35% van de Nederlandse afvalstroom is juist, qua hoeveelheid. Omdat het bouw- en sloopafval voor een zeer groot aandeel gerecycled wordt (> 95%) is het echter relevanter te kijken welk aandeel bouw- en sloopafval heeft op het totaal aan afval dat jaarlijks verbrand of gestort wordt. Dit aandeel is veel lager: maximaal 15% van al afval dat wordt verbrand of gestort is bouw- en sloopafval.

<sup>15</sup> CBS Statline: Milieurekeningen; herkomst en bestemming afval.



Figuur 16 Verwerkroutes van verschillende afvalstromen in Nederland (verdeling: CBS)



Toelichting: Figuur 16 is op basis van gegevens van het CBS. Het bouw- en sloopafval staan niet geheel gelijk aan mineraal afval, maar valt er wel grotendeels onder. Een deel van het bouw- en sloopafval valt onder metaalafval en niet-metaalafval.

### 3.1.3 Is de bouw verantwoordelijk voor 45% van het nationale energiegebruik?

Het CBS publiceert gegevens over het totale gebruik aan energiedragers in de Nederlandse economie<sup>16</sup>. Voor 2010 wordt een totaal gerapporteerd van 3.723 PJ aan energiedragers.

De bouwnijverheid wordt hierbinnen als sector onderscheiden. Het energiegebruik door de bouwnijverheid komt uit op 19 PJ (zie voor uitleg Bijlage C). Dit getal gaat puur om energie voor bouwwerkzaamheden; het omvat nog niet het energiegebruik voor productie van bouwmaterialen voor de Nederlandse bouw.

Als uit wordt gegaan van deze gegevens is de bouwnijverheid verantwoordelijk voor slechts 0,5% van het nationale energiegebruik.

Het totale primaire energiegebruik van de bouw is berekend op 172 PJ per jaar. Dit getal bevat meer dan alleen energiegebruik door energiedragers: het omvat de energie voor transport, bouw- en sloopactiviteiten, maakenergie voor bouwmaterialen en de energie die in de materialen zit opgeslagen. Als we uitgaan van deze 172 PJ komen we uit op een aandeel van 4,5% van het nationaal energiegebruik.

Omdat de bouw ook gedeeltelijk invloed heeft op het aardgasverbruik van woningen en utiliteit is het te beargumenteren om (een deel van) het aardgasverbruik ook mee te nemen in deze vergelijking.

Al het aardgasverbruik in bestaande utiliteitsbouw en woningen komt neer op 596 PJ in 2010; tezamen met het primaire energiegebruik voor de bouw zou dit uitkomen op circa 20% van de energievraag in Nederland.

<sup>16</sup> CBS, Netto Energie: Milieurekeningen; energieverbruik door bedrijven en huishoudens (totaal Nederlandse economie en per SBI-klasse).

Als ook elektriciteit gebruikt in gebouwen wordt meegerekend - wat minder logisch is omdat de invloed van de bouw hierop klein is - komt daar nog 183 PJ bij, in 2010 (CBS-gegevens, zie ook Paragraaf 2.2.2). Op deze manier gerekend zou het aandeel uitkomen op 25% van het totale energiegebruik van de Nederlandse economie.

CE Delft kon indicatief berekenen dat de energie voor het verwarmen van woningen die gebouwd zijn in 2010 zo'n 4 PJ per jaar bedraagt (dit kon niet worden berekend voor utiliteitsbouw). Dit kan aan de bouwketen worden toegerekend en levert een verhoging van het aandeel op van 0,1%.

Het vermoeden is dat de 45% uit het statement alle energie omvat die wordt gebruikt in de bestaande **gebouwde omgeving**. Het energiegebruik van particuliere huishoudens plus de categorieën F tot en met S (bouwnijverheid, handel en dienstverlening) is volgens de CBS-tabel 1.783 PJ. Dit getal omvat alle energie, dus onder andere elektriciteit, aardgas en brandstofverbruik voor transport.

Dit energiegebruik representeert in 2010 48% van het totale energiegebruik van de Nederlandse economie. Dit energiegebruik is echter niet toe te rekenen aan de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010 (omdat het het totale energiegebruik in de bestaande gebouwde omgeving representeert).

Zie ook Paragraaf 1.3.2. alinea 'Gebruiksfase van bouwwerken.'

#### Conclusie

Het statement dat de bouw verantwoordelijk is voor 45% van het nationale energiegebruik is niet correct. Waarschijnlijk wordt met 'bouw' de gehele gebouwde omgeving bedoeld.

Energie die direct toe te rekenen is aan de Nederlandse bouw representeert maximaal 4,5% van het nationale energiegebruik. Dit aandeel komt voort uit bouwmaterialen, transport daarvan, bouw- en sloopactiviteiten en verwerking van bouw- en sloopafval.

Als aardgasverbruik voor verwarming van alle bestaande bouw gedurende een jaar helemaal meegerekend wordt, gaat het om circa 20%.







# 4 Naar lagere milieu-impact

## 4.1 Inleiding

De voorgaande hoofdstukken bieden informatie over enkele impacts die voortkomen uit de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010. Het biedt de status-quo ten tijde van 2010. Binnen de bouwsector en diverse branches zijn allerlei ontwikkelingen ter verlaging van de impact gaande. In dit hoofdstuk worden enkele ontwikkelingen en mogelijke handelingsperspectieven ter verduurzaming benoemd. Daarbij wordt gekeken naar de vier ketenfasen: materiaalgebruik, transport van bouwmaterialen, energie voor bouw- en sloopactiviteiten en verwerking van bouw- en sloopafval. De focus ligt op die aspecten die een duidelijke bijdrage leveren aan de totaalscore, omdat verbeteringen daarin direct verlaging van de totaalscore betekenen. Ook wordt ingegaan op de ontwikkeling van het verlagen van de EPC van woningen en de relatie tot materiaalgebruik in de woningen.

Het betreft hier zeker geen complete lijst van ontwikkelingen en mogelijke maatregelen. De bouw is een zeer brede sector met een heel pallet aan verbetermogelijkheden. In overleg met brancheverenigingen zijn de belangrijkste ontwikkelingen ter verduurzaming weergegeven, recente en in de nabije toekomst.

Naast ontwikkelingen binnen de bouw zelf zullen technische en maatschappelijke ontwikkelingen van invloed zijn op wat en hoe er wordt gebouwd. Denk bijvoorbeeld aan de opmars van gebruik van elektronica (domotica), de ontwikkeling van nieuwe systemen ter verwarming van gebouwen. In dit rapport worden geen specifieke voorbeelden gegeven van kansen ter verduurzaming die dit soort ontwikkelingen bieden.

Nadrukkelijk geven we aan dat de milieudruk van de Nederlandse bouw anders is dan de impact van een specifiek bouwwerk gedurende zijn hele levensduur. De ontwikkelingen en handelingsperspectieven zijn opgesteld vanuit de analyse van de gehele Nederlandse bouw. Wanneer naar een specifiek type bouwwerk wordt gekeken, waarbij de functie centraal staat, komen wellicht andere ontwikkelingen en verduurzamingsopties naar boven.

## 4.2 Ontwikkelingen op materiaalgebied

### 4.2.1 Algemeen

Uit de analyse van 1 jaar bouw- en sloopactiviteiten volgt dat materiaalgebruik een belangrijk aandeel in de impact van de Nederlandse bouw heeft. Ook het nut van recycling van materialen komt naar voren: de impact van bouwmaterialen wordt (soms sterk) gereduceerd door inzet van gerecycled materiaal en hergebruik en recycling na demontage/sloop.

Het beschikbaar maken voor hergebruik en recycling na gebruik is daarom milieukundig één van de belangrijkste handelingsperspectieven. Bij materialen die volledig kunnen worden gerecycled naar dezelfde toepassing, is het milieukundig gezien belangrijk om te zorgen dat dat daadwerkelijk wordt gedaan.



Het slim ontwerpen van bouwwerken, met aandacht voor de mogelijkheid tot hoogwaardige recycling, zoals demontabel bouwen, maakt hergebruik en scheiding van materiaalstromen in de toekomst gemakkelijker.

Dit sluit aan bij de 'Roadmap to a Resource Efficient Europe' (EC, 2011), waarin gestreefd wordt naar een circulaire economie. Voor bouwwerken wordt aangegeven dat samenwerking tussen ketenpartijen benodigd is om te komen tot duurzame ontwerpen en duurzaam gebruik van materialen, met aandacht voor gebruik en mogelijkheden tot hergebruik en recycling.

Deze studie is er niet op gericht materialen onderling te vergelijken, of aanbevelingen te doen een materiaal wel of niet te gebruiken. Alle materialen hebben specifieke eigenschappen en vervullen bepaalde functies in bouwwerken. De keuze van een ontwerper om een bepaald materiaal wel of niet te gebruiken hangt bij duurzaam ontwerp af van de impact van dat materiaal in combinatie met de functie (bijvoorbeeld draagcapaciteit, isolerend vermogen).

Het is zaak om bewust om te gaan met materialen, met aandacht voor de diverse fasen van een bouwwerk: winning/productie van materialen, functie in het ontwerp en mogelijkheden na afdanking van het bouwwerk. Aanbevelingen zijn:

- Gebruik van materialen staat ten dienste van de constructie en het beoogde gebruik van het bouwwerk: de keuze van een ontwerper om een bepaald materiaal wel of niet te gebruiken hangt bij duurzaam ontwerp af van de impact van dat materiaal in combinatie met de functie.
- Bij materiaalkeuze: waar komt het materiaal vandaan of hoe is het geproduceerd: zoek naar de minst belastende variant binnen de materiaalcategorie en vermijd de meest belastende variant.
- Zorg voor de mogelijkheid tot hergebruik of hoogwaardige recycling, zeker bij abiotische materialen, en hoogwaardige verwerking van biotische materialen.
- Op gebouwniveau: flexibel/adaptief te ontwerpen zorgt ervoor dat gebouwen geschikt gemaakt kunnen worden voor een andere functie. Het langer functioneel zijn van een gebouw heeft een positieve milieu-impact.

#### 4.2.2 (Gewapend) beton

De betonbranche is actief bezig met het zoeken naar manieren om de milieu-impact van het beton zelf te verlagen, mede via de Green Deal duurzaam beton.

In de loop der jaren zijn in Nederland grote stappen gezet ter verlaging van de milieudruk van beton. Zo wordt betongranulaat toegepast in nieuw beton, waarbij het toeslagmiddelen als zand en grind vervangt.

Deze toepassing levert echter weinig milieuwinst op doordat zand en grind een relatief lage milieu-impact heeft. Echter, storten leidt wel tot een verhoging van de milieu-impact van gewapend beton. Het storten van betonpuin, na breken en recycling van wapeningsstaal, verhoogt het broeikas effect met ongeveer 3% ofwel 93 kton CO<sub>2</sub>. Een hogere milieuwinst is te behalen door het verlagen van de impact door het cementgebruik in beton. Het cement in beton is volgens CE Delft (2013) verantwoordelijk voor 2.178 kton CO<sub>2</sub> wat 61% van de impact op het klimaat van gewapend beton en 95% van de betonmortel in Nederland vertegenwoordigt. Omdat de impact op het klimaat van CEM I ruim 2,5 keer hoger is dan voor CEM III-cement, is het vervangen van de nu nog gebruikte CEM I door CEM III een zinvolle verbeteroptie. Indien al het huidige CEM I-gebruik door CEM III wordt vervangen levert dit naar schatting 860 kton



CO<sub>2</sub>-besparing op, ofwel 38% reductie voor betonmortel en 24% reductie voor gewapend beton.

Een ander belangrijk aangrijpingspunt voor verbetering betreft het verduurzamen van klinkerproductie voor cement. In CE Delft (2013) zijn een breed aantal klimaatmaatregelen voor de reductie van de impact van klinker onderzocht. De milieuwinst voor het klimaat varieerde per maatregel tussen de 2 en 28%. Vervanging van gangbare brandstof door biomassa (23% reductie) en toevoegen van voorverwarmers en/of roosterovens (28% reductie) vormen de meest veelbelovende opties om klimaatimpact van betonmortel te reduceren. Daarnaast zou afvang van CO<sub>2</sub> met ondergrondse opslag een reductie tot zelfs 91% kunnen betekenen. Deze optie is echter niet eenvoudig realiseerbaar.

De nieuwe ontwikkeling waarbij doorgemalen beton uit bouw- en sloopafval cement in nieuw beton vervangt wordt op kleine schaal toegepast, maar leidt nu al tot een behoorlijke milieuwinst (conceptresultaten project 'groen beton' 2013). Het doorontwikkelen van deze techniek zal de milieudruk van beton in de toekomst nog verder kunnen verlagen. In IVAM, 2010a werd op basis van een behoudend scenario vastgesteld dat de milieu-impact van gewapend beton door toepassing van doorgemalen betonmeel met ruim 12% te verlagen is. Indien het recyclede beton wordt ingezet voor de klinker productie zou dit in de toekomst mogelijk 25% tot zelfs meer dan 60% milieuwinst op de klinker productie kunnen betekenen (Windels, 2010).

Brandbare afvalstromen, zoals tapijt en kunststoffen, worden met regelmaat bijgestookt in cementovens zodat hierdoor minder kolen nodig zijn. Dit leidt tot iets minder uitstoot omdat kolen per MJ een hoge CO<sub>2</sub>-uitstoot kennen. Een mogelijkheid is het bijstoken van biomassa (hout, reststromen zoals stro) in de cementoven. Dit zal de uitstoot van cementproductie verder reduceren.

Staalgebruik kan wellicht verminderd worden door scherper te construeren. Het optimaliseren van de hoeveelheid wapeningsstaal leidt tot directe milieuwinst (vanwege het verminderd gebruik van staal) en heeft een aantal positieve neveneffecten:

- de constructie wordt lichter waardoor minder beton voor fundering nodig is;
- minder wapening maakt het makkelijker om de constructie te slopen, wat energie scheelt;
- minder gewicht betekent minder emissies door vervoer.

In CE Delft (2013) is voor de situatie in 2010 een gemiddeld wapeningsstaalgebruik vastgesteld, tussen de 1,4 en 1,7%. In deze studie vertegenwoordigt wapeningsstaal iets minder dan 20% van de klimaatimpact van gewapend beton. Een reductie van 10% wapeningsstaalgebruik leidt dus tot ongeveer 2% verlaging van de impact op het klimaat van gewapend beton.

#### 4.2.3 Metalen

Virgin ferrometalen hebben een betrekkelijk hoge milieu-impact per kilogram, door de winning van erts en de productie van metaal uit erts. Staal wordt uit erts geproduceerd via het BOF-proces, het hoogovenproces, waarbij tot 30% schroot kan worden bijgemengd. Via het EAF-proces, het elektro-ovenproces, wordt staalschroot omgesmolten tot nieuwe producten. Hierbij wordt 100% schroot gebruikt.

Er zijn grote verschillen in de milieu-impact van producten van ferro-metaal (balkstaal, plaatstaal, speciaalstaal en RVS), afhankelijk van het productieprocessen (BOF, EAF of een combinatie) en zodoende het gehalte aan gerecycleerd materiaal en door de verschillen in land van productie. Een voorbeeld is constructiestaal. Dit wordt voor een groot deel geproduceerd in



de ons omringende landen Duitsland, Luxemburg en Engeland met het elektro-ovenproces (EAF), dat voor 100% gebruik maakt van schroot. In Nederland wordt in toenemende mate constructiestaal toegepast, dat afkomstig is uit landen buiten de EU zoals China. Dit constructiestaal uit China heeft een hogere milieu-impact dan in West-Europa geproduceerd constructiestaal, voornamelijk door de minder energie-efficiënte staalfabricage, de minder milieuvriendelijke energieopwekking en het transport. (Bron: communicatie met Bouwen met Staal.)

De impact van virgin non-ferrometalen (koper, aluminium) komt voort uit de complexere winning- en productieprocessen. Ook voor aluminium en koper geldt dat er grote verschillen bestaan tussen landen van herkomst, voornamelijk wat betreft type energiegebruik voor productie en omgang met afvalproducten.

Metalen kunnen zonder verlies in kwaliteit worden gerecycled en metalen producten bestaan altijd deels uit gerecycled materiaal, wat de milieu-impact per kilogram in sterke mate reduceert. Het terugwinnen van gerecycled materiaal kost veel minder energie en levert veel minder ecologische schade op dan virgin productie. Volledige recycling na afdanking levert een milieuwinst op; het gescheiden inzamelen van metalen is dus zeer zinvol, milieukundig gezien.

In de milieudatabases is gemiddelde milieu-informatie beschikbaar voor de diverse metaalproducten. Er is geen gedifferentieerde milieu-informatie naar land beschikbaar. Sourcing, gericht inkopen op basis van zo duurzaam mogelijke herkomst, is momenteel niet goed mogelijk. Een mogelijkheid zou zijn om een certificering in te voeren, ook voor aluminium en koper, een keurmerk voor de 'best practices'.

Het voornaamste handelingsperspectief voor de bouw ligt dus bij het nog verder optimaliseren van gescheiden inzameling van met name de non-ferro metalen en het toepassen van metaalproducten met een hoog secundair metaalgehalte.

Daarnaast zijn er ontwikkelingen in de staalproductie gaande die tot reductie van de impact leiden. Twee voorbeelden (Tata steel) zijn:

- Het gebruik van een continugietwalsinstallatie waardoor de in de staalfabriek geproduceerde plakken direct kunnen worden uitgewalst, zonder tussentijds energieverlies.
- Ook is er een proefproject gaande waarmee ijzererts direct in de hoogoven is te gebruiken zonder eerst tot pellets of sinters te worden gebrand.

#### **4.2.4 Asfalt**

Met een totaalgebruik van 6.500 kton virgin asfalt en 3.000 kton gerecycled asfalt (gesloten kringloop) is dit de op-twee-na grootste stroom; alleen beton (>28 Mton) en ophoogzand (202 Mton) zijn groter.

De ontwikkelingen op het gebied van verduurzaming van gebruik van asfalt zijn besproken met De Vakgroep Bitumineuze Werken van Bouwend Nederland.

Het programma 'Duurzaam avontuur', van Rijkswaterstaat, heeft een aantal verbetermogelijkheden onderzocht voor de asfaltsector (Van der Zwan, 2012). Deze daarin genoemde verbetermogelijkheden zijn grofweg in te delen in de categorieën onderhoud en productie.

Het verminderen van materiaalgebruik door dunnere inlagen zou naar schatting een verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de asfaltsector van ongeveer



8% geven, terwijl sealtechnieken voor de verlenging van levensduur van wegen mogelijk 15% verlaging op kunnen leveren.

In de productie van asfalt zijn ook mogelijkheden voor milieuverbeteringen. Hergebruik van ZOAB in nieuw ZOAB biedt naar schatting een milieuwinst van mogelijk 10% op. Omdat hergebruik van ZOAB nog in de kinderschoenen staat kunnen hier nog veel praktische belemmeringen zijn die opgelost moeten worden voordat dit potentieel benut kan worden. Lagetemperatuurasfalt kan een verlaging van 5 tot 10% van de totale milieu-impact betekenen doordat minder energie wordt verbruikt. Dit mag overigens niet ten koste gaan van de levensduur en prestaties van het asfalt omdat dit deze milieuwinst mogelijk teniet zou doen.

