stichting W/E adviseurs

W/E rapport 33012

Onderzoek module D en WLC-GWP

Onderzoek ten behoeve van WLC-GWP met doorkijk naar milieuprestatie bouwwerken

Stichting W/E adviseurs
Utrecht, 9 november 2026



Onderzoek module D en WLC-GWP

Onderzoek ten behoeve van WLC-GWP met doorkijk naar milieuprestatie bouwwerken

Opdrachtgever
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK)
Postbus 20011, 2500 EA Den Haag

Bezoekadres: Turfmarkt 147, 2511 DP Den Haag

Opdrachtnemer
Stichting W/E adviseurs
Oudegracht 106, 3511 AV Utrecht

Contactpersoon: Agnes Mewe
030 – 677 8777 | 06 – 2234 5053 | mewe@w-e.nl

Onderaannemer
SGS INTRON B.V.
Regterweistraat 7, 4181 CE Waardenburg
Postbus 5187, 6130 PD Sittard

Projectnummer
W/E 33012

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3

1 Inleiding 7
1.1 Aanleiding 7
1.2 Doelstelling en onderzoeksaanpak 8
1.3 Toelichting module D 10

2 Effect module D in gebouwberekeningen 13
2.1 Inleiding 13
2.2 Uitgangspunten van de berekeningen 14
2.3 Resultaten en analyse 18
2.4 Conclusies 31

3 Bijdrage module D aan beleidsdoelen 34
3.1 Beleidssturing: weging module D in de WLC-GWP en MPG 34
3.2 Methode: berekening van de module D-score 38

4 Opties voor de inpassing van module D 45
4.1 Inleiding 45
4.2 Opties voor weging van module D 48
4.3 Opties voor berekening van module D (productniveau) 56
4.4 Samenvattende conclusies 60

Bijlagen62
Bijlage 1: module D en D1 in de Bepalingsmethode MPG en WLC-GWP 62
Bijlage 2: overige grafieken en tabellen 63

Managementsamenvatting

Aanleiding

In 2030 implementeert Nederland een prestatie-eis voor de totale CO_2-uitstoot veroorzaakt door het materiaal- en energiegebruik (in CO_2-equivalenten) over de gehele levensduur van een gebouw: de zogeheten Whole Life Cycle – Global Warming Potential (kortweg WLC-GWP). Net als in de milieuprestatie gebouwen (kortweg MPG) is de WLC-GWP-berekening opgebouwd uit de impact in levensloopfasen A (productie), B (gebruik) en C (sloop), en module D (impact buiten de levensloop), samen vormen zij de levenscyclus.

In voorbereiding op de implementatie van de WLC-GWP in Nederland is een aantal technische en beleidsmatige vraagstukken nader bekeken, waaronder de inpassing van module D1[1] in de huidige voorgestelde Bepalingsmethode[2] voor de WLC-GWP.

Probleemformulering en opzet onderzoek

Module D is relevant voor de waardering van de circulaire strategieën voor het sluiten van kringlopen (hergebruik en recycling). Het beleid van de rijksoverheid op het gebied van circulariteit is zeer belangrijk, omdat hiermee verschillende problemen aangepakt kunnen worden, zoals schaarste aan grondstoffen, hoge milieudruk en afhankelijkheid van grondstoffen. In dit rapport is geëvalueerd wat de bijdrage van module D[3] is aan de beleidsdoelen tot 2050 op het gebied van klimaat en grondstoffen. Vervolgens zijn verschillende beleidsopties bekeken voor de inpassing van module D.

Module D heeft een vergelijkbare plek binnen de WLC-GWP als binnen de MPG. Er is de afgelopen jaren een aantal kritiekpunten naar voren gekomen over de werking van module D binnen de MPG. Deze kritiekpunten worden ook voor de WLC-GWP relevant geacht, en zijn belangrijke aandachtspunten bij de te kiezen inpassing van module D in de bouwwerkberekening.

De kritiekpunten zijn geordend naar 1) kritiek gerelateerd aan beleidssturing en 2) kritiek gerelateerd aan de berekeningsmethode op productniveau.

Kritiekpunten Beleidssturing (weging module D in WLC-GWP en MPG)

1. Afwijkende tijdshorizon: De doorwerking van module D is vrijwel geheel na 2050 en valt daarmee buiten de tijdshorizon van de beleidsdoelstellingen op korte termijn.
2. Compensatie lasten fase A: Door de gelijkwaardige optelling van de uitkomsten van fasen A-C en module D kunnen hoge baten in module D hoge lasten in fase A compenseren.

Kritiekpunten Methode (berekening van de module D-score)

1. Overschatting baten: Baten in module D worden overschat, omdat de modellering is gebaseerd op huidige processen. Er wordt niet uitgegaan van de zekere afname van de impact in de tijd.
2. Verminderde prikkel secundaire grondstoffen: De modellering voor hoogwaardige verwerking levert in module D kleinere baten op bij inzet van secundaire

[1] Het gaat hier om module D1 in de WLC-GWP, dus alleen het materiaalgebonden deel van module D. Het energiegebonden deel van D (D2) wordt buiten beschouwing gelaten. In de samenvatting wordt verder over module D gesproken, waarmee het materiaalgebonden deel bedoeld wordt.

[2] Bepalingsmethode WLC-GWP, versie 0.9

[3] Waar 'module D' wordt geschreven, moet worden gelezen 'module D in de huidige modellering'.

grondstoffen. Hierdoor wordt de prikkel kleiner om secundaire grondstoffen toe te passen.
3. Interpretatieruimte: Door interpretatieruimte in de modellering ontstaan verschillende werkwijzen bij LCA-uitvoerders. Dit leidt tot verschillen in de uitkomsten van de berekening.
4. Onzekerheid toekomst: De baten in module D worden aan de hand van scenario's berekend. Het is onzeker of deze scenario's in de toekomst daadwerkelijk worden toegepast, en de hoogte van de berekende baten correct is.

Het onderzoek is in drie stappen uitgevoerd:
- Stap 1: inzicht in de huidige doorwerking van module D. Dit is uitgevoerd door een analyse van de bijdrage van module D aan de WLC-GWP-score van een aantal referentiegebouwen en bouwproducten. Vervolgens zijn systematische berekeningsvarianten gemaakt voor enkele veelvoorkomende bouwmaterialen. Voor deze materialen zijn (combinaties van) verschillende circulaire strategieën uitgewerkt. Hierbij is het effect op de score van module D en de totaalscore in beeld gebracht.
- Stap 2: analyse van de bijdrage van module D aan de beleidsdoelen. Deze analyse is gedaan aan de hand van de genoemde kritiekpunten. De uitkomsten van de berekeningen zijn meegenomen bij de beantwoording van de vervolgvraag: of en hoe module D bijdraagt aan het realiseren van de klimaat- en grondstoffendoelstellingen, tot 2050 (korte termijn) en in de periode daarna (lange termijn).
- Stap 3: beschouwing van varianten voor de inpassing van module D. Voor module D is een aantal varianten uitgewerkt voor een effectievere sturing en het tegemoetkomen aan de kritiekpunten, zowel op gebied van beleidssturing als berekeningsmethode.

Opties voor de inpassing van module D

In het onderzoek wordt een aantal opties voor een andere inpassing van module D gepresenteerd. De beschreven opties verschillen in de mate waarin zij sturen op korte-termijn klimaatdoelen, lange-termijn circulariteit, en de robuustheid van de berekening. Alle wegingsvarianten leiden in meer of mindere mate tot een extra stimulans voor maatregelen gericht op de korte termijn. Hier tegenover staat juist een vermindering van de prikkel voor lange-termijn circulariteit.

Er zijn drie 'knoppen' geïdentificeerd, waaraan gedraaid kan worden. Hieronder is per 'knop' aangegeven hoe dit uitpakt:
- *Knop 1: Weging van module D in WLC-GWP*
  In de WLC-GWP-berekening kan module D lichter gewogen worden, of helemaal niet meegenomen worden (weging van 0%). Dit kan als een vaste weegfactor of als een tijdsafhankelijke weging worden geïmplementeerd. Aangezien de tijdsafhankelijke kritiekpunten ook gelden voor fasen B en C, kunnen deze fasen optioneel ook lichter gewogen worden.
  Lichter wegen van module D (en eventueel fasen B en C) verhoogt de sturing op de beleidsdoelen op de korte termijn. Naarmate de weging lichter wordt, vermindert tegelijk de prikkel om bij te dragen aan circulaire beleidsdoelen op de lange termijn.
  Het niet meenemen van module D (varianten 3 en 4) is eenvoudig en leidt ertoe dat een belangrijk deel van de methodische kritiekpunten niet meer aan de orde is. Een nadeel is hier dat de prikkel voor lange-termijn circulariteit bijna geheel verdwijnt.
  Een opmerking hierbij is dat deze prikkel in de huidige systematiek beperkt effectief en onzeker is: module D waardeert veronderstelde toekomstige circulariteit op basis van scenario's op productniveau, maar heeft slechts een indirecte relatie met ontwerpkeuzes en randvoorwaarden (op gebouwniveau) die daadwerkelijk circulariteit kunnen bevorderen.
- *Knop 2: Flankerend beleid*

Flankerend beleid kan worden ingezet om te compenseren voor een eventuele verminderde sturing op circulariteit op lange termijn (door een lichtere weging van module D). Een voorbeeld is het inzetten op randvoorwaarden in het bouwwerk voor hergebruik en recycling in de toekomst, zoals losmaakbaarheid, standaardisering en het vastleggen hiervan.
Ook kan flankerend beleid de effectiviteit van een lichtere weging op de beleidssturing op de korte-termijndoelen verhogen. Dit is mogelijk door flankerend beleid in te zetten dat bijdraagt aan de korte-termijndoelen, zoals het stimuleren van het nú toepassen van secundaire grondstoffen en hergebruikte producten.

– *Knop 3: Berekening module D-score*
Het uitvoeren van een kwaliteitsverbetering van de berekening kan een vergelijkbaar kwantitatief effect hebben als de introductie van een lichtere weging. Module D zal voor de WLC-GWP voor de vermelding op het energielabel altijd uitgerekend moeten worden. Voor het draagvlak is het dan ook van belang dat de kwaliteit van de module D-berekening waar mogelijk wordt verbeterd. Een vijftal oplossingsrichtingen voor de methodische kritiekpunten wordt gevonden in een kwaliteitsslag van de modellering, voor wat betreft afnemende impact in de tijd en onzekerheden in de modellering.

De eerste twee ‘knoppen’ (weging van module D en flankerend beleid) liggen binnen het handelingsperspectief van het Ministerie van BZK. De derde ‘knop’ (berekening module D score) zal echter voor een belangrijk deel op Europees niveau doorgevoerd moeten worden. Een Nederlandse aanpak voor het verkleinen van interpretatieruimte en de keuze voor Eol-scenario’s binnen de Product Category Rules (PCR’s) kan hierbij een startpunt zijn voor een bespreking op Europees niveau. Een kanttekening bij deze ‘knop’ is dat dit een set van verschillende, soms complexe, aanpassingen in de berekening van module D betekent. Dit vraagt een aanzienlijke inzet van betrokken partijen, en kost tijd om te implementeren.

De keuze voor een variant is een afweging tussen beleidssturing op korte termijn, borging van circulariteitsdoelen op lange termijn, en de wens tot een aanpak van methodische kritiekpunten op de rekenmethode. De mogelijkheden die in dit hoofdstuk gepresenteerd zijn, geven weer hoe effectieve sturing aan de beleidsdoelen plaats kan vinden, en op welke manier deze sturing ingepast kan worden in de beschikbare instrumenten (waaronder WLC-GWP).

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Op dit moment wordt de implementatie van de bepalingsmethode voor de Whole Life Cycle - Global Warming Potential (WLC-GWP) voorbereid (zie definitie in kadertekst). De WLC-GWP omvat de totale en integrale CO_2-uitstoot veroorzaakt door materiaal- en energieverbruik (in CO_2-equivalenten) over de gehele levensduur van het gebouw. Door Stichting NMD is een conceptversie van de bepalingsmethode, versie 0.9, gepubliceerd.

Eén van de beleidsvragen bij de implementatie van de WLC-GWP in de Nederlandse bouwregelgeving is de inpassing van module D (zie toelichting in paragraaf 1.3). In de afgelopen jaren is er veel publieke discussie geweest over module D in de MPG. Publiekelijk zijn er meerdere kritiekpunten geuit (zie paragraaf 1.2.2). Partijen pleiten ervoor om separaat over module D te rapporteren of module D minder zwaar mee te laten wegen in de MPG-eis.

Omdat de MPG als basis wordt gebruikt voor het bepalen van de materiaalgebonden impact, is te verwachten dat bij de WLC-GWP een vergelijkbare discussie zal ontstaan. Om onderbouwd een beslissing te kunnen nemen over module D in de WLC-GWP, heeft het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) op korte termijn behoefte aan inzichten in de doorwerking van module D bij de huidige opzet van de WLC-GWP[4] en bij een eventuele gewijzigde inpassing van module D.
De conclusies over de aanpak van module D in de WLC-GWP kunnen ook bijdragen aan hoe module D in een later stadium in de MPG wordt meegenomen.

Definitie WLC-GWP
In de markt worden diverse aanduidingen en definities voor het in beeld brengen van de CO_2-impact van bouwwerken gehanteerd. In dit onderzoek betreft het de WLC-GWP uit hoofde van de herziene EPBD. Voor een nadere inhoudelijke toelichting hierover wordt hier verwezen naar de Gedelegeerde Verordening (opgesteld door de Europese Commissie): "*In Richtlijn (EU) 2024/1275 wordt erkend dat gebouwen vóór, tijdens en na hun operationele levensduur verantwoordelijk zijn voor broeikasgasemissies en wordt opgeroepen tot het koolstofvrij maken van het gebouwenbestand; dit gaat verder dan de huidige focus op operationele broeikasgasemissies. Richtlijn (EU) 2024/1275 schrijft voor dat geleidelijk rekening moet worden gehouden met de emissies gedurende de gehele levenscyclus van gebouwen, te beginnen met nieuwe gebouwen.*"[5] Dit betekent dat een gebouw met een WLC-GWP van (bijna) nul na 2050 nog emissie van broeikasgas kan veroorzaken, bijvoorbeeld tijdens de sloop en verwerking van het sloopafval, mits deze emissies elders tijdens de levenscyclus van het gebouw worden gecompenseerd.

[4] Bepalingsmethode WLC-GWP, versie 0.9

[5] Gedelegeerde Verordening (EU) 2025-8723 final, december 2025.

1.2 Doelstelling en onderzoeksaanpak

1.2.1 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is tweeledig:

1. Antwoord op de vraag of en hoe de huidige inpassing van module D in de voorgestelde WLC-GWP-rekenmethode bijdraagt aan het realiseren van nationale (beleids)doelen in de bouwsector;
2. Opstellen en uitwerken van een aantal verschillende varianten voor de inpassing van module D in de Bepalingsmethode WLC-GWP, met een analyse van de consequenties, en voor- en nadelen voor het halen van de beleidsdoelen op het gebied van klimaatverandering en circulair bouwen.

1.2.2 Onderzoeksaanpak

Het onderzoek is in drie stappen uitgevoerd:

- *Stap 1*: Inzicht in de huidige doorwerking (*hoofdstuk 2*)
  Omdat er nog geen eerdere ervaring is met de wijze waarop en hoe zwaar module D doorwerkt op de WLC-GWP is gestart met de doorrekening van meerdere gebouwen. Dit is gedaan met de huidige versie van de bepalingsmethode WLC-GWP (versie 0.9). Aanvullend is een aantal relevante bouwproducten geanalyseerd op de CO_2-bijdragen op product- en gebouwniveau. Dit is uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in hoe module D doorwerkt in verschillende productgroepen.
- *Stap 2*: Analyse van de bijdrage aan de beleidsdoelen (*hoofdstuk 3*)
  In stap 2 is geanalyseerd hoe de inpassing van module D in de huidige Bepalingsmethode bijdraagt aan de beleidsdoelen. Daarbij is ingegaan op de effectiviteit van de sturing. Ook is bij de kritiekpunten op module D in de MPG bekeken in hoeverre die de effectiviteit van de WLC-GWP zouden kunnen belemmeren. Bij de analyse is gebruik gemaakt van de inzichten uit stap 1.
- *Stap 3*: Beschouwing varianten voor de inpassing van module D (*hoofdstuk 4*)
  Mede op basis van de met stap 1 en 2 verkregen inzichten is een aantal varianten op de huidige inpassing van module D opgesteld. Vervolgens is bekeken wat de consequenties zouden kunnen zijn in relatie toe een effectievere sturing en het tegemoetkomen aan de kritiekpunten.

Kritiekpunten op module D

De afgelopen jaren zijn verschillende kritiekpunten op module D naar voren gebracht, die kunnen worden geordend naar (1) kritiek op beleidssturing, als gevolg van de huidige weging van module D en (2) kritiek op de wijze waarop de module D-score zelf (op zowel product- als bouwwerkniveau) bepaald wordt.

Kritiekpunten Beleidssturing (weging module D in WLC-GWP en MPG)

1. *Afwijkende tijdshorizon*
   De aan module D gekoppelde impact (milieulasten en -baten) vindt voor het grootste deel pas plaats na 2050. De doorwerking van module D valt daardoor buiten de tijdshorizon van de klimaatdoelen en de beleidsdoelen voor circulair bouwen, die geformuleerd zijn tot 2050. Het gevolg is dat module D een minimale sturing geeft op de tot 2050 gerichte beleidsdoelen.

2. *Compensatie lasten fase A*
   De score bij module D wordt ongewogen opgeteld bij de scores bij de fasen A, B en C. Dit maakt het mogelijk om met baten in module D hoge lasten in fase A te compenseren. Dat hiermee hogere lasten in fase A mogelijk worden, vermindert de sturing op beleidsdoelen tot 2050. Dit komt omdat de impact in fase A, in

tegenstelling tot de impact in module D, juist wel binnen de tijdshorizon de tot 2050 gerichte beleidsdoelen plaatsvindt.

Kritiekpunten Methode (berekening van de module D-score)

1. *Overschatting baten*
   Bij het bepalen van de baten in module D wordt uitgegaan van de impact van de huidige processen. De baten zullen echter pas (veel) later in de levenscyclus ontstaan op het moment dat de bouwproducten bij vervangingen of sloop vrijkomen. Het is nagenoeg zeker dat de impact van de processen dan (aanzienlijk) lager zal zijn dan bij de huidige processen. Omdat de baten gerelateerd zijn aan het uitsparen van processen zullen de baten hiermee worden overschat.

2. *Verminderde prikkel secundaire grondstoffen*
   Bij de huidige berekeningswijze worden in module D alleen recyclingbaten over primaire grondstoffen gerekend. Dit leidt ertoe dat bij inzet van secundaire grondstoffen de milieubaten in module D (door hergebruik of recycling) kleiner worden (dan bij inzet van primaire grondstoffen) of zelfs geheel nul worden. Dit effect vermindert de prikkel om secundaire grondstoffen toe te passen.

3. *Interpretatieruimte*
   Door een grote mate van complexiteit en aannames ontstaat interpretatieruimte in de berekening van module D, en daarmee onzekerheid over de juistheid en reproduceerbaarheid van de resultaten.

4. *Onzekerheid toekomst*
   De in module D gewaardeerde baten zullen pas in de (verre) toekomst optreden. Of de gehanteerde verwerkingsscenario's daadwerkelijk gevolgd worden, is onzeker. Zo kan een bedrijf nu een terugnamegarantie afgeven, terwijl bij het vrijkomen van het product kan blijken dat het bedrijf niet meer bestaat. In dit geval zal blijken dat de baten eerder overschat zijn.

Specificering scope

Voorafgaand aan het onderzoek is de scope scherper gesteld:

- Eerder is onderzoek[6] gedaan naar de wijze waarop de rekenregels voor module D geïnterpreteerd worden en hoe dat in combinatie met de aangehouden data doorwerkt in de productprestaties. Dat eerdere onderzoek was vooral technisch-inhoudelijk. Het voorliggende rapport betreft geen één-op-één herhaling van dat onderzoek, maar dient vooral om inzicht te bieden in de invloed van module D, in de huidige opzet, op de gebouwprestatie (en daarmee de sturing op beleidsdoelen). Hierbij worden enkele producten nader beschouwd die van invloed zijn op de gebouwprestatie. Er zullen echter geen nieuwe rekenregels op productniveau voorgesteld worden. De effecten van de huidige rekenregels zijn onderdeel van het inzicht, maar de rekenregels zelf vormen hier niet de centrale vraagstelling.
- Tijdens dit onderzoek zijn meerdere berekeningen en analyses uitgevoerd. Deze dienen alleen als input voor de evaluatie van module D, en zijn nadrukkelijk niet bedoeld om voor te sorteren op de nationale prestatieniveaus en zullen in dit onderzoek dus niet gebruikt worden bij het vaststellen van eisen. Het onderzoek beperkt zich tot B&U (gebouwen), te weten (een selectie van) referentiegebouwen. Andere bouwwerken als GWW-werken zijn buiten beschouwing gelaten.

[6] TNO-rapport-R11800-Module-D-final

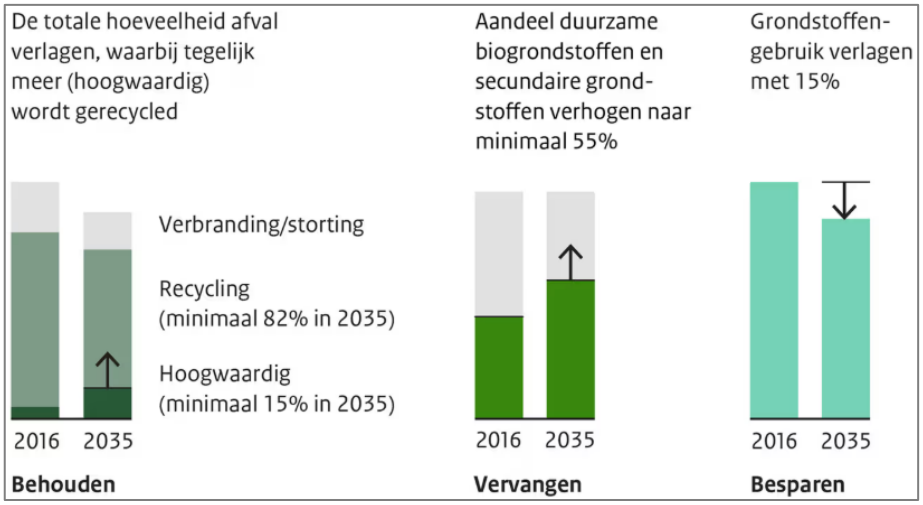
– De totale (energiegebonden en materiaalgebonden) bijdrage van module D is sterk afhankelijk van de mate van eigen opwek van elektriciteit. De discussie over module D heeft echter de focus op het materiaalgebonden deel, en dit is ook het deel waarop sturing mogelijk is door producenten van bouwproducten. In de analyse in deze rapportage is om die reden het materiaalgebonden deel van module D (D1) en het materiaalgebonden deel van het totaal beschouwd.

1.3 Toelichting module D

Om te borgen dat het rapport gelezen wordt met een vergelijkbare basiskennis, is in deze paragraaf een toelichting op module D opgenomen. In deze paragraaf wordt ingegaan op de functie van module D en de wijze waarop module D een plek heeft binnen de WLC-GWP (en MPG).

1.3.1 Functie module D

In het Rijksbrede programma 'Nederland Circulair in 2050' is de ambitie benoemd om in 2050 volledig circulair te zijn. In de actualisatie van het Nationaal Programma Circulaire Economie[7] is deze doelstelling geconcretiseerd naar onderstaande tussendoelen Figuur 1-1).



Figuur 1-1 Nieuwe nationale CE-doelen voor 2035 (bron: NPCE 2025)

Voor het bereiken van de doelen zijn diverse circulaire strategieën beschikbaar. Een deel daarvan is gericht is op het sluiten van de kringlopen. Hierbij is onderscheid te maken naar:

– Inputstroom
  Hierbij gaat het om de toepassing van hergebruikte producten of van producten op basis van secundaire grondstoffen bij nieuwbouw of later in de bouwwerklevensloop bij onderhoud of vervangingen.
– Outputstroom
  Hierbij gaat het om hergebruik of recycling van materialen en producten, die bij onderhoud, vervangingen of sloop van het gebouw uit het bouwwerk verwijderd worden.

Basis voor methoden gericht op de milieuprestatie van bouwproducten en bouwwerken is de levenscyclus-benadering (LCA). Kijken we naar bouwwerken, dan bestaat de levensloop

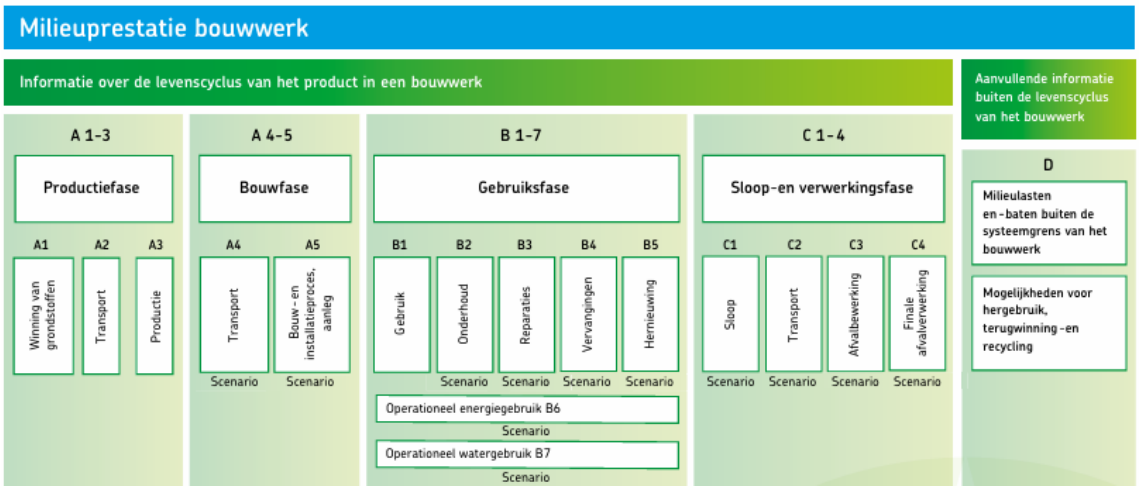
[7] https://www.nederlandcirculairin2050.nl/nationaal-programma-circulaire-economie/doelen-2035 en https://open.overheid.nl/documenten/0b441980-8d06-4153-b59d-60715a28160c/file

uit *fase A*: productie- en bouwfase, *fase B*: gebruiksfase en *fase C*: sloop- en verwerkingsfase (zie Figuur 1-2). De input- en outputstroom komen als volgt in de levensloop aan de orde:

- Inputstroom
  De grootste inputstroom betreft de nieuwbouw, waarbij de toepassing van circulaire strategieën in fase A gewaardeerd wordt in de vorm van minder milieulasten. Ook bij de rest van de inputstroom vindt een waardering plaats, maar dan in fase B.
- Outputstroom
  De meeste milieulasten, die door het vrijkomen van materialen en producten ontstaan, ontstaan in fase B of fase C en worden dus binnen de bouwwerklevensloop meegenomen. Dat geldt echter niet voor de milieubaten (en milieulasten), die gerelateerd zijn aan het sluiten van de kringloop in de vorm van hergebruik, recycling en in mindere mate verbranding (energieopwekking). Deze vallen buiten de bouwwerklevensloop.

Om de, aan de outputstroom gerelateerde, milieubaten toch te kunnen meenemen, is een extra module, module D, toegevoegd, waarin de milieubaten en milieulasten zijn opgenomen die buiten de bouwwerklevensloop vallen.

De belangrijkste functie van module D is dus het kunnen waarderen van de toepassing van circulaire strategieën gericht op de outputstroom. Om ook een stimulans te geven aan (toekomstig) hergebruik en recycling heeft module D een plek binnen de MPG gekregen. Het voornemen is dit ook bij de WLC-GWP te doen.



Figuur 1-2 Levenscyclus bouwwerk, opgedeeld in fasen en modules conform EN 15804[8]

1.3.2 Uitwerking module D binnen de WLC-GWP en MPG

De bepaling van de WLC-GWP en MPG kent een aantal stappen, waarbij steeds ook module D aan de orde is. Elke stap biedt weer een ander aangrijpingspunt voor een andere inpassing van module D:

1. *Bepaling van de module D-score van het bouwwerk*
   a) Bepaling van de module D-score van het afzonderlijke bouwproduct
      Bij netto-baten is de score bij module D negatief. Hier volgt Nederland de

[8] De levensloop van een bouwwerk bestaat uit 3 levensfasen: levensfase A, levensfase B en levensfase C. Deze worden verder kortweg aangeduid als fase A, B en C. Omdat module D geen onderdeel is van een levensloop wordt module D als aparte module behandeld en niet ondergebracht bij een fase. Daarom wordt D geen levensfase genoemd maar module D (zie Figuur 1-2).

bepalingsmethode de Europese methode EN15804. Vanwege de CPR is er weinig ruimte om op nationaal niveau af te wijken.

b) Vaststellen module D-score op bouwwerkniveau.
De module D-scores van alle producten in een bouwwerk worden opgeteld tot de module D-score van het bouwwerk. Hier hanteert Nederland de Europese methode EN15978 als basis. Er is hier wel enige ruimte om op nationaal niveau af te wijken.

2. *Meenemen van module D in de WLC-GWP- en MPG-score*
De wijze waarop dit gebeurt, wordt aan de lidstaten overgelaten. De enige verplichting m.b.t. module D is het berekenen van de module D-score het vermelden van deze score op het energieprestatiecertificaat. In Nederland is gekozen voor een ongewogen optelling van de scores bij de fasen A, B en C en de score bij module D.

Bij paragraaf 1.3.1 is al ingegaan op de input- en outputstromen. Tussen deze stromen bestaat een relatie. Dit komt doordat de milieubaten in module D worden gemodelleerd door substitutie van processen, waaronder de productieprocessen in fase A (module A1-3). Bij de modellering is er een balans tussen de impact van de outputstroom van de levensloop van een product en de impact van inputstroom bij een ander product.
Een aandachtspunt is dat een andere inpassing van module D, zoals een andere weging, gevolgen kan hebben voor deze balans. Dit is met name van belang voor een andere behandeling op productniveau.
Een tweede aandachtspunt is dat de score voor module D verschillend wordt berekend voor de WLC-GWP en de MPG. Voor een vervangend product vindt bij de MPG-berekening namelijk allocatie plaats van de module D-bijdrage (van het product) naar module B4 op gebouwniveau, maar bij de WLC-GWP gaat deze bijdrage naar module D op gebouwniveau. Dit wordt verder toegelicht in Bijlage 1.

Er zijn 2 onderzoeken uitgevoerd waarin is gekeken naar module D in de wlc-gwp:
- Onderzoek module D en WLC-GWP, Onderzoek ten behoeve van WLC-GWP met doorkijk naar milieuprestatie bouwwerken, W/E adviseurs, april 2026
- Grenswaarden WLC-GWP, Referentie onderzoek, LBP/SIGHT, november 2026

LBP|SIGHT en W/E hebben in hun onderzoeken gekeken naar het effect van module D op **gebouw**niveau.
Op het eerste gezicht lijkt het alsof de bureaus tot nogal verschillende effecten komen. Dat is echter niet het geval.
De reden voor de verschillen is dat beide onderzoeken een andere onderzoeksvraag beantwoorden:
- LBP|SIGHT heeft gekeken naar de sturende werking van module D1 op de wlc-gwp score. Zij hebben het **% aandeel module D bepaald over de hele wlc-gwp score**: zowel voor het energiegebruik als voor de toepassing van bouwproducten.
- W/E adviseurs heeft gekeken naar **module D1 als percentage van het deel van de wlc-gwp, veroorzaakt door de toepassing van bouwproducten, hierbij is dus module B6 (en D2) buiten beschouwing gelaten** in het bepalen van het %.

Dit verschil in scope van de berekening is volledig bepalend voor het verschil. Er zijn geen afwijkende resultaten ten gevolge van de materialisatie en/of gebruik van de energiepakketten.
Dat betekent dat als naar het *totale* effect van module D op gebouwniveau wordt gekeken het onderzoek van LBP|SIGHT moet worden gebruikt. Als alleen D1 als percentage van het productgebonden deel in ogenschouw wordt genomen dan kan het rapport van W/E adviseurs worden gebruikt.

2 Effect module D in gebouwberekeningen

2.1 Inleiding

Om te achterhalen hoe module D (dat wil zeggen, het materiaalgebonden deel van module D, dit is D1) doorwerkt in de WLC-GWP-berekening, is onderzocht wat het aandeel is van module D op de totaalscore van de gebouwberekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd met de huidige versie van de bepalingsmethode WLC-GWP (versie 0.9). Ook is van een aantal relevante bouwproducten bekeken wat het aandeel van module D is. Hiermee wordt waar mogelijk een kwalitatief en kwantitatief inzicht verkregen in hoeverre dit aandeel te relateren is aan keuzes in de circulaire strategieën. Het doel van dit onderzoek is niet om op basis van de analyse grenswaarden te suggereren voor de WLC-GWP.

Bovenstaande inzichten worden verkregen in verschillende stappen die in dit hoofdstuk beschreven staan:

- Analyse van het aandeel van module D in gebouwen met generieke[9] milieuverklaringen (cat. 3). Deze berekeningen zijn ter beschikking gesteld voor dit onderzoek;
- Identificering en duiding van producten in de gebouwen die een hoog relatief aandeel van module D hebben, en producten met een hoge bijdrage aan de totaalscore WLC-GWP. Van de laatste groep producten is onderzocht hoe het aandeel van module D wijzigt bij een specifieke productkeuze;
- Berekening van het aandeel van module D in gebouwen met product-specifieke milieuverklaringen (cat. 1);
- Analyse van het aandeel van module D bij toepassing van verschillende circulaire strategieën. Dit doen we door de resultaten te evalueren in een systematische vergelijking van input (primaire en secundaire grondstoffen) en output (EoL-scenario's Hergebruik, Recycling, Stort en AVI (afvalverbrandingsinstallatie)). Dit is uitgevoerd voor drie veelvoorkomende grondstoffen.

Circulaire strategieën

De gevolgde circulaire strategieën kunnen bepalend zijn voor de totale impact van bouwproducten en in welke module van de levenscyclus van het product de impact optreedt. We maken onderscheid tussen twee typen circulaire strategieën die invloed hebben op de baten in module D:

- *Circulariteit op korte termijn: toepassing van secundaire grondstoffen in fase A.*
  De toepassing van secundaire grondstoffen heeft effect op de baten in module D. Dit komt doordat volgens de EN15804 de baten bepaald moeten worden op basis van de netto doorgifte van secundaire grondstoffen. Hoe meer secundaire grondstoffen in fase A, hoe kleiner de netto doorgifte van secundaire grondstoffen.[10]
- *Circulariteit op lange termijn: hoogwaardigere verwerking aan het einde van de levensduur, door bijvoorbeeld een terugnamesysteem voor afgedankte producten en een losmaakbaar productontwerp.*
  In dat geval wordt gerekend met een hoger aandeel hergebruik. De producent kan ook rekening houden met hoogwaardige recycling door toevoegingen te vermijden die

[9] Generieke milieuverklaringen zijn categorie 3-milieuverklaringen die beschikbaar zijn in de NMD. Deze milieuverklaringen zijn tot stand gekomen op basis van generieke processen uit ecoinvent.

[10] Dit is het gevolg van de rekenregel in de EN 15804 dat er alleen baten zijn in module D bij toepassing van primair materiaal/product in fase A. Als in fase A een secundair materiaal/product is toegepast mogen geen baten in module D worden gerekend. Zie verder de toelichting op de werking van module D in hoofdstuk 1.

hoogwaardige recycling verhinderen. Zo'n strategie resulteert dan in een hoger aandeel recycling, en in de uitsparing van een primair grondstofequivalent die meer baten in D oplevert.

2.2 Uitgangspunten van de berekeningen

Voor de gebouwberekeningen die voor dit onderzoek ter beschikking zijn gesteld (met generieke milieuverklaringen) wordt de opzet van de berekeningen en de selectie van gebouwen beschreven. Ook wordt de berekeningsopzet en selectie van gebouwen toegelicht voor de gebouwberekeningen met productspecifieke milieuverklaringen. De uitgangspunten voor de productvergelijking met processen in ecoinvent worden gedeeld.

2.2.1 Gebouwberekeningen met generieke milieuverklaringen

In dit onderzoek is van gebouwberekeningen uitgegaan die door LBP|Sight zijn uitgevoerd in opdracht van RVO. Deze zijn door LBP|Sight als bronmateriaal aangeleverd, zodat dit onderzoek gebruik kan maken van dezelfde data. Alleen de resultaten van de gebouwberekeningen zijn gedeeld. De onderliggende methodiek die voor de WLC-GWP berekeningen is gebruikt is conform WLC-GWP-Bepalingsmethode v0.9[11] en bijbehorende demarcatie zoals op 1 oktober 2025 gepubliceerd. De geleverde scores voor de milieuprestatie zijn berekend conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.2. Resultaten van de milieuprestatie zijn in de bijlage te vinden. De invulling van de gebouwen, inclusief de invulling van de energiedragers, is uitgevoerd op basis van milieuverklaringen die zijn opgenomen in de NMD. Voor de materialisatie zijn milieuverklaringen van categorie 2 en 3 gebruikt, wat betekent dat voor veel producten gangbare en **forfaitaire scenario's** in module D gebruikt worden.

In de analyse op gebouwniveau die LBP|Sight heeft uitgevoerd, is een overzicht gemaakt van de WLC-GWP-scores (in kg CO_2 per m^2 gebruiksoppervlakte (GO) per jaar), voor de volgende woningen en woongebouwen:

- Tussenwoning S conventioneel
- Hoekwoning M CLT
- Hoekwoning M conventioneel
- Vrijstaande woning M biobased
- Vrijstaande woning L conventioneel
- Woongebouw M conventioneel
- Woongebouw M CLT
- Woongebouw XL tunnelbouw (374 studio's)
- Woongebouw XL tunnelbouw (604 studio's)

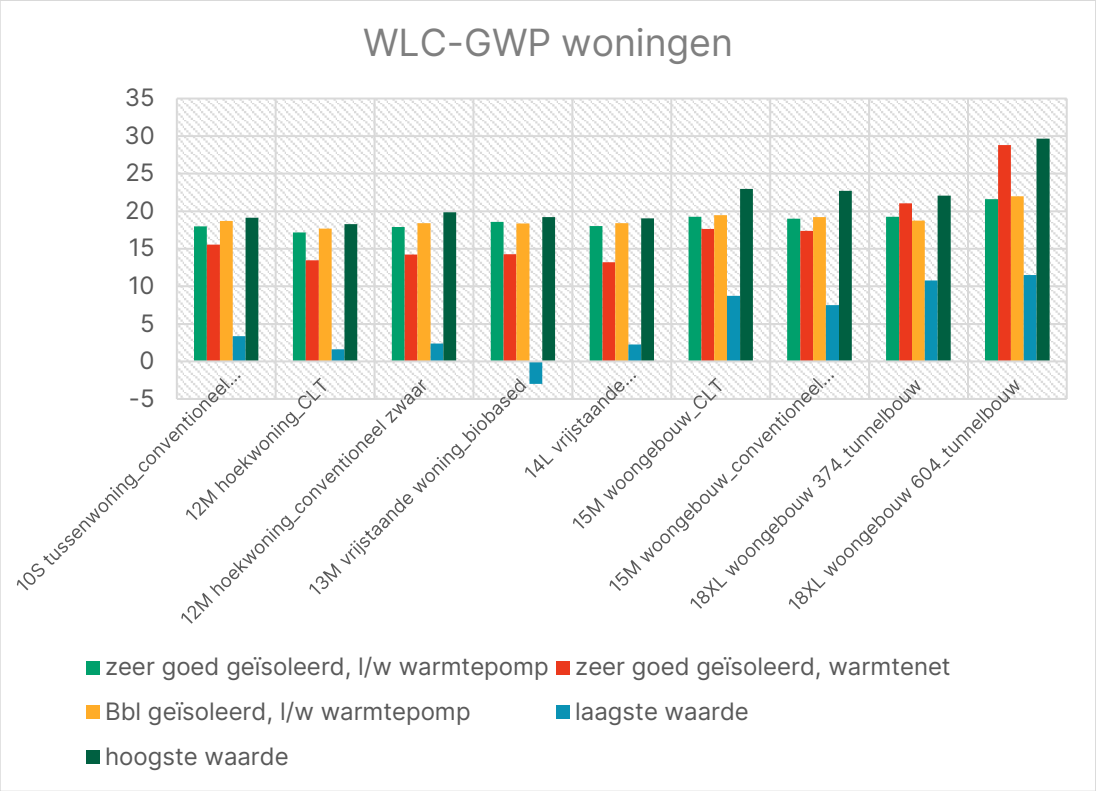
De WLC-GWP-scores van drie standaardvarianten samen met de minimale en maximale waarden van alle varianten die LBP|Sight per gebouw heeft berekend zijn weergegeven in Figuur 2-1. De drie standaardvarianten zijn de volgende:

- Zeer goed geïsoleerd, l/w warmtepomp (ondergrens warmtepomp)
- Zeer goed geïsoleerd, warmtenet
- Bbl geïsoleerd, l/w warmtepomp (bovengrens warmtepomp)

NB: de verschillen in WLC-GWP-score tussen beide varianten met warmtepomp worden gedomineerd door de grootte van de warmtepomp en niet door de verschillen in isolatie (en ook niet door eventueel daarmee samenhangende verschillen in energiegebruik; die

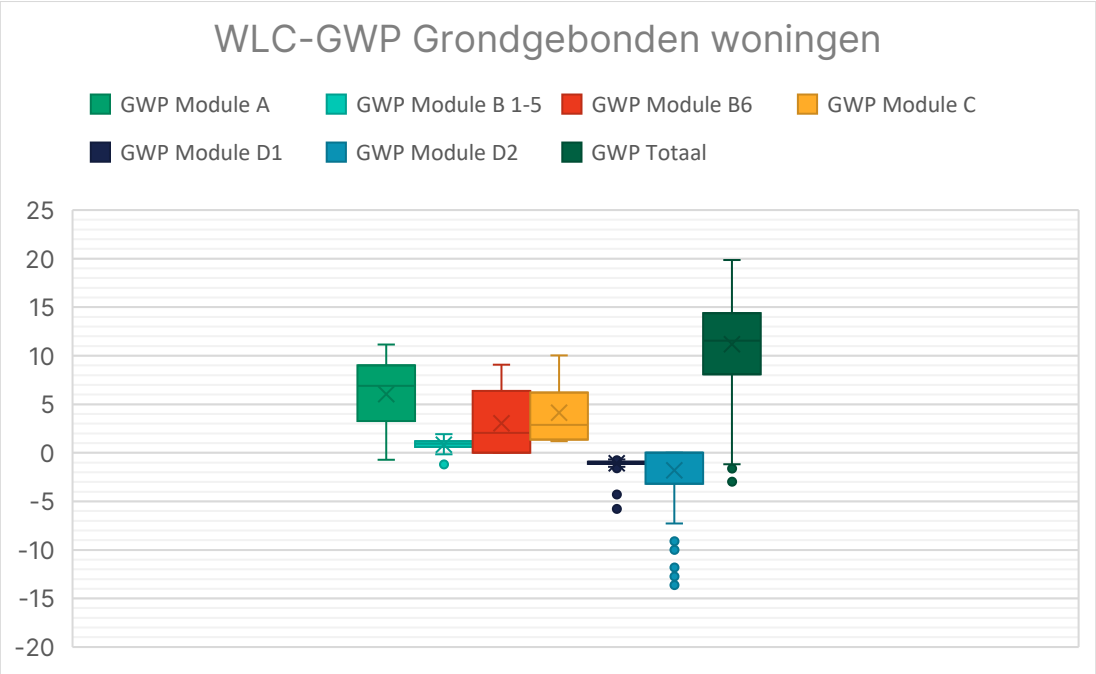
[11] https://milieudatabase.nl/nl/milieuprestatie/bepalingsmethode-wlc-gwp/

zijn in de berekening hetzelfde). Bij de combinatie van zeer goede isolatie en bovengrens warmtepomp valt de WLC-GWP-score hoger uit dan voor de Bbl- geïsoleerde woning.