Er worden in het kader van de meerjarenafspraken (MJA) verbeteringen uitgevoerd bij asfaltcentrales om energie te besparen en CO<sub>2</sub>-emissie te verminderen. Voor de periode 2013-2016 is wederom een afspraak gemaakt om ongeveer 10% efficiëntieverbetering te realiseren.

Onderhoud van het bestaande asfaltwegennet heeft om meerdere redenen een grote invloed op de milieu-impact en de mogelijke milieuverbeteringen daarop voor de asfaltsector. Enerzijds vergt onderhoud aanzienlijke hoeveelheden asfalt. Anderzijds zorgt het onderhoud voor het verlengen van de levensduur van wegen en zorgt tijdig onderhoud voor het voorkomen van toenemende rolweerstand en daarmee voor het voorkomen van toenemend brandstofverbruik bij het verkeer.

Het onderhoud biedt tevens mogelijkheden voor optimalisering van asfaltgebruik door toepassing van dunne inlagen en sealtechnieken die de toplaag beter beschermen tegen beschadigingen. Daarnaast zijn er mogelijkheden tot verder hergebruik van oud asfalt in nieuw asfalt, zoals in ZOAB, waar het hergebruik nog niet breed wordt toegepast. Tenslotte zijn er innovatieve samenstellingen van asfalt mogelijk die bij lagere temperatuur geproduceerd kunnen worden waardoor energiewinst wordt behaald en CO<sub>2</sub>-emissie wordt vermeden.

#### 4.2.5 Hout

Hout is een brede materiaalcategorie binnen de Nederlandse bouw. Er zijn zeer veel houtsoorten, van allerlei origine, en verreweg het meeste hout dat in Nederland wordt gebruikt is geïmporteerd. Hout is een hernieuwbare grondstof: in principe kan het materiaal volledig hernieuwbaar worden gebruikt, indien het hout niet sneller wordt gekapt dan het weer kan aangroeien (er vindt geen netto afname plaats). Wereldwijd is illegale en onduurzame houtkap, leidend tot ontbossing, echter nog een groot probleem. De ontbossing die veroorzaakt door het gebruik van hout wordt in deze studie dan ook kritisch bekeken.

Het deel aantoonbaar duurzaam op de Nederlandse markt, en in de bouw, stijgt met de jaren. Vergeleken met de monitoring van Probos uit 2008, steeg het aandeel gecertificeerd hout gebruikt in de Nederlandse bouw van 53% naar 66% in 2011. Wel lag het aandeel gecertificeerd (tropisch en gematigd) loofhout aanmerkelijk lager dan dat van gecertificeerd naaldhout: minder dan de helft was gecertificeerd, terwijl van het gezaagd naaldhout en plaatmateriaal 86% en 51% gecertificeerd was. Het rapport 'Illegal Logging and Related Trade' (Chatham House, 2010) geeft aan dat in 2008 nog ongeveer 0,8 miljoen m<sup>3</sup> rondhoutequivalent van illegale afkomst werd geïmporteerd door Nederland. Bij vergelijking met de hoeveelheid niet-gecertificeerd hout in Nederland in 2011 (Probos, 2013), is te zien dit bijna de helft van deze hoeveelheid is.



Voor deze problematiek is binnen de houtbranche en binnen de bouw veel aandacht. In 2010 hebben de Koninklijke Vereniging van Nederlandse Houtondernemingen (VVNH) en de Nederlandse Bond van Timmerfabrikanten (NBvT) het initiatief genomen tot het actieplan 'Bewust met Hout' waarin doelstellingen zijn vastgelegd voor de import en inkoop van aantoonbaar duurzaam geproduceerd hout door de leden van beide organisaties. De leden van de Kon. VVNH importeren inmiddels 81% duurzaam geproduceerd hout (naaldhout 96%, plaatmateriaal 76% en loofhout 53%; eerste helft 2013). In 2013 hebben vier van de grootste houthandelaren, goed voor ruim de helft van het verhandelde hout in Nederland, en vijf van de grootste bouwbedrijven van Nederland de afspraak gemaakt alleen nog gecertificeerd hout te verhandelen en te gebruiken. Daarnaast hebben in 2013 onder leiding van VVNH en NBvT, door 27 belanghebbende organisaties in de bouwketen, waaronder Bouwend Nederland, VNG, Neprom en de ministeries van EZ en I&M, de Green Deal 'Duurzaam bosbeheer bevorderen' getekend. Gecertificeerd hout is ook voor de consument beschikbaar via bouwmarkten.

Zowel Quantis als CE Delft becijferen dat de klimaatimpact door bosverlies aanzienlijk is. De klimaatimpact per m<sup>3</sup> hout door ontbossing en degradatie van land ligt een factor 6 tot 12 hoger dan de klimaatimpact per m<sup>3</sup> waarbij geen ontbossing plaatsvindt (factor is afhankelijk van de houtsoort, type land en de exacte berekeningsmethodiek). CE Delft berekende dat zeker in tropische gebieden de klimaatimpact door ontbossing aanzienlijk is. Zie Bijlage B.8 voor een uitgebreider bespreking.

Daar staat tegenover dat een groot deel van het hout dat gebruikt werd in de Nederlandse bouw (2011) van gecertificeerde oorsprong is. Het blijkt dat, wanneer al het hout van gecertificeerde oorsprong is, de klimaatimpact zal dalen met een factor 2,5 tot 5,5.

Conclusie is dat het tegengaan van illegale kap en het overgaan naar gecertificeerd hout de belangrijkste stap is op het gebied van klimaat en zeker ook op het gebied van biodiversiteit. Op 3 maart 2013 de Europese Houtverordening van kracht geworden, die de import van illegaal in Europa verbiedt. De ontwikkelingen in 2013 zouden moeten leiden tot een veel hoger aandeel gecertificeerd hout in de bouw. Toekomstige monitoring zal dit uitwijzen.

### 4.3 Transport en het verlagen van de milieudruk

De emissies van transport van bouwmaterialen vinden grotendeels plaats binnen Nederland. Klimaatimpact, fijnstof en verzuring, door verbranding van transportbrandstoffen, zijn milieueffecten die aan transport zijn verbonden. In de transportwereld worden al veel maatregelen genomen om de uitstoot van vrachtvervoer te beperken. De bouw is afhankelijk van de ontwikkelingen in het ontwerp van voertuigen en motoren, en van de regelgeving die door overheden wordt opgelegd. Zo is voor nieuwe vrachtwagens de Euro 5-standaard van kracht: alle nieuw opgeleverde vrachtwagens dienen aan de emissiestandaarden volgens Euro 5 te voldoen. De Euro 5-standaard leidt tot verlaging van fijnstof- en NO<sub>x</sub>-emissie, per tonkm, maar tot een verhoging van CO<sub>2</sub>-emissie.

Enkele handelingsperspectieven voor de Nederlandse bouwnijverheid worden hieronder genoemd.



### **Vervoer over water**

Per tonkm is de milieu-impact van vervoer over water ten minste een factor 2 lager dan van vervoer per weg<sup>17</sup>, dankzij de grote laadcapaciteit van binnenvaartschepen. Het is milieukundig gezien dus gunstig om de route over water met 100 km te verlengen als daarmee het vervoer over de weg met 50 km of meer kan afnemen.

Een mogelijkheid is het optimaliseren van de aansluiting tussen binnenvaart en wegvervoer, door het slim plaatsen van distributielocaties waar vrachtwagens goederen overnemen van binnenvaartschepen.

Zeker voor natte waterbouw is het volledig inzetten van binnenvaart in plaats van wegvervoer een handelingsperspectief, voor zover dit nog niet gebeurt. Ook voor het bouwen van bouwwerken aan of op het water biedt dit een aanknopingspunt.

### **Transitie naar biodiesel, -gas of elektrisch**

Op langere termijn zal de transportsector verduurzamen door een transitie van diesel, stookolie en benzine naar biobrandstoffen, biodiesel (mits geen concurrentie optreedt met voedseltoepassing) en/of elektrisch (mits opgewekt uit hernieuwbare bron).

### **Kanttekening: Grotere transportafstand niet altijd slechter**

Het van ver halen van een materiaal met lage milieu-impact voor productie scoort vaak beter dan het dichtbij produceren van een materiaal met een hoge milieu-impact voor productie. Het vergroten van de transportafstand kan dus een verlaging van de totale impact van de bouw- en sloopactiviteiten teweegbrengen, als daarmee een grotere verlaging van milieu-impact in een van de andere ketenfasen wordt bereikt.

## **4.4 Energiedragers in de bouwnijverheid**

Energiedragers voor bouw- en sloopactiviteiten dragen voor een kleine 20% bij aan de klimaatimpact van de Nederlandse bouw. De energiebronnen zijn grotendeels fossiel: diesel, aardgas, stookolie. Ook de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix is grotendeels van fossiele oorsprong. Enkele handelingsperspectieven ter verduurzaming zijn:

- Het gebruiken van hernieuwbare brandstoffen (biodiesel). Wel is het daarbij van groot belang om te letten op herkomst en beschikbaarheid. Kies voor biodiesel uit afvalreststromen. Biodiesel van voedselgewassen dient vermeden te worden vanwege de concurrentie met de voedseltoepassing en landgebruiksverschuiving en boskap voor teelt van de gewassen.
- Meer gebruik maken naar elektriciteit van hernieuwbare oorsprong. Omschakelen naar elektriciteit bij toepassingen waar momenteel diesel voor wordt gebruikt
- Het vervangen van ouder inefficiënt materieel. Het gebruik van hybride apparaten levert een brandstofbesparing op, doordat ze energie (elektrisch) terugwinnen bij remhandelingen, wat vervolgens voor aansturing wordt gebruikt.

---

<sup>17</sup> Klimaatimpact: factor 3; fijnstofvorming PM<sub>2,5</sub> factor 2; fijnstofvorming PM<sub>10</sub> factor 7; primair energieverbruik: factor 4.



## 4.5 Constructie: Lichter bouwen

De milieu-impacts in de bouw zijn sterk materiaalgebonden. Dit brengt bijna automatisch met zich mee dat licht bouwen veel voordelen biedt voor het milieu. Minder gewicht betekent niet alleen minder productie en transport van materialen, maar werkt ook indirect vaak door in andere onderdelen in de bouw.

Naast het verminderen van materiaalgebruik (bijvoorbeeld door onnodige overdimensionering tegengaan door nauwkeurige bepaling van noodzakelijke marges) betekent dit vaak ook een verschuiving in materiaalkeuzes. Lichter hoeft niet noodzakelijk beter te zijn voor het milieu omdat de impact van lichter materiaal per ton een veel hogere milieu-impact kan hebben. Materiaalkeuze blijft daarin dus belangrijk. Ook binnen één materiaalsoort bestaan er goede mogelijkheden om lichtere constructies te maken door verandering van samenstelling ervan en toepassing van wapening die de sterkte van het materiaal in de specifieke toepassing verhoogt.

## 4.6 Energiegebruik in nieuwbouw

Zoals in Hoofdstuk 2 is besproken is de impact van het energiegebruik in de bestaande bouw jaarlijks een stuk hoger dan de impact door bouwmaterialen en bouwnijverheid. Daarom is er in Nederland veel aandacht voor het verlagen van energiegebruik in de bestaande gebouwde omgeving. De energiezuinigheid van nieuwe gebouwen wordt sterk gereguleerd door de overheid, via de energieprestatienorm. Belangrijk onderdeel van deze norm is de energieprestatie-coëfficiënt (EPC), een index die de energetische efficiëntie van nieuwbouw aangeeft. De praktijk is dat de meeste gebouwen opgeleverd worden met een EPC die overeenkomt met de voorgeschreven EPC op dat moment. Vanuit economische overwegingen is er geen grote stimulans om vrijwillig (ver) onder de EPC te gaan zitten. Wel is er een aantal markt-initiatieven in de sector waarbij met opdrachtgevers afspraken worden gemaakt over de renovatie van bestaande woningen naar 'nul-op-de-energiemeter'.

Factoren die het karakteristiek energiegebruik van een woning bepalen zijn, onder andere:

- de keuzes voor lagetemperatuursysteem voor verwarming, het type opwekker (HR-ketel, warmtepomp, stadsverwarming) of de warmtapwatervoorziening;
- mate van isolatie;
- het zelf opwekken van energie door bijvoorbeeld zonnepanelen.

In de studie CE Delft, 2013 is een indicatie gedaan van het energiegebruik in woningen die gebouwd zijn in 2010 en die gebouwd zullen worden in 2014, op basis van de dan geldende EPC. Voor de totale hoeveelheid opgeleverde nieuwbouwwoningen in 2010 is berekend wat het jaarlijks energiegebruik zal zijn (indicatief) voor deze twee typen woningen, om ze te kunnen vergelijken. In 2010 zijn er 55.999 nieuwbouwhuizen opgeleverd (CBS, 2011). Dit leidt tot volgende primair energiegebruik door nieuwbouwwoningen in 1 jaar:

EPC = 0,8:  $71.000 \text{ MJ} \times 55.999 = 4.000 \text{ TJ}$  (afgerond)

EPC = 0,4:  $46.000 \text{ MJ} \times 55.999 = 2.600 \text{ TJ}$  (afgerond)

Zie voor de achtergrondgegevens CE Delft (2013).

Op dit moment is er niet genoeg informatie beschikbaar bij CE Delft om een soortgelijke analyse uit te voeren voor utiliteitsbouw. De opgelegde EPC-waarden verschilt per gebouwfunctie (kantoren, scholen, fabrieken,



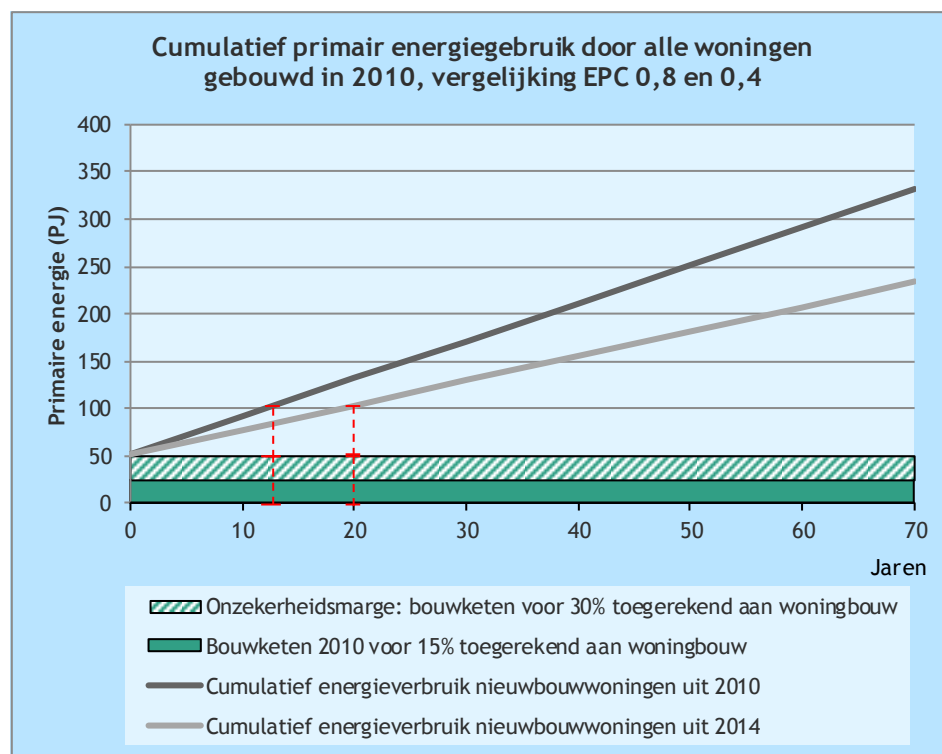


kazernes, ziekenhuizen) en het is niet bekend wat de gemiddelde verdeling van verwarmingssystemen is in de verschillende gebouwtypen.

Ook kon geen resultaten voor klimaatimpact berekend worden, omdat niet bekend is wat de verdeling naar verwarmingssystemen in de toekomst zal worden. Bij grootschalig implementatie van (lage temperatuurs-) verwarmingssystemen die elektriciteit verbruiken, zal de relatieve klimaatwinst lager zijn dan de energiebesparing: op dit moment is de klimaatimpact van elektriciteit (warmtepomp) nog hoger is dan die van direct van aardgas (HR-ketel). Dit komt omdat in de elektriciteit in Nederland mede wordt opgewekt door kolen. Als de hoeveelheid duurzame elektriciteit (wind, zon, biomassa) conform verwachting toeneemt, zal het CO<sub>2</sub>-kental van elektriciteit dalen (meer richting het CO<sub>2</sub>-kental voor aardgas).

Met de berekende energiegebruiksgegevens, en met een inschatting van de impact van de bouwketen die toe te rekenen is aan de woningbouw, is aan te geven wat in de loop der tijd het verschil is tussen woningen met EPC 0,8 en 0,4. Deze resultaten zijn *indicatief* en weergegeven in Figuur 17, waarbij een onzekerheidsmarge is aangegeven omdat niet exact bekend is welk deel van de impact toe te rekenen is aan woningen.

Figuur 17 Primair energiegebruik door alle woningen gebouwd in 2010, met EPC 0,8 en 0,4



Deze figuur komt voort uit de milieuanalyse en berekeningen op basis van de energieprestatiecoëfficiënt van woningen.

Naar aanleiding van deze indicatieve resultaten kunnen we het volgende opmerken:

- Op macroschaal is te verwachten dat het verlagen van de EPC het jaarlijks primair energiegebruik in woningen doet dalen.
- Te zien is de impact van de bouwketen zelf (in het blauwgroen) na ongeveer 10 (EPC 0,8) tot 20 jaar (EPC 0,4) wordt 'ingehaald' door de

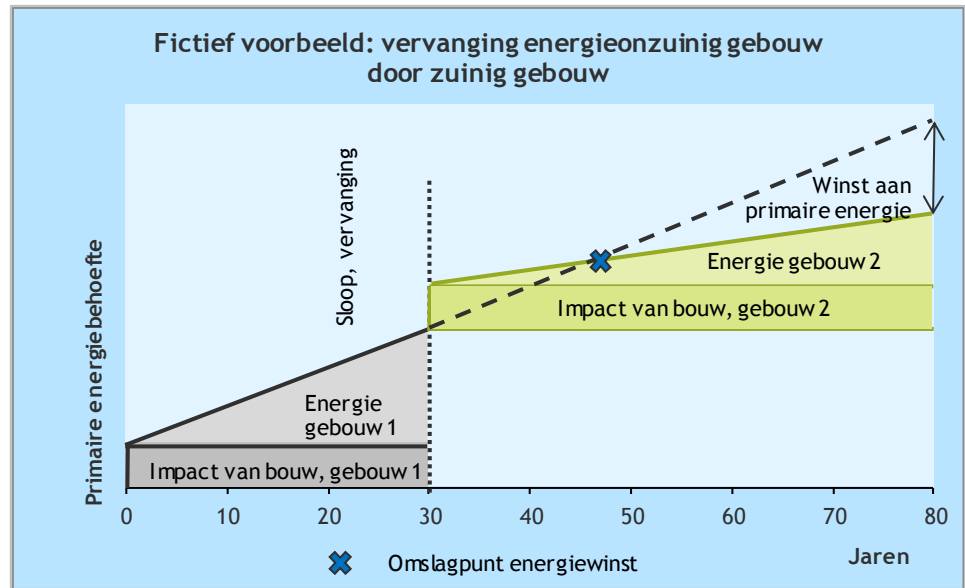
impact van energiegebruik. Zie de rode lijnen in de grafiek: hier is de impact van woningbouw (inclusief marge) even groot als de impact door energiegebruik. Dit is echter een indicatie op macroschaal: op het niveau van individuele woningen kan dit sterk verschillen.

- Vorig punt geeft aan dat materiaal- en energiegebruik in de bouwketen zelf relatief belangrijker wordt in de toekomst, wanneer men kijkt naar de gehele levenscyclus van een woning. In de toekomst wordt de EPC nog verder aangescherpt, tot EPC 0 in 2020. Hierbij gaat het om het netto energieverbruik: een EPC van 0 is te behalen middels compensatiemaatregelen, zoals eigen opwekking. Wat betreft verlaging van de milieudruk van de gebouwde omgeving zal dus het verlagen van de impact van de bouwketen zelf steeds relevanter worden.
- Energiebesparing en verlaging van impact door materialen en bouwnijverheid zal allebei aandacht vergen.
- In vergelijking met energiegebruik in de bestaande bouw is deze energiebesparing (nu nog) gering. Naarmate er meer en meer energiezuinige huizen komen, ten opzichte van energie onzuinige bestaande bouw, die soms een EPC van 3 hebben, zal het energiegebruik in de gebouwde omgeving duidelijk afnemen.
- Voor kantoren kon geen resultaat berekend worden, maar hier geldt uiteraard ook dat een kantoor met lage EPC gedurende zijn gebruiksfase minder energie verbruikt dan met hoge(re) EPC. Bij kantoren speelt de discussie wat te doen met de grote hoeveelheid leegstaande kantoren.
- De analyse duidt erop dat de sloop van energie onzuinige gebouwen, ten behoeve van energiezuinige gebouwen, in sommige gevallen gunstig kan uitpakken (wat betreft primaire energie), ook wanneer de hele bouwketen wordt beschouwd. Of er milieuwinst plaatsvindt, zal echter per geval moeten worden berekend. Het is uiteraard mogelijk om gebouwen te renoveren in plaats van volledig te slopen. CE Delft beveelt aan om de afweging tussen sloop, renovatie of nieuwbouw verder te verkennen middels een aantal cases.

Onderstaand fictief voorbeeld geeft aan hoe energiewinst te behalen is door het vervangen van energie-onzuinig gebouw 1 door energiezuinig gebouw 2. In het voorbeeld wordt na ongeveer 20 jaar na sloop energie bespaard ten opzichte van doorgaan op oude voet met gebouw 1.



Figuur 18 Fictief voorbeeld: energiewinst door vervanging van een energie-onzuinig gebouw





# 5 Conclusies

In dit hoofdstuk worden de hoofdconclusies van de diverse delen van dit rapport samengevat:

- milieuanalyse;
- beweringen over de bouw in de media;
- ontwikkelingen ter verduurzaming van de Nederlandse bouw;
- aanbevelingen voor vervolgmonitoring.

## 5.1 Hoofdconclusies milieu-impactanalyse

- In 2010 werd er ruim 260 Mton aan materialen toegepast in door Nederlandse bouwactiviteiten. Het grootste deel betreft ophoogzand (ruim 200 Mton). In 2010 kwam 23 Mton bouw- en sloopafval vrij dat vrijwel geheel (>95%) gerecycled of nuttig is toegepast (vrijkomend zand niet meegerekend als bouw- en sloopafval).
- De klimaatimpact van de hele bouwsector in 2010, inclusief de effecten van grondstoffenwinning en productie in het buitenland, bedraagt ongeveer 9,6 Mton CO<sub>2</sub>-eq. Dat is zo'n 5% van de nationale emissie van Nederland.
- De bouwketen in Nederland is verantwoordelijk voor een primair energiegebruik van ongeveer 172 PJ in 2010. Dat is 4,5% vergeleken met het volledige primair energiegebruik in Nederland in 2010 (CBS Milieurekeningen, energiegebruik).
- Fijnstof komt vooral vrij in de winnings- en productiefase van bouwmaterialen, dat voor een deel in het buitenland plaatsvindt. Verbranding van fossiele energiedragers is de voornaamste bron van fijnstofemissie in Nederland zelf. Fijnstofvorming op de bouwplaats door stofontwikkeling heeft een kleiner aandeel op de totale fijnstofvorming en bestaat vrijwel voornamelijk uit grotere, minder schadelijke, deeltjes (PM<sub>10</sub>).
- Materiaalgebruik levert de grootste bijdrage aan de klimaatimpact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten: de 260 Mton aan materiaal betreft circa 70% van de totale emissie. Door het verwerken van het vrijkomende bouw- en sloopafval wordt 7% van de totale emissie gecompenseerd. Transport van bouwmaterialen en activiteiten op de bouwplaats leveren ieder ongeveer 17% van de totale klimaatscore.
- Voor de gemiddelde woning gebouwd in 2010 geldt dat de klimaatimpact van de bouw gelijk is aan de klimaatimpact van ongeveer 15 à 20 jaar energiegebruik voor verwarming.
- De klimaatimpact veroorzaakt door het aardgasverbruik in de totale bestaande gebouwde omgeving bedroeg in 2010 33,5 Mton CO<sub>2</sub>. Een groot deel hiervan is voor verwarming. Het klimaateffect van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010 bedraagt ongeveer 30% van het totaal van energie benodigd voor verwarming van de bestaande gebouwde omgeving in 1 jaar.

Het bouwvolume in 2010 was ongeveer 15% lager dan dat in 2007. Grofweg zullen daarmee de milieueffecten ongeveer 15% lager geweest in 2010.



## 5.2 Conclusies: statements over de bouw

In het onderzoek is een aantal statements over de bouw getoetst.

### **Is de bouw verantwoordelijk voor 25% van het transport in Nederland?**

Het statement dat bouwmaterialen 25% van het vervoerd gewicht aan goederen over de weg representeren is niet van toepassing op 2010 en 2011: het aandeel is gezakt van tegen de 25% rond 2004 naar 19%.

Als het vervoer wordt uitgedrukt in tonkilometer (vervoerd gewicht x afstand) dan ligt het aandeel bouwmaterialen nog wat lager in 2010: 18%.

Als al het transport in tonkm via zowel de weg als per binnenvaartschip wordt beschouwd, dan is het aandeel bouwmaterialen 16% van het totale goederenvervoer.

### **Is de bouw verantwoordelijk voor 35% van het afval in Nederland?**

Het statement is juist: op basis van totaalgewicht aan afval is de bouw verantwoordelijk voor ongeveer 37% van het afval in Nederland. Omdat het bouw- en sloopafval voor een zeer groot aandeel (>95%) gerecycled wordt is het echter relevanter te kijken welk aandeel bouw- en sloopafval heeft op het totaal aan afval dat jaarlijks verbrand of gestort wordt. Dit aandeel is veel lager: rond de 15% van al het afval dat wordt verbrand of gestort is bouw- en sloopafval.

### **Is de bouw verantwoordelijk voor 45% van het energiegebruik in Nederland?**

Het statement dat de Nederlandse bouw verantwoordelijk is voor 45% van het nationale energiegebruik is niet correct. Waarschijnlijk wordt in dit statement de energiegebruik in de totale bestaande gebouwde omgeving bedoeld, wat iets anders is dan de emissies die voortkomen uit alle bouw- en sloopactiviteiten gedurende een jaar. Energie die direct toe te rekenen is aan de bouwmaterialen, bouwnijverheid en energiegebruik van nieuwbouwwoningen gebouwd in 2010 representeert maximaal 4,5% van het nationale energiegebruik. Als alle energie benodigd voor verwarming van alle bestaande woningen en kantoren ook wordt meegeteld komt men uit op circa 20%.

De jaarlijkse emissies door gebruik van de bestaande bouwwerken zijn echter niet toe te rekenen aan de bouwsector in 2010. Deze emissies komen voort uit bouwwerken die in eerdere jaren zijn gebouwd.

## 5.3 Ontwikkelingen ter verduurzaming

### **Materiaalgebruik en -hergebruik**

In het algemeen is het belangrijkste handelingsperspectief bewust omgaan met materialen, met aandacht voor de diverse fasen van een bouwwerk: winning/productie van materialen, functie in het ontwerp en mogelijkheden na afdanking van het bouwwerk. Dit sluit aan bij de 'Roadmap to a Resource Efficient Europe' (EC, 2011), waarin gestreefd wordt naar een circulaire economie.

- Materiaalgebruik ten dienste van de constructie en het gebruik van het bouwwerk. De keuze van een ontwerper om een bepaald materiaal wel of niet te gebruiken hangt bij duurzaam ontwerp af van de impact van dat materiaal in combinatie met de functie.
- Bij materiaalkeuze: waar komt het materiaal vandaan: zoek naar de minst belastende variant binnen de materiaalcategorie en vermijd de meest belastende variant.



- Zorg voor de mogelijkheid tot hergebruik of hoogwaardige recycling van abiotische materialen en hoogwaardige verwerking van biotische materialen. Slim ontwerpen van bouwwerken, met aandacht voor de mogelijkheid tot hergebruik en hoogwaardige recycling, zoals demontabel bouwen, maakt scheiding van materiaalstromen in de toekomst gemakkelijker.
- Op gebouwniveau: flexibel/adaptief te ontwerpen zorgt ervoor dat gebouwen geschikt gemaakt kunnen worden voor een andere functie: het langer functioneel zijn van een gebouw heeft een positieve milieu-impact.

Voor enkele veelgebruikte materialen, die in de milieuanalyse naar voren komen, zijn enkele ontwikkelingen en handelingsperspectieven ter verduurzaming bekeken.

Voor beton is er een reeks maatregelen mogelijk die deels al in beeld zijn in de Greendeal die de betonsector heeft voor de verduurzaming van de sector. Concrete handelingsperspectieven ter verlaging van de impact zijn:

- minder cement in beton waar mogelijk;
- minder wapening waar mogelijk;
- nog meer vervangen van CEM I- door CEM III-cement;
- toepassen van duurzame biomassa bij klinkerproductie;
- ontwerpen van lichtere constructies.

Nagenoeg alle metaal wordt na afdanking gerecycled. Voor ferrometalen en nog sterker voor non-ferrometalen geldt dat het terugwinnen van gerecycled materiaal veel minder energie kost en veel minder ecologische schade oplevert dan virgin productie.

Metalen constructie-elementen lenen zich ook voor hergebruik. Het beschikbaar maken voor hergebruik is het belangrijkste handelingsperspectief bij metalen. Het gaat hierbij om hergebruik op gebouw- of productniveau, zoals het hergebruik van een compleet skelet of het hergebruik van een balk in een andere toepassing.

Voor zowel ferro- als non-ferrometalen geldt dat er grote verschillen bestaan tussen landen van herkomst, voornamelijk door verschil in type energiegebruik voor productie en omgang met afvalproducten. Bewust inkopen (sourcing) is momenteel nog niet goed mogelijk; een mogelijkheid ter verduurzaming kan zijn om een certificering in te voeren, een keurmerk voor de 'best practices'.

Voor houtgebruik is de hoofdconclusie is dat het tegengaan van illegale kap en het overgaan naar gecertificeerd hout de belangrijkste stap is op het gebied van klimaat - het verlaagt de klimaatimpact met een factor 2,5 tot 5,5) en zeker ook op het gebied van biodiversiteit.

Handelingsperspectieven bij asfalt zijn vooral gericht op innovaties voor verlagen van energie bij productie (lagetemperatuur-asfalt) en verlenging van levensduur, verminderen van materiaalgebruik (dunnere lagen) en hergebruik van ZOAB.

### **Transport**

Op langere termijn zal de transportsector verduurzamen door een transitie van diesel, stookolie en benzine naar biobrandstoffen, biodiesel (mits geen concurrentie optreedt met voedseltoepassing) en/of elektrisch (mits opgewekt uit hernieuwbare bron).

Momenteel heeft vervoer over water een lagere emissie dan over weg. Zeker voor natte waterbouw en bouw aan het water is het volledig inzetten van binnenvaart in plaats van wegvervoer een handelingsperspectief, voor zover dit nog niet gebeurt.



## **Energiedragers in de bouwnijverheid**

De handelingsperspectieven overlappen deels met die van verduurzaming van transport:

- het gebruiken van hernieuwbare brandstoffen (biodiesel, mits van goede oorsprong) en/of elektriciteit (uit hernieuwbare bron);
- het vervangen van inefficiënt materieel, toepassing van hybride machines.

## **Energiegebruik in nieuwbouw**

De verlaging van de EPC van woningen en kantoren zal het jaarlijks primair energiegebruik in woningen doen dalen. Als wordt gekeken naar de impact van de bestaande bouw (volledige gebouwde omgeving) valt op dat de klimaat-impact voor verwarming in 2010 ongeveer drie maal zo hoog als de impact van alle bouwactiviteiten in Nederland. Inspanningen van de bouwsector voor het opleveren van steeds zuinigere nieuwe woningen, maar vooral ook voor het zuiniger maken van bestaande woningen en kantoren, zijn nog steeds een heel belangrijke manier om de milieudruk van gebouwen omlaag te brengen.

De sloop van de meest onzuinige woningen en kantoren en vervanging door energiezuinige nieuwbouw heeft weliswaar een milieunadeel door bouwactiviteiten, maar deze kan worden terugverdiend door de vermindering van emissie door energiegebruik.

Het is onze aanbeveling om deze afweging tussen sloop, nieuwbouw en renovatie middels cases verder te verkennen.

## **5.4 Aanbevelingen milieuanalyse en vervolgmonitoring**

### **5.4.1 Aanbevelingen voor milieuanalyse**

Bij het uitvoeren van de milieuanalyse constateert CE Delft dat de benodigde inventarisatie van de juiste gegevens voor de analyse soms ingewikkeld is.

Hier noemen we enkele constatering en aanbevelingen ter verbetering van milieuanalyses in de bouw.

### **Recentheid en jaarlijkse beschikbaarheid van achtergrondgegevens**

Slechts een deel van benodigde achtergrondgegevens voor de milieu-analyse wordt jaarlijks bijgehouden en is openbaar beschikbaar. Voor bouwmaterialen zou jaarlijkse rapportage door brancheverenigingen aan - bijvoorbeeld - het CBS een oplossing kunnen zijn.

### **Beschikbaarheid van de juiste milieu-informatie**

De ontwikkeling van de Nationale Milieudatabase is nuttig. De gegevens zijn aan te kopen voor gebruik in LCA-software, zoals SimaPro. Het zou echter praktischer zijn als de gegevens direct beschikbaar zouden zijn via LCA-software (SimaPro, GaBi), net als de Ecoinvent-database. Dit vergroot de bekendheid van juiste Nederlandse milieugegevens bij LCA-uitvoerders (zeker ook bij beginnende, bijvoorbeeld op universiteiten) in Nederland. Het voorkomt dat men de verkeerde milieugegevens gebruikt, wellicht ook in LCA-studies over de bouw, uitgevoerd in het buitenland.

Gezien internationalisering van de bouw zou vertaling van proceskaarten voor Nederlandse bouwmaterialen in het Engels ook nuttig zijn.





CE Delft mist vaak achtergrondinformatie bij de Nederlandse milieugegevens, zowel bij de Nationale milieudatabase als in tools/software die gebruik maken van deze informatie. Enkele nuttige verbeteringen, die de betrouwbaarheid vergroten:

- Toelichting op de proceskaart over de scope (afbakening, welke ketenstappen zijn inbegrepen?) en herkomst van de gegevens (afkomstig van één bedrijf, of representeert het resultaat een branchegemiddelde?)
- Beschikbaarheid van achtergronddocumentatie met daarin de belangrijkste uitgangspunten.
- Het toevoegen van een onzekerheidsmarge zou de proceskaarten beter geschikt maken voor gevoeligheidsanalyse.





# Bronvermelding

## **Agentschap NL, 2011a**

H.H.J. Vreuls en P.J. Zijlema

Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren,  
versie januari 2011

Utrecht : Agentschap NL, januari 2011

<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Vreuls%202012%20NL%20EnergEnergiedrager.pdf>

## **Agentschap NL, 2011b**

Afvalverwerking in Nederland - gegevens 2010

Werkgroep Afvalregistratie

Utrecht : Agentschap NL, 2011

## **Agentschap NL, 2011c**

Resultaten 2010, Resultatenbrochure convenanten Meerjarenafspraken  
energie-efficiëntie

Utrecht : Agentschap NL, september 2011

## **Agentschap NL, 2011d**

R. Rense, L. Van Ruiten

Monitoringsrapportage bouw- en sloopafval 2008-2009

Uitvoering Afvalbeheer, 2011

## **Groenendijk en Van den Berg, 2012**

Groenendijk, J., Van den Berg, N.