Figuur 2-1 Overzicht WLC-GWP-scores van woningen (in kg CO_2-eq per m^2 GO per jaar), met per woning drie varianten en de minimale en maximale scores (bron: LBP/Sight)

Ook is de spreiding van resultaten per fase in boxplots weergegeven voor alle grondgebonden woningen en hun varianten. Deze resultaten worden hieronder ter referentie weergegeven.



Figuur 2-2 Box-plots van WLC-GWP-scores per LCA-fase (in kg CO_2-eq per m^2 GO per jaar) voor grondgebonden woningen (bron: LBP\|Sight)

Figuur 2-2 laat zien dat de gemiddelde score voor D1 (materiaalgebonden bijdrage aan module D, in donkerblauw) ongeveer 8% aan baten kent ten opzichte van de gemiddelde totale WLC-GWP-score (in donkergroen). In de energiegebonden bijdrage aan module D (D2) zit meer spreiding, en de bijdrage als baat aan de totaalscore is gemiddeld wat hoger. De uitschieters naar beneden voor D2 worden veroorzaakt door de varianten met een grote veronderstelde reductie (40%) van de elektriciteitslevering door een optimaal gekozen energieconcept. Deze variant is in onze nadere analyse niet meegenomen, omdat dit alleen een energetische verandering betreft zonder verschil in materialisatie[12].

2.2.2 Selectie van gebouwen – generieke milieuverklaringen

Uit de WLC-GWP-berekeningen die LBP\|Sight gemaakt heeft, is in overleg met LBP\|Sight en BZK een selectie gemaakt voor deze analyse, zowel woningen als utiliteitsgebouwen. De gebouwen kennen een groot aantal varianten. Voor elk geselecteerd gebouw zijn de WLC-GWP-scores van verschillende materialisaties vergeleken met de score van een basisvariant. Alleen het materiaalgebonden aandeel uit de WLC-GWP-berekeningen is meegenomen in de analyse. Dit betekent dat in de analyse van module D alleen D1 beschouwd wordt. Het aandeel D1 wordt vervolgens gerelateerd aan het materiaalgebonden deel van de totale WLC-GWP-score.

Er is een productanalyse gedaan om te achterhalen of bepaalde producten of productgroepen gerelateerd kunnen worden aan een groot aandeel van module D1 op de totaalscore. Hierbij is bekeken welke producten een grote bijdrage leveren aan de totaalscore, en in hoeverre deze producten een relatief groot aandeel hebben van D1 op productniveau. Ook is bekeken hoe dit aandeel D1 kan veranderen bij een product-

[12] Dit betekent dat het effect in module D2 met name sterk afhankelijk is van de hoeveelheid elektriciteitsopwekking. Wel is dit relevant voor de totale bijdrage van module D. In dit onderzoek ligt de focus echter op het materiaalgebonden deel van de WLC-GWP en module D1.

specifieke keuze, d.w.z., een categorie 1-kaart. Met deze analyse wordt aanvullende duiding gegeven wat betreft de verschillen in sturing op de circulariteit tussen producten.

Selectie woningen en varianten

Dezelfde selectie van woningen als genoemd in paragraaf 2.2.1 zijn in de analyse meegenomen. Van de verschillende varianten zijn enkele varianten beschouwd ten opzichte van de basisvariant, omdat deze mogelijk (aanzienlijke) materiaalverschillen met zich mee brengen, en soms energetische verschillen. De basisvariant is in deze analyse een woning volgens Bbl-niveau geïsoleerd, met een bovengrens-omvang van de warmtepomp, ondergrens voor PV-panelen. Onderstaande varianten zijn meegenomen, telkens t.o.v. de basisvariant. Het variantnummer staat tussen haakjes erachter.

1. Isolatie volgens Bbl-niveau (basisvariant) (1)
2. Zeer goede isolatie (o.a. het gebruik van triple glas in plaats van HR++) (2)
3. Gebruik van een water-water warmtepomp in plaats van split unit lucht-water (3)
4. PV bovengrens (9)
5. Maximale hoeveelheid PV (17)
6. Douche-WTW (25)
7. Buitenzonwering (49)
8. Zonneboiler (voor grondgebonden woningen) (73)
9. Basisvariant met ondergrens-omvang van de lucht-water warmtepomp (o_1)
10. Basisvariant met ondergrens-omvang van de water-water warmtepomp o_3)
11. Basisvariant met warmtelevering (l_7)

Selectie utiliteit

De volgende utiliteitsgebouwen zijn in de analyse meegenomen:

- Kantoor XS100 Staalskelet
- Theater XL Conventioneel zwaar en IHWG - staalskelet
- Multifunctioneel centrum M CLT
- Multifunctioneel centrum M Conventioneel zwaar
- Multifunctioneel centrum M HSB en staalskelet
- Gezondheidscentrum S HSB en staalskelet
- Supermarkt S HSB en staalskelet
- Sportcomplex L Sandwich gevel en staalskelet
- Logiesgebouw L prefab beton en staalskelet

Van de utiliteitsgebouwen zijn alleen de basisvarianten meegenomen in de analyse, omdat met name de vraag is wat de invloed is van de typische basismaterialisatie van utiliteit op het aandeel van module D.

2.2.3 Gebouwberekeningen met product-specifieke milieuverklaringen

Naast de beschikbaar gestelde gebouwberekeningen met generieke milieuverklaringen is ook gebruik gemaakt van gebouwberekeningen die in GPR Materiaal[13] beschikbaar zijn als referentiegebouw. Met de hierin opgestelde generieke materialisatie is de WLC-GWP-berekening gemaakt conform de Bepalingsmethode WLC-GWP v0.9. Vervolgens is een deel van deze materialisatie vervangen door product-specifieke milieuverklaringen (categorie 1), en is opnieuw de WLC-GWP-berekening gemaakt. Hiermee is een vergelijking gemaakt van het aandeel van module D1 op de totaalscore tussen gebouwen met generieke en met meer product-specifieke milieuverklaringen. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 2.3.4.

[13] GPR Materiaal is een van de instrumenten die door Stichting NMD is gevalideerd voor de MPG-berekening

2.2.4 Selectie van gebouwen – productspecifieke milieuverklaringen

Het is belangrijk om inzicht te hebben in hoeverre producenten sturen op circulaire strategieën bij de ontwikkeling van hun producten en met name tot wat voor aandeel baten in module D1 dit leidt ten opzichte van de totaalscore. Het aandeel baten in module D1 kan door specifieke keuzes veranderen. Deze verandering heeft dan invloed op de totaalscore WLC-GWP. De woningen en utiliteitsgebouwen die zijn opgebouwd met voornamelijk generieke milieuverklaringen (categorie 3) geven geen inzicht in de gevolgen van deze specifieke sturing. Om die reden zijn gebouwberekeningen uitgevoerd met product-specifieke milieuverklaringen (categorie 1). De resultaten hiervan geven inzicht in de verandering van het aandeel baten. Dit geeft een indicatie hoe het aandeel van module D1 in de toekomst verder kan veranderen als circulaire strategieën in categorie 1-producten grootschaliger worden toegepast. Deze berekeningen waren niet beschikbaar voor de ter beschikking gestelde referentiegebouwen.

Voor een aparte set met gebouwen (met generieke milieuverklaringen) is zijn product-specifieke milieuverklaringen (categorie 1) toegepast om deze met elkaar te vergelijken. Hierbij is het aandeel van module D1 van de gewijzigde producten en op gebouwniveau geëvalueerd. De geselecteerde gebouwen onderscheiden zich door de verschillende bouwwijzen met beton, hout en staal, zodat eventuele verschillen daartussen zichtbaar worden. Kantoren, die een aanzienlijk aandeel van de nieuwbouw vormen, zijn wat betreft bouwwijze niet wezenlijk anders en zijn om die reden niet apart in de selectie opgenomen. De set met gebouwen bestaat uit:

- Hoekwoning M CLT
- Hoekwoning M conventioneel
- Woongebouw M conventioneel
- Sportcomplex L Sandwich gevel en staalskelet
- Logiesgebouw M Hotel staalskelet
- Logiesgebouw M Hotel betonskelet

2.2.5 Berekeningen met processen in ecoinvent

Ter ondersteuning van de bevindingen is een vergelijkingsmatrix opgesteld met een systematische wijziging van de inputstromen en outputscenario's van 3 belangrijke bouwproducten: beton, staal en hout. Voor de inputstromen zijn de hoogste en laagste percentages primair materiaal aangenomen die voor het betreffende product gebruikelijk of haalbaar zijn. De outputscenario's zijn de verschillende einde-levensduurscenario's Hergebruik, Recycling, AVI en Stort.

Berekeningen van de resulterende impact (in kg CO_2-eq) per product worden weergegeven voor de productiefase (module A1-3), een deel van de sloopfase (modules C2-4) en module D. Resultaten in modules A4-5, B1-4 en C1 zijn erg afhankelijk van de specifieke gebouwtoepassing en/of gebouwlevensduur en om die reden buiten beschouwing gelaten. De berekening is uitgevoerd met ecoinvent versie 3.9.1. Voor beton is 1 m^3 materiaal beschouwd, voor staal 1 ton en voor hout 1 balk van 25 kg.

2.3 Resultaten en analyse

2.3.1 Inleiding

Het is op verschillende manieren mogelijk om de baten die in module D1 gerapporteerd worden te relateren aan de lasten in de levensloopfasen. In dit rapport wordt onderscheid gemaakt tussen selectie van producten met hoge baten, vergelijkingen op productniveau en vergelijkingen op gebouwniveau. Deze benaderingen lichten we hier kort toe:

- *Vergelijking op gebouwniveau (paragraaf 2.3.2 en 2.3.4):*

Voor de analyse van de bijdrage van module D1 op gebouwniveau is gekozen om het aandeel baten in D1 te relateren aan de totaalscore WLC-GWP. De reden hiervoor is dat meteen duidelijk wordt wat de impact op de totaalscore is als de baten in D1 er niet zouden zijn of niet zouden meetellen. Een relatief aandeel baten van 15% betekent dat de totaalscore WLC-GWP met 15% omhoog gaat als deze baten niet meegerekend worden;

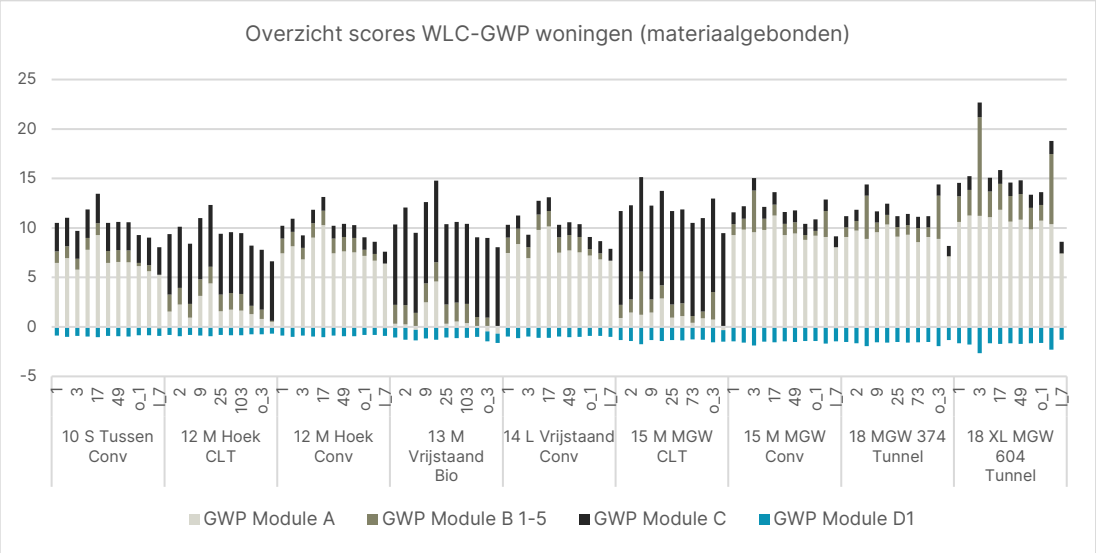
- *Selectie producten met hoge relatieve baten (paragraaf 2.3.3):*
  Zoals uitgelegd in paragraaf 1.3, worden gemodelleerde baten in module D1 (in geval van recycling en hergebruik) gerelateerd aan de productielasten van het product (fase A). In de selectie van nader te beschouwen producten uit de gebouwberekeningen is om die reden gekozen om de selectie uit te voeren op basis van de verhouding tussen module D1 en de productie (module A1-3) als maat voor de relatieve baten;
- *Vergelijking op productniveau (paragraaf 2.3.4):*
  Voor productvergelijkingen in de context van een gebouw is gekozen om de baten in module D1 te relateren aan de totale impact in de levensloopfasen A t/m C. De reden hiervoor is dat de baten in module D1 op gebouwniveau toenemen naarmate er meer productvervangingen plaatsvinden, maar de productielasten van deze vervangingen niet in module A1-3 terechtkomen, maar in fase B. Een consistente vergelijking neemt deze lasten ook mee. Voor biobased producten geldt verder dat de biogene CO_2-opslag als baat in module A1-3 gedeclareerd wordt, terwijl deze in fase C altijd weer vrijkomt. Om die verstoring in de vergelijking te mijden, is ook een reden om de relatie op productniveau tussen module D1 en fasen A-C te beschouwen.
- *Vergelijking van producten met berekeningen uit ecoinvent (paragraaf 2.3.5):*
  In deze vergelijking van producten buiten de context van het gebouw zijn niet alle modules weergegeven. Alleen modules A1-3, C2-4 en module D zijn beschouwd. De baten in module D worden gerelateerd aan het totaal van de impact in de weergegeven modules en aan de som van de impact in modules A1-3 en C2-4.

2.3.2 Impact module D1 op gebouwniveau, generieke milieuverklaringen

In deze paragraaf wordt de vraag beantwoord hoe groot het aandeel van module D1 is in de totaalscore van de WLC-GWP van een gebouw. Hiervoor is een analyse uitgevoerd op het aandeel van module D1 in gebouwen met generieke milieuverklaringen (cat. 3). De berekeningen van deze gebouwen (woningen en utiliteit) zijn ter beschikking gesteld voor dit onderzoek.

Woningen

De materiaalgebonden WLC-GWP-scores zijn voor de verschillende woningen en de beschouwde varianten in materialisatie daarbinnen uitgesplitst naar de bijdragen van de verschillende fasen. Voor alle beschouwde gebouwen is de uitsplitsing weergegeven per variant, zoals weergegeven in Figuur 2-3.



Figuur 2-3 Bijdragen van de materiaalgebonden fasen aan de WLC-GWP. Per woningtype zijn telkens de 11 genoemde varianten in materialisatie naast elkaar weergegeven.

Uit Figuur 2-3 blijkt dat de relatieve bijdrage van module D1 bij woningen varieert van -10 tot -15% van de totale WLC-GWP-score (gemiddeld -12%). Het aandeel van module D1 is lager bij grondgebonden woningen (gemiddeld -10%, met bandbreedte -8 tot -15%), en hoger bij woongebouwen (gemiddeld -14%, met bandbreedte -12 tot -20%). De totaalscores van de WLC-GWP liggen ook wat hoger bij woongebouwen. Het aandeel van module D1 bij verschillende bouwmethodes (bijvoorbeeld tussen conventionele en CLT bouw) verschilt nauwelijks, in absolute en relatieve zin. Een gemiddelde bijdrage van module D1 van -12% op de totaalscore WLC-GWP betekent dat de totaalscore 12% hoger zou zijn zonder het meenemen van module D1.

Als we de varianten binnen de woningtypen onderling vergelijken, valt op dat de variant met warmtelevering een hoog aandeel module D1 heeft, met name bij woongebouwen (namelijk -17% t.o.v. -14% gemiddeld). Het effect van een gebouwmaterialisatie met warmtelevering in plaats van een warmtepomp is groter dan alle andere variaties in module D1-bijdrage binnen de varianten van hetzelfde gebouw. De verschillen in materialisaties zitten in diverse installatietechnische producten die specifiek zijn voor de manier van verwarming.

Als doorkijk naar het effect van module D op de MPG, zijn de resultaten voor het aandeel baten van module D in de MPG berekend. Deze zijn te vinden in de bijlage. De gemiddelde relatieve bijdrage van module D aan de totale MPG-score is -12%, gelijk aan de WLC-GWP.

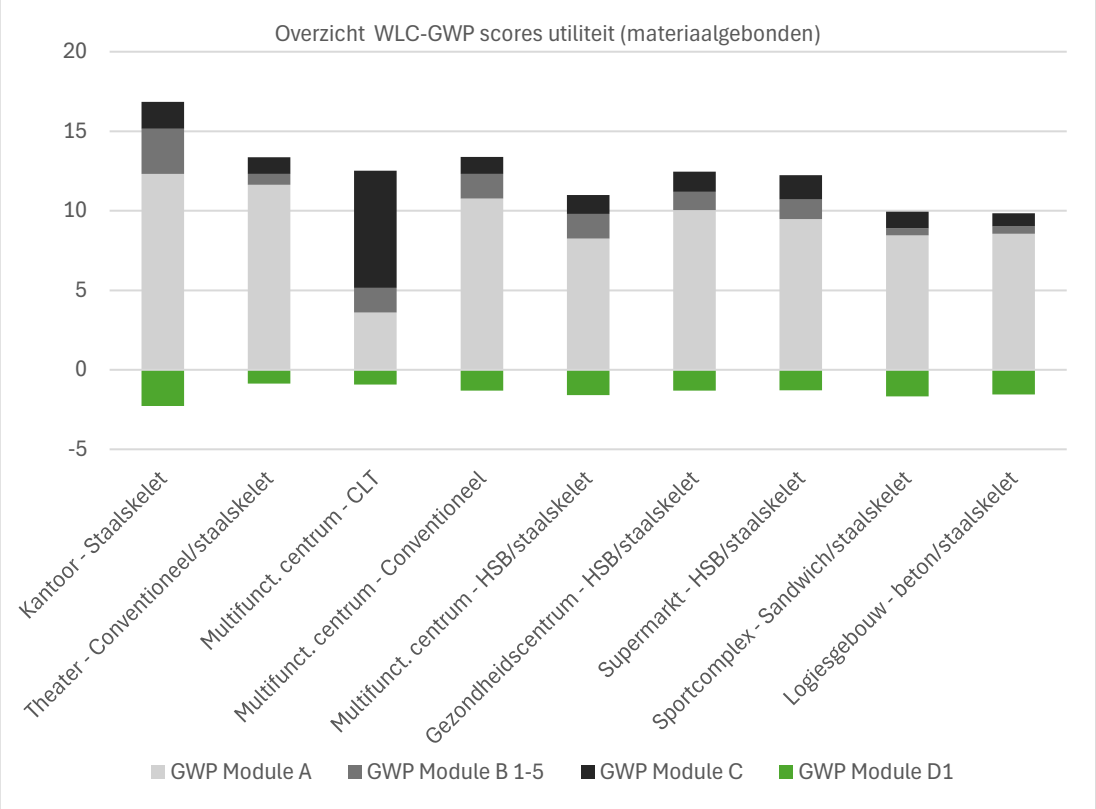
Utiliteitsgebouwen

Een evaluatie van de WLC-GWP-scores van utiliteitsgebouwen is met name interessant omdat bij deze gebouwen een bouwwijze met een staalskelet en/of sandwichpanelen vaker voorkomt dan bij woningen. Grootschalige inzet van staal zou mogelijk tot een andere (hogere) impactbijdrage van D1 leiden, vanwege de hoge potentie voor recycling.

In Figuur 2-4 zijn de WLC-GWP-scores van de hiervoor genoemde utiliteitsgebouwen weergegeven. De evaluatie van de utiliteitsgebouwen is aanvullend aan de selectie van woningen, met name vanwege de verschillen in bouwwijzen ten opzichte van die van de woningen. Om die reden is de analyse met de verschillende varianten in materialisatie

minder relevant dan bij woningen en wordt hier niet uitgevoerd. Opvallend zijn de volgende zaken:

- De gemiddelde bijdrage van D1 aan de totaalscore is -13%, vergelijkbaar met woningen;
- Het sportcomplex en het logiesgebouw vertonen een hogere bijdrage van D1 aan het totaal van rond de -20%.



Figuur 2-4 Bijdragen van de verschillende fasen aan de totaalscore van de WLC-GWP (materiaalgebonden, utiliteit). Per gebouw is alleen de basisvariant weergegeven (1).