Vlak is Duurzaam

'Asfalt,' 39e jaargang - nummer 1 - maart 2012, Vereniging tot Bevordering  
van Werken in Asfalt, pagina 30-32

## **Cagerito, 2009**

De EPS-keten gesloten - Handleiding voor bouwen en selectief slopen

's Hertogenbosch : Cagerito, 2009

[www.sloopaannemers.nl/site/media/downloads/productbladEPS2.2.pdf](http://www.sloopaannemers.nl/site/media/downloads/productbladEPS2.2.pdf)

## **CE Delft, 2006**

H.J. Croezen, A. Schroten, M. Singels

Stofemissies in de bouw(keten)

Delft : CE Delft, 2006

## **CE Delft, 2009**

H.J. Croezen, M. van Valkengoed

GHG emissions due to deforestation

Delft : CE Delft, May 2009

## **CE Delft, 2011a**

G.C. Bergsma, M.M. Bijleveld, B.T.H.M. Krutwagen, M.B.J. Otten

LCA: recycling van kunststof verpakkingsafval uit huishoudens

Delft : CE Delft, november 2011



**CE Delft, 2011b**

E. den Boer, M.B.J. Otten, H. van Essen  
STREAM International Freight 2011, Comparison of various transport modes on a EU scale with the STREAM database  
Delft : CE Delft, July 2011

**CE Delft, 2012**

H.J. Croezen, M.B.J. Otten  
Broeikasgasbalans voor hergebruik houten pallets  
Delft : CE Delft, 2012

**CE Delft, 2013**

M.M Bijleveld, G.C. Bergsma, M. Van Lieshout  
Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw  
Delft : CE Delft, april 2013

**ENCI, 2012**

Verduurzamen betonketen  
ENCI : PowerPointpresentatie, maart 2012

**IVAM, 2010a**

B. Krutwagen, F. Van Broekhuizen  
Milieuanalyses Bouw- en sloopafval - Ten behoeve van prioritaire stromen ketengericht afvalbeleid  
Amsterdam : IVAM, 2010

**IVAM, 2010b**

N. Jonkers  
Milieuanalyses Aluminium - Ten behoeve van prioritaire stromen ketengericht afvalbeleid  
Amsterdam : IVAM, mei 2010

**Jetten et al., 2011**

L. Jetten, B. Merckx, J. Krebbekx, G. Duivenvoorde  
Onderzoek kunststof afdankstromen in Nederland  
DPI Value Centre, Berenschot, NRK, Agentschap NL; december 2011  
[www.kunststoffenbeurs.nl/assets/Uploads/Lezingen/DPI-Value-Centre-Louis-Jetten.pdf](http://www.kunststoffenbeurs.nl/assets/Uploads/Lezingen/DPI-Value-Centre-Louis-Jetten.pdf)

**KiM, 2012**

Mobiliteitsbalans 2012  
Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, november 2012  
[www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2012/11/16/rapport-mobiliteitsbalans-2012-van-het-kennisinstituut-voor-mobiliteitsbeleid-kim.html](http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2012/11/16/rapport-mobiliteitsbalans-2012-van-het-kennisinstituut-voor-mobiliteitsbeleid-kim.html)

**KNB, 2011**

Jaarverslag 2010  
Velp : Koninklijk Verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten, mei 2011

**Lime, 2010**

S.P. Gumaste. A. Di Bucchianico  
Statistische Analyse Fijnstofmetingen  
Eindhoven : Laboratory for Industrial Mathematics Eindhoven, 2010



**MNP, 2005**

E. Buijsman, J.P. Beck, L. van Bree, F.R. Cassee, R.B.A. Koelemeijer,  
J. Matthijsen, R. Thomas, K. Wieringa  
Fijn stof nader bekeken - De stand van zaken in het dossier fijn stof  
Bilthoven : Milieu en Natuurplanbureau, 2005

**PAS 2050,2011**

Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of  
goods and services  
London : BSI, 2011

**Probos, 2013**

J. Oldenburger, A. Winterink, C. de Groot  
Duurzaam geproduceerd hout op de Nederlandse markt in 2011  
Wageningen : Probos, maart 2013

**Quantis, 2013**

S. Humbert, A. De Schryver, C. Guignard, V. Rossi, S. Vionnet  
Introducing deforestation in life cycle impact assessment: Exploration of its  
potential application to the fiber-based industry  
Lausanne : Quantis, 2013

**SBK, 2011**

Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken  
Stichting Bouwkwaliiteit Nederland, 2011  
[www.milieudatabase.nl/imgcms/SBK-Bepalingsmethode-1-7-2011.pdf](http://www.milieudatabase.nl/imgcms/SBK-Bepalingsmethode-1-7-2011.pdf)

**Stybenex, 2013**

Folder: Recycling van EPS  
Arkel : 2013

**TLN, 2011**

Transport in cijfers, editie 2012  
Transport en Logistiek Nederland  
Zoetermeer : 2011  
[www.tln.nl/media/1\\_tln/publicaties/handboeken/tic2012.pdf](http://www.tln.nl/media/1_tln/publicaties/handboeken/tic2012.pdf)

**TNO, 2009**

Toon Ansems et al.  
Prioritaire afvalstromen in beeld: bouw- en sloopafval  
Delft : TNO, maart 2009

**TNO/CE Delft, 2012**

Ruud Verbeek (TNO), Bettina Kampman (CE Delft)  
Factsheets brandstoffen voor het wegverkeer - Kenmerken en perspectief  
Delft : TNO/CE Delft, 2012

**TNO, 2012**

S. Klerks, I. Lucassen, S. van der Aa, R. Janssen, S. van Merriënboer,  
T. Dogger, J. van de Kieft  
Bouwlogistiek, Cruciaal in efficiënt en duurzaam bouwen  
Delft : TNO Technologiecluster, 2012



**UU, 2010**

M. Corsten, E. Worrell, A. van Duin, M. Rouw  
Saving Materials, Een verkenning van de Potentiële Bijdrage van Duurzaam  
Afval en Recyclingbeleid aan Broeikasgasemissiereductie in Nederland  
Utrecht : Copernicus Instituut, Universiteit Utrecht, 2010  
[https://brbs.webdog.nl/files/SavingMaterials-Finaal\\_Bijlagen-def.PDF](https://brbs.webdog.nl/files/SavingMaterials-Finaal_Bijlagen-def.PDF)

**Van der Zwan, 2012**

Van der Zwan, J.  
Duurzaam inkopen wegverhardingen Rijkswaterstaat  
Den Haag : Rijkswaterstaat 2012, Dienst Verkeer en Scheepvaart, CROW  
infradagen, Paper 80

**UGent, 2011**

M. De Schepper, P. Van den Heede, C. Windels en N. De Belie  
The resistance of completely recyclable concrete to carbonation, chloride  
penetration and freeze-thaw attack with de-icing agents  
Gent : Universiteit Gent, 2011, 12th international conference on durability of  
building materials and components

**UGent, 2010**

Windels C., N. De Belie  
Optimale samenstelling en duurzaamheid van volledig recycleerbaar beton,  
Gent : Universiteit Gent, 2010

**World Steel Association, 2011**

Methodology report - Life cycle inventory study for steel products  
Brussel : World Steel Association; 2011

**WRAP, 2008**

Waste & Resources Action Programme, Environment Agency  
Collection of flat glass for use in flat glass manufacture, A Good Practice Guide  
[www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/WRAP\\_Flat\\_Glass\\_GoodPractice\\_FINAL%20%28%29.pdf](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/WRAP_Flat_Glass_GoodPractice_FINAL%20%28%29.pdf), Maart 2008

**WUR, 2011**

D.A. Kamphorst, M.M.P. van Oorschot  
Kansen en barrières voor verduurzaming van houtketens  
Wageningen : Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, 2011

**Databases:****CBS Statline**

- Energiebalans; aanbod, omzetting en verbruik  
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=70846NED&D1=38-75&D2=15,19&D3=32,l&D4=l&HDR=G3,G1,G2&STB=T&VW=T>
- Milieurekeningen; Energiegebruik  
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=81410ned&D1=0&D2=0,2,4-5,26-28,30-31,37-40,42-43,45-47,49-50,l&D3=20-21&VW=T>
- Milieurekeningen; herkomst en bestemming, afval  
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=81343ned&D1=a&D2=38-40,42-46&D3=0&D4=0&D5=l&VW=T>
- Wegvervoer; kwartaalreeksen goederenvervoer over de weg  
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/default.aspx?DM=SLNL&PA=37234&D1=12-15%2c17-19%2c81%2c88&D2=0&D3=50%2c55%2c60%2c65%2cl&HDR=G1%2cG2&STB=T&VW=D>



### **Compendium voor de Leefomgeving**

- Winning en verbruik van oppervlaktedelfstoffen, 1980-2011  
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0067-Winning-en-verbruik-van-oppervlaktedelfstoffen.html?i=15-18>
- Emissies broeikasgassen Nederland, 1990 - 2011  
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0165-Broeikasgasemissies-in-Nederland.html?i=5-20>
- Bouw- en sloopafval: vrijkomen en verwerking  
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0147-Bouw--en-sloopafval.html?i=1-4>
- Emissies naar lucht door verkeer en vervoer  
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0128-Emissies-naar-lucht-door-verkeer-en-vervoer-%28trend%29.html?i=23-69>

### **Ecoinvent Database**

Versie 2.2, 2010

G. Doka

St. Gallen : Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2010

### **Nationale Milieudatabase**

RWS Database and National Database, phase 3

C. Maliepaard, Stichting Bouwkwiteit, april 2012

### **Rekentools:**

#### **CUR Rekentool**

CUR Bouw & Infra, Rotterdam

[www.cur.nl](http://www.cur.nl)

#### **MRPI-freetool**

Stichting MRPI, 2012

<http://www.mrpi-mpg.nl>

### **Websites:**

CBS, Energiegebruik

Milieurekeningen; energieverbruik door bedrijven en huishoudens

Totaal Nederlandse economie en per SBI-klasse

<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=82238ned&D1=a&D2=0,2,4-5,26-28,30-31,37-40,42-43,45-47,49-50,l&D3=15&HDR=T,G2&STB=G1&VW=T>

CBS, Toelichting SBI-klassen

<http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/BEB2ADAE-3A2E-4929-8DFF-3EC4C872684D/0/sbi2008versie2012incl6eniveautoelichting.pdf>

CBS, verbrandingswaarden

[http://www.cbs.nl/nl-](http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/methoden/toelichtingen/alfabet/v/verbrandingswaarden.htm)

[NL/menu/methoden/toelichtingen/alfabet/v/verbrandingswaarden.htm](http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/methoden/toelichtingen/alfabet/v/verbrandingswaarden.htm)

DPI Value Centre, 2012: Knelpunten in Kunststof Recycling in Nederland

<http://www.kunststoffenbeurs.nl/assets/Uploads/Lezingen/DPI-Value-Centre-Louis-Jetten.pdf>

GWW Materialen: Soortelijk gewicht ophogingszand en klei

<http://www.gwwmaterialen.nl/soortelijk-gewicht-materialen/>



The FSC responds to its critics - An interview with Nina Haase, FSC  
International Communications Manager  
Jeremy Hance, 2008  
[http://news.mongabay.com/2008/0407-hance\\_fsc\\_interview.html](http://news.mongabay.com/2008/0407-hance_fsc_interview.html)

Oosterbeek EPS: EPS wegophoging  
<http://www.oosterbeek-eps.nl/nieuws/eps-wegophoging-voor-kruising-n207-met-hsl.aspx>

Rijkswaterstaat, afvalmonitor  
[http://afvalmonitor.databank.nl/Default.aspx?cat\\_open=Gemeentelijk%20niveau/Ingezamelde%20hoeveelheden%20en%20scheidingspercentages%20huishoudelijk%20afval](http://afvalmonitor.databank.nl/Default.aspx?cat_open=Gemeentelijk%20niveau/Ingezamelde%20hoeveelheden%20en%20scheidingspercentages%20huishoudelijk%20afval)

SITA: EPS hergebruik  
<http://www.sita.nl/Afvalstromen-recycling-sub.html#EPS>

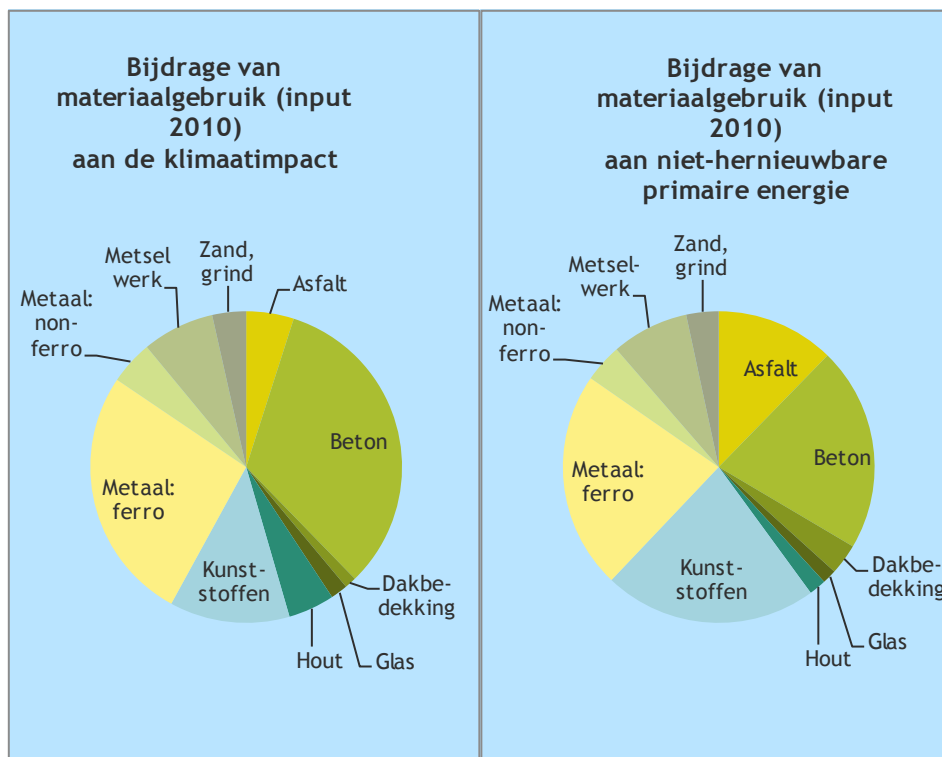
Vakblad Dakenraad, 2012  
Dakmeter, opinie gesloten dakbedekkingssystemen, situatie 2012  
<http://www.dakenraad.nl/index.php?page=dakenmarkt2012>





# Bijlage A Detailresultaten van de diverse milieueffecten

## A.1 Klimaatimpact en primair energiegebruik van materiaalgebruik uitgesplitst naar materiaal



NB: Dit is op basis van cradle-to-gate milieu-informatie, dus exclusief de winst door verwerking van bouw- en sloopafval (dit is getoond in Bijlage A.2) en exclusief de winst die materiaal mogelijk krijgt bij vrijkomen (in de toekomst, niet inbegrepen in deze studie, vanwege de scope: 2010).

NB: De primaire energie omvat zowel energiebehoefte voor productie van de materialen, als de energetische waarde (verbrandingswaarde) van het materiaal zelf. Kunststoffen, asfalt, dakbedekking en hout zijn de materialen die een energetische waarde hebben.

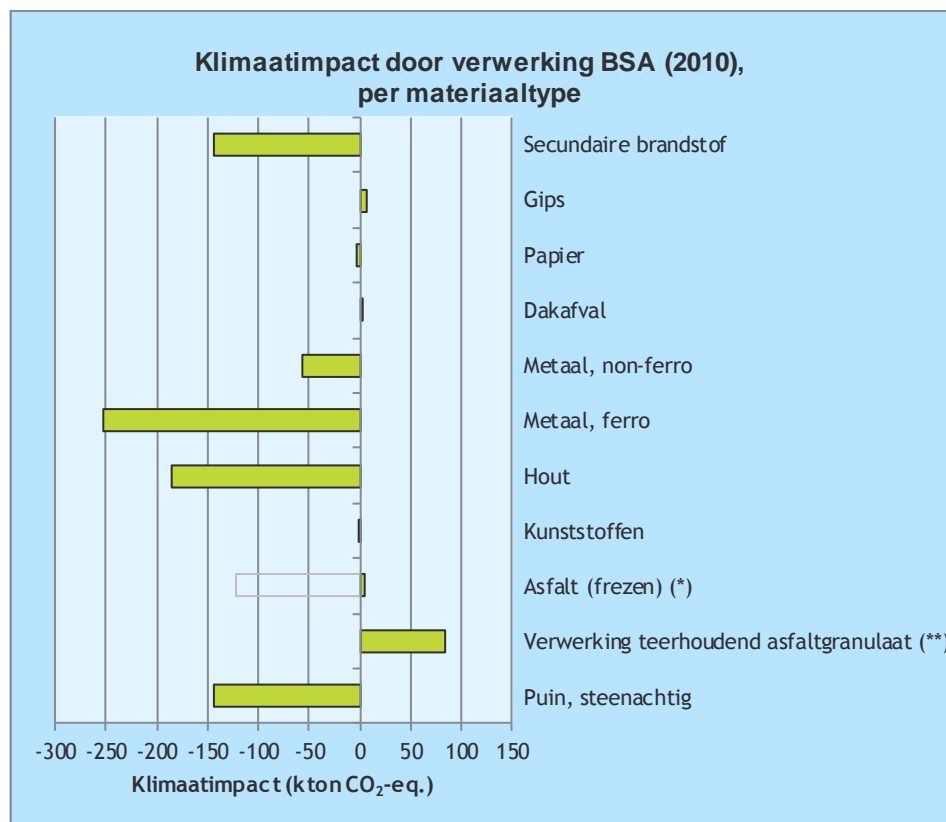
NB: Deze figuren dienen niet ter vergelijking van de verschillende materialen. Bij keuze voor een materiaal in een bepaalde toepassing is de functie van het specifieke product leidend. Materiaalvergelijkingen worden in de praktijk per functionele eenheid gedaan, met inbegrip van de functie van het product.

## A.2 De winst door verwerking van bouw- en sloopafval

In 2010 kwam er 23 Mton materiaal vrij via demontage en bouw- en sloopafval. Deze studie is een momentopname van 1 jaar en betreft de analyse van de verwerking van dit materiaal. De hoeveelheid ingaand materiaal in 2010, dat pas over vele jaren weer vrijkomt, is niet inbegrepen in de studie.

De verwerkfase van vrijkomend materiaal levert in totaal een klimaatwinst op. Deze winst komt voornamelijk tot stand door hergebruik en recycling van materialen. Verreweg het grootste deel van bouw- en sloopafval wordt gerecycled en nuttig toegepast (>95%).

Figuur 19 Klimaatimpact van verwerking van bouw- en sloopafval



(\*) De winst van inzet van gerecycled asfalt is goed voor -120 kton CO<sub>2</sub>-eq. (getoond in grijs kader). Deze is niet inbegrepen in de klimaatscore, want is al inbegrepen bij de materiaalinput (zie ook Bijlage B.2).

(\*\*) TAG wordt volgens vigerende wetgeving verbrand in gespecialiseerde thermische reinigingsinstallaties.

De winst is lager dan de klimaatimpact van de input van materialen. Dit komt voornamelijk doordat:

- er minder materiaal vrijkwam dan is gebruikt in 2010;
- recycling kost energie en transportbewegingen;
- de milieuwinst die aan recycling van een materiaal kan worden toegerekend vrijwel altijd lager is dan de milieu-impact van het produceren van het materiaal (zie Bijlage E.2 voor toelichting);
- niet alle materialen worden gerecycled.

Staal wordt deels hergebruikt en het deel dat niet wordt hergebruikt wordt volledig gerecycled; non-ferrometalen grotendeels. Door hergebruik en inzet voor nieuwe staalproducten (hoogwaardige recycling) wordt een deel virgin metaal wordt bespaard. Hierdoor, en gezien de relatief hoge klimaatimpact per kg metaal, is de klimaatwinst door metalen aanzienlijk.

Hout uit bouw- en sloopafval kan op verschillende manieren worden verwerkt. Deels wordt het ingezet in een biomassacentrale, waarbij door verbranding

energie en warmte wordt opgewekt; deels wordt het hout gerecycled tot spaanplaat, waardoor het virgin hout uitspaart. Een klein deel van het hout wordt verbrand in een andere verbrandingsoven, zoals een cementoven of AVI. Op al deze manieren wordt klimaatwinst geboekt.

Het gebruiken van gebroken steenachtig puin als funderingsmateriaal leidt tot een klimaatwinst. Opvallend is wel dat de grote hoeveelheid steenachtig puin (>16 Mton aan materiaal) slechts tot een beperkte klimaatwinst leidt. Dit komt doordat het puin, bij inzet ophoogmateriaal, steenslag vervangt (zie CE Delft, 2013), wat een beperkte klimaatimpact heeft per kg. Een deel van het puin (betongranulaat) wordt ingezet als toeslagmiddel in nieuw beton ter vervanging van grind. Ook grind heeft echter een zeer lage klimaatimpact per kg (lager dan steenslag).





# Bijlage B Achtergronddata inventarisatie materialen

Om milieueffecten te berekenen zijn gegevens nodig over de aspecten die leiden tot emissies en de milieu-informatie van deze aspecten. Bijvoorbeeld: om de milieu-impact van transport te bepalen moet men weten welke hoeveelheid met welk vervoersmiddel hoe ver is vervoerd, plus de emissie van dat vervoersmiddel per vervoerd gewicht per km. In deze bijlage wordt aangegeven welke gegevens en bronnen zijn gebruikt voor de milieuanalyse.

Voor de input van materialen wordt uitgegaan van cradle-to-gate milieu-informatie, met inbegrip van het aandeel gerecycled materiaal ('recycled content').

## B.1 Overzicht geïnventariseerde gegevens en bronnen

Er is geen bestaande studie beschikbaar voor recente (2010) hoeveelheden per materiaalstroom. Daarom zijn per materiaaltipe gegevens gezocht in openbare rapporten en opgevraagd via brancheverenigingen en individuele bedrijven. Tabel 8 toont een overzicht van de totale geïnventariseerde hoeveelheden. In de subparagrafen wordt per materiaalstroom toelichting gegeven op de gebruikte bronnen voor hoeveelheden en voor milieu-informatie.

Tabel 8 Hoeveelheden materiaal, gebruikt in de Nederlandse bouw (2010)

Materiaaltipe	Hoeveelheid	Eenheid	Bron
Ophoogzand	202.400	Kton	Branchevereniging Cascade
Grind	4.400	Kton	Branchevereniging Cascade
Beton	14.000	m <sup>3</sup>	CE Delft, 2013
Asfalt	9.500	Kton	Vakgroep Bitumineuze Werken Bouwend Nederland
Vlakglas	3.960	Kton	CE Delft, 2006
Baksteen	1.728	Kton	Koninklijk Verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten (KNB, 2011)
Hout	3,0	x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Probos, 2013
Constructiestaal	932	kton	Bouwen met Staal
Kunststoffen	290	kton	Jetten et al., 2011; Plastics Europe
Wapeningsstaal	546	kton	CE Delft, 2013
Dakbedekking	73	kton	Vakblad Dakenraad, 2012
Aluminium	25	kton	CE Delft, 2006
Koper	50	kton	CE Delft, 2006
Kalkzandsteen	Vertrouwelijke gegevens		Vereniging Nederlands Kalkzandsteenplatform
Cellenbeton	Vertrouwelijke gegevens		Xella



NB: het CBS inventariseert ook gegevens die van toepassing zijn op materiaalwinning en productie in Nederlandse bouw, zoals in categorie B, 'winning van delfstoffen', en in categorie C, 'industrie', waaronder de productie van producten uit grondstoffen vallen. Deze categorieën konden echter niet gebruikt worden in deze studie, vanwege:

- Er zijn alleen geaggregeerde gegevens over energie beschikbaar via het CBS, voor de gehele categorie. Er is geen uitsplitsing beschikbaar naar de diverse onderdelen die onder de categorie vallen. Bij zowel categorie B als C zijn veel breder dan de bouw alleen. Onderdelen zijn inbegrepen die niet onder de Nederlandse bouw vallen. Voorbeelden zijn aardolie-winning in categorie B en verwerking van aardolie, de voedselindustrie, vervaardiging van elektronica, auto's, verf en chemische producten (onder andere) in categorie C.
- Er zijn alleen gegevens over energiegebruik beschikbaar. Milieu-informatie die gericht is op andere milieueffecten, zoals fijnstofvorming, is niet beschikbaar.

## B.2 Asfalt

Via de Vakgroep Bitumineuze Werken (VBW-Asfalt) van Bouwend Nederland zijn de volgende gegevens over hoeveelheden verkregen:

Gebruikt in 2010: 9.500 kton

- waarvan 6.500 kton virgin;
- waarvan 3.000 kton gerecycled.

Vrijgekomen in 2010: 4.000 kton

- waarvan 3.000 kton asfaltgranulaat, weer ingezet in nieuwe asfaltmengsels;
- waarvan 1.000 kton teerhoudend asfaltgranulaat (TAG).

De 3.000 kton gerecycled materiaal is rechtstreeks afkomstig van gefreesde en opgenomen wegdekken. In 2010 kwam bij onderhoud en reparatie 3.000 kton gestript asfalt vrij dat weer kon worden ingezet in nieuwe asfaltmengsels. Hiermee realiseert de asfaltbranche een gesloten kringloop. In 2010 kwam ook ongeveer 1.000 kton teerhoudend asfaltgranulaat (TAG) vrij. Teer mag sinds begin jaren '90 niet meer gebruikt worden in de wegenbouw, maar het komt nog wel vrij bij vernieuwing van het wegdek. TAG mag niet, zoals asfalt op basis van bitumen, worden hergebruikt in nieuwe wegen. Het teerhoudend asfalt wordt in Nederland dus langzaam uitgefaseerd. In 2010 werd het TAG voornamelijk verbrand in gespecialiseerde thermische reinigingsinstallaties (volgens huidig beleid).

### Milieugegevens

In Tabel 9 wordt weergegeven welke milieu-informatie is gebruikt en welke aspecten zijn inbegrepen aan de inputkant (materiaalgebruik) en welke aan de outputkant (verwerking van bouw- en sloopafval).



Tabel 9 Gehanteerde aanpak en milieugegevens

	Input (materiaalgebruik)	Output (verwerking BSA)
Virgin asfalt 6.500 kton	Productie en leggen Nationale Milieudatabase: 'Asfalt, gemiddeld'	
Gerecycled asfalt 3.000 kton	Leggen van asfalt. Nationale Milieudatabase 'Asfalt-installatie recycling asfalt'	Strippen Nationale Milieudatabase 'Breken RAP, ongealloceerd'
TAG 1.000 kton		Strippen Nationale Milieudatabase 'Breken RAP, ongealloceerd'  Verbranding bij Bentum Recycling Centrale

Als input (materiaalgebruik) wordt uitgegaan van 6.500 kton virgin asfalt gerekend plus het 3.000 kton gerecycled asfalt. Milieu-informatie over virgin asfalt is beschikbaar in de Nationale milieudatabase: de proceskaart 'Asfalt, gemiddeld' is gebruikt. Energiegebruik voor het leggen van gerecycled asfalt is ook bij materiaalgebruik inbegrepen. Milieu-informatie hiervoor is beschikbaar in de SBK-proceskaart 'Asfalt-installatie recycling asfalt'.

Er is sprake van een gesloten kringloop. De milieuwinst door vermeden virgin afval is al aan de inputkant (materiaalgebruik) inbegrepen, dus er wordt geen extra milieuwinst toegekend aan de outputkant (verwerking van bouw- en sloopafval).

Niet inbegrepen bij het SBK-proces 'Asfaltinstallatie recycling asfalt' is het energieverbruik voor strippen van asfalt. Het strippen van asfalt is daarom aan de outputkant (verwerking van bouw- en sloopafval) toegevoegd. Voor TAG wordt zowel strippen als verwerking in de thermische reinigingsinstallatie aan de outputkant gerekend.

Voor het strippen is de SBK-proceskaart 'Breken RAP, ongealloceerd' gebruikt (RAP staat voor reclaimed asphalt pavement).

Voor het verbranden van TAG is geen proceskaart met milieu-informatie beschikbaar in bestaande databases. Via Bentum Recycling Centrale is informatie verkregen over aardgasverbruik en energieopwekking bij verbranding van TAG. We zijn ervan uitgegaan dat teer 5% van het asfalt representeert (analoog aan 5% bitumen in asfalt, tegenwoordig). De emissies van verbranding van het teer zijn benaderd met de Ecoinvent-proceskaart 'Disposal, bitumen sheet, 1.5% water, to municipal incineration'.

### B.3 Metselwerk

In de categorie metselwerk wordt baksteen, kalkzandsteen en cellenbeton meegenomen.

#### Baksteen

Door de branchevereniging Koninklijk Verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten (KNB, 2011) zijn de volgende gegevens over 2010 aangeleverd:

Metselbaksteen: 1.183 kton  
Straatbaksteen: 545 kton



Voor milieu-informatie is gebruik gemaakt van de SBK-proceskaarten: 'SBK Metselbaksteen, Productie met gaswasser, 2012, c2' en 'SBK Straatbaksteen, Productie met gaswasser, 2012, c2'

### Kalkzandsteen en cellenbeton

De branchevereniging Vereniging Nederlands Kalkzandsteenplatform (VNK) werden totaalcijfers verkregen over kalkzandsteengebruik in 2010. Deze cijfers zijn strikt vertrouwelijk.

Voor cellenbeton is informatie ontvangen van 1 van de 2 producenten in Nederland; alleen de hoeveelheid van deze producent is inbegrepen. Producent Xella heeft in vertrouwen data aangeleverd over de door hen geleverde hoeveelheid cellenbeton aan de Nederlandse markt in 2010.

Voor milieu-informatie is gebruik gemaakt van de SBK-proceskaarten: 'SBK 319 Kalkzandsteen Stenen en Blokken PRODUCTIE c2' 'SBK 321 Xella Cellenbeton Blokken PRODUCTIE c1'

## B.4 Beton en wapeningsstaal

### B.4.1 Hoeveelheden

Hoeveelheden en samenstelling van betonmortel en betonnen producten zijn in detail onderzocht in CE Delft, 2013. Hierbij is gebruik gemaakt van zowel macrogegevens (totaalverbruik van betonmortel en betonproduct) in 2010, als detailgegevens: specifieke samenstelling van het beton per toepassingsgebied. Ook werd aangegeven hoeveel wapeningsstaal per toepassing wordt gebruikt. Met deze gegevens kon zowel de totale hoeveelheid in kiloton worden bepaald als de milieu-impact specifiek voor betongebruik in Nederland worden berekend. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 10 en Tabel 11.

Tabel 10 Geïntervieweerde hoeveelheden beton en wapeningsstaal in Nederland, 2010.

	Totaal beton	Betonmortel	Betonproduct	Totaal beton (kton)	Betonmortel kton	Betonproduct kton	Wapeningsstaal (kton)	
	(x 1.000 m <sup>3</sup> )						Hoog	Laag
Totale hoeveelheid	14.000	8.000	6.000	33.072	18.758	14.314	546	470
Woningen	3.995	2.975	1.020	9.379	6.951	2.428	198	160
Utiliteitsbouw	4.195	2.575	1.620	9.868	6.013	3.856	229	191
GWW/Civiel	5.810	2.450	3.360	13.825	5.795	8.030	119	119
Data berekend op basis van gegevens van VOBN en BFBN.								





Tabel 11 Gemiddelde samenstelling betonmortel, betonproducten en alle beton in Nederland

Component	Gemiddelde samenstelling (kg/m <sup>3</sup> )		
	Betonmortel	Betonproducten	Beton gemiddeld (gewogen)
Portlandcement CEM I*	59	199	120
Hoogovencement CEM III *	253	114	196
Rivierzand	787	870	824
Riviergrind	1.034	993	813
Betongranulaat	40	53	211
Poederkoolvliegias	6	16	10
Kalksteenmeel	0	36	16
Water	167	106	144
Gemiddeld totaal	2.346	2.386	2.334
Waarden berekend op basis Van gegevens van:	VOBN	BFBN	

\* In de bouw wordt ook andersoortig cement gebruikt (CEM II, IV en V). De inventarisatie door de betonbrancheverenigingen en is echter op het niveau CEM I en CEM III. Ook de milieu-gegevens die beschikbaar zijn, zijn beperkt tot CEM I en CEM III.

Voor wapeningsstaal is in CE Delft, 2013 een range berekend op basis van wapeningsstaalgebruik per toepassing (vloeren, fundering, etc.). Deze waarden komen hoger uit dan de indicatie die is opgegeven de branchevereniging voor wapeningsstaal VWN: circa 250 kton wapeningsstaal per jaar. In deze studie is besloten om aan te sluiten bij de gegevens die via de betonsector werden verstrekt, om consistentie te behouden tussen CE Delft (2013) en dit rapport. We plaatsen de kanttekening dat de hoeveelheid wapeningsstaal die hier wordt aangehouden een bovengrens representeert.

#### B.4.2 Milieu-impact beton

Voor de milieu-impact van de grondstoffen van betonproductie, zoals genoemd in Tabel 11, en wapeningsstaal is voor zover mogelijk gebruik gemaakt van informatie toegespitst de Nederlandse situatie en is gebruik gemaakt van data uit de Nationale Milieudatabase. Deze bevat geen milieu-informatie over fijnstofvorming van materialen. Voor emissie van fijnstof en de 'ReCiPe single score-analyse' is uitgegaan van de Ecoinvent-database. Deze database is gericht op de Europese gemiddelde praktijk en het is mogelijk dat daardoor de fijnstofgegevens voor beton niet geheel overeenkomen met de Nederlandse praktijk in het geval dat in Nederland meer emissiebeperkende maatregelen worden getroffen dan in gemiddeld in Europa.



## B.5 Staal: constructiestaal

Voor het gebruik van constructiestaal (staal en RVS) in de bouw zijn gegevens ontvangen van Bouwen met Staal. In totaal werd in 2010 ongeveer 890 kton constructiestaal gebruikt, stafstaal dat onder wapeningsstaal valt niet inbegrepen.

Onder het staalgebruik valt het staal voor constructie-elementen in de gebouwde omgeving, alsmede staal voor bouwwerken in de offshore en procesindustrie en staal voor in de bouw gebruikte producten als masten, hekwerken en trappen. Niet inbegrepen is staal voor machines en materieel.

In overleg met Bouwen met Staal is, voor zover mogelijk, informatie specifiek voor de Nederlandse situatie gebruikt, uit de Nationale Milieudatabase en MRPI-bladen voor staal. Er zijn diverse MRPI-bladen beschikbaar, voor diverse typen stalen producten. De keus is afgestemd met Bouwen met Staal. Voor de input van staal is gebruik gemaakt van de cradle-to-gate informatie van stalen producten, zoals in Paragraaf 1.3 wordt toegelicht.

Tabel 12 Staal, bronnen voor cradle-to-gate milieugegevens

Type	Hoeveelheid (kton)	Bron voor klimaatimpact en primair energiegebruik	Bron voor fijnstofvorming en 'ReCiPe single score'
Staal voor constructie-elementen (buizen, balken)	606	MRPI-blad Heavy construction products	Ecoinvent reinforcing steel
Plaatstaal	268	MRPI-blad Cladding and decking	Ecoinvent reinforcing steel + zinc coating
Roestvast staal (RVS)	16	Nationale Milieudatabase 'Hooggelegerd staal' (gelijk aan Ecoinvent 'Chromium steel 18/8')	

## B.6 Non-ferrometalen en glas

Uit navraag bij brancheverenigingen en bedrijven blijkt dat er geen gegevens beschikbaar zijn over hoeveelheden materiaalgebruik in de Nederlandse bouw. Het International Wrought Copper Council (IWCC) geeft aan dat de Nederlandse vraag naar koperen halfproducten bekend is en dat bekend is welk deel van de halfproducten doorgaans worden gebruikt in de bouw, maar dat niet bekend is hoeveel Nederland daarvan weer exporteert en hoeveel koperen eindproducten (zoals bedrading) worden geïmporteerd.

In CE Delft (2006) zijn gegevens gevonden van bouwmetaalgebruik in Nederland, toen deze gegevens nog door het CBS werden bijgehouden. Tabel 13 geeft de aangehouden hoeveelheden en de bron voor de milieu-informatie weer.

Uit communicatie met het IWCC blijkt het dat 50 kton een realistische orde van grootte is.



Tabel 13 Hoeveelheden glas en non-ferrometalen

	Hoeveelheid (kton)	Bron milieu-informatie
Vlakglas	3.960	Nationale Milieudatabase/Ecoinvent 'Flat glass, coated'
Koper	50	Nationale Milieudatabase/Ecoinvent 'Copper, at regional storage'
Aluminium	25	Nationale Milieudatabase/Ecoinvent 'Aluminium, production mix'

## B.7 Dakbedekking

Het Vakblad Dakenraad biedt gegevens over de hoeveelheden dakbedekking die in 2010 werden gelegd. De Nationale Milieudatabase verschaft milieu-informatie voor de meeste typen dakbanen. Voor kunststof dakbanen gaan we uit van de betreffende kunststofsoort plus extrusie van het materiaal. Voor de kunststoffen en extrusie volgt de Nationale Milieudatabase de Ecoinvent-database.

Tabel 14 Dakbedekking, gebruik in de Nederlandse bouw, 2010

Type dakbedekking	Miljoenen m <sup>2</sup>	Aandeel	Bron milieu-informatie
APP-dakbanen	10,3	46,8%	Nationale Milieudatabase 'Bitumen APP gemodificeerd'
EPDM-dakbanen	3,6	16,4%	'Synthetic rubber, at plant' (de Nationale Milieudatabase neemt de Ecoinvent-proceskaart als proxy voor EPDM);
PVC-dakbanen	3,3	15,0%	Nationale Milieudatabase/Ecoinvent 'Polyvinylchloride, at regional storage'
SBS-dakbanen	2	9,1%	Nationale Milieudatabase 'Bitumen SBS gemodificeerd'
POCB-/APAO-dakbanen	1,3	5,9%	Nationale Milieudatabase 'Bitumen SBS gemodificeerd' (als proxy: geen aparte proceskaart voor POCB/APAO-dakbanen beschikbaar)
TPO-dakbanen	1,1	5,0%	Nationale Milieudatabase/Ecoinvent 'Polypropylene, granulate, at plant'
Overig	0,2	0,9%	Niet meegenomen in de berekeningen vanwege het kleine aandeel en niet aangegeven samenstelling

Bron: Vakblad Dakenraad, Dakmeter, opinie gesloten dakbedekkingssystemen.

Aanvullend, voor kunststof dakbanen: 'Extrusion, plastic film/RER', uit de Nationale Milieudatabase/Ecoinvent.

## B.8 Hout

### Hoeveelheden

Het rapport 'Duurzaam geproduceerd hout op de Nederlandse markt in 2011' biedt hoeveelheden hout gebruikt in de bouw, onderverdeeld in naaldhout, loofhout en plaatmateriaal, en met onderscheid tussen gecertificeerd en niet-gecertificeerd hout (Probos, 2013, tabel 3.10). Ook wordt in dat rapport een verdeling gegeven naar houttypen in diverse sectoren, waaronder de bouw,



waarbij ook tropisch loofhout als categorie wordt onderscheiden (Probos 2013, tabellen 2.1 en 3.1). Op basis van de diverse gegevens worden de volgende hoeveelheden aangehouden.

Tabel 15 Hoeveelheid hout gebruikt in de Nederlandse bouw

Houttype	Hoeveelheid in de NL bouw m <sup>3</sup> rondhoutequivalent (rhe)	Toelichting op de hoeveelheden	Aandeel (%)
Gezaagd naaldhout gecertificeerd	1.436.000	Waarde gegeven (tabel 3.10)	48%
Gezaagd naaldhout ongecertificeerd	59.600	4% van totale volume naaldhout (tabel 3.10)	2%
Gezaagd gematigd loofhout gecertificeerd	39.727	Zie (*)	1%
Gezaagd gematigd loofhout ongecertificeerd	88.425	Zie (*)	3%
Gezaagd tropisch loofhout, gecertificeerd	207.382	Zie (*)	7%
Gezaagd tropisch loofhout, ongecertificeerd	183.905	Zie (*)	6%
Plaatmateriaal gecertificeerd	732.000	Waarde gegeven (tabel 3.10)	25%
Plaatmateriaal ongecertificeerd	231.360	34% van het totale volume plaatmateriaal (tabel 3.10)	8%

(\*) De verdeling naar gematigd en tropisch is berekend op basis van tabellen 3.1 en 2.1 (Probos, 2013). Het aandeel gecertificeerd loofhout is gemiddeld 42%. Probos geeft in communicatie met CE Delft aan dat de volgende verdeling kan worden aangehouden: 53% gecertificeerd tropisch loofhout 31% gecertificeerd gematigd loofhout.