Er is in deze analyse speciale aandacht voor staal, aangezien staal bij eindelevensduur een hoog recyclingpercentage heeft, wat kan samenhangen met hoge baten in module D1. Een hoge bijdrage van module D1 aan het totaal lijkt niet samen te hangen met gebouwen met een staalskeletbouw, aangezien ook lage percentages voorkomen bij bijvoorbeeld het theater, gezondheidscentrum en supermarkt. Dit zou kunnen samenhangen met het gebruikte staalproces. Verschillen in de hoogte van de baten in module D1 kunnen verklaard worden door de manier van produceren: staal uit een elektrische oven bevat relatief meer schroot dan hoogovenstaal. Bij een EoL-scenario van grotendeels recycling zal het staal uit de elektrische oven een relatief klein aandeel baten in D1 hebben, aangezien de inputstroom al veel secundair materiaal bevat. Bij het sportcomplex hebben een stalen niet-constructief dak en stalen gevelbeplating beide een hoge relatieve bijdrage van D1 (wat duidt op gebruik van hoogovenstaal), maar stalen kolommen en liggers dan weer niet (wat duidt op gebruik van staal uit de elektrische oven). Deze producten hebben geen doorslaggevende bijdrage aan de totaalscore; alleen het dak heeft een grote absolute bijdrage.

De belangrijkste bevinding op gebouwniveau (generieke milieuverklaringen) is:

Aandeel baten module D op gebouwniveau:
De baten van module D1 in referentiegebouwen met generieke milieuverklaringen is in de meeste gevallen 10-15% (gemiddeld 12%) van het totaal aan WLC-GWP-lasten (materiaalgebonden), zowel voor woningen als utiliteitsgebouwen.

De resultaten op gebouwniveau geven geen direct inzicht in hoe de sturing op de circulariteit bij eindelevensduur van de individuele producten plaatsvindt. Dit wordt in de volgende paragraaf besproken. De bijdrage van module D1 in deze gebouwen, met generieke milieuverklaringen, geeft ook geen informatie hoe productaanpassingen door producenten de bijdrage van module D wijzigen. Dit zal in paragraaf 2.3.4 verder behandeld worden.

2.3.3 Materiaalimpact van producten

De resultaten op gebouwniveau geven geen antwoord op de vraag bij welke bouwproducten (met relevante impact) de sturing op de circulariteit van producten tot uiting komt in een groot aandeel baten in module D1. Dit is relevant omdat inzicht is gewenst of specifieke productgroepen of materialen grote baten in D1 opleveren, waardoor de totaalscore van bijvoorbeeld bepaalde gebouwtypen of bouwwijzen (of het gebruik van bepaalde producten) sterk beïnvloed zou worden door de baten in D1. Deze invloed kan vervolgens veranderen bij een eventuele gewijzigde inpassing van module D1. Om die reden is onderzocht of producten die een grote bijdrage leveren aan de totaalscore, ook (onevenredig) veel bijdragen aan de baten in module D1, of dat mogelijk in de toekomst zullen doen, bijvoorbeeld door verdere ontwikkeling van product-specifieke milieuverklaringen. Ook is gekeken naar de impact van module D1 in de tijd, om inzicht te krijgen of de impact valt binnen de scope van de beleidsdoelen.

De aanpak die hiervoor is gebruikt is de volgende:

- Uit de gebruikte referentiegebouwen (woningen) zijn producten geselecteerd die een grote bijdrage hebben aan de totaalscore WLC-GWP. De totale absolute impact van een product in de context van het gebouw (rekening houdend met de toegepaste hoeveelheden) wordt beschouwd. Bij een bepaalde hoogte van de productbijdrage aan de gemiddelde totaalscore, wordt deze als hoog beschouwd. Een hoogte van 0,5 kg CO_2-eq/m^2jaar is hierbij als grens aangehouden (dit is 5% van de gemiddelde totaalscore van 10 kg CO_2-eq/m^2jaar). Van deze impactvolle producten is de productlevensduur bekeken, omdat de meeste impact in D1 aan het eind van de productlevensduur plaatsvindt, bijvoorbeeld bij vervangingen. Productvervangingen binnen de tijdshorizon tot 2050 zijn dan relevant. Als laatste is voor de impactvolle producten bekeken wat het effect is op de relatieve bijdrage in D1 bij vergelijkbare categorie 1-producten;
- Ook zijn producten geselecteerd met een hoge absolute bijdrage aan D1 op gebouwniveau. Hierbij is een grens aangehouden van -0,1 (grotere baten dan de grens van -0,1 kg CO_2-eq/m^2jaar). Vergeleken is of deze producten met elkaar overeenkomen, zodat duidelijk wordt of de baten van bepaalde producten grote impact hebben op de totaalscore;
- Producten zijn geselecteerd met een hoge relatieve bijdrage aan baten in module D1 ten opzichte van de productielasten in fase A. Bekeken is of deze producten grote impact hebben op de totaalscore, en in hoeverre duiding gegeven kan worden aan de toegepaste circulaire strategieën.

Producten met hoge bijdrage aan totaalscore en aan D1

De producten met een grote bijdrage aan de totaalscore WLC-GWP zijn vergeleken met producten die een grote bijdrage leveren aan module D1 van het gebouw. De overeenkomstige producten zijn alleen de funderingspalen (bij woongebouwen), beglazing, de warmtepomp en de PV-panelen. Producten met grote impact hebben dus niet automatisch ook een grote bijdrage aan module D1. De genoemde producten worden bij verschillende bouwwijzen toegepast.

Van deze impactvolle producten is de productlevensduur bekeken. De meeste producten hebben een levensduur die buiten de tijdshorizon tot 2050 valt. Alleen de lucht-water warmtepomp met een productlevensduur van 15 jaar zal voor 2050 vervangen worden, waarmee de baten in module D1 binnen de scope van de beleidsdoelen vallen. Een nuance is dat als gekozen wordt voor een categorie 1 warmtepomp, deze een productlevensduur heeft van 25 jaar, waarmee de baten in D1 buiten de scope zouden vallen.

De selectie van producten die iets lagere, maar nog aanzienlijke bijdrage hebben in module D1 van het gebouw (grotere baten dan de grens van -0,05 kg CO_2-eq/m^2jaar) laat zien dat dit erg diverse producten zijn, en zowel conventionele als biobased producten. Op basis van deze analyse zijn geen specifieke product(groep)en aan te wijzen die hoge baten in D1 opleveren. De analyse geeft daarmee geen aanleiding om te veronderstellen dat er voor specifieke productgroepen, materialen of bouwwijzen verschillende consequenties op de WLC-GWP-score zullen zijn bij een andere inpassing van module D1.

Een totaaloverzicht van alle producten met een hoge absolute bijdrage (groter dan 0,5) aan de totaalscore en een aanzienlijke absolute bijdrage aan D1 (baten groter dan -0,05), en bij hoeveel gebouwen, staat in Bijlage 2.

Een aantal producten met een hoge absolute bijdrage aan de totaalscore is nader bekeken. De verandering in relatieve bijdrage in module D op productniveau is bekeken in een vergelijking van de generieke milieuverklaring met een passende product-specifieke milieuverklaring. Hierbij blijkt het aandeel D ten opzichte van de productielasten van het product (module A1-3) in meer dan de helft van de gevallen hoger te worden, bij een deel blijft het ongeveer gelijk en bij een vergelijkbaar deel wordt het aandeel juist lager. Vergelijkbare effecten zijn zichtbaar in de MKI-score. Dit betekent dat er geen eenduidige conclusie kan worden getrokken bij individuele producten over toepassing van circulaire strategieën (waaronder de EoL-scenario's) door producenten, en het resulterende aandeel baten in D.

Producten met hoge relatieve bijdrage in D

Er zijn bouwproducten die een relatief grote bijdrage in module D hebben ten opzichte van hun productie (module A1-3) (d.w.z. dat >40% van de lasten in module A1-3 als baat in D zijn opgenomen). Dit betekent dat deze producten een relatief groot deel van hun productie-impact compenseren in module D. Deze producten hebben echter geen groot aandeel in de totaalscore WLC-GWP van de gebouwen.

Relatief grote bijdragen van D zijn te vinden in een divers aantal producten, zoals grondaanvullingen, vloerluik, EPS isolatieplaten, aluminium buitendeuren en -kozijnen, bitumen dakbedekking, ventilatieroosters, elektriciteitsleidingen, riolering, zonneboiler en water-water warmtepomp.

Met betrekking tot deze producten is tijdens het onderzoek gebleken, dat er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om op productniveau een eenduidige conclusie te geven over de relatie tussen einde-levensduur (EoL) scenario's en (relatieve) impact in module D1.

2.3.4 Gebouwen met product-specifieke milieuverklaringen

De WLC-GWP gebouwberekeningen zijn opgesteld met een groot aandeel generieke milieuverklaringen (categorie 3), waarbij forfaitaire scenario's voor de einde-levensduurbehandeling zijn toegepast. Op basis van deze invulling kan daarom onvoldoende nauwkeurig geanalyseerd worden hoe specifieke productontwikkelingen van invloed zijn op de wijziging van grondstoffengebruik en van de einde-levensduur (EoL) scenario's en de daarmee samenhangende verandering van impact in module D1. Ook individuele product-specifieke milieuverklaringen geven dit inzicht niet.

Dit inzicht is wel gewenst om een inschatting te kunnen maken van wat het effect in de praktijk zal zijn van een andere omgang met module D in de berekening van de WLC-GWP. Producenten kunnen hun producten en productieproces hebben aangepast om circulaire strategieën te laten waarderen in de LCA van hun producten.

De gebruikte circulaire strategieën bij producten blijken echter in het kader van dit onderzoek onvoldoende te achterhalen. Hiervoor zijn verschillende redenen:

- Het is niet duidelijk welke berekeningsaannames de LCA-uitvoerder gemaakt heeft (bepaling einde-afvalpunt, allocatie baten en lasten, grondstoffenequivalent). LCA-uitvoerders zijn hier in de loop van de jaren verschillend mee omgegaan, maar het LCA achtergrond rapport is nodig om vast te stellen hoe er gerekend is;
    - De categorie 1-rapporten zijn niet openbaar, waardoor het aandeel secundaire grondstoffen en het aangehouden eindelevensduurscenario (End-of-life, EoL) van een product niet na te gaan zijn;
    - Niet voor alle categorie 3-milieuverklaringen zijn achtergrondrapporten beschikbaar, waardoor in zo'n geval ook voor generieke milieuverklaringen de uitgangspunten onbekend zijn[14];
- Milieuverklaringen zijn op verschillende tijdstippen opgesteld. Niet altijd is bekend op welke versie van de Bepalingsmethode de data gebaseerd zijn. Hierbij kunnen tussen milieuverklaringen verschillen optreden of bij verlies van secundaire grondstoffen wel of niet met een last gerekend wordt[15].

Deze beperkingen zorgen ervoor dat alleen vastgesteld worden of en hoeveel het aandeel van module D1 wijzigt als er in de gebouwberekening meer categorie 1 producten worden toegepast en minder categorie 3 producten. Om hier inzicht in te krijgen is in een aparte set referentiegebouwen een groot aantal generieke milieuverklaringen vervangen door categorie 1-milieuverklaringen, zodat het effect van een groter aantal aanpassingen geëvalueerd wordt op gebouwniveau. Daaruit kan afgeleid worden of en in hoeverre dit resulteert in een ander aandeel baten in module D1 t.o.v. de gebouwen met de generieke milieuverklaringen.

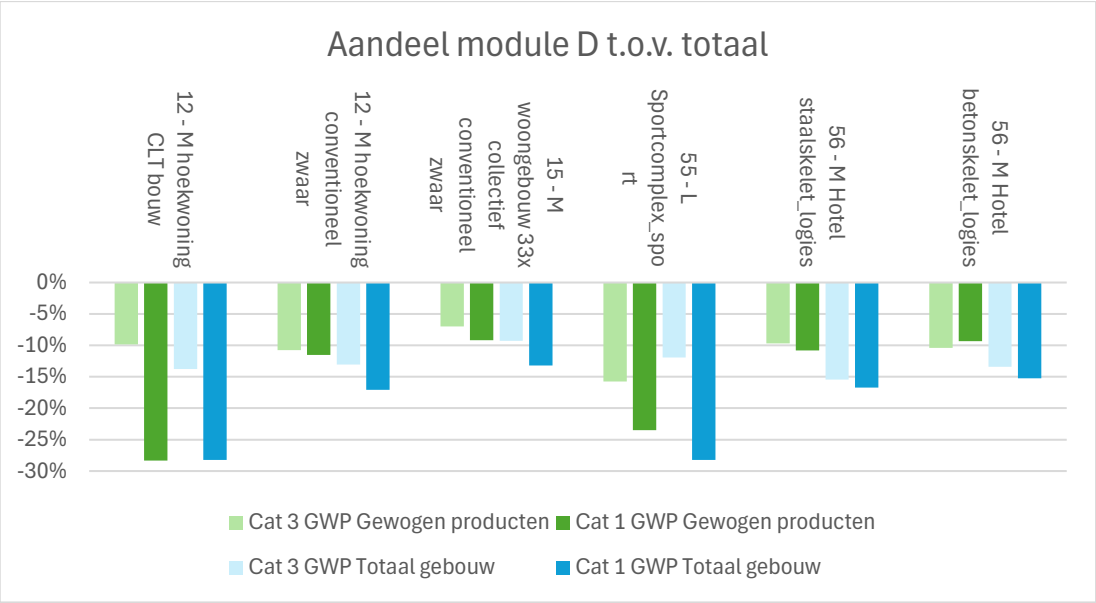
Een aantal gebouwen is geselecteerd op diversiteit aan bouwwijzen en gebruikte materialen (met name staal). Kantoren, hoewel een relevant aandeel van de nieuwbouw, zijn niet apart beschouwd; de differentiatie naar gebruiksfuncties wordt gedaan in het onderzoek van LBP|Sight. De volgende gebouwen zijn beschouwd:

- Hoekwoning M CLT
- Hoekwoning M conventioneel
- Woongebouw M conventioneel
- Sportcomplex L Sandwich gevel en staalskelet
- Logiesgebouw M Hotel staalskelet
- Logiesgebouw M Hotel betonskelet

Het aantal vervangen producten per gebouw varieert tussen de 15 en 19. Totaal zijn er 43 producten vervangen. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 2-5.

[14] Stichting NMD kan mogelijk aanvullend inzicht bieden in de gebruikte EoL-scenario's van de categorie 3-producten.

[15] Sinds begin 2025 is de regel van kracht dat netto lasten in module D (d.w.z. D1 in deze studie) door vermindering van secundair materiaal over de levensduur, niet meer als zodanig belast worden, maar op nul gezet worden. Dit betekent dat een positieve waarde voor module D1 sinds 2025 niet meer zou moeten voorkomen.



Figuur 2-5 Bijdragen van module D1 t.o.v. de totaalscore (WLC-GWP, materiaalgebonden deel). Per gebouw is het aandeel D1 in de cat 3 en de cat 1 invulling naast elkaar weergegeven. Voor de vervangen producten ('gewogen') in groen; voor het totale gebouw in blauw. Het aandeel D1 van de gewogen producten wordt gerelateerd aan de totaalscore van alleen deze producten.

Gewogen producten

Voor de analyse van het percentage baten in D1 t.o.v. de totaalscore WLC-GWP wegen we de vervangen producten naar impact ('Gewogen producten'), net zoals in een complete gebouwberekening gebeurt. Het verschil is dat bij de 'Gewogen producten' alleen het effect van de vervangen producten (cat. 3) danwel de vervangende producten (cat. 1) geanalyseerd wordt. Het weergegeven aandeel D1 wordt dus bepaald t.o.v. de totaalscore van alleen de vervangen(de) producten. Voor 'gewogen producten' zien we dat het aandeel van de baten in D1 toeneemt van enkele procentpunten tot maximaal 18%punt (tot een aandeel van 28%). NB: bij 1 gebouw (Hotel) neemt het aandeel D1 licht af.

Relevant is dat voor categorie 3-producten een 30% opslag wordt gerekend in de milieuverklaring op de milieulasten in fasen A-C, maar niet op de baten in module D. Categorie 1-producten krijgen deze opslag niet. Door dit effect alleen verandert het aandeel van baten in D1 t.o.v. de totale lasten. Bij gebouwen met een aandeel baten van 10-15% (zoals berekend met categorie 3-producten) zou dit een toename van 3-5%punt betekenen tot een totaalaandeel baten van 13-20%. De toename uit de berekeningen is dus voor twee van de zes gebouwen hoger dan verwacht kan worden door alleen het ontbreken van de 30% opslag.

De absolute bijdrage aan de totaalscore WLC-GWP van de gewogen producten in de zes gebouwen neemt af met gemiddeld 44% (in een bandbreedte van 26-59%). Bij alleen het niet-toepassen van de 30% opslag zou een daling van 23% te verwachten zijn. Er is dus ook sprake van sturing op lagere lasten bij de inzet van categorie 1-producten.

Totaal gebouw

Op totaal gebouwniveau neemt het aandeel van de baten in D1 t.o.v. de totaalscore WLC-GWP toe met 2-16%punt, waarmee het aandeel op kan lopen tot 28%. Tegelijkertijd is voor de totaalscore WLC-GWP op totaal gebouwniveau een afname zichtbaar van gemiddeld ruim 30% (in een bandbreedte van 16-49%), deels door een afname in de productiefase

(A). Zowel een toename als een afname van de absolute hoogte van de baten in D1 komt voor op gebouwniveau bij toepassing van categorie 1-producten.

Uit de resultaten is af te leiden dat een gebouwinvulling met product-specifieke milieuverklaringen een toename laat zien in het aandeel baten in module D1. Deze toename is echter niet bij elk gebouw even groot, en daardoor lastig te duiden. Wel blijkt dat het mogelijk is dat het aandeel van D1 groter kan worden door toepassing van categorie 1-producten. Tegelijkertijd kunnen ook de totaalscore en de productielasten lager worden. Het is op basis van deze resultaten niet mogelijk om de toegepaste circulaire strategieën te achterhalen.

De belangrijkste bevindingen voor gebouwen met categorie 1- milieuverklaringen zijn:

Onvoldoende gegevens voor een eenduidige conclusie over circulaire strategieën
Er zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om een eenduidige conclusie te geven hoe specifieke productontwikkelingen van invloed zijn op de wijziging van einde-levensduur (EoL) scenario's.

Groter aandeel baten bij categorie 1 milieuverklaringen:
De inzet van product-specifieke milieuverklaringen bij een selectie van referentiegebouwen leidt tot een stijging tot 18%punt (tot 28%) van de baten in module D1 t.o.v. het totaal aan WLC-GWP-lasten (materiaalgebonden) voor alleen deze producten, zowel voor woningen als utiliteitsgebouwen. Bij alleen het niet-toepassen van de 30% opslag van categorie 3-milieuverklaringen in fasen A-C zou een stijging van 3-5%punt te verwachten zijn. Er wordt in een aantal gevallen dus extra op module D gestuurd.

Daling totale lasten bij categorie 1-milieuverklaringen:
Een groter aandeel product-specifieke milieuverklaringen bij een selectie van referentiegebouwen leidt tot een daling van de totaalscore WLC-GWP (materiaalgebonden) van gemiddeld 44% (in een bandbreedte van 26-59%) voor alleen deze producten in het gebouw. Dit is een grotere daling dan voor alleen het niet-toepassen van de 30% opslag te verwachten is. Er wordt door producenten dus gebruik gemaakt van verschillende strategieën om de impact te verlagen.

Om meer systematisch inzicht te krijgen in het effect van circulaire strategieën wordt in de volgende paragraaf gebruik gemaakt van processen in ecoinvent, met daarin onderscheid tussen primaire/secundaire input bij verschillende EoL-scenario's.

2.3.5 Vergelijking scenario's input- en outputstromen

Naast inzicht in effecten op gebouwniveau, is het wenselijk om te verduidelijken hoe de werking van module D prikkels geeft voor de keuzes voor circulaire strategieën. Deze keuzes bepalen de mate van sturing op de beleidsdoelen. Dit doen we door systematisch inzichtelijk te maken wat het effect is van verschillende circulaire strategieën op de totale impact en op het aandeel van module D. De aanpak hiervoor is een analyse van 3 veelgebruikte producten in ecoinvent. Hierbij zijn systematisch de verschillende circulaire strategieën aan input- en outputzijde toegepast en vergeleken. Hierdoor kunnen de effecten direct gekoppeld worden aan de (combinatie van) grondstoffenkeuze en het einde-levensduurscenario van het product. De bevindingen geven inzicht bij de behandeling van het Kritiekpunt 'Verminderde prikkel secundaire grondstoffen' in hoofdstuk 3.

Een eerdere studie van TNO uit 2021 gaf al een aantal eerste inzichten op materiaalniveau. De uitkomsten van die studie zijn voor dit onderzoek echter niet goed bruikbaar om een aantal redenen, waaronder het feit dat de berekeningen met de waarden uit de A1-set zijn

gedaan. Om een goed vergelijk te hebben in de WLC-berekening is het noodzakelijk om te rekenen met GWP-waarden uit de A2-set (en de bijbehorende voorgeschreven versie van ecoinvent, versie 3.9.1), die in 2026 wordt ingevoerd, en met de meest recente rekenregels en rekeninzichten betreffende module D.