### Milieugegevens

De milieugegevens voor hout in de Nationale Milieudatabase verwijzen naar de Ecoinvent-database. De diverse naald- en gematigde loofhoutsoorten in zowel de Nationale Milieudatabase en de Ecoinvent-database zijn terug te leiden tot twee algemene proceskaarten:

- Naaldhout: ‘Round wood, Scandinavian softwood, under bark, at forest road/NORDEL’
- Loofhout: ‘Round wood, hardwood, under bark, at forest road/RER’

Voor tropisch hardhout is de proceskaart beschikbaar:

- ‘Roundwood, azobe (SFM), debarked, CM, at maritime harbour/RER’

Voor plaatmateriaal wordt uitgegaan van naaldhout.

### Gegevens klimaatimpact: differentiatie

De proceskaarten zijn alle van toepassing op gecertificeerd hout. Er wordt geen klimaatimpact meegenomen van mogelijke ontbossing of degradatie van land. Bij ongecertificeerd hout is niet gegarandeerd dat het bos op duurzame wijze wordt beheerd, dus er is risico dat ontbossing plaatsvindt. Ontbossing heeft afname van biodiversiteit en vrijkomend CO<sub>2</sub> tot gevolg. Het is belangrijk het risico op ontbossing door gebruik van niet-gecertificeerd hout in deze studie niet te negeren. Wel moet gezegd worden dat niet-gecertificeerd hout niet noodzakelijkerwijs tot ontbossing leidt. Soms is het hout niet afkomstig uit gecertificeerd bosgebied, maar wordt het bos wel op duurzame wijze



beheerd, of wordt hout uit gecertificeerde bossen zonder certificaat op de markt gebracht.

Er is in LCA nog geen vastomlijnde aanpak ontwikkeld voor toerekening van ontbossing aan hout(producten). Het LCA-onderzoeksbureau Quantis heeft in opdracht van PEFC een aanzet gegeven in het rapport 'Introducing deforestation in life cycle impact Assessment' (Quantis, 2013). Op hoofdlijnen is de aanpak van Quantis als volgt:

- De totale ontbossing wereldwijd per jaar (13 miljoen hectare) wordt voor 10% toegerekend aan houtwinning.
- De totale hoeveelheid gewonnen hout (m<sup>3</sup>) en het gemiddeld aandeel gecertificeerd hout wordt opgegeven.
- Met bovenstaande gegevens wordt berekend hoeveel ontbossing (m<sup>2</sup>) plaatsvindt per m<sup>3</sup> ongecertificeerd hout.
- De gemiddelde broeikasgasemissie door ontbossing per m<sup>2</sup> wordt berekend met behulp van de Ecoinvent-proceskaart 'clear-cutting, primary forest to arable land'. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt naar type bos.
- Vervolgens wordt de klimaatimpact berekend per m<sup>3</sup> ongecertificeerd loofhout en naaldhout.

Met de gegevens van Quantis toegepast op ongecertificeerd hout, wordt uitgegaan van de volgende klimaatimpact per m<sup>3</sup> rondhout. Deze gegevens gebruiken we in deze studie als baseline. De resultaten in Hoofdstuk 2 zijn berekend op basis van deze gegevens.

Tabel 16 Uitgangspunten: klimaatimpact van gecertificeerd en niet-gecertificeerd hout

Type hout	Klimaatimpact (kg CO <sub>2</sub> -eq./m <sup>3</sup> rhe)	Bron
Gezaagd naaldhout gecertificeerd	17	Ecoinvent
Gezaagd naaldhout ongecertificeerd	205	Quantis, 2013, p.23
Gezaagd gematigd loofhout gecertificeerd	13	Ecoinvent
Gezaagd gematigd loofhout ongecertificeerd	246	Quantis, 2013, p.23
Gezaagd tropisch loofhout gecertificeerd	229	Ecoinvent
Gezaagd tropisch loofhout ongecertificeerd	246	Quantis, 2013, p.23
Plaatmateriaal gecertificeerd	17	Ecoinvent
Plaatmateriaal ongecertificeerd	205	Quantis, 2013, p.23

### Aanpak van Quantis en kritische bespreking

In deze sectie tonen we de aanpak van Quantis in meer detail, om transparantie te bieden. Ook wordt de aanpak kritisch besproken.

Twee punten van aandacht zijn:

1. Het percentage boskap dat aan hout kan worden toegerekend.
2. De impact van ontbossing wordt door Quantis berekend volgens het Ecoinvent-proces 'clear-cutting, primary forest to arable land'. Dit is erg globaal: er wordt geen onderscheid gemaakt tussen ontbossing in gematigde en tropische gebieden. CE Delft heeft berekeningen uitgevoerd waarin dit wel wordt gedaan. De resultaten voor tropisch hout liggen dan hoger dan bij Quantis.

#### 1. Toerekening boskap aan hout

Wereldwijd vindt ontbossing plaats van 13 miljoen hectare per jaar. Het grootste deel van deze ontbossing komt door uitbreiding van landbouw en veeteelt. Er zijn ook natuurlijke oorzaken voor ontbossing, voornamelijk bosbranden. Slechts een deel van de ontbossing is wereldwijd toe te rekenen



aan houtwinning; Quantis gaat uit van 10%, een ontbost gebied van 1,3 miljoen hectare, gerelateerd aan houtwinning voor zowel brandhout als voor industriële productie (gezaagd hout, pulp, plaatmateriaal). In het rapport 'The impact of EU consumption on deforestation' (EU, 2013, p.20) wordt aangegeven dat wereldwijde ontbossing voor 2% toegerekend kan worden aan hout toegepast in de bouw (gezaagd hout, plaatmateriaal). Volgens de cijfers van (EU, 2013) is het waarschijnlijk dat Quantis uitgaat van een wat te hoog percentage, waardoor de CO<sub>2</sub>-factor voor ontbossing wat te hoog uitvalt.

## 2. Impact van ontbossing: differentiatie naar regio

Een groot aandachtspunt is echter dat Quantis geen onderscheid maakt naar waar de houtkap plaatsvindt. CE Delft is hier verder ingedoken en heeft met behulp van openbare bronnen<sup>18</sup> en algemeen geaccepteerde berekeningsmethodes<sup>19</sup> berekend wat de impact van ontbossing is, per m<sup>3</sup> rondhout-equivalent, voor boreaal naaldhout, gematigd naaldhout, gematigd loofhout en tropisch hout.

Voor tropisch hout is, net als door Quantis, de ontbossing berekend per m<sup>3</sup> rondhout (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>). Voor emissie van broeikasgassen zijn echter andere en meer voor tropisch bos representatieve cijfers gebruikt. Voor niet-gecertificeerd hout uit gematigd en boreaal bos is afname van koolstofvoorraden in vegetatie en bodem door degradatie van natuurlijk bos berekend. In deze bossen neemt het bosareaal niet af, maar treedt wel degradatie op in de vorm van afname van de hoeveelheid vegetatie per hectare<sup>20</sup>. In beide gevallen is voor vegetatie en bodemorganische stof uitgegaan van IPCC-cijfers.

De berekende factor wordt vervolgens toegepast op het illegaal gekapte deel van het hout, op basis van (Chatham House, 2010). Het aandeel illegaal hout is 53% bij tropisch loofhout; 25% bij gematigd naald- en loofhout.

Tabel 17 Vergelijking klimaatimpact ongecertificeerd hout volgens berekeningen Quantis en CE Delft

Type hout	Klimaatimpact (kg CO <sub>2</sub> -eq./m <sup>3</sup> rhe)		
	Quantis	CE Delft	
		Factor voor ontbossing/ degradatie	Toegerekend op basis van gemiddelde illegale houtkap
Gezaagd naaldhout ongecertificeerd	205	329	95
Gezaagd gematigd loofhout ongecertificeerd	246	438	119
Gezaagd tropisch loofhout ongecertificeerd	246	2754	1567
Plaatmateriaal ongecertificeerd	205	329	95

<sup>18</sup> EU, 2013 voor gegevens over ontbossing per continent(sdeel) en voor statistieken over houtproductie per regio Chatham House, 2010 Voor de inschatting van volumes rondhout uit illegale kap geïmporteerd door Nederland.

<sup>19</sup> Greenhouse Gas Protocol, 2003; IPCC, 2006; UNECE, 2010a en UNECE, 2010b.

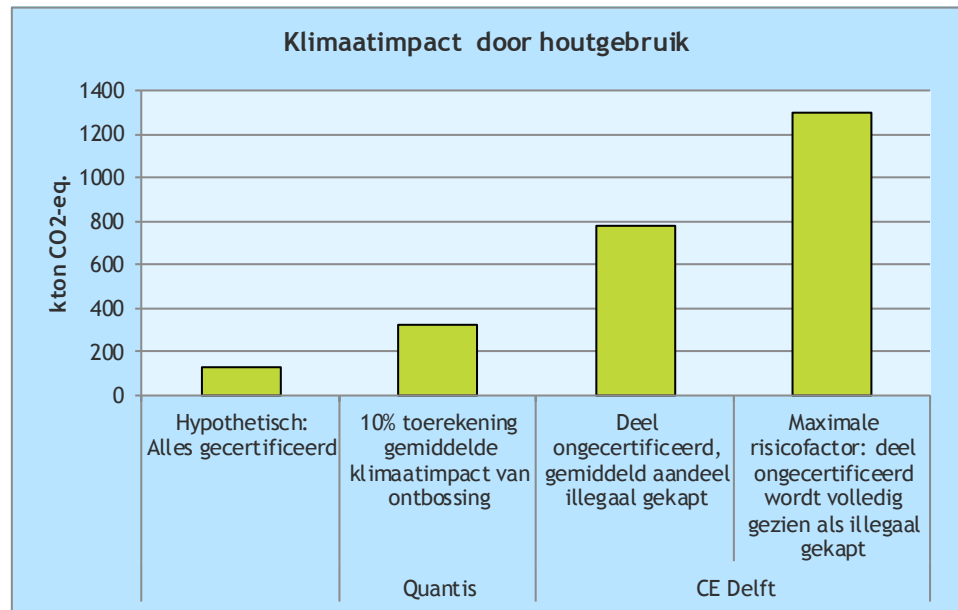
<sup>20</sup> Een bekend voorbeeld is dat bij kap van natuurlijk boreaal naaldbos teruggroei van loofbos plaatsvindt. Het loofbos heeft minder opstand/vegetatie per hectare of legt anders gezegd per hectare minder koolstof vast. Dergelijke processen treden ook op in gematigde klimaatzones (bijvoorbeeld berkenbos na eikenbos) en tropische zones (Babassu bos na primair regenwoud).



In de tabel is te zien is dat CE Delft hogere CO<sub>2</sub>-factoren berekent voor ontbossing of degradatie door illegaal gekapt hout. Zeker voor tropisch hout worden hogere CO<sub>2</sub>-factoren berekend dan via de aanpak van Quantis. Wanneer wordt uitgegaan dat alleen het illegaal gekapte deel tot ontbossing leidt, komen de CO<sub>2</sub>-factoren lager uit dan de door Quantis berekende CO<sub>2</sub>-factoren voor naald- en loofhout, maar nog steeds hoger voor tropisch hout.

Figuur 20 toont de resultaten voor het totale houtgebruik in de Nederlandse bouw. Het resultaat volgens Quantis is aangehouden in de resultaten voor de Nederlandse bouw, die in Hoofdstuk 2 worden genoemd.

**Figuur 20** Klimaatimpact door houtgebruik in de Nederlandse bouw: vergelijking van diverse berekeningen



Wanneer de klimaatresultaten van al het Nederlandse hout in de bouw, berekend volgens de diverse CO<sub>2</sub>-factoren, valt het volgende op:

- Vooral door de hogere CO<sub>2</sub>-factor voor tropisch hout berekent CE Delft een hoger klimaatresultaat dan Quantis.
- Hoewel toerekening van boskap aan hout door Quantis doet vermoeden dat Quantis te hoge resultaten berekent, blijkt dat de differentiatie naar type land (ontbossing in tropische regio's) belangrijker is.
- Wanneer al het hout van gecertificeerde oorsprong is, en er geen ontbossing of degradatie plaatsvindt, valt de klimaatimpact van houtgebruik in de bouw significant lager uit.

De hoofdconclusie die hieruit kan worden getrokken is dat het, ook wat betreft klimaatimpact, een zeer gunstige ontwikkeling is dat vele partijen binnen de bouw zich hebben gecommitteerd aan het gebruiken van gecertificeerd hout.

## B.9 Kunststoffen

Er zijn geen precieze gegevens van totale hoeveelheid kunststoffen in de bouw. Dit komt doordat er een grote verscheidenheid in kunststof producten bestaat en er niet wordt bijgehouden welk deel van alle kunststofproducten in Nederland voor de bouw bedoeld zijn.

Wel zijn er gegevens beschikbaar over welk type producten in de bouw worden gebruikt en uit welke kunststof deze producten zijn vervaardigd.

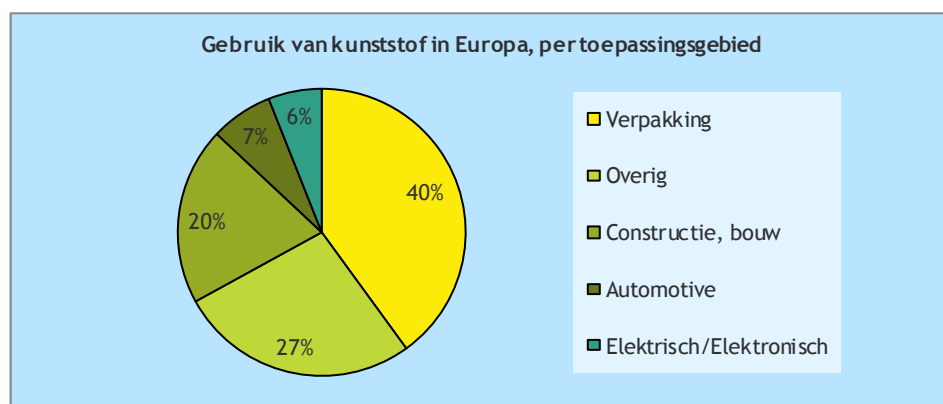
Twee bronnen zijn gebruikt om tot een inschatting te komen: Jetten et al., 2011 en DPI Value Centre, 2012. Zie de gebruikte data uit deze bronnen hieronder in figuren Figuur 21, Figuur 22 en Figuur 23.

Met deze bronnen komt CE Delft tot de volgende verdeling en een indicatie van hoeveelheden, zie Tabel 18.

Tabel 18 Hoeveelheden kunststof, naar type, gebruikt in deze studie

Inschatting		Hoeveelheid (kton)	Materiaal (aannames)
Totaal aan kunststof in NL (Jetten et al., 2011)		1.800	
Indicatieve hoeveelheid in de bouw (20%, DPI Value Centre, 2012)		360	
<b>Uitsplitsing naar type, op basis van Jetten et al., 2011</b>			
Buizen	40%	144	PVC
Isolatie	20%	72	Half PUR, half EPS
Raamprofielen	15%	54	PVC
Overige profielen	6%	21,6	Half HDPE, half PP
Vloer- en wandbekleding	8%	28,8	Niet inbegrepen in deze analyse
Lining	6%	21,6	Niet inbegrepen in deze analyse
Meubels	5%	18	Niet inbegrepen in deze analyse
Totaal bouwproducten inbegrepen in deze studie		292	

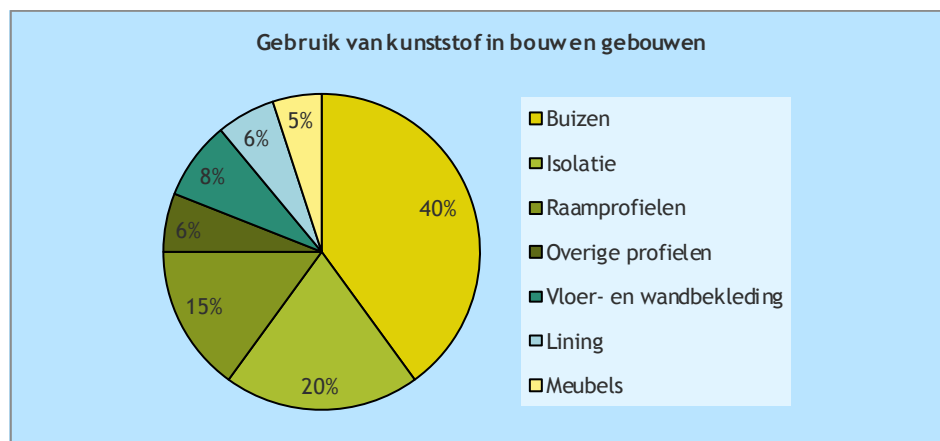
Figuur 21 Gebruik van kunststof in Europa, per toepassingsgebied



Bron: DPI Value Centre, 2012.



Figuur 22 Gebruik kunststof in de bouw



Bron: Jetten et al., 2011.

Figuur 23 Toepassingen kunststof in de bouw

	PET	HDPE	PVC	PP	EPS	PUR
Profielen, leidingen, geleidingen		x		x		
Buizen			x			
Kozijnen			x			
Verfemmers		x		x		
Shrinkwrap/folie			x			
Bigbags				x		
Isolatiemateriaal					x	x

Bron: Jetten et al., 2011.

Plastics Europe, de Europese branchevereniging van kunststoffen, biedt milieugegevens voor vele kunststofsoorten, beschikbaar in de Ecoinvent-database. De volgende proceskaarten zijn gebruikt voor de kunststof-granulaten en productietechnieken om de granulaten tot product om te vormen.

Tabel 19 Milieu-informatie kunststoffen

Kunststoftype	Ecoinvent-proceskaart (data van Plastics Europe)
PET	Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER
HDPE	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER
LDPE	Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER
PP	Polypropylene, granulate, at plant/RER
PS	Polystyrene, expandable, at plant/RER
PVC	Polyvinylchloride, at regional storage/RER
PU	Polyurethane, rigid foam, at plant/RER
Extrusie	Extrusion, plastic pipes/RER
Producersen isolatiemateriaal	Foaming, expanding/RER

## B.10 Ophoogzand en grind

Branchevereniging Cascade heeft gegevens aangeleverd van zand- en grindwinning voor de Nederlandse bouw. Wat betreft zand wordt specifiek alleen ophoogzand opgegeven: zand dat voor betonproductie en kalkzandsteenproductie wordt gebruikt is al inbegrepen bij die twee materialen. Ook zilverzand, dat wordt gebruikt in de glasindustrie en voor siliciumproductie, wordt buiten beschouwing gelaten. Inbegrepen is het ophoogzand dat is gebruikt voor aanleg van de tweede Maasvlakte. 2010 was qua hoeveelheid gebruikt ophoogzand een piekjaar. Tabel 20 toont de in deze studie aangehouden hoeveelheden en milieu-informatie.

Tabel 20 Zand, grind en klei: hoeveelheden (excl. gebruik in beton) en milieu-informatie

Grondstof	Hoeveelheid (kton)	Milieu-informatie
Ophoogzand	202.400	SBK Industriezand (rivier)
Grind	4.400	SBK Grind, rivier
Klei	1.506	SBK Klei (gemiddeld)



# Bijlage C Achtergronddata inventarisatie bouwnijverheid

## C.1 Energiegebruik bouwnijverheid

CBS stelt in de Nederlandse Energierekeningen tabel het energiegebruik van de branche 'bouwnijverheid' (SBI-code 'F') ter beschikking. Het gaat hier om het energiegebruik voor het vervaardigen en slopen van bouwwerken, alsmede energie voor onderhoudswerkzaamheden. Deze CBS-gegevens dekken het energiegebruik van alle bouw- en sloopactiviteiten; de lijst met alle aspecten die onder de CBS-klasse 'Bouwnijverheid' vallen zijn weergegeven in Tabel 22.