Om de interactie tussen de circulaire strategieën systematisch en met actuele data te onderzoeken, is voor een aantal basismaterialen een vergelijkingsmatrix opgesteld met de GWP-impactwaarden van de levensfasen die volgen uit de impact assessment uit ecoinvent. De te vergelijken materialen zijn beton (1 m^3), staal (1 ton) en hout (balk, 25 kg). Met deze methode worden gelijke aannames gemaakt en kan een goede vergelijking van de effecten plaatsvinden. Voor elk materiaal zijn varianten opgesteld van inputmateriaal (aandeel primaire en secundaire grondstoffen) en outputscenario's (EoL: Hergebruik, Recycling, AVI en Stort). Het aandeel primaire en secundaire grondstoffen in deze analyse is bepaald door enerzijds de in de gangbare praktijk toegepaste percentages primair aan te houden, en daarnaast een variant te maken met zo hoog mogelijk aandeel secundair materiaal. Dit is niet altijd 100%, aangezien soms een beperkt aandeel primaire input op dit moment onvermijdelijk is. Voor deze analyse zijn alleen de impactwaarden, in kg CO_2-eq, uit fasen A1-3, C2-4 en D meegenomen, omdat de impact in de andere modules erg afhangen van het type product en de toepassing in het gebouw. Verder zijn de impactwaardes op deze manier niet afhankelijk van de productlevensduur. In de matrices hieronder met de kwantitatieve analyse is het GWP-aandeel van module D ('% D') berekend ten opzichte van de som van de berekende GWP-waarden voor A1-3 en C2-4. In de matrices wordt het label 'C' gebruikt voor de som van de impactwaarden in C2-4.

Beton

De effecten van circulaire keuzes voor beton zijn inzichtelijk gemaakt op basis van impactwaardes (in kg CO_2-eq) voor 1 m^3 beton. Voor beton zijn de volgende materialen gangbaar als secundaire inputmaterialen (tot totaal 48% secundaire input, wat in de tabel is vertaald naar 52% primaire input): betongranulaat, AEC bodemas, grindvervangers/ vulstoffen bijvoorbeeld uit reiniging TAG innovatieve breekmethoden. Het forfaitair EoL-scenario voor betonnen elementen wordt gedomineerd door Recycling.

Tabel 1 Vergelijkingsmatrix voor beton

EoL-scenario	Primaire input	Secundaire input
Stort	Geen baten of lasten in D	Geen baten of lasten in D (verleden: lasten voor netto secundair verlies)
AVI	Wordt niet gangbaar toegepast	Wordt niet gangbaar toegepast
Recycling	Baten: vermeden winning primair grind[16]; additionele voordelen voor specifieke toepassingen worden niet gewaardeerd	**Geen baten** of lasten in D (voor het deel van secundaire input)
Hergebruik	Baten: vermeden winning en aanvoer primaire materialen; wel correctie kwaliteitsverlies en bewerking na einde-afvalpunt	**Kleinere baten**: vermeden winning en aanvoer secundaire materialen; wel correctie kwaliteitsverlies en bewerking na einde-afvalpunt

[16] De productie van cement heeft wel een hoge milieulast. Wanneer cement vervangen wordt door de fijne fractie van slim gebroken beton (die fractie bevat ook een aandeel ongebonden cement), dan zijn de voordelen van secundaire grondstoffen in fase A groter.

Tabel 2 Vergelijkingsmatrix voor beton met berekening ecoinvent

EoL-scenario	Input primair	A1-3	C	D	Totaal	% D	opmerkingen
Stort	100%	166,6	53,9	**0**	**220,5**	**0%**	Geen baten
	52%	157,4	53,9	**0**	**211,3**	**0%**	Geen baten
Recycling	100%	166,6	21,4	**-10,2**	**177,8**	**-5%**	Baten
	52%	157,4	21,4	**-5,3**	**173,5**	**-3%**	Kleinere baten
Hergebruik	100%	166,6	18,4	**-166,6**	**18,4**	**-90%**	Baten
	52%	157,4	18,4	**-157,4**	**18,4**	**-90%**	Kleinere baten

Voor beton zien we in de kwantitatieve analyse de volgende zaken:

- Input primair: lagere productielasten (module A1-3) van secundair t.o.v. primair inputmateriaal. De verschillen zijn klein omdat de winning van grind relatief weinig impact heeft.
- EoL scenario's:
  - Hergebruik geeft voor zowel primaire als secundaire input 100% baten t.o.v. de productielasten in module A1-3, dus totale compensatie. Het percentage baten t.o.v. A1-3+C komt op 90%. In de totale uitkomst is er dan geen voordeel voor het gebruik van secundair materiaal t.o.v. primair. Het Hergebruik-scenario levert de laagste totale absolute lasten op.
  - Recycling, wat het grootste aandeel is in het forfaitair scenario, levert baten voor slechts het primaire deel van de grondstoffen, ter hoogte van enkele procenten van het totaal van A1-3 en C. Gebruik van secundaire grondstoffen levert in totaal (van A1-3, C en D) een lagere totale impact op.
  - Stort levert geen baten op. Gebruik van secundaire grondstoffen levert een lagere totale impact op.

Het niet-meenemen van module D zal voor beton niet veel invloed hebben op de inzet van secundaire grondstoffen. Wel zal de stimulans voor toekomstig hergebruik verloren raken, bijvoorbeeld voor prefab elementen.

Staal

De effecten van circulaire keuzes voor staal zijn inzichtelijk gemaakt op basis van impactwaardes (in kg CO_2-eq) voor 1 ton (1000 kg) staal. Voor staal is een percentage van 20% secundaire grondstoffen al gangbaar. Dit percentage kan hoger liggen, afhankelijk van het productieproces. Het forfaitair EoL-scenario voor staal wordt gedomineerd door Recycling.

Tabel 3 Vergelijkingsmatrix voor staal

EoL-scenario	Primaire input	Secundaire input
Stort	Geen baten of lasten in D	Geen baten of lasten in D (verleden: lasten voor netto secundair verlies)
Recycling	Baten: vermeden productie van GE schroot	**Geen baten** of lasten in D (verleden: lasten voor netto secundair verlies)
Hergebruik	Baten: vermeden winning en aanvoer primaire materialen; wel correctie kwaliteitsverlies en bewerking na einde-afvalpunt	**Kleinere baten**: vermeden winning en aanvoer secundaire materialen; wel correctie kwaliteitsverlies en bewerking na einde-afvalpunt

Tabel 4 Vergelijkingsmatrix voor staal met berekening ecoinvent

EoL-scenario	Input primair	A1-3	C	D	Totaal	% D	opmerkingen
Stort	80%	2279	47,0	0	2326	0%	Geen baten
	0%	716	47,0	0	763	0%	Geen baten
Recycling	80%	2279	33,5	-672	1640	-29%	Baten
	0%	716	33,5	0	749	0%	Geen baten
Hergebruik	80%	2279	33,5	-2279	33,5	-99%	Baten
	0%	716	33,5	-716	33,5	-96%	Kleinere baten

Voor staal zien we in de kwantitatieve analyse de volgende zaken:

- Input primair: verschillen in productielasten (module A1-3) tussen primair en secundair inputmateriaal (voor 0% primair is er een reductie tot 31% van de lasten van 80% primair).
- EoL scenario's:
  - Hergebruik geeft voor zowel primaire als secundaire input bijna 100% baten t.o.v. het totaal van A1-3 en C (totale compensatie van de productielasten, die kleiner zijn voor secundaire input). In de totale uitkomst is er dan geen voordeel voor het gebruik van secundair materiaal t.o.v. primair. Het Hergebruik-scenario levert de laagste totale lasten op.
  - Recycling, wat het grootste aandeel is in het forfaitair scenario, levert baten voor slechts het primaire deel van de grondstoffen, ter hoogte van enkele tientallen procenten van het totaal van A1-3 en C, wat een relatief hoog aandeel baten is. Gebruik van een hoger percentage secundaire grondstoffen levert in totaal (A1-3, C en D) een lagere totale impact op.
  - Stort levert geen baten op. Gebruik van secundaire grondstoffen (t.o.v. primaire) levert een lagere totale impact op.

Het niet-meenemen van module D zal de prikkel versterken om secundair inputmateriaal te gebruiken. Voor de gekozen EoL-strategie zal naar verwachting het niet-meenemen van module D minder invloed hebben dan de schrootprijs, die op dit moment prikkelt tot recycling van staal.

Hout

De effecten van circulaire keuzes voor hout zijn inzichtelijk gemaakt op basis van impactwaardes (in kg CO_2-eq) voor 1 houten balk (25 kg). Het forfaitair EoL-scenario voor hout wordt gedomineerd door verbranding in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI).

Tabel 5 Vergelijkingsmatrix voor hout

EoL-scenario	Primaire input	Secundaire input
Stort	Geen baten of lasten in D	Geen baten of lasten in D (verleden: lasten voor netto secundair verlies)
AVI	Bij verbranden in AVI: baten door energieterugwinning	Bij verbranden in AVI: baten door energieterugwinning (verleden: lasten voor netto secundair verlies)
Recycling	Baten: vermeden productie van GE hout	**Geen baten** of lasten in D (verleden: lasten voor netto secundair verlies)
Hergebruik	Baten: vermeden winning en aanvoer primaire materialen; wel correctie kwaliteitsverlies en bewerking na einde-afvalpunt	**Kleinere baten**: vermeden winning en aanvoer secundaire materialen; wel correctie kwaliteitsverlies en bewerking na einde-afvalpunt

Tabel 6 Vergelijkingsmatrix voor hout met berekening ecoinvent

EoL-scenario	Input primair	A1-3	C	D	Totaal	% D	opmerkingen
Stort	100%	-35,7	43,6	0	7,9	0%	Geen baten
	0%	-41,0	43,6	0	2,6	0%	Geen baten
AVI	100%	-35,7	42,3	-1,2	5,4	-19%	Baten
	0%	-41,0	42,3	-1,2	0,1	-94%	Baten
Recycling	100%	-35,7	41,7	-0,9	5,1	-15%	Baten
	0%	-41,0	41,7	0	0,7	0%	Geen baten
Hergebruik	100%	-35,7	42,0	-5,5	0,8	-88%	Baten
	0%	-41,0	42,0	-0,2	0,8	-20%	Kleinere baten

Voor hout zien we in de kwantitatieve analyse de volgende zaken:

- Input primair: de hogere productielasten voor primair inputmateriaal (kleinere baten in module A1-3) leveren een hogere totale impact op, behalve bij hergebruik. De lasten in fase C worden grotendeels gerelateerd aan de baten in module A1-3 door biogene CO_2-opslag, die in C weer vrijkomt.
- EoL scenario's:
  - Hergebruik geeft voor primaire input grotere baten (88% van het totaal aan lasten van A1-3 en C) dan voor secundaire input (20%), omdat dit gerelateerd wordt aan de productielasten in module A1-3. In de totale uitkomst is er dan geen voordeel voor het gebruik van secundair materiaal.
  - Recycling levert baten voor slechts het primaire deel van de grondstoffen, ter hoogte van 15% van het totaal van modules A1-3 en C. Gebruik van secundaire grondstoffen is in totaal (van modules A1-3, C en D) nog steeds iets gunstiger in de berekening door de lagere productie-/slooplasten.
  - Verwerking door verbranding in een AVI, wat het grootste aandeel is in het forfaitair scenario, levert gelijke baten op voor primaire en secundaire input. Hier geldt dat het totaal iets gunstiger is voor secundaire input vergeleken met primaire input. Het EoL-scenario AVI leidt voor secundair inputmateriaal tot de hoogste baten en tot lagere totale lasten dan een Recycling- of Hergebruikscenario. Deze bevinding dient niet te worden toegepast op een situatie waarin nù secundair hout vrijkomt, en nu de keuze moet worden gemaakt tussen a) het secundaire hout verbranden en nieuw hout toepassen, en b) het secundaire hout opnieuw toepassen. In dit geval leidt het tot lagere lasten om dit secundaire hout opnieuw toe te passen. Dit komt doordat de productielasten (module A1-3) van secundair hout lager zijn dan van nieuw hout. Dit verschil weegt zwaarder dan de baten van verbrandingsproces. De hoogte van de substitutiebaten bij verbranding van hout is in de LCA al getemperd doordat niet uitgegaan wordt van de Nederlandse mix van AVI-verbrandingsstoffen, maar van biobased materiaal.
  - Stort levert geen baten op. Gebruik van secundaire grondstoffen is in totaal gunstiger in de berekening dan primair.

Additioneel aan deze analyse is het effect bekeken als een hergebruikt product als inputmateriaal wordt gekozen. In dat geval, zonder gemodelleerde bewerkingen, wordt het product vrij van lasten ingevoerd, maar worden ook geen baten gealloceerd in module D, behalve bij verbranding van hout. Dit betekent dat er vanuit module D geen prikkel is om een hergebruikt product aan de inputzijde aan het eind van de levensduur weer her te gebruiken.

Het niet-meenemen van module D zal in het algemeen een sterkere prikkel geven voor het reduceren van impact in de productiefase (A), omdat in de recycling- of hergebruiksfase niet meer gecompenseerd kan worden voor de productielasten. Dit geldt met name voor primair inputmateriaal, waar in geval van compensatie de absolute baten (veel) hoger zijn dan bij secundaire input. Voor 100% secundaire input zijn de recyclingbaten in module D nu

al nul. Er is met het weglaten van module D een extra prikkel om te kiezen voor meer secundair materiaal of een hergebruikt product aan de voorkant, met name bij het EoL-scenario Hergebruik. Dit betekent dat er dan een prikkel wordt gegeven voor lagere lasten op korte termijn.

Het niet-meenemen van module D zal bij de inzet van primair hout de prikkel wegnemen voor een retoursysteem voor toekomst hergebruik of recycling, omdat de verschillen in totale impact tussen de EoL-scenario's kleiner worden. De prikkel om secundair hout te verbranden verdwijnt ook, omdat de scenario's hergebruik of recycling dan lagere totaallasten opleveren.

Uit de 3 vergelijkingsmatrices kunnen we het volgende concluderen:

Invloed module D m.b.t. inputmateriaal:
- Inzet van secundair inputmateriaal geeft geen voordeel (geeft geen prikkel) t.o.v. primair in de totale impact bij een Hergebruik-scenario;
- Inzet van secundair inputmateriaal geeft geen baten bij een Recycling-scenario; de lagere totale lasten (vergeleken met primair inputmateriaal) zijn puur te relateren aan lagere productielasten (module A1-3).

Invloed module D m.b.t. EoL-scenario's:
- Hergebruik bij einde-leven geeft de laagste totale lasten en het grootste relatieve aandeel (baten) in D, behalve bij secundair hout;
- Verbranden in een AVI is voor secundair hout het einde-levensduurscenario met de laagste totale lasten, omdat de baten voor brandstofsubstitutie hoger zijn dan de baten voor secundaire grondstofsubstitutie.

Prikkels niet-meenemen module D:
- Bij het niet-meenemen van module D zullen prikkels verminderen die in de LCA sturing geven aan de keuze van het EoL-scenario met hoge baten: Hergebruik bij staal en beton, en AVI bij hout. De prikkel om te sturen op lage productielasten (module A1-3), bijvoorbeeld door een hoger percentage secundaire input, zal toenemen. De prikkels zullen pas effectief zijn bij voldoende scherpe sturing op de totaalscore voor de WLC-GWP.

2.4 Conclusies

De doorgerekende WLC-GWP-resultaten van de referentiegebouwen geven het volgende beeld voor het materiaalgebonden deel:

- *Aandeel baten module D1 op gebouwniveau is 10-15%:* De berekende baten van module D1 in referentiegebouwen met generieke milieuverklaringen is in de meeste gevallen 10-15% van het totaal aan WLC-GWP-lasten (materiaalgebonden), zowel voor woningen als utiliteitsgebouwen. De bijdrage van module D op de MPG-score is vergelijkbaar;
- *Stijging aandeel baten tot 28% bij toepassing categorie 1 producten*: een groter aandeel van categorie 1-producten in plaats van generieke milieuverklaringen leidt tot een stijging van 2-16%punt (tot 28%) van de baten in module D1 t.o.v. het totaal aan WLC-GWP-lasten (materiaalgebonden), zowel voor woningen als utiliteitsgebouwen. Voor alleen de vervangen producten is de stijging maximaal 18%punt. Bij alleen het niet-toepassen van de 30% opslag[17] die geldt voor categorie 3-producten in fasen A-C zou een stijging van 3-5%punt te verwachten zijn. Ook nemen in absolute zin bij enkele

[17] Op categorie 3 data is een ophoogfactor van toepassing van 1,3 (30%), behalve voor baten in module D.

gebouwen de baten in D1 toe. Een groter aandeel baten maakt het mogelijk om meer lasten te compenseren (Kritiekpunt 'Compensatie lasten fase A');

- *Daling lasten fasen A-C bij categorie 1-producten:* Een groter aandeel van categorie 1-producten in plaats van generieke milieuverklaringen leidt, naast een stijging van het aandeel baten in module D, tot een daling van de totaalscore WLC-GWP (materiaalgebonden) van gemiddeld 44% voor alleen deze producten in het gebouw (in een bandbreedte van 26-59%). Bij alleen het niet-toepassen van de 30% opslag[18] zou een daling van 23% te verwachten zijn. De grotere daling duidt op een keuze van producenten om ook impact te verminderen in de productie (A)-, gebruiks (B)- en/of sloopfase (C), waardoor gebruik gemaakt wordt van verschillende strategieën om de impact te verlagen, en niet alleen via de baten in module D1. De absolute grootte van de baten in module D1 neemt op gebouwniveau in sommige gebouwen toe en in andere gebouwen af;
- *Verminderde prikkel om secundaire grondstoffen toe te passen in plaats van primaire grondstoffen:* De mogelijke redenen voor een hoog of laag aandeel van berekende baten in module D worden verklaard in een vergelijkingsmatrix die is opgesteld m.b.v. processen in ecoinvent. Hierin wordt enerzijds onderscheid gemaakt tussen primaire/secundaire input en anderzijds tussen verschillende EoL-scenario's (output). Hiermee wordt verklaard hoe de resulterende lasten en baten samenhangen en de rol van module D hierin:
  - Volledige compensatie bij hergebruik (EoL): Voor beton, staal en hout worden de grootste baten verkregen bij een EoL-scenario van hergebruik (bijna 100% t.o.v. de lasten in productie (A)- en sloopfase (C), behalve voor secundair hout). Productielasten kunnen dus volledig gecompenseerd worden door hergebruikbaten in module D1 (Kritiekpunt 'Compensatie lasten fase A').
  - Geen extra baten voor secundair materiaal (input): Het gebruik van secundair inputmateriaal levert wel lagere lasten op in de productiefase (A) dan primair inputmateriaal, maar ook een evenredige batenvermindering in D1 en dus geen extra baten. Lagere totale lasten worden voor secundair inputmateriaal veroorzaakt door lagere productielasten (module A1-3) en niet door compensatie in module D1. De producent krijgt voor secundaire input minder substitutiebaten dan voor primaire input: er is dus geen prikkel vanuit module D voor het gebruik van secundair inputmateriaal (Kritiekpunt 'Verminderde prikkel secundaire grondstoffen'). Er blijft een prikkel bestaan om secundaire grondstoffen toe te passen zolang de totale lasten lager zijn (bij een specifiek EoL-scenario). Dit is altijd het geval, met uitzondering van EoL-scenario Hergebruik.
  - Het verbrandingsscenario (AVI) van secundair hout levert meer baten op dan recycling of hergebruik. Dit betekent dat er geen prikkel is om secundair hout bij eindelevensduur te recyclen of her te gebruiken. Bovenstaande bevinding dient niet te worden toegepast op een situatie waarin nù secundair hout vrijkomt, en nu de keuze moet worden gemaakt tussen a) het secundaire hout verbranden en nieuw hout toepassen, en b) het secundaire hout opnieuw toepassen. In dit geval leidt het tot lagere lasten om dit secundaire hout opnieuw toe te passen. Dit komt doordat de productielasten (module A1-3) van secundair hout lager zijn dan van nieuw hout. Dit verschil weegt zwaarder dan de baten van verbrandingsproces.
- *Toekomstig beeld impact module D:* Het beeld van de impact van module D op gebouwniveau wijzigt als (veel) meer product-specifieke milieuverklaringen in de gebouwen worden gekozen, die geoptimaliseerd zijn voor een lage totale bijdrage aan de impact in de MPG- en/of de WLC-GWP-berekening. Op dit moment is er ruimte voor

[18] Op categorie 3 data is een ophoogfactor van toepassing van 1.3 (30%), behalve voor baten in module D.

producenten om baten in module D te vergroten door meer gebruik te maken van het EoL-scenario Hergebruik. Wijzigingen kunnen ook plaatsvinden als completer gemodelleerd kan worden, met name in de situatie dat installatieproducten volledi ger gematerialiseerd kunnen worden in een berekening dan met de huidige invulling van de NMD mogelijk is. Installatieproducten bevatten relatief veel metalen en zullen naar verwachting een hoge relatieve bijdrage hebben aan module D.

3 Bijdrage module D aan beleidsdoelen

In hoofdstuk 1 is als een van de doelstellingen benoemd om te achterhalen *'of en hoe de huidige inpassing van module D in de voorgestelde WLC-GWP-rekenmethode bijdraagt aan het realiseren van nationale (beleids)doelen in de bouwsector.'*

In hoofdstuk 3 wordt op deze vraag ingegaan aan de hand van de in hoofdstuk 1 genoemde kritiekpunten en met ondersteuning van de resultaten in hoofdstuk 2. Bij de paragrafen is de indeling uit hoofdstuk 1 aangehouden:
- Paragraaf 3.1: Kritiekpunten Beleidssturing (weging module D in WLC-GWP en MPG)
- Paragraaf 3.2: Kritiekpunten Methode (berekening van de module D-score)

3.1 Beleidssturing: weging module D in de WLC-GWP en MPG

3.1.1 Nationale beleidsdoelen

Klimaatdoelstellingen

De klimaatdoelstellingen beogen het tegengaan van klimaatverandering (55% CO_2-reductie in 2030 en CO_2-neutraliteit in 2050). De doelen voor 2030 zijn gesteld om de doelstellingen voor 2050 in beeld te houden.

De bouwsector zelf heeft geen expliciet vastgelegde klimaatdoelen. Een groot deel van de uitstootvermindering van broeikasgassen in de bouwsector zal verlopen via de verduurzaming van de energievoorziening en de verduurzaming van de fabricage van bouwproducten.

De geformuleerde doelstellingen hebben alle een tijdshorizon van uiterlijk 2050. In paragraaf 3.1.2 wordt ingegaan op de rol van module D in relatie tot die doelstellingen. Dat de doelstellingen reiken tot 2050 wil niet zeggen dat er na 2050 geen sturing op klimaatdoelen meer nodig is. In paragraaf 3.1.3 wordt ingegaan op hoe module D daar een bijdrage aan kan leveren.

Grondstoffendoelstellingen

De grondstoffendoelstellingen beogen het stimuleren van de circulaire economie. Hiermee wordt gestreefd naar een schoon milieu en een schone leefomgeving en economie. Daarvoor is een grondstoffen- en materialentransitie nodig naar materialen met minder milieu-impact. In paragraaf 2.1 zijn circulaire strategieën beschreven die in dit rapport uitgelicht worden: toepassing van secundaire grondstoffen en hergebruikte producten, en hoogwaardige verwerking bij einde-levensduur. Deze strategieën verminderen de milieu-impact. De inzet van biobased producten, en het gebruik van minder materiaal, zijn ook benoemde circulaire strategieën in het NPCE, maar worden in dit rapport niet apart besproken.
In 2016 is binnen het Rijksbrede programma Nederland Circulair in 2050 het doel gesteld dat Nederland in 2050 circulair is. Ook voor de grondstoffendoelstellingen zijn tussendoelen opgesteld, zoals te lezen in de actualisatie van het Nationaal Programma Circulaire Economie.[19] De doelen voor 2035 zijn de volgende:

[19] https://www.nederlandcirculairin2050.nl/nationaal-programma-circulaire-economie/doelen-2035

- Behoud van grondstoffen in de economie: in 2035 wordt van de totale hoeveelheid afval minimaal 82% gerecycled, waarvan minimaal 15% van het afval hoogwaardig wordt hergebruikt.
- Vervanging van primaire en abiotische grondstoffen: in 2035 is het aandeel duurzame biogrondstoffen en secundaire grondstoffen verhoogd naar minimaal 55%;
- Besparing van grondstoffen: in 2035 is het totale grondstoffengebruik verlaagd met 15% t.o.v. 2016.

Ook bij de grondstoffendoelen is sturing na 2050 nodig. Veel van de bij de komende nieuwbouw toegepaste circulaire strategieën zoals het verlengen en het sluiten van de kringlopen hebben pas na 2050 hun doorwerking omdat de materialen dan pas vrijkomen. In paragraaf 3.1.3 wordt ook op rol van module D voor de sturing op grondstoffendoelen op de lange termijn ingegaan.

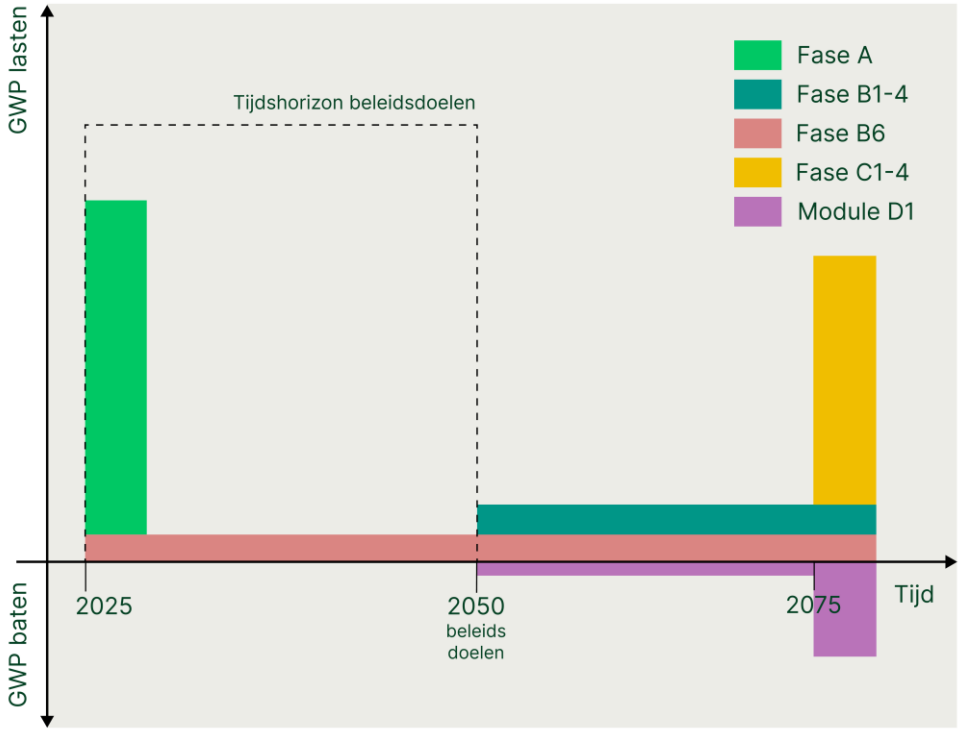
3.1.2 Sturing op nationale beleidsdoelen (tijdshorizon tot 2050)

Beschouwing op Kritiekpunt 'Afwijkende tijdshorizon'

De beleidsdoelen van 2050 worden vaak beschouwd als lange-termijndoelen. Vanuit het perspectief van gebouwen gezien is de periode tot 2050 echter kort. Bij de berekening van de WLC-GWP wordt een forfaitaire levensduur van 50 jaar aangehouden voor alle gebouwen. Bij de MPG wordt gerekend met standaardlevensduren van 75 jaar voor woonfuncties en 50 jaar voor kantoren en andere utiliteitsfuncties. In werkelijkheid blijken gebouwen, en zeker woningen, nog veel langer mee te gaan.

Gebouwen die de komende jaren het vergunningstraject ingaan zullen vaak pas rond 2030 opgeleverd worden. In 2050 is bij deze gebouwen nog maar 20 jaar van de levensduur verstreken. In die eerste 20 jaar komt er nauwelijks materialen vrij. Het blijft beperkt tot bouwverlies, onderhoud en enkele vervangingen, zoals bij installaties. Bij de berekeningen in hoofdstuk 2 is te zien dat van de impactvolle producten alleen de lucht-water warmtepomp (categorie 3) met een productlevensduur van 15 jaar binnen die termijn vervangen wordt. Wordt gekozen voor een categorie 1 variant met een productlevensduur van 25 jaar, dan valt ook deze vervanging buiten de scope. Het voorgaande betekent dat in de periode tot 2050 er geen of nauwelijks hergebruik of recycling zal plaatsvinden, wat ertoe leidt dat de score in module D verwaarloosbaar is. De eerste 25 jaar kan via module D nauwelijks invloed uitgeoefend worden op de WLC-GWP (of MPG). Dit betekent dat via module D geen prikkel gegeven wordt in de richting van de korte-termijn doelstellingen.

Kijkend naar de gebouwlevensloop, zal alleen de productie- en constructiefase (samen fase A) en het eerste deel van de gebruiksfase (fase B) binnen de tijdshorizon van de beleidsdoelen vallen. Het grootste deel van fase B strekt zich uit tot de sloopfase (C), die meestal pas na 2080 aan de orde zal zijn. Dit is 30 jaar na het meest in de toekomst liggende beleidsdoel van 2050. Voor gebouwen die de afgelopen jaren zijn opgeleverd, in de beginjaren van de verplichte MPG-berekening, komt sloop van dergelijke producten ook pas rond 2070 aan de orde. In het algemeen kan dus gesteld worden dat het grootste deel van fase B, C en D1 buiten de scope van de beleidsdoelen (na 2050) valt. Dit wordt in onderstaande figuur visueel weergegeven door op een tijdsas de scope van de beleidsdoelen tot 2050 weer te geven in relatie tot de GWP-impact van de verschillende gebouwfasen.



Figuur 3-1 Visuele representatie hoe de korte-termijn scope van de beleidsdoelen (tot 2050) zich verhoudt tot de scope van de WLC-GWP en de GWP-impact in de levensfasen van een gebouw. Belangrijke constatering is dat alleen fase A (en eventueel een deel van fase B, waarin de impact verwaarloosbaar is – dit is niet weergegeven) binnen de tijdshorizon van de beleidsdoelen valt.

Beschouwing op Kritiekpunt 'Compensatie lasten fase A'

In huidige bepalingsmethoden worden de levensloopfasen A, B en C en de module D ongewogen opgeteld tot WLC-GWP- of MPG-score. Compensatie van lasten in de fasen met baten in module D is toegestaan. Hierdoor kan de situatie ontstaan, waarin hoge lasten in fase A, door de compensatie met hoge baten in module D, toch tot een gunstige WLC-GWP- of MPG-score leiden.

Door de compensatiemogelijkheid ontstaat dus een verminderde prikkel richting een lage impact in fase A. Hierdoor wordt de sturing op de beleidsdoelen tot 2050 verminderd omdat de lasten in fase A wel binnen de tijdshorizon van de beleidsdoelen vallen en de (lasten en) baten in module D niet. De verminderde prikkel in relatie tot lastenverlaging in fase A leidt er ook toe dat de stimulans voor de inzet van hergebruikte producten en producten op basis van secundaire grondstoffen bij de nieuwbouw vermindert. De doorwerking van het in 3.2 beschreven Kritiekpunt 'Verminderde prikkel secundaire grondstoffen' wordt hiermee versterkt.

De compensatiemogelijkheid werkt ook door in de productontwikkeling. In paragraaf 2.3.5 is gebleken dat het EoL-scenario bepalend kan zijn voor de totale lasten, met name als het Hergebruik-scenario wordt toegepast. Productontwikkeling kan zich om die reden met name richten op toekomstige circulariteit. Dit wordt ondersteund door de resultaten op gebouwniveau: in de referentiegebouwen met een groter aandeel product-specifieke milieuverklaringen wordt een hoger aandeel D berekend (2-16%punt hoger), wat kan duiden op meer sturing op circulariteit in de toekomst. Het beeld uit de

gebouwberekeningen is echter genuanceerd: bij de keuze voor product-specifieke milieuverklaringen verminderen ook de lasten hiervan in fasen A-C van het gebouw, waarbij ook de productielasten verminderen. Deze vermindering is sterker dan verwacht kan worden op basis van de alleen het niet-toepassen van de 30%-opslag (die voor categorie 3-milieuverklaringen geldt): producenten sturen dus mogelijk op meerdere circulaire strategieën, zowel aan de input- als de outputzijde.

3.1.3 Sturing op doelen lange termijn (na 2050)

Dat de beleidsdoelen een tijdshorizon van 2050 hebben betekent niet dat de klimaat- en circulariteitsdoelen na 2050 niet meer gecontinueerd hoeven te worden. Ook na 2050 is een (zo laag mogelijke) uitstoot van CO_2 noodzakelijk en dient de circulaire economie gehandhaafd te worden. Daarbij zijn circulaire strategieën zeer van belang voor de klimaatdoelen, omdat zij uitstoot in de toekomst vermijden. Toekomstig hergebruik en hoogwaardige recycling zullen een belangrijke bijdrage leveren aan de CO_2-reductie vanaf 2050.

De circulaire strategieën hebben op meerdere momenten in de levensloop een doorwerking, zoals:

1. Benut het beschikbare: de inzet van hergebruikte producten, of producten met biobased of secundaire grondstoffen, als toegevoegde materialen bij nieuwbouw, vervangingen of renovatie.
2. Creëer voorwaarden voor lange cycli: het verlengen van de productlevensduur leidt tot minder vervangingen gedurende de gebouwlevensduur. Het verlengen van de gebouwlevensduur zorgt ervoor dat de levensduur van langcyclische producten zoals het casco en de gevel in de praktijk verlengd wordt.
3. Creëer voorwaarden voor toekomstige cycli: hergebruik en (hoogwaardige) recycling van vrijkomende producten wordt mogelijk als de producten of materialen nog van goede kwaliteit zijn en zonder schade losgemaakt kunnen worden. Producten kunnen vrijkomen uit een gebouw bij vervangingen, renovatie of sloop van het gebouw.

Door de lange gebouwlevensduur heeft een aantal van de strategieën, met name die onder 2 en 3 zijn genoemd, pas effect op daadwerkelijke recycling en hergebruik (en de daaraan gerelateerde vermindering van de milieu-impact) als de jaartallen 2030, 2040 of 2050 al lang gepasseerd zijn. Dat wil niet zeggen dat we nu niets hoeven te doen. Om tot een circulaire economie te komen, waar de kringlopen zo veel mogelijk gesloten zijn, moeten we bij de komende nieuwbouw (en renovatie) al aan de slag. Dit is van belang omdat hierbij de mogelijkheden voor de circulariteit in de (verre) toekomst worden vastgelegd. Op dit moment belemmert de traditionele bouwwijze circulair beheer en sloop, doordat deze de nadruk heeft op onlosmaakbare (op de bouwplaats gevormde) elementen (o.a. gietbouw) en maatwerk. Elk gebouw dat nog op die wijze wordt gerealiseerd zal in de toekomst lastig circulair te slopen zijn. Het is gewenst dat gebouwen van nu zo ontworpen en gerealiseerd worden dat de voorwaarden voor circulaire strategieën, zoals levensduurverlenging, recycling en hergebruik aanwezig zijn. Een stimulans vanuit de bouwregelgeving die is gericht op het borgen van toekomstig hergebruik en recycling, kan belemmeringen wegnemen voor circulair slopen in de toekomst.

Samenvattend: Wat is de rol van module D in relatie tot de beleidsdoelen?

Sturing op korte-termijn doelstellingen

– *Kritiekpunt 'Afwijkende tijdshorizon'*
  Baten die in module D gedeclareerd worden, zijn gekoppeld aan de verwerking van producten, die bij vervangingen (fase B) of sloop (fase C) vrijkomen. Dit gebeurt vrijwel geheel buiten de tijdshorizon van de klimaat- en grondstoffendoelstellingen. Module D levert daardoor een te verwaarloze bijdrage aan deze doelstellingen.

– *Kritiekpunt 'Compensatie lasten fase A'*
Voor de beleidsdoelen is voornamelijk de impact in fase A (productie en constructie) relevant. Door de ongewogen optelling van de fasen A, B en C en de module D kan module D contraproductief doorwerken. Dit is het geval als hoge baten in D hoge lasten in fase A compenseren. Deze compensatie maakt ook dat loont om op hergebruik en recycling (baten in module D) in te zetten in plaats van op de inzet van secundaire grondstoffen en hergebruikte producten (vermindering lasten in fase A). Inzet van secundaire grondstoffen draagt echter bij aan de beleidsdoelen op korte termijn.

Sturing op lange-termijn doelstellingen
Baten die in module D gedeclareerd worden, stimuleren wel het ontwerpen (product en gebouw) gericht op toekomstig hergebruik en recycling. Indien (een deel van) die daarmee gecreëerde potentie uiteindelijk benut zal worden, zal module D wel bijdragen aan de circulariteits- en klimaatdoelen op lange termijn.

3.2 Methode: berekening van de module D-score

In paragraaf 3.1 is ingegaan op de kritiekpunten die te maken hebben met de rol van module D in relatie tot de beleidsdoelen. Daaruit blijkt dat module D vooral stuurt op klimaat- en circulariteitsdoelen op de lange termijn, na 2050, en slechts minimaal stuurt op de doelen tot 2050.
Bij de inleiding in hoofdstuk 1 zijn ook kritiekpunten benoemd, die te maken hebben met wijze waarop de module D-score bepaald wordt. Daar waar die kritiek terecht is, zal een onvoldoende kwaliteit doorwerken in de effectiviteit van de WLC-GWP en MPG. In de komende paragrafen wordt achtereenvolgens aandacht besteed aan de in hoofdstuk 1 aangegeven kritiekpunten:

– Overschatting baten
  Er wordt geen rekening gehouden met de nagenoeg zekere toenemende vergroening van de processen tijdens de levenscyclus van een bouwwerk. Daarmee worden dus ook de baten in module D overschat.
– Verminderde prikkel secundaire grondstoffen
  Bij de huidige berekeningswijze kan gebruik van producten op basis van secundaire grondstoffen (fase A) ertoe leiden dat de milieubaten in module D (door hergebruik of recycling) kleiner of zelfs geheel nul worden.
  Bij de bovengenoemde gelijkwaardige optelling van fase A en module D blijkt het vaak een lage totaalscore op te leveren als voor de combinatie van hergebruik en recycling (module D) en producten op basis van primaire grondstoffen (module A) gekozen wordt.
– Interpretatieruimte
  Door een grote mate van complexiteit en aannames ontstaat interpretatieruimte in de berekening van module D, en daarmee onzekerheid over de juistheid en reproduceerbaarheid van de resultaten.
– Onzekerheid toekomst
  Doordat baten vaak ver in de toekomst plaatsvinden en afhankelijk zijn van de bouwwijze, is er onzekerheid of de gehanteerde scenario's daadwerkelijk plaats zullen vinden. Om die reden is het ook onzeker of de hoogte van de berekende baten correct is.

3.2.1 Beschouwing op Kritiekpunt 'Overschatting baten'

De toekomst wordt ingevuld met de huidige situatie
Bij gebouwen is sprake van zeer lange levensduren. Dat geldt bij nieuwbouw, maar ook bij renovatie, waarna de restlevensduur ook tientallen jaren is. Bij de berekening zijn alleen voor fase A (productie, transport en constructie) de daadwerkelijke processen bekend, en de daarmee samenhangende impact. Hier is namelijk de huidige situatie aan de orde. Bij

alle andere fasen gaat het om verwachtingen, waarvoor scenario's worden opgesteld. Bij veel van de scenario's wordt verondersteld dat de huidige situatie zal voortduren. Zeker bij scenario's voor activiteiten die ver in de toekomst liggen is nagenoeg zeker dat die niet meer volgens de huidige situatie zullen verlopen. Een voorbeeld is de veronderstelling dat de vervangingen altijd door hetzelfde product zullen gebeuren als het bij nieuwbouw toegepaste product, waarbij het product op dezelfde manier geproduceerd wordt, met dezelfde impact.

Het doortrekken van de huidige situatie in een levenscyclusanalyse is zo afgesproken omdat de toekomst immers niet te voorspellen is en tegelijkertijd iedereen op dezelfde manier dient te rekenen. De gedachte hierachter is dat voorkomen moet worden dat er allerlei te gunstige veronderstellingen worden gedaan, waardoor men zich rijk rekent. Afwijking van de op de huidige situatie gebaseerde forfaitaire aannamen is alleen toegestaan als aannemelijk gemaakt kan worden dat de werkelijkheid voor het specifieke product (of gebouw) hiervan zal afwijken. Een voorbeeld is het voorzien hergebruik, waarbij er een zeer goede garantie moet worden geboden dat dit in de toekomst daadwerkelijk zal gaan plaatsvinden, bijvoorbeeld door een terugnamegarantie.

De impact in de toekomst is zeker lager

Toch is de stelregel, dat er niets over de toekomst is te zeggen, onjuist. Met een nagenoeg 100% zekerheid kan verondersteld worden dat de milieu-impact van vrijwel alle processen en producten in de toekomst lager zal zijn dan in de huidige situatie. Dit is alleen al aannemelijk door de met strenge Europese en nationale spraken afgedwongen CO_2-reductie (vergroening van de elektriciteitsmix, ETS-afspraken in relatie tot CO_2-beprijzing). Bij de ontwikkeling van de milieuverklaring van de energiedrager elektriciteit t.b.v. de WLC-GWP wordt hier wel rekening mee gehouden. Hier is gekozen voor een nationaal reductiescenario van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) dat ook wordt gebruikt voor formulering van het klimaatbeleid. Voor de CO_2-emissiefactor van de energiedrager elektriciteit aan het einde van het scenario in 2035 is een reductie van 47% berekend t.o.v. 2025, en wordt het niveau van het laatste jaar vastgehouden tot 2050 (en verder). De invloed van de genoemde Europese en nationale afspraken leidt naar verwachting tot een autonome ontwikkeling in de reductie van de MKI, d.w.z. een ontwikkeling die plaatsvindt naast duurzamere keuzes van producenten. De impactreductie als gevolg van de autonome ontwikkeling zal bijdragen aan de doelstellingen in 2050 (95% CO_2-reductie). Deze bijdrage kan gekwantificeerd worden door de schatting dat de autonome ontwikkeling een MKI-reductie oplevert van ongeveer 3% per jaar. De reductie van de CO_2-uitstoot is hieraan gekoppeld. Dit betekent, t.o.v. 2025, een impactreductie van 26% in 2035, die ook voor 2050 geldt als dit niveau vastgehouden wordt. Indien de trend gelijkmatig doorzet, kan een impactreductie van meer dan 50% bereikt worden in 2050. De overschatting die plaatsvindt zonder rekening te houden met de autonome ontwikkeling heeft een relevante invloed op de resultaten en daarmee de sturing. Dit geldt in fasen B, C en D:

1. Overschatting impact in de gebruiksfase (modules in fase B)
   Zeker bij de vervangingen die verder in de toekomst liggen, zullen er ofwel dezelfde producten met een lagere impact, ofwel andere duurzamere producten worden toegepast. De overschatting van impact speelt minder bij langcyclische producten die weinig vervangingen kennen (bijvoorbeeld metselwerk) of zelf helemaal niet vervangen hoeven te worden (bijvoorbeeld het casco). Hierdoor worden de producten ongelijk beoordeeld. Zo worden producten waarbij de impact met name in fase B ligt (door veel vervangingen), benadeeld ten opzichte van producten waarbij de impact vooral in fase A ligt.
2. Overschatting impact in de sloopfase (modules in fase C)
   De sloopfase vindt plaats aan het eind van de gebouwlevensduur en dus ver na 2050. Rekening houdend met een autonoom afnemende impact zullen de lasten in fase C

minder laag kunnen zijn dan nu wordt aangehouden. Verwerkingstechnieken kunnen verbeteren, ook met betrekking tot uitgebreidere mogelijkheden tot hergebruik en hoogwaardige recycling, die nu nog niet voorzien worden.