Deze CBS-categorie F bevat niet het materiaalgebruik in de bouw (dat zou een dubbeltelling opleveren met de geïnventariseerde gegevens in Bijlage C).

In de CBS Energierekeningen is het energiegebruik gegeven uitgesplitst naar aardgas, autodiesel, benzine, bitumen, elektriciteit, gasolie en lichte stookolie en kerosine. Bij bitumen gaan we ervanuit dat dit gaat niet om gebruik als energiedrager maar als bouwstof, wat is al aan de orde geweest in Paragraaf 2.1. Bitumen wordt hier daarom niet verder becijferd.

Tabel 21 CBS Energierekeningen: gebruik van energiedragers in de bouwnijverheid (2010)

	Energiegebruik, 2010 (CBS)	Energiegebruik, 2010, in fysieke eenheid
Aardgas	4 PJ	126 miljoen m <sup>3</sup> aardgas
Autodiesel	7 PJ	164 miljoen kg
Benzine	1 PJ	23 miljoen kg
Elektriciteit	2 PJ	555 miljoen kWh
Gasolie, lichte stookolie	5 PJ	117 miljoen kg
Totaal	19 PJ	

De brandstoffen worden ingezet in een range aan toepassingen. Autodiesel en gasolie wordt bijvoorbeeld ingezet in bijvoorbeeld aggregaten, pompen, kranen, grondverzetmachines, mobiele werktuigen. Het is echter ook mogelijk dat de autodiesel ingezet wordt voor het vervoer van bouwmaterialen of personen. Aangezien de transportbranche een aparte CBS-categorie is, nemen we aan dat het benzine en diesilverbruik van toepassing is op bouwwerktuigen.

De milieu-impacts per eenheid is herleid door gehele keten te beschouwen, inclusief verbranding van de energiedragers:

- aardgas: Ecoinvent 'Natural gas, burned in industrial furnace >100 kW;
- elektriciteitsproductie: Ecoinvent 'Electricity, low voltage, at grid/NL' (inclusief netverliezen);
- diesel: Ecoinvent 'Diesel, low-sulphur, at regional storage';
- benzine: 'Petrol, unleaded, at regional storage';
- gasolie/lichte stookolie: 'Light fuel oil, at regional storage'.



Voor de vloeibare brandstoffen is de klimaatimpact van de productieketen vermeerderd met de CO<sub>2</sub>-emissies van de verbranding volgens de 'Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren, versie januari 2011' Agentschap NL, 2011.

Tabel 22 Onderdelen van de CBS-klasse F: 'Bouwnijverheid'

<b>41</b>		<b>Algemene burgerlijke en utiliteitsbouw en projectontwikkeling</b>
41.1		Projectontwikkeling
	41.10	Projectontwikkeling
41.2		Algemene burgerlijke en utiliteitsbouw
	41.20	Algemene burgerlijke en utiliteitsbouw
<b>42</b>		<b>Grond-, water- en wegebouw (geen grondverzet)</b>
42.1		Bouw van wegen, spoorwegen en kunstwerken
	42.11	Wegbouw en stratenmaken
	42.11.1	Wegbouw
	42.11.2	Stratenmaken
	42.12	Bouw van boven- en ondergrondse spoorwegen
	42.13	Bouw van kunstwerken
42.2		Leggen van kabels en buizen
	42.21	Leggen van rioleringen, buizen en pijpleidingen; aanleg van bronbemaling
	42.22	Leggen van elektriciteits- en telecommunicatiekabels
42.9		Bouw van overige civieltechnische werken
	42.91	Natte waterbouw
	42.99	Bouw van overige civieltechnische werken (rest)
<b>43</b>		<b>Gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw</b>
43.1		Slopen van bouwwerken, grondverzet en proefboren
	43.11	Slopen van bouwwerken
	43.12	Grondverzet
	43.13	Proefboren
43.2		Bouwinstallatie
	43.21	Elektrotechnische bouwinstallatie
	43.22	Loodgieters- en fitterswerk; installatie van sanitair en van verwarmings- en
	43.22.1	Loodgieters- en fitterswerk; installatie van sanitair
	43.22.2	Installatie van verwarmings- en luchtbehandelingsapparatuur
	43.29	Overige bouwinstallatie
43.3		Afwerking van gebouwen
	43.31	Stukadoren
	43.32	Bouwtimmeren
	43.33	Afwerking van vloeren en wanden
	43.34	Schilderen en glazetten
	43.39	Overige afwerking van gebouwen
43.9		Dakbouw en overige gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw
	43.91	Dakdekken en bouwen van dakconstructies
	43.99	Overige gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw
	43.99.1	Heien en andere funderingswerkzaamheden
	43.99.2	Vlechten van betonstaal
	43.99.3	Metseten en voegen
	43.99.9	Overige gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw (rest)



### C.1.1 Omschrijving CBS-categorie F: Bouwnijverheid

Het CBS hanteert de volgende omschrijving van categorie F, bouwnijverheid:

“Deze sectie omvat:

Algemene en gespecialiseerde bouwkundige en civieltechnische werken, de bouwinstallatie en de afwerking van gebouwen. Zij omvat ook nieuwbouw, reparatie, aan- en verbouwwerkzaamheden, het optrekken van geprefabriceerde gebouwen of constructies ter plaatse en van tijdelijke bouwwerken.

Onder algemene bouw valt de bouw van woningen, kantoren, winkels en andere vormen van burgerlijke- en utiliteitsbouw enzovoort of de bouw of aanleg van zware constructies als autowegen, straten, bruggen, tunnels, spoorwegen, vliegvelden, havens en andere waterbouwkundige projecten, irrigatiesystemen, rioleringen, industriële installaties, pijpleidingen en elektriciteitsleidingen, sportvoorzieningen enzovoort. Deze werkzaamheden kunnen voor eigen rekening of voor een vast bedrag of op contractbasis worden uitgevoerd. Een deel van de werkzaamheden of soms zelfs alle uitvoerende werkzaamheden kunnen worden uitbesteed aan onderaannemers.

Gespecialiseerde bouw omvat de bouw of aanleg van een gedeelte van bouwwerken en van civieltechnische werken of de hiervoor vereiste voorbereidende werkzaamheden. Er is gewoonlijk sprake van gespecialiseerde werkzaamheden ten behoeve van diverse bouwwerken, waarvoor specifieke ervaring of een speciale uitrusting nodig is. Het heien, leggen van funderingen, boren van waterputten, de cascobouw, het storten van beton, metselen, zetten van natuursteen, de bouw van steigers, dakbedekking enzovoort worden hiertoe gerekend. Gespecialiseerde bouwkundige werkzaamheden worden meestal aan onderaannemers uitbesteed, maar vooral reparaties worden in de bouw rechtstreeks voor de eigenaar van het onroerend goed uitgevoerd.

De bouwinstallatie omvat de installatie van alle voorzieningen waardoor een bouwwerk als zodanig zijn functie kan vervullen. Deze werkzaamheden worden meestal op de bouwplaats zelf verricht, hoewel bepaalde gedeelten ervan in een werkplaats kunnen worden uitgevoerd. Inbegrepen zijn loodgieterswerk, de installatie van verwarmings- en klimaatregelingsystemen, alarmsystemen en andere elektrische apparatuur, sprinklerinstallaties, liften en roltrappen enzovoort. Ook vallen hieronder isolatiewerkzaamheden (vochtwering, warmte- en geluidsisolatie), het aanbrengen van metalen beplating, de installatie van commerciële koelapparatuur, verlichtings- en signaleringssystemen voor wegen, spoorwegen, luchthavens, havens enzovoort. Het uitvoeren van reparaties in verband met deze activiteiten is ook inbegrepen.

De afwerking van gebouwen omvat werkzaamheden die zijn gericht op de afwerking of voltooiing van een bouwwerk, zoals glaszetten, stukadoorswerk, schilderen, sauzen, het aanbrengen van vloer- of wandtegels of van andere bekleding of bedekking zoals parket, tapijt, behang enzovoort, schuren van vloeren, aftimmeren, geluidstechnische werkzaamheden enzovoort. Het uitvoeren van reparaties in verband met deze activiteiten is ook inbegrepen.



Deze sectie F omvat niet:

- De bouw of installatie van industriële apparatuur en machines (bijvoorbeeld de installatie van industriële ovens, turbines enzovoort).
- Het optrekken van volledige geprefabriceerde gebouwen of bouwwerken van zelf vervaardigde onderdelen. Dit wordt ingedeeld bij de toepasselijke rubriek van de sectie Industrie, afhankelijk van het materiaal waaruit deze voornamelijk bestaan. Indien dit echter beton is, wordt deze activiteit in deze afdeling ingedeeld.”

## C.2 Fijnstofvorming bij bouwactiviteiten

De fijnstofvorming door energiegebruik op de bouwplaats wordt berekend via de CBS-gegevens. Fijnstof komt echter niet alleen vrij via energiegebruik op de bouwplaats: het komt ook vrij via hantering van bouwmaterialen. In het rapport ‘Stofemissies in de bouw(keten)’ (CE Delft, 2006) zijn op basis van diverse bronnen inschattingen gedaan voor fijnstofemissies in de Nederlandse bouwketen. Deze twee relevante bronnen van fijnstof worden ook meegenomen in de studie:

- verstuivend zand bij zandproductie en vervoer van zand: 0,2 kton PM<sub>10</sub> per jaar;
- opwervend stof door transport op de bouwplaats: 0,33 ton PM<sub>10</sub> per jaar.



# Bijlage D Achtergronddata inventarisatie transport

Om het transport van bouwmaterialen in kaart te brengen is gebruik gemaakt van data van het CBS en van Transport en Logistiek Nederland (TLN)<sup>21</sup>. Het CBS levert data voor vervoerde hoeveelheden en transportafstanden en lading-kilometers op een geaggregeerd niveau van materiaalklassen: het totaal aan ruwe mineralen en bouwmaterialen, Hoofdstuk 6 van de NSTR-indeling<sup>22</sup> van goederen. We zijn in de berekening van de transporthoeveelheden uitgegaan van deze gegevens.

## D.1 Transporthoeveelheden: wegvervoer

Het CBS biedt gegevens over de totale ladingtonkilometers die in Nederland over de weg worden gemaakt. Dit houdt in: het totale vervoerde gewicht vermenigvuldigd met de afstand waarover het vervoerd is. Inbegrepen zitten ritten vanuit het buitenland naar Nederland.

Om tot het aandeel ladingtonkilometers (tonkm) te komen voor bouwmaterialen is het aandeel bouwmaterialen op het totaal aan materialen berekend. Volgens CBS-gegevens bleek dit 20% in 2010.

Deze tonkm bevatten echter ook export naar het buitenland. De helft van de grensoverschrijdende ritten kan worden toegekend aan de Nederlandse bouw vanwege de export.

Daarnaast voegen we ook een factor toe ter compensatie van de vervoerde afstand. Volgens gegevens afgeleid uit TLN, 2012 is de gemiddelde transportafstand voor bouwmaterialen 96 km, terwijl dit voor gemiddeld goederenvervoer 105 km is. De transportafstand voor bouwmaterialen komt volgens deze cijfers dus op 91% van de gemiddelde afstand. Hierbij is rekening gehouden met vervoer vanuit het buitenland.

Het aantal ladingtonkilometers komt volgens deze berekeningen uit op ruim 9.000 tonkm.

---

<sup>21</sup> TLN, 2012. Gebruikte gegevens: p. 27 (modaliteiten), p. 29 transportafstanden, p. 38 uitsplitsing materiaalklassen beroepsvervoer. CBS, 2012. Statline: 'Wegvervoer; kwartaalreeksen goederenvervoer over de weg' en 'Binnenvaart; goederenstromen in de binnenlandse en internationale vaart'.

<sup>22</sup> NSTR: de classificatie van goederen die gebruik maakt van een indeling gebaseerd op de Nomenclature uniforme des marchandises pour les Statistiques de Transport, Révisée (NSTR).



Samenvattend is het aantal ladingtonkilometers die van toepassing is op de bouw als volgt berekend:

- CBS-data: hoeveelheid ruwe bouwmaterialen 2010;
- CBS-data: totale hoeveelheid goederenvervoer 2010;
- berekening: aandeel ruwe bouwmaterialen op de totale hoeveelheid goederenvervoer;
- berekening: totale ladingtonkilometers x het aandeel ruwe bouwmaterialen:
  - berekening op basis van TLN-data: keer 91% om te compenseren voor kortere transportafstand;
  - berekening op basis van CBS-data: keer 74% om te compenseren voor de exportritten naar het buitenland.

## D.2 Transporthoeveelheden: binnenvaart

Voor de binnenvaart is de totale hoeveelheid 'ruwe mineralen en bouwmaterialen' 58 Mton, dat is 27% van de over water getransporteerde goederen. Dit is het gemiddelde van de jaren 2003-2006.

Een deel van het vervoer per binnenvaart is grensoverschrijdend, van deze internationale transporthoeveelheid is een toerekening gemaakt op basis van het Nederlandse deel van het transport. De onderverdeling is weergegeven in Tabel 23.

Tabel 23 Hoeveelheden vervoerde ruwe mineralen en bouwmaterialen in de binnenvaart.

	2003	2004	2005	2006	Gem.
NL → NL	48.653	47.467	42.655	39.917	44.673
Buitenland → NL	7.950	8.075	7.630	8.799	8.113
NL → Buitenland	5.020	5.188	5.357	5.264	5.207

Bron: CBS. Herleiding Nederlandse deel (allocatie) via aandeel 'Nederlandse kilometers'.

De belangrijkste uitkomsten staan in Tabel 24.

Tabel 24 Transportgegevens ruwe mineralen en bouwmaterialen

	Hoeveelheid vervoerd (miljoen ton)	Transport-hoeveelheid (x 1.000 miljoen ladington-km)	Aandeel modaliteit (tonnen)	Aandeel modaliteit (tonkilometers)
Wegvervoer	150	10,5	72%	61%
Binnenvaart	58	6,7	28%	39%

Bron: CBS, TLN, bewerking CE Delft.





### D.3 Transportafstanden

De gebruikte transportafstanden zijn weergegeven in Tabel 25.

Tabel 25 Gemiddelde transportafstand

	Gemiddelde transportafstand, binnen Nederland	Gemiddelde transportafstand, internationaal	Gewogen gemiddelde
Wegvervoer	55 km	328 km	93 km
Binnenvaart	110 km	136 km	n.v.t.

Bron: CBS, TLN, bewerking CE Delft.

Voor het wegvervoer is de transportafstand overgenomen uit TLN, 2012. In de berekening van het aantal ladingtonkilometers is voor het wegvervoer gebruik gemaakt van een gewogen gemiddelde transportafstand van binnenlands (55 km) en internationaal wegverkeer (328 km). Deze bedraagt 93 km en is nog steeds minder dan de gemiddelde binnenlandse transportafstand van vervoer over de weg.

Voor de binnenvaart zijn de waarden herleid uit de gegevens van het CBS en zijn geldig voor alle transport per binnenvaart. De totale ladingtonkilometers berekend voor binnenvaart is ruim 6.700.

### D.4 Bepalen milieu-impact: emissiefactoren transport

Voor de milieu-impact van het transport van bouwmaterialen zijn emissiefactoren uit het STREAM-model gebruikt (CE Delft, 2011). De STREAM-emissiefactoren zijn zgn. *'tank-to-wheel'*. Aangezien deze studie emissie door de hele keten bekijkt - *'well-to-wheel'* - worden de emissiefactoren uit STREAM aangevuld met de productie van brandstoffen (*'well-to-tank'*).

STREAM geeft emissiefactoren voor CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub> en primaire energie. De *'ReCiPe single score-analyse'* niet worden gedaan met de STREAM-data. De emissiefactoren zijn beschikbaar voor gemiddelde, zwaar beladen, en licht beladen modaliteiten en zijn geldig voor Europa.

De volgende gegevens zijn aangehouden in deze studie:

Tabel 26 Emissiefactoren transport, STREAM-model 2011

	Tank-to-wheel				Well-to-tank			
	CO <sub>2</sub> g/tkm	PM <sub>2,5</sub> g/tkm	PM <sub>10</sub> g/tkm	Energie (MJ)	CO <sub>2</sub> g/tkm	PM <sub>2,5</sub> g/tkm	PM <sub>10</sub> g/tkm	Energie (MJ)
Truck < 10t	638	0,12	0,13	8,7	130	0,07	0,29	0,71
Truck 10-20t	180	0,032	0,029	2,5	55	0,04	0,11	0,71
Truck > 20t	126	0,021	0,014	1,7	43	0,03	0,08	0,632
Truck trailer	65	0,011	0,007	0,9	33	0,030	0,057	0,63

Bron: CE Delft, 2011.





# Bijlage E Achtergronddata inventarisatie bouw- en sloopafval

## E.1 Hoeveelheid bouw- en sloopafval

In deze studie zijn de volgende hoeveelheden bouw- en sloopafval (BSA) aangehouden:

Tabel 27 Hoeveelheid bouw- en sloopafval

BSA	Hoeveelheid (kton)	Bron
Steenachtig puin	17.500	Agentschap NL, 2011d
Asfalt	4.000	Vakgroep Bitumineuze Werken
Waarvan teerhoudend asfaltgranulaat	1.000	van Bouwend Nederland
Kunststoffen	20	Agentschap NL, 2011d
Hout	300	Agentschap NL, 2011d
Metalen: ferro: wapeningsstaal	66	Agentschap NL, 2011d
Metalen: constructiestaal, plaatstaal, RVS	321	Bouwen met Staal
Metalen: non-ferro	14	Agentschap NL, 2011d
Overig	140	Agentschap NL, 2011d
Totaal BSA	23360	

Agentschap NL biedt gegevens over het vrijkomende bouw- en sloopafval in de Monitoringsrapportage (Agentschap NL, 2011d). De meest recente gegevens zijn van 2009. Cijfers over vrijgekomen asfalt in 2010 zijn verkregen van de Vakgroep Bitumineuze Werken van Bouwend Nederland. Bouwen met Staal geeft aan dat de 66 kton staal die Agentschap NL rapporteert veel lager ligt dan de hergebruikcijfers die bij hen bekend zijn. Aangezien de gegevens van Agentschap NL van toepassing zijn op sorteeranalyses na sloop, is het waarschijnlijk dat deze 66 kton wapeningsstaal is. Bouwen met staal heeft gegevens aangeleverd voor hergebruik van stalen producten na demontage. De totale hoeveelheid bouw- en sloopafval komt hiermee op ongeveer 23 Mton.

## E.2 Berekening milieu-impact verwerking van bouw- en sloopafval

Aan het einde van de levensduur van een bouwwerk wordt het gesloopt. De energie voor sloopwerkzaamheden is echter al inbegrepen bij de CBS-data van energiegebruik in de bouwnijverheid (zie voor deze gegevens Bijlage C.1). In dit hoofdstuk wordt gekwantificeerd:

- de impact van verwerking van de diverse materiaalstromen die vrijkomen na sloop en (indien gerecycled);
- de milieuwinst vermeden primaire materialen of brandstoffen.

Toelichting: na sloop worden de meeste bouwmaterialen gerecycled; een klein deel wordt verbrand in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI), gestort, of bijgestookt in een biomassacentrale. Bij afvalverbranding wordt elektriciteit opgewekt en warmte nuttig gebruikt. Dit vermijdt de productie van conventionele elektriciteit, warmte uit gas. Bij recycling wordt materiaal herwonnen dat nuttig kan worden ingezet in een nieuwe toepassing, wat de



productie van primaire grondstoffen bespaard. Dit wordt gewaardeerd in de levenscyclusanalyse: er wordt een milieuwinst toegekend voor de vermeden grondstoffen/brandstoffen.

### **Verbranding in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI)**

De Ecoinvent-database bevat proceskaarten voor verbranding in de AVI van allerlei typen materialen en bevatten de emissies bij verbranding, waarbij rekening is gehouden met filters en emissie-eisen aan de AVI.

CE Delft voegt hieraan toe de opgewekte elektriciteit en warmte door het verbrande materiaal, middels de verbrandingswarmte van het materiaal (MJ/kg) en het thermisch en elektrisch rendement van de gemiddelde AVI in Nederland. Dit vermijdt de productie van:

- Reguliere elektriciteit in Nederland: Ecoinvent 'Electricity, low voltage, at grid, NL';
- Warmte opgewekt door gas: Ecoinvent 'Heat, natural gas, at industrial furnace >100 kW'.

### **Recycling**

Voor het berekenen van de milieuwinst door het vermijden van primair materiaal hanteert CE Delft de 'net scrap'-benadering. Dit houdt in dat er rekening wordt gehouden met de hoeveelheid gerecycled materiaal die het bouw materiaal al bevat, zodat dubbelstellingen worden voorkomen.

Deze aanpak wordt ook gehanteerd door de World Steel Association en werkt volgens het principe dat er alleen een recyclingbonus wordt toegekend aan het aandeel gerecycled materiaal dat *extra* in omloop wordt gebracht.

### **Inzet in biomassacentrale**

Hout wordt deels ingezet in een biomassacentrale. Biomassacentrales zijn gespecialiseerd in het verbranden van producten van biotische oorsprong en richten zich soms op 1 specifieke stroom, zoals hout. Het doel daarbij is het opwekken van energie. Het rendement van opwekking van energie is overgenomen van IVAM, 2010a:

- elektrisch rendement: 25%;
- thermisch rendement: 29%.

De opgewekte energie is vervolgens: rendement keer verbrandingswaarde van het hout (15,6 MJ/kg). Dit vermijdt, net als bij een AVI:

- reguliere elektriciteit in Nederland: Ecoinvent 'Electricity, low voltage, at grid, NL';
- warmte opgewekt door gas: Ecoinvent 'Heat, natural gas, at industrial furnace >100 kW'.

## **E.3 Puin: beton en metselwerk**

Het steenachtig puin vormt de meest volumineuze categorie van het BSA. Na sloop wordt het puin gebroken tot granulaat. Hiervoor is de milieu-informatie gebruikt zoals beschikbaar in de SBK Nationale Milieudatabase: 'SBK Breken steenachtig MRPI'

Bij het breken komt fijnstof vrij. Hiervoor is de studie Lime, 2010 gebruikt 'Fijnstof bij Puinbreken, Statistische Analyse', toegezonden door BRBS Recycling. De exacte hoeveelheden vrijkomend fijnstof bij breken mogen worden gebruikt in de analyse, maar worden hier niet weergegeven omdat het rapport niet openbaar is.



Na breken wordt het materiaal vrijwel volledig gebruikt als funderingsmateriaal onder nieuwe wegen. Doordat het puin op deze manier wordt ingezet wordt het gebruik primair ophoogmateriaal, zoals steenslag en/of grind, vermeden. Een klein deel van het betongranulaat, afkomstig van het beton dat gescheiden kan worden gehouden van het overige puin, wordt ingezet als toeslagmiddel in nieuw beton, waarbij het grind vervangt.

#### E.4 Dakbedekking

UU, 2010 biedt de volgende verhouding voor het verwerken van dakafval:

- 10% van het dakafval wordt nagescheiden uit gemengde stroom, waarvan 50% wordt gerecycled en 50% verbrand;
- 90% wordt gestort.

UU, 2010 biedt ook gegevens over energiebehoefte van het shredderen van dakafval en recyclingproces. Recycling vermijdt de productie van virgin asfalt.

Inmiddels geldt echter een stortverbod voor bitumineus dakafval en wordt recycling als norm gehanteerd. De cijfers uit (UU, 2010) zijn wellicht ook voor 2010 al verouderd, maar hier heeft CE Delft geen bevestiging of andere gegevens voor. Er is dus uitgegaan van de gegevens van (UU, 2010).

Het effect van verschuiving naar meer verbranding en/of recycling is onderzocht. Deze is gering, ook omdat dakafval een beperkte stroom is qua omvang. Verbranding leidt tot hogere emissies dan stort, recycling leidt tot een milieuwinst. Verwerking van vrijkomend materiaal leidt momenteel tot een winst van 690 kton CO<sub>2</sub>. Bij 100% verbranding ('worst case scenario') vermindert de winst met 13 kton CO<sub>2</sub>-eq., bij 100% recycling daalt de klimaatimpact verder met 3 kton CO<sub>2</sub>-eq.

#### E.5 Hout

Na het scheiden van het hout uit het bouw- en sloofafval wordt het op diverse manieren verwerkt. Zowel UU, 2010 biedt een duidelijke verdeling naar verwerkroutes; IVAM, 2010a biedt informatie over het verwerken van hout in een biomassacentrale. De gevolgde aanpak is:



Tabel 28 Hout: verwerkroutes en aandelen (op basis van UU, 2010 en IVAM, 2010a)

Verwerkroute	Aandeel	Hierbij wordt uitgespaard
Recycling	61%	Virgin houtvezels voor spaanplaat (softwood)
Inzet in biomassacentrale	36%	Energie: zie Bijlage E.2
Inzet als secundaire brandstof	2%	Warmte opgewekt door kolen. Ecoinvent 'Heat, at hard coal industrial furnace 1-10MW'
Verbranding in een AVI	1%	Energie: zie Bijlage E.2

## E.6 Kunststof

De totale hoeveelheid kunststof dient voor goede analyse uitgesplitst te worden naar type kunststof: elk type heeft andere verwerkbaarheden en verwerkroute. De verdeling die door IVAM, 2010a wordt gehanteerd is op basis van kunststoffen in woningen en wordt niet gevolgd door CE Delft, omdat de IVAM-verdeling buizen uit de GWW buiten beschouwing laat. De in deze studie aangehouden verdeling is op basis van Jetten et al., 2011, zie Figuur 22.

### Verwerking

Of de kunststoffen worden gerecycled verschilt per type product. Het rapport (UU, 2010) geeft aan dat PVC volledig wordt gerecycled, maar voor andere kunststofstromen worden geen gegevens aangeleverd. Voor kunststof bouwproducten anders dan PVC is aangenomen dat 50% wordt gerecycled en 50% wordt verbrand. De aanpak voor modelleren van de recyclingroutes wordt hieronder besproken.

### EPS

Op de bouwplaats zijn meerdere verzamel- en retoursystemen voor EPS isolatiemateriaal gangbaar (Stybenex, 2013). Recycling van EPS gebeurt via een aantal routes. Zo kan het worden hergebruikt in de wegenbouw (Oosterbeek EPS; SITA, hergebruik EPS), waarbij het gebruik van ophogzand wordt vermeden. Schoon EPS kan het best intact worden gelaten, zodat het tot bolletjes geëxpandeerde polystyreen zelf kan worden hergebruikt. Vaak is het EPS vervuild (fysisch, chemisch, of door geur). Dit kan worden gecompriemd en omgesmolten, waarbij het in nieuwe kunststof producten kan worden gerecycled. Verlijmd EPS dient eerst te worden gescheiden voordat het kan worden hergebruikt.

Het is niet bekend in welke verhouding de diverse routes worden toegepast. SITA (SITA, EPS) geeft aan dat EPS ook wel wordt verbrand. De routes verschillen nogal in milieu-impact. In deze studie is uitgegaan van een gelijke verdeling over de vier genoemde routes: hoogwaardige recycling, recycling tot kunststof product, inzet in wegenbouw en verbranding.

De eerste twee routes leveren een milieuwinst, de laatste twee routes leveren een (bescheiden) milieu-impact. Omdat EPS een kleine stroom is in de bouw levert verschuiving tussen de routes slechts een kleine verandering op, op het totaalresultaat voor klimaatimpact (minder dan 0,1%). Op productniveau (per kg EPS) zijn er echter grote verschillen tussen de verwerkroutes.

### Gehanteerde uitgangspunten voor hergebruik in wegenbouw

Hierbij is een vervangingsratio berekend: EPS-blokken hebben een dichtheid van 15 tot 40 kg/m<sup>3</sup>, zand 1.500 tot 1.750 kg/m<sup>3</sup>. De gemiddelden 22,5 kg/m<sup>3</sup> en 1625 kg/m<sup>3</sup> zijn genomen voor het bepalen van de vervangingsratio: 1 ton EPS spaart 72 ton ophogingszand uit.

Bron: GWW Materialen: Soortelijk gewicht ophogingszand.



### **Gehanteerde uitgangspunten voor recycling**

Voor energie voor recycling is uitgegaan van gegevens uit (UU, 2010). Daarnaast wordt door het recyclen materiaal uitgespaard: expandeerbaar polystyreen (bij hoogwaardige recycling) en PP (bij recycling tot kunststof product).

### **PP en PE**

Van deze thermoplasten wordt aangenomen dat ze gemengd worden verwerkt. Het eindresultaat is een mixed kunststofstroom, waarvan bijvoorbeeld berm-paaltjes of steigerdelen worden gemaakt. Door deze toepassing wordt deels beton uitgespaard, deels hout en deels kunststof. Voor de aanpak van recycling van mixed kunststoffen wordt verwezen naar (CE Delft, 2011a).

### **PVC**

PVC uit de bouw kan weer worden gerecycled als PVC-buis. Hierbij wordt virgin PVC vermeden. Voor het recyclen is uitgegaan van gegevens uit (UU, 2010), waarin aangegeven wordt dat PVC volledig wordt gerecycled.

## **E.7 Staal**

Het staal (zowel wapenings- als constructiestaal) wordt volledig hergebruikt of gerecycled. Wapeningsstaal wordt uit bouw- en sloopafval gescheiden. De monitoringsrapportage bouw- en sloopafval (Agentschap NL, 2011d) rapporteert een output van 66 kton aan staal via bouw- en sloopafval. Bouwen met Staal geeft aan dat de 66 kton staal die Agentschap NL rapporteert veel lager ligt dan de hergebruikcijfers die bij hen bekend zijn. Aangezien de gegevens van Agentschap NL van toepassing zijn op sorteeranlyses na sloop, is het waarschijnlijk dat deze 66 kton wapeningsstaal is.

Op basis van gesloopte bouwwerken, afzetcijfers en hergebruikgegevens geeft Bouwen met Staal een indicatie van hoeveelheid hergebruikt staal, per type staalproduct.

Voor constructiestaal en plaatstaal is specifieke milieu-informatie beschikbaar via de MRPI-bladen ('waste processing'), op basis van hergebruik en recycling van het staal.

Daarnaast is milieu-informatie beschikbaar voor staalschroot in het algemeen (LCI data van World Steel). Deze informatie bevat zowel de inzameling en verwerking van staal, als de winst aan die door recycling wordt behaald. Daarbij moet nog wel rekening worden gehouden met het aandeel schroot ('recycled content') in het stalen product: de winst van recycling mag niet 100% worden toegekend aan het product. Stel, het product bevat 30% schroot, dan mag de milieuwinst van recycling nog voor  $(100\% - 30\% = )$  70% worden toegerekend aan het product. Deze aanpak heet de 'net scrap' methode (World Steel Association, 2011).

In Tabel 29 worden de hoeveelheden, bronnen en uitgangspunten voor modellering en berekening weergegeven.



Tabel 29 Uitgangspunten en bronnen voor berekening van hergebruik/recycling

Type	Hoeveelheid gerecycled/ hergebruikt in 2010 (kton)	Bron voor klimaatimpact en primair energiegebruik	Bron voor fijnstofvorming en 'ReCiPe single score'	'Recycled content'	Bron van 'recycled content'
Constructie-staal (balken en buizen)	113	MRPI-blad Heavy Construction: waste processing	LCI steel scrap, World Steel	87%	Berekend op basis van MRPI-bladen en aandelen
Plaatstaal	39	MRPI-blad cladding and decking: waste processing	LCI steel scrap, World Steel	30%	schroot in EAF- en BF-staal
RVS	1	Nationale Milieudatabase 'Hooggeleerd staal' (gelijk aan Ecoinvent 'Chromium staal 18/8') voor uitsparing; energiegebruik voor inzameling en recycling en transport op basis van (UU, 2010)		42%	Ecoinvent 'Chromium staal 18/8' (aandeel recycled content staat hierin genoemd)
Wapenings-staal	66		LCI steel scrap, World Steel	68%	World Steel: rebar

## E.8 Overige metalen

Koper en aluminium worden voor een belangrijk deel gerecycled en een klein deel eindigt in slakken van verbrandingsovens. Het aandeel secundair koper in koperen producten is gemiddeld 22% (Ecoinvent), dus 78% van het koper uit BSA spaart daadwerkelijk primair koper uit.

Het aandeel secundair aluminium in aluminium producten is gemiddeld 32% (Ecoinvent), dus vermijdt 68% van het gerecyclede aluminium daadwerkelijk primair aluminium.

## E.9 Glas

Vlakglas uit het BSA wordt, volgens UU, 2010 voor 80% gerecycled. De rest eindigt in de verbrandingsoven. Gegevens voor opwerken van glas ten behoeve van recycling zijn overgenomen van UU, 2010. Het inzetten van glasscherven vermijdt het gebruik van primair glas. Gemiddeld is het aandeel gerecycled glas in vlakglazen producten is 25% (Wrap, 2008). De winst voor vermeden virgin grondstoffen door deze cullerts is al inbegrepen in de milieu-impact van het materiaal (inputkant). Voor het deel dat wordt gerecycled mag een extra winst voor uitgespaard virgin grondstoffen worden toegerekend van (100% - 25% = ) 75%.

## E.10 Asfalt

De aanpak voor asfalt wordt toegelicht in Bijlage B.2.



# Bijlage F Aargasverbruik kantoren en woningen

## F.1 Aardgasverbruik overheid, onderwijs en diensten

Tabel 30 Aardgasverbruik per CBS-categorie

Categorie	PJ aardgas (2010)
Totaal	234
G Handel	49
I Horeca	33
J Informatie en communicatie	9
K Financiële dienstverlening	7
L Verhuur en handel van onroerend goed	3
M Specialistische zakelijke diensten	16
N Verhuur en overige zakelijke diensten	5
O Openbaar bestuur en overheidsdiensten	23
P Onderwijs	24
Q Gezondheids- en welzijnszorg	45
R Cultuur, sport en recreatie	17
S Overige dienstverlening	12

Bron: CBS Statline: Milieurekeningen, netto energiegebruik.

## F.2 Aardgasverbruik woningen

Tabel 31 Aardgasverbruik woningen in 2010 (CBS)

		Particuliere huishoudens	
Energiedragers in petajoule	Aardgas	294,4	PJ

Bron: CBS Statline: Energiebalans, aanbod, omzetting en verbruik.





# Bijlage G Bronnen voor milieugegevens

Milieugegevens, voor het uitvoeren van een milieuanalyse, zijn beschikbaar via verschillende bronnen. In deze studie is voornamelijk gebruik gemaakt van de Nationale Milieudatabase (SBK-database, versie 1113). Indien daarin geen gegevens beschikbaar bleken, is de Ecoinvent-database (versie 2.2) gebruikt. Voor enkele materialen is uitgegaan van specifieke productinformatie uit MRPI-bladen en de CUR Rekentool voor beton (versie 1.0). Er bestaat overlap tussen de verschillende bronnen/databases.

Daarnaast maakt CE Delft gebruik van het LCA-softwareprogramma SimaPro (versie 7.3) voor modellering en analyse.

In deze bijlage worden de gebruikte milieudatabases en software toegelicht.

## G.1 SimaPro

SimaPro is een softwareprogramma dat voor het uitvoeren van LCA is ontworpen. Dit programma bevat databases met milieu-informatie, die gebruikt kunnen worden voor modellering van productketens, waarvan de Ecoinvent-database de grootste en meest gebruikte is. Daarnaast biedt SimaPro verschillende analysemethodes, waarmee alle milieueffecten kunnen worden berekend van de materialen, processen, transportmiddelen, energiedragers, etc. die de databases bieden.

## G.2 Nationale Milieudatabase

De Nationale Milieudatabase, onder beheer van Stichting Bouwkwiteit (SBK), bevat milieu-informatie van vele bouwproducten en bouwprocessen specifiek voor Nederland. De proceskaarten bevatten ofwel milieuresultaten (de milieu-impacts die resultaat zijn van LCA-studie) of levenscyclusinformatie, zoals energieverbruik en materiaalinput, waarbij gebruik wordt gemaakt van de Ecoinvent-database. Het grote voordeel van deze database is dat milieu-informatie beschikbaar is voor bouwmaterialen, toegespitst op de Nederlandse situatie.

De database is in ontwikkeling: voor een deel van de materialen neemt de Nationale Milieudatabase gegevens over van de Ecoinvent-database. Bedrijven en brancheverenigingen kunnen milieu-informatie aandragen die na toetsing kan worden opgenomen in de database. Deze getoetste proceskaarten zijn van goede kwaliteit, want opgesteld volgens de degelijke methode van SBK, maar helaas zijn achtergronden en achterliggende waarden, zoals energiegebruik voor productie, niet zichtbaar. Er is dus niet na te gaan wat de achtergronden zijn en dus of het getal voor het milieuresultaat klopt of niet.

Een nadeel van de database is dat er nog oude, ongetoetste proceskaarten in beschikbaar zijn en dat beperkte of geen achtergronddocumentatie over de proceskaarten aanwezig is.

De database is toegespitst op milieuanalyses volgens de SBK Bepalingsmethode, waarin enkele milieueffecten niet zijn inbegrepen, zoals fijnstof en (verandering van) landgebruik.



### **G.3 Ecoinvent-database**

De Ecoinvent-database is de meest uitgebreide database in West Europa. Veel LCA-uitvoerders maken gebruik van deze database; het is de standaard voor gemiddelde milieu-informatie in West-Europa. Met de gegevens uit de Ecoinvent-database kunnen ook fijnstofvorming en effecten van landgebruik worden berekend. De milieu-informatie sluit aan op de internationaal veelgebruikte analysemethode ReCiPe en bijvoorbeeld ook de Water Footprint methode (niet gebruikt in deze studie).

Echter, zeker voor een aantal materialen is bekend dat de database niet representatief is voor de Nederlandse productie, bijvoorbeeld voor beton, zand, baksteen, constructiestaal, cellenbeton en kalkzandsteen.

### **G.4 CUR Rekentool**

De CUR Rekentool is ontwikkeld door CUR Bouw & Infra voor het doorrekenen van betonnen constructies. De rekentool werkt met milieuresultaten voor diverse grondstoffen die worden gebruikt voor beton. Milieuresultaten in de CUR Rekentool zijn afkomstig uit de Betondatabase, uit recente MRPI-bladen voor cement, de Nationale Milieudatabase en uit de Ecoinvent-database waarbij proceskaarten uit het buitenland zijn aangepast voor de Nederlandse situatie.