3. Overschatting impact van baten in module D
   Baten in module D kunnen op verschillende momenten in de tijd aan de orde zijn: in relatie tot het bouwafval, in relatie tot de producten die vrijkomen bij vervangingen en in relatie tot de producten die vrijkomen bij de sloop. Verkleining van toekomstige impact betekent dat de werkelijke milieubaten die in module D tot uitdrukking komen, kleiner zijn dan ze nu berekend worden. Bij de huidige berekening van milieubaten gaat het om de uitgespaarde toekomstige impact van gelijksoortige producten. Deze substitutievraag speelt bij zowel verbranding, recycling als hergebruik.

De overschatting van baten in module D versterkt het Kritiekpunt 'Compensatie lasten fase A' mogelijk (zie paragraaf 3.1).

Samenvattend: Kritiekpunt 'Overschatting baten'
De huidige impact van materialen is ook de basis voor modelleren in de toekomst, terwijl vrijwel zeker is dat de impact van processen in de toekomst lager zal liggen. Dit komt bijvoorbeeld door decarbonisatie van de energiemix en andere afspraken, waardoor productie die veel energie vergt minder impact zal maken in de toekomst. Impact van productvervangingen en mogelijk ook het sloopproces (in fasen B en C) zal te hoog worden ingeschat, terwijl baten in D door uitgespaarde productie (bij hergebruik, recycling en ook verbranding) consequent te hoog worden berekend.

3.2.2 Beschouwing op Kritiekpunt 'Verminderde prikkel secundaire grondstoffen'

In de vergelijkingsmatrix die in paragraaf 2.3.5 is besproken, kwamen verschillende mechanismen naar voren met betrekking tot het inputmateriaal (primaire en secundaire grondstoffen) en de EoL-scenario's (Stort, AVI, Recycling en Hergebruik). Deze mechanismen leiden tot een aantal prikkels, die verminderde sturing kunnen opleveren op de circulariteitsdoelen tot 2050.

<u>Secundair inputmateriaal bij Recycling en Hergebruik</u>
Zoals uit de vergelijkingsmatrix al duidelijk werd, is in geval van een EoL-Recyclingscenario alleen spraken van baten bij een grotere output dan input van secundair materiaal. Baten zijn dus kleiner bij een groter aandeel secundaire input, en leveren geen bijdrage aan een lagere totaalscore van de WLC-GWP, terwijl er twee keer een circulair proces wordt ingezet (bij de instroom en de uitstroom van de grondstoffen). Bij inzet van 100% secundair materiaal zijn de baten 0. Zo compenseert recycling van de outputstroom wel de hoge lasten van primair materiaal in fase A (module A1-3) maar stuurt dit niet op de inzet van secundair materiaal. In de praktijk wordt sturing op toekomstige recycling op verschillende manieren ingezet door producenten. Bij inzet van primair ingangsmateriaal wordt het recyclingscenario in module D dan met hoge baten gewaardeerd.
Bij het scenario Hergebruik compenseren de baten in beide gevallen de volledige productielasten in fase A. Bij de inzet van secundair inputmateriaal zijn de productielasten in fase A lager, en dus de baten in module D ook. Dit betekent dat bij de scenario's Recycling en Hergebruik er door module D geen prikkel is om secundair inputmateriaal in fase A te gebruiken. Dit vermindert de sturing op de circulariteitsdoelen tot 2050. En hierdoor vermindert het ook de sturing op de klimaatdoelen.

De verminderde prikkel richting toepassing van secundaire grondstoffen is afhankelijk van de mate waarin compensatie mogelijk is. Bij de huidige ongewogen optelling van de impact in de fasen A, B en C en module D (zie Kritiekpunt 'Compensatie lasten fase A' in paragraaf 3.1) is die verminderde prikkel zeker aanwezig.

Verbranding en Recycling/Hergebruik bij secundair hout
In het geval van secundair hout als inputmateriaal geeft het EoL-verbrandingsscenario (AVI) hogere baten dan het hergebruik- en recyclingscenario, doordat de substitutiebaten hoger uitvallen. Verbranden in AVI kan dan gunstiger zijn als scenario dan recyclen om een lage totale impact te halen. Dit leidt niet tot een prikkel voor productontwerpen die gericht zijn op hergebruik of recycling van grondstoffen. Het is echter onzeker hoe de verwerking in de toekomst daadwerkelijk uitgevoerd gaat worden.
Bovenstaande bevinding dient niet te worden toegepast op een situatie waarin nù secundair hout vrijkomt, en nu de keuze moet worden gemaakt tussen a) het secundaire hout verbranden en nieuw hout toepassen, en b) het secundaire hout opnieuw toepassen. In dit geval leidt het tot lagere lasten om dit secundaire hout opnieuw toe te passen. Dit komt doordat de productielasten in fase A (module A1-3) van secundair hout lager zijn dan van nieuw hout. Dit verschil weegt zwaarder dan de baten van verbrandingsproces.

Samenvattend: Kritiekpunt 'Verminderde prikkel secundaire grondstoffen'
De inzet van secundaire grondstoffen in combinatie met toekomstig hergebruik en recycling levert in module D minder baten op t.o.v. diezelfde combinatie bij de inzet van primaire grondstoffen. Producenten moeten echter hun processen op vergelijkbare manier inrichten om recycling of hergebruik mogelijk te maken. Het toepassen van het scenario Hergebruik kan een grotere vermindering van de totale lasten veroorzaken dan het toepassen van secundair inputmateriaal met een ander EoL-scenario. Dit geeft weinig prikkel voor de inzet van secundair materiaal.

Genuanceerd beeld voor sturing in de praktijk
Uit de gepresenteerde berekeningen in paragraaf 2.3.4 bleek dat bij referentiegebouwen met product-specifieke milieuverklaringen de productielasten in fase A verminderen. Ondanks het bovenstaande kritiekpunt lijken producenten dus op meerdere circulaire strategieën te sturen, zowel aan de input- als de outputzijde.

3.2.3 Beschouwing op Kritiekpunt 'Interpretatieruimte'

Naast de zekerheid van overschatting van de impact en de verminderde sturing op de beleidsdoelen, is er ook interpretatieruimte in de modellering van module D, wat de berekening minder 'hard' maakt dan de impact in de productiefase (fase A). De interpretatieruimte kan leiden tot (onbewuste) fouten, en afwijkingen in de wijze waarop LCA-opstellers de modellering in module D uitvoeren. Daarnaast kan ook sprake zijn van een veranderde werkwijze, bijvoorbeeld in de rekenregels die toegepast zijn. Zoals eerder genoemd is hier sprake van bij de wijziging in het wel of niet toepassen van lasten bij het verlies van secundaire materiaalstromen (per 1-1-2025; oude milieuverklaringen kunnen t/m 2029 toepasbaar zijn). Uit de gebouwberekeningen kwam naar voren dat zulke milieuverklaringen nog steeds worden toegepast. Er zijn milieuverklaringen aangetroffen met een publicatiedatum voor die tijd, waarbij lasten in module D ontstaan.

Afwijkende aanpak bij de modellering, dataverzameling en/of onderbouwing
De berekening van de prestatie op module D is complex, met een groot aantal en vaak lastig te doorgronden variabelen. Ook moeten aanzienlijk meer aannamen gedaan worden dan bij de andere fasen. Dit werkt (onbewuste) fouten, maar ook bewuste afwijkingen in de hand. Er kunnen bijvoorbeeld fouten worden gemaakt, en daarmee optredende verschillen tussen LCA-uitvoerders, in de keuzes van de grondstoffenequivalenten. Zo worden producten met verschillen in samenstelling vaak gelijk behandeld (bijvoorbeeld legeringselementen in metalen zoals aluminium en roestvrij staal). De vraag is of er wel sprake is van "een oneindige loop" als dit soort materialen in de praktijk alleen in toepassingen met steeds meer andere legeringselementen terecht kunnen komen. Een

ander voorbeeld is de omgang met kwaliteitsfactoren. De kans op onderlinge verschillen in de modellering is groot, met name ook tussen oude en nieuwere LCA's.

Wijziging in LCA in omgang met secundaire input en output

Recent is een verandering toegepast in de LCA-berekening, zodat er bij verlies van secundaire materialen (grotere input dan output) geen lasten meer gedeclareerd worden in module D. Het verdwijnen van secundaire materialen ontstaat bijvoorbeeld bij het veel toepassen van secundair materiaal in het product, waarbij aan het eind van de levensduur een deel van dit secundair materiaal uit de kringloop verdwijnt omdat het na een aantal rondes hergebruik kwalitatief te veel heeft ingeleverd. In de oude situatie leverde het verdwijnen van secundaire materialen een last op in module D, waardoor een prikkel ontstond om minder secundair materiaal toe te passen als inputstroom. De oude sturingsmanier zal waarschijnlijk nog aanwezig zijn in een deel van de milieuverklaringen in de NMD, ook bij de in deze studie gebruikte categorie 3-producten.

Benutting van interpretatieruimte

Bij module D is er veel interpretatieruimte (vanwege de aannames en de complexiteit), waardoor er bij dezelfde set rekenregels (fors) afwijkende resultaten kunnen ontstaan. De ervaring leert dat die meestal in het voordeel van de producent of branche worden ingevuld. Dit is op zich toegestaan, mits men binnen de interpretatieruimte blijft. Wel kan de situatie ontstaan dat bepaalde impact nergens wordt gealloceerd. Een voorbeeld hiervan betreft het vrijkomen (in de staalsector) en benutten (in de betonsector) van hoogovenslakken.

Het benutten van de interpretatieruimte kan verschillen in de berekening van module D veroorzaken, en leiden tot grotere baten in module D. Deze producten kunnen door de aanwezige interpretatieruimte hun totale lasten verminderen. Deze interpretatieruimte is er niet in fase A, waar verlaging van lasten aantoonbaar plaats moet vinden.

Voor een gelijkwaardige beoordeling van materialen onderling, ook binnen dezelfde productgroep, is het minimaal nodig dat er per productgroep strikte(re) PCR's worden opgesteld. Maar ook dient er aandacht te zijn voor verschillen tussen PCR's onderling, omdat materialen bij verschillende productgroepen ingezet worden en dan ook op gelijke manier behandeld en meegenomen dienen te worden.

Ook op andere manieren blijkt een grote mate van interpretatieruimte, bijvoorbeeld bij de allocatie van de impact van het opwerken van materiaal: eenduidige gegevens over impact van opwerkprocessen ontbreken geregeld, en vaak is onduidelijk wanneer het einde-afvalpunt bereikt wordt. Dit is niet altijd goed gedefinieerd en er wordt door LCA-opstellers ook verschillend over gedacht. Het risico bestaat dat milieulasten van verwerkings- en/of opwerkprocessen in verschillende milieuverklaringen niet in dezelfde modules wordt meegenomen (in fase C of module D, of zelfs in module A van het volgende product in geval van opwerkingsprocessen).

Wanneer in de toekomst een andere variant dan de huidige manier wordt gekozen om module D mee te rekenen, zoals in hoofdstuk 4 beschreven, kan dit ook invloed hebben op de manier waarop allocatie plaatsvindt voor deze processen, en zo leiden tot onterechte verschillen tussen LCA's van vergelijkbare producten.

Zoals in paragraaf 2.1 beschreven is een van de mechanismen die specifiek door producenten kan worden ingezet, een terugnamegarantie. Dit leidt tot een hoog aandeel baten in module D. Producenten zullen recycling van hun producten binnen de interpretatieruimte moeten onderbouwen om baten te kunnen claimen in module D. Een

terugnamegarantie is hiervoor een sturingsmiddel. Het effect kan in de praktijk echter tegenvallen, wat in paragraaf 3.2.4 besproken wordt.

Ontwikkelingen EPD's

Door de activiteiten van onder meer Stichting NMD, door de aanwezigheid van een goed opgezet stelsel (de Bepalingsmethode) en door overleggen tussen erkend deskundigen[20] wordt binnen Nederland bij de LCA-uitvoerders nog enigszins op een vergelijkbare manier met module D omgegaan. Dat kan veranderen (verminderen) als in de toekomst ook EPD's geaccepteerd moeten worden die worden opgesteld conform de geharmoniseerde Europese standaard. Voor deze EPD's wordt geen aanvullende eis gesteld om te voldoen aan aanvullende regels die in Nederland zijn opgesteld voor EPD's om in de Nationale Milieudatabase (NMD) te worden opgenomen. Zo letten we in er in Nederland op dat module D niet groter kan zijn dan de milieubelasting in fase A1-3. In andere EPD's kan dit wel gebeuren. Ook kan het voorkomen dat de baten in module D worden berekend op basis van het marktgemiddelde, ook als de milieubelasting daarvan hoog is ten opzichte van de productie (fase A) van het beschouwde product.

Samenvattend: Kritiekpunt 'Interpretatieruimte'
Fouten, verschillende interpretaties en aannames, veranderende manieren van werken en andere manieren van werken (buitenlandse EPDs) leiden tot verschillen in uitkomst van module D. Ook roepen de resultaten vragen op met betrekking tot de modellering van de inzet van hergebruikte producten en secundaire grondstoffen, en hoe omgegaan wordt met de kwaliteitsfactor en het grondstoffenequivalent. Deze vragen spelen zowel bij generieke (categorie 3) als product-specifieke (categorie 1) milieuverklaringen.

3.2.4 Beschouwing op Kritiekpunt 'Onzekerheid toekomst'

De andere factor die de berekening minder 'hard' maakt dan de impact in de productiefase (fase A), is de onzekerheid of de EoL-scenario's daadwerkelijk plaats zullen vinden zoals gemodelleerd, en dus of de baten in module D werkelijk verzilverd zullen worden.

Onzekerheid neemt toe met de jaren

Bij fase A gaat het om de producten en processen van nu, en zal de werkelijke milieu-impact goed gemodelleerd kunnen worden op basis van beschikbare data en rekenregels. Vanaf fase B gaat het over de toekomst, waarbij de sloop van het gebouw 50 jaar (of verder) in de toekomst ligt. Bij module B4 wordt verondersteld dat de vervangingen over de gehele gebruiksfase met dezelfde producten (en productielasten in fase A) als de initiële producten zullen plaatsvinden. Naarmate de tijd vordert is dat steeds minder aannemelijk, omdat door innovatie en nieuwe inzichten andere producten ontstaan of wenselijker geacht worden om toe te passen. Fase C vindt bijna zeker in de verre toekomst plaats; de demontage, transport en verwerkingsprocessen zullen over tientallen jaren anders zijn dan de processen van nu. Deze laatste worden echter wel als scenario gehanteerd. Bij biobased producten hebben we ook te maken met verschuiving van de impact van fase A naar fase C door de -1/+1 regel voor de berekening van de opname (-1) en emissie (+1) van tijdelijk vastgelegde koolstof en het bijbehorende grote aandeel verbranding (in AVI) als EoL-scenario, zoals bleek uit de gebouwberekeningen. In de toekomst kan het aandeel verbranding veel kleiner worden ten gunste van hergebruik.

Hoe verder weg in de toekomst, hoe meer de aangehouden scenario's zullen afwijken van de werkelijkheid. Voor scenario's die in module D worden gemodelleerd geldt dit ook. Een

[20] Erkend LCA-deskundigen zijn door Stichting NMD erkend als deskundig en toetsen de LCA's voor milieuverklaringen van categorie 1 en 2.

systeem van terugname zal bijvoorbeeld pas over geruime tijd van toepassing zijn voor het nu geproduceerde product, zodat niet met zekerheid gezegd kan worden hoe effectief de producent de terugname en hoogwaardige nieuwe inzet tegen die tijd zal kunnen uitvoeren. Tegelijkertijd zal ook de gebruiker van de producten (of: de sloopuitvoerder) daadwerkelijk in de toekomst de materialen op de juiste manier moeten loshalen uit het gebouw en bij de leverancier terugbrengen. Dat dit gebeurt zoals nu voorzien, is hoogst onzeker. De kans is aanwezig dat er onterecht gerekend wordt met hoge baten.

Hergebruik en hoogwaardige recycling als 'nieuw' thema

Hoewel er veel over hergebruik en recycling wordt gesproken is vooral (hoogwaardig) hergebruik van producten een betrekkelijk nieuw thema. Echt ontwerpen op hergebruik (product- en gebouwniveau) gebeurt nog beperkt. Vergeleken met een andere circulaire strategie zoals productlevensduurverlenging, waarmee aanzienlijk meer ervaring is, moeten bij hoogwaardig hergebruik nog grote stappen gezet worden. Te verwachten is dat er richting de toekomst juist aan het thema hergebruik en hoogwaardige recycling een essentieel andere invulling gegeven zou kunnen worden, zeker als hier een goede monitoring voor plaats zou vinden en duidelijker sturing op zou komen. Een aantal producten waar op dit moment nog een laag percentage hergebruik en hoogwaardige recycling aan wordt toegeschreven, zou hier in de toekomst sterk op kunnen verbeteren, zeker als de voorwaarden voor hergebruik nu al in het gebouw zijn vastgelegd. In dit geval zou er juist met een onterecht lage baat in module D gerekend worden.

Aandachtspunten bij 'bewezen' kringlopen

Baten in module kunnen worden toegekend op basis van 'bewezen' kringlopen, bijvoorbeeld voor metalen zoals staal of aluminium. Dit soort kringlopen worden in LCA-berekeningen in andere gevallen ook toegepast in het geval dat er een aantoonbaar werkend (retour)systeem zal zijn op het moment van afdanking. Het is onzeker in hoeverre dit terecht is, en in voldoende mate rekening wordt gehouden met toenemende vervuiling en kwaliteitsverlies bij elke recyclingstap. Ook moet het stimuleren van bewezen kringlopen niet ten koste gaan van innovaties die op korte termijn een impactreductie opleveren.

Samenvattend: Kritiekpunt: '*Onzekerheid toekomst*'
Er is onzekerheid over wat er in de toekomst daadwerkelijk zal gebeuren, vergeleken met de gehanteerde EoL-scenario's. Hoe verder weg die toekomst is, hoe onzekerder de uitkomst. In de gebouwberekeningen is te zien dat fase C en module D altijd, en fase B grotendeels na 2050 plaatsvindt. De onzekerheid van niet-verzilverde baten is groter als het aandeel baten in D t.o.v. de totaalscore WLC-GWP belangrijker wordt. Ook worden randvoorwaarden zoals losmaakbaarheid in het gebouw, essentieel voor hergebruik en hoogwaardige recycling, niet meegerekend. Baten worden om die redenen mogelijk te hoog ingeschat. Dit heeft ook effect op de mate van compensatie die optreedt t.o.v. de lasten in fase A.

4 Opties voor de inpassing van module D

4.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 en 3 is ingegaan de eerste onderzoeksdoelstelling en dat is: *'Antwoord op de vraag of en hoe de huidige inpassing van module D in de voorgestelde WLC-GWP-rekenmethode bijdraagt aan het realiseren van nationale (beleids)doelen in de bouwsector.'* Geconstateerd is dat de in hoofdstuk 1 geïnventariseerde kritiekpunten in mindere of meerdere mate terecht zijn.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de tweede doelstelling van dit onderzoek: het *opstellen en uitwerken van een aantal verschillende varianten voor de inpassing (weging) van module D in de WLC-GWP.* Daarbij worden de gevolgen en de voor- en nadelen van deze varianten geanalyseerd, met name in relatie tot het behalen van beleidsdoelen op het gebied van klimaatverandering en circulariteit. Deze varianten zijn te bezien in relatie tot toekomstige prestatie-eisen aan de WLC-GWP, en ook aan de MPG-bepalingsmethode en -eisen.

Bij de verkenning van oplossingsrichtingen is het goed om de verbeterpunten helder te hebben. Gezien de constateringen dat alle kritiekpunten aan de orde zijn, zijn de kritiekpunten als uitgangspunt voor een verkenning van oplossingsrichtingen gebruikt. In paragraaf 4.1.1 staat een overzicht van de kritiekpunten met de bijbehorende bevindingen uit hoofdstuk 2 en 3. Bij de verkenning van oplossingsrichtingen is zo goed mogelijk aangesloten bij het handelingsperspectief van het ministerie van BZK. In paragraaf 4.1.2 wordt kort op de verschillende opties bij het handelingsperspectief ingegaan. Op basis van dit handelingsperspectief is bij de oplossingsrichtingen onderscheid gemaakt naar opties die gerelateerd zijn aan een aangepaste weging van de fasen A, B en C en module D (paragraaf 4.2) en opties die gerelateerd zijn aan een wijziging in de berekening van de module D-score zelf (paragraaf 4.3). In paragraaf 4.4 zijn de samenvattende conclusies beschreven.

4.1.1 Overzicht kritiekpunten

In Tabel 7 zijn de kritiekpunten kort herhaald, waarbij de indeling uit hoofdstuk 1 is aangehouden. Onder Tabel 7 is de in hoofdstuk 3 beschreven uitwerking van de kritiekpunten in samengevat. Dit is gedaan om hoofdstuk 4 zelfstandiger leesbaar te maken.

Tabel 7 Kritiekpunten op module D

Kritiekpunt	Toelichting
Kritiekpunten Beleidssturing (weging module D in WLC-GWP en MPG)	
Afwijkende tijdshorizon	De doorwerking van module D is vrijwel geheel na 2050 en valt daarmee buiten de tijdshorizon van de beleidsdoelen.
Compensatie lasten fase A	Door de gelijkwaardige optelling van de uitkomsten van fasen A-C en module D kunnen hoge baten in module D hoge lasten in fase A compenseren. Hoge lasten in fase A zijn ongewenst omdat die lasten juist wel binnen de tijdshorizon van de beleidsdoelen vallen.

Kritiekpunten Methode (berekening van de module D-score)	
Overschatting baten	De modellering gaat niet uit van de zekere afname van de impact bij de processen in de tijd. De baten door het uitsparen van processen bij de scenario's Hergebruik en Recycling worden daarmee overschat.
Verminderde prikkel secundaire grondstoffen	De modellering bij module D vermindert de prikkel om secundaire grondstoffen als circulaire strategie toe te passen. De compensatiemogelijkheid versterkt dit.
Interpretatieruimte	Bij module D is er veel interpretatieruimte, veroorzaakt door complexe modellering en aannames. Dit leidt tot fouten en verschillen in werkwijze van LCA-uitvoerders.
Onzekerheid toekomst	De baten in module D worden aan de hand van moeilijk te voorspellen scenario's berekend. Het is onzeker of deze scenario's daadwerkelijk worden toegepast, en de hoogte van de berekende baten correct is.

Kritiekpunt 'Afwijkende tijdshorizon'

Het meest basale kritiekpunt is dat module D nauwelijks of geen bijdrage levert aan de door nationale beleidsdoelen op het gebied van klimaat en circulariteit voor de periode tot 2050. De reden hiervoor is omdat de doorwerking van module D vrijwel altijd plaatsvindt na die tijd. Dit wordt ondersteund door de gebouwanalyse in hoofdstuk 2. De bijdrage van fase C, en het grootste deel van fase B, vindt ook plaats na 2050. Module D levert dus geen directe effectieve bijdrage aan de doelen tot 2050. Met module D wordt wel op de klimaat- en circulariteitsdoelen op langere termijn gestuurd.

Kritiekpunt 'Compensatie lasten fase A'

De ongewogen optelling van de fasen A, B en C en module D leidt ertoe dat gecompenseerd kan worden. Zo maken hoge baten in module D, hoge lasten in fase A mogelijk. Deze lasten in fase A vinden plaats op de korte termijn, en dragen contraproductief bij aan de klimaatdoelen tot 2050.
In hoofdstuk 2 is berekend dat toepassing van product-specifieke milieuverklaringen een groter aandeel van module D kan geven op gebouwniveau. Het is mogelijk dat het aandeel baten in de toekomst stijgt, bijvoorbeeld door meer toepassing van product-specifieke milieuverklaringen. Gebouwberekeningen laten een stijging zien van 2-16%punt (tot maximaal 28%) van het aandeel baten aan de totaalscore. In deze berekeningen bleken ook de lasten in fase A kleiner te worden. In de praktijk kan dit anders uitpakken als er bij een verlaging van de totale impact meer producten in een gebouw toegepast gaan worden.

Overige kritiekpunten

De andere vier kritiekpunten, 'Overschatting baten', 'Verminderde prikkel secundaire grondstoffen, 'Interpretatieruimte' en 'Onzekerheid toekomst' verhinderen de bepaling van een representatieve bijdrage van module D. Dit wordt veroorzaakt door verschillende zaken:

- 'Overschatting baten'
  De impact die in de toekomst zal worden gemaakt, wordt overschat, doordat niet met een zekere afname in de impact wordt gemodelleerd. Daarmee worden baten in module D ook overschat;
- 'Verminderde prikkel secundaire grondstoffen'
  Wat betreft de sturing op circulariteitsdoelen is uit hoofdstuk 2 gebleken dat de opzet van module D een prikkel geeft om te kiezen voor een verwerkingsproces dat hoge baten geeft in het End-of-life (EoL) scenario. Tegelijkertijd geeft de opzet van module D geen prikkel om in te zetten op secundaire grondstoffen als ingangsmateriaal, omdat in de EoL-scenario's de baten in module D kleiner zijn dan bij inzet van primaire grondstoffen. Het gebruik van secundaire grondstoffen als circulaire strategie draagt echter bij aan de korte-termijn doelstellingen (tot 2050) op het gebied van circulariteit

en vermindert bovendien de lasten in fase A (bijdrage aan de klimaatdoelstellingen tot 2050);
- 'Interpretatieruimte'
  Door een grote mate van complexiteit en aannames ontstaat interpretatieruimte in de modellering van module D, en ontstaan verschillende werkwijzen bij LCA-uitvoerders. Hierdoor is er onzekerheid over de juistheid en reproduceerbaarheid van de resultaten;
- 'Onzekerheid toekomst'
  Doordat baten gemodelleerd zijn op processen die vaak ver in de toekomst pas plaats zullen vinden is er onzekerheid of de gehanteerde scenario's een juiste verwachting zijn. Om die reden is het ook onzeker of de hoogte van de berekende baten correct is.

4.1.2 Toelichting op het handelingsperspectief

Bij de eventuele bijstelling van de sturing op de beleidsdoelen is een aantal 'knoppen' te onderscheiden. De eerste twee betreffen de methode zelf. Gericht op het handelingsperspectief is het zinvol om onderscheid te maken naar methodische wijzigingen die betrekking hebben op het bouwwerkniveau en het productniveau.

Bouwwerkniveau ('knop': weging module D in WLC-GWP)

Op bouwwerkniveau hebben de lidstaten enige vrijheid om de bepalingsmethode voor de WLC-GWP volgens de nationale inzichten in te richten. Ook daarbij is een onderscheid te maken in:
- Weging en optelling van de scores van de fasen A, B en C en module D
  De lidstaten hebben de vrijheid om de gebouwfasen[21] in de levenscyclus naar eigen inzicht te wegen in de berekening voor de totaalscore voor WLC-GWP.
- Bepaling van de module D-score (op bouwwerkniveau)
  Hier vormt de Europese Bepalingsmethode EN 15978 de basis. De lidstaten hebben enige ruimte om hier gemotiveerd van af te wijken. Bij de Bepalingsmethode voor de WLC-GWP gebeurt dat al, zoals bij het bepalen van de vervangingsfrequentie.

Een wijziging in de methodische aanpak op bouwwerkniveau is praktisch eenvoudig door te voeren in de Bepalingsmethode WLC-GWP. In het verlengde geldt dat ook voor de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. Aandachtspunt daarbij is de invloed die het heeft op de uitkomsten van MPG-berekeningen. Een andere consequentie is het veranderende speelveld in de markt.

Productniveau ('knop': berekening module D-score)

Bij het bepalen van de module D-score op productniveau dient de Europese Bepalingsmethode EN15804 strikt gevolgd te worden. De lidstaten hebben hierbij geen vrijheid. De reden is dat de Construction Products Regulation (CPR) vraagt om een strikt geharmoniseerde methode. Dit maakt dat wijzigingen in de module D-score op productniveau alleen zijn door te voeren via een wijziging in de EN15804. Dit is een intensief en tijdrovend traject, vooral gezien de consequenties voor alle EPD's. Zijn er wijzigingen in de EN15804 dan moeten die vervolgens doorgevoerd worden in de Bepalingsmethode WLC-GWP (en MPG).

Het bovenstaande betreft een methodische wijziging. Daarnaast worden er bij de berekening uitgangspunten gehanteerd, zoals de forfaitaire levensloopscenario's. Hier is wel enige ruimte voor een nationale invulling. Een voorbeeld zijn de End-of-life-scenario's,

[21] Conform de EN15978 gaat het hier om de levensloopfasen A, B en C en de module D, waarin de impact buiten de levensloop is gealloceerd. Omdat het de weging tussen A, B, C en D betreft, zijn allen hier met de term fasen aangeduid. Een weging in de tijd is ook expliciet toegestaan.

waarbij er een nationale invulling is voor zowel de inhoud als de procesafspraken (o.a. hoe te updaten, of wanneer is afwijken toegestaan).

Buiten de methode WLC-GWP ('knop': flankerend beleid)
Dit onderzoek is gericht op een eventuele aanpassing van de Bepalingsmethode WLC-GWP (en in het verlengde de MPG). Hierboven zijn de inpassing van module D en de berekening van module D als 'knoppen benoemd. Bij oplossingen voor een effectievere sturing op de beleidsdoelen kan natuurlijk ook buiten de methode worden gezocht. Daarom is als derde 'knop' het flankerend beleid benoemd (paragraaf 4.2.3).

4.2 Opties voor weging van module D

Bij de Kritiekpunten Beleidssturing is in hoofdstuk 1 al aangegeven dat een gewijzigde weging van module D als een belangrijke oplossingsrichting wordt gezien. Daarnaast kan een gewijzigde weging ook invloed hebben op de relevantie van een aantal van de kritiekpunten, die als Kritiekpunten Methode zijn benoemd.
Met het oog op de Kritiekpunten Methode is het zinvol om niet alleen naar een andere weging van module D kijken, maar ook naar een wijziging van de weging van fasen B en C. Dit omdat enkele kritiekpunten ook voor deze fasen gelden. Het gaat dan om de overschatting van impact in de toekomst (baten in D, maar ook lasten in B en C) en de onzekerheid over de EoL-scenario's.

In paragraaf 4.2.1 is een aantal varianten voor een wijziging van de weging uitgewerkt. In 4.2.2 wordt ingegaan op de implementatie van die varianten. De bekeken wijzigingen kunnen als consequentie hebben dat de beleidssturing op bepaalde doelen onvoldoende verbetert of zelfs verslechtert. Daarom wordt er in 4.2.3 aandacht besteed aan flankerend beleid naast de sturing met de WLC-GWP (en MPG). Tenslotte staan in paragraaf 4.2.4 de consequenties per variant beschreven, waarbij gekeken is naar de mate waarin de variant een antwoord biedt op de kritiekpunten en naar een aantal praktische consequenties.

4.2.1 Varianten voor weging van module D (bouwwerkniveau)

In deze paragraaf is een aantal varianten voor een andere weging van module D in de WLC-GWP uitgewerkt. Bij een aantal daarvan is ook een gewijzigde weging van de fasen A, B en C verondersteld. Bij de selectie van de varianten is vooraf de volgende afbakening aangebracht:
- Conform de in paragraaf 4.1 aangegeven focus, worden in deze paragraaf alleen varianten, die een doorwerking hebben op de berekening op bouwwerkniveau beschouwd[22].
- Alleen varianten waarbij de invloed van module D minder groot wordt, worden beschouwd, omdat een zwaardere weging ertoe zou leiden dat de bestaande kritiekpunten op module D juist versterkt doorwerken;

Er worden alleen varianten beschouwd die aansluiten bij het basisprincipe van de WLC-GWP (en MPG), namelijk de levenscyclusbenadering. Dit betekent dat minimaal alle levensloopfasen A, B en C meegenomen moeten worden.

[22] Een dynamische LCA-berekening, waarbij de impact in de tijd afneemt, zou tot een lichtere weging van module D leiden (en tegemoet komen aan het Kritiekpunt 'Overschatting'). Maar omdat dit op productniveau doorwerkt, en dus Europees opgepakt zou moeten worden, is deze optie, hier niet als variant meegenomen.

De varianten zijn gebaseerd op twee keuzes: (1) het wel of niet meenemen van module D, en (2) de weging per fase. Binnen de bovenstaande afbakening heeft dit geresulteerd in 4 varianten op de huidige opzet van module D in de Bepalingsmethode WLC-GWP:

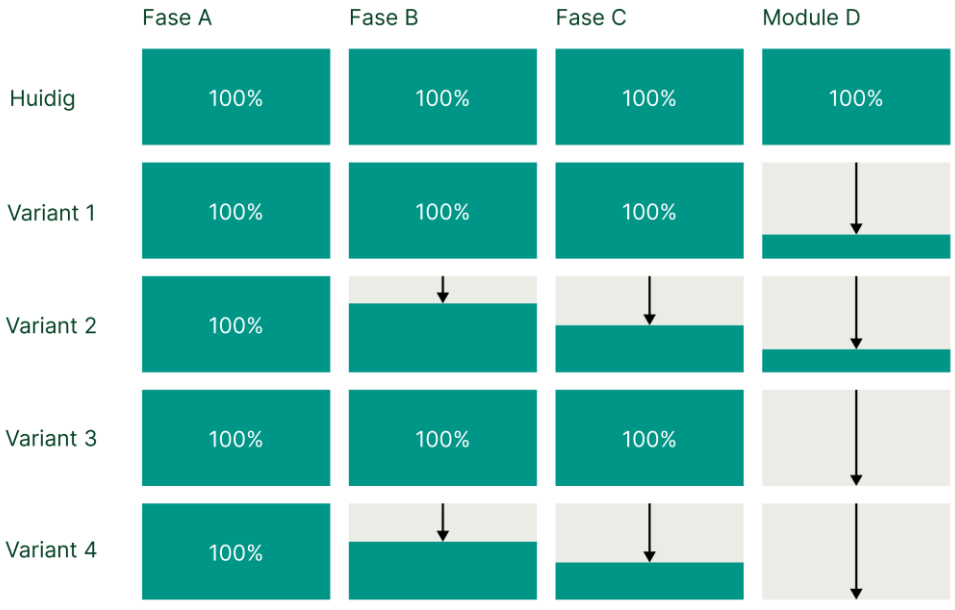
0. *Huidig: geen weging*
   Bij de huidige opzet worden de scores bij de fasen A, B, C en module D ongewogen opgeteld.

1. *Weging van alleen module D*
   Bij deze variant wordt module D met een lichtere weging meegenomen. Een voorbeeld is 100% voor fasen A, B en C en 25% voor module D.

2. *Lichtere weging van modules in B, C en D, met een verschillende weging per module*
   Bij deze variant wordt aan zowel de fasen A, B en C en module D een weegfactor toegekend. Fase A krijgt hierbij een weging van 100%. De fasen B en C en de module D krijgen een steeds lichtere weging, omdat de impact (baten en lasten) in de toekomst overschat wordt (zie kritiekpunt 'Overschatting baten') en omdat de onzekerheid over baten en lasten in de toekomst toeneemt. Een voorbeeld is 100% voor fase A, 75% voor fase B, 50% voor fase C en 25% voor fase D.

3. *Module D niet meenemen (weegfactor=nul)*
   Dit sluit aan bij variant 1, met als verschil dat module D een weging van 0% krijgt en waarbij impact in module D dus geheel niet meegenomen wordt in de score.

4. *Lichtere weging van modules in B en C + module D niet meenemen (weegfactor=nul)*
   Dit is een combinatie van de varianten 2 en 3. Een voorbeeld is 100% voor fase A, 60% voor fase B, 40% voor fase C (en module D: 0% en dus niet meegenomen).



Figuur 4-1 Visuele representatie van de huidige opzet en de vier geschetste varianten. Met de pijlen is een indicatie gegeven van een mogelijke afname in de weging, dit zonder dat de precieze afname is vastgesteld.

In Figuur 4-1 is een visuele representatie weergegeven van bovenstaande varianten. Ook de huidige situatie is opgenomen. Bij deze variant 'Huidig' worden de fasen A, B, C en

module D onderling niet gewogen, wat neerkomt op een weging van 100%. Voor alle varianten geldt voor fase A dat de weging 100% is.

Rekenvoorbeeld

In het rekenvoorbeeld wordt gerekend met weegfactoren zoals genoemd bij de varianten. In Tabel 8 wordt weergegeven in een rekenvoorbeeld (15M Woongebouw conventioneel, basisberekening) wat de getalsmatige uitwerking zou zijn van de 4 varianten op de materiaalgebonden bijdragen aan de WLC-GWP. Te zien is dat voor varianten 1 en 2 het relatieve aandeel van baten in module D (D1) afneemt van 14% naar respectievelijk 3% en 4%. De totaalscore WLC-GWP (materiaalgebonden) gaat in dit geval voor varianten 1 en 3 ruim 10% omhoog (van 10,1 naar 11,2 en 11,6 kg CO_2eq/m^2jaar); voor varianten 2 en 4 waarin ook fasen B en C een weging krijgen, is er een stijging van de totaalscore van 2% à 3% (van 10,1 naar 10,4 kg CO_2eq/m^2jaar). De impact in fase A wordt dominanter zichtbaar in de totaalscore naarmate er weging op meer fasen wordt toegepast en/of module D niet meegenomen wordt.

De energiegebonden bijdrage aan de WLC-GWP heeft voor dit gebouw een grootte van 9,1 kg CO_2eq/m^2jaar, wat betekent dat de relatieve bijdrage van de baten in D1 in de huidige opzet bijna halveert naar 8% van het totaal (van 19,2 kg CO_2eq/m^2jaar inclusief B6). Voor de varianten 1 en 2 vermindert de relatieve bijdrage van de baten in D1 aan het totaal (inclusief B6) naar 2%.

Tabel 8 Getalsmatige uitwerking van de varianten op de materiaalgebonden bijdragen van de WLC-GWP (in kg CO_2eq/m^2jaar).

Variant	Fase A	Fase B	Fase C	Module D1	totaal	D1 t.o.v. totaal
Huidig	9,3 (100%)	1,1 (100%)	1,2 (100%)	-1,5 (100%)	10,1	-14%
Variant 1	9,3 (100%)	1,1 (100%)	1,2 (100%)	-0,4 (25%)	11,2	-3%
Variant 2	9,3 (100%)	0,8 (75%)	0,6 (50%)	-0,4 (25%)	10,4	-4%
Variant 3	9,3 (100%)	1,1 (100%)	1,2 (100%)	(0%)	11,6	n.v.t.
Variant 4	9,3 (100%)	0,7 (60%)	0,5 (40%)	(0%)	10,4	n.v.t.

4.2.2 Implementatie van de weging

De varianten 1,2 en 4 betekenen dat er in de Bepalingsmethode WLC-GWP een weging moet worden toegevoegd. Dit betekent dat er weegfactoren (wegingspercentages) vastgesteld moeten worden. Het vaststellen van weegfactoren gebeurt binnen een beleidsmatig proces. Via deze weging kan gestuurd worden op de relatieve bijdrage van de verschillende levensfasen, en daarmee op de balans tussen korte- en lange-termijn doelstellingen. Er zijn twee hoofdbenaderingen om de weegfactoren te bepalen.

1. *Weegfactoren voor fasen B en C en module D*
   Bij deze implementatievorm wordt een set vaste weegfactoren vastgesteld voor fasen B en C en module D. Bij het vaststellen van de set kunnen inzichten meegenomen worden als de verwachte reductie van de impact in de tijd (Kritiekpunt: 'Overschatting baten'), de toenemende onzekerheid in de tijd over de eindeleven-scenario's (Kritiekpunt: 'Onzekerheid toekomst'), en mogelijk de modelleringsonzekerheid specifiek voor module D. Het vaststellen van de weegfactoren is een beleidskeuze.

2. *Tijdsafhankelijke weegfactor*
   Bij deze implementatievorm wordt de impact in de tijd verdisconteerd: impacts die verder in de toekomst liggen, krijgen een lagere weging. Hierdoor ontstaat een geleidelijke afname van de bijdrage van fasen B en C en module D. Hierdoor is het

effect vergelijkbaar met het effect bij de eerste benadering, waarbij de fasen en/of module D van een weegfactor worden voorzien.
De impact wordt hierbij per jaar bepaald en vervolgend gewogen opgeteld. Fase A wordt gekoppeld aan het bouwjaar en krijgt een weging van 100%. Voor fasen B, C en module D wordt de weging bepaald op basis van het moment waarop de impact optreedt. De levensduur van het product is hierbij een belangrijke parameter. Deze benadering is met name relevant als, naast module D, ook een weging van fasen B en C toegepast wordt. De verdiscontering in tijd kan ook op meerdere manier doorgevoerd worden:

a) Afname impact op basis KEV[23]
   Hierbij wordt de ontwikkeling voor de impact van elektriciteit (decarbonisatiepad), zoals beschreven in de Klimaat- en Energie Verkenning (KEV) aangehouden voor het vaststellen van een in de tijd toenemende reductie bij alle processen. Voordelen zijn dat de aanpak eenvoudig is en op basis van heldere uitgangspunten. Het updaten bij veranderende KEV-cijfers is ook eenvoudig. Een extra motief om voor deze variant te kiezen is dat hiermee meer consistentie komt in de WLC-GWP. In de bepalingsmethode is wel al voorzien in een verduurzamingspad (decarbonisatiepad) op basis van de KEV bij het energiedeel, maar niet bij het materiaaldeel. Een belangrijk nadeel is dat de KEV 10-15 jaar vooruitkijkt. Over het verloop na die periode zijn hierdoor geen gegevens beschikbaar.
b) Afname impact op basis ontwikkeling industrie
   Hierbij worden voor de belangrijkste materialen (o.a. staal, beton) en processen (transport) reductiepaden vastgesteld op basis van verwachte technologische en sectorale ontwikkelingen. Voor een studie voor het Lente-akkoord (CO_2-reductiepaden) is een dergelijke aanpak reeds uitgevoerd[24]. Het voordeel is dat de verduurzaming in de tijd nauwkeuriger/vollediger wordt meegenomen. Nadelen zijn dat de achterliggende inventarisatie en vertaalslag complex is en het up-to-date houden veel inspanning vraagt.

Vergelijking beide benaderingen

De vaste weegfactoren per fase of module bij de eerste benadering zorgen voor eenvoud in de berekening, terwijl de tijdsafhankelijke weging bij tweede benadering een meer accurate implementatie geeft in relatie tot de ontwikkelingen in de praktijk. Waar bij de eerste benadering de weegfactoren bij de inregeling (beleidsmatig) moeten worden vastgesteld, zullen de weegfactoren bij de tweede benadering het resultaat zijn van een verdisconteringsberekening. Die berekening wordt gebaseerd op de producten waarmee het gebouw wordt samengesteld en de bijbehorende momenten van impact, gecombineerd met een beleidskeuze van de wegingsafname per jaar. Bij beide routes zal meer nadruk komen op de impact in fase A, wat een bijdrage levert aan sturing op de beleidsdoelen tot 2050.

4.2.3 Flankerend beleid

Eerder is aangegeven dat module D (binnen de WLC-GWP en MPG) een minimale prikkel richting de korte-termijn beleidsdoelen geeft en slechts een beperkte prikkel richting de

[23] Bij afbakening van de varianten is aangegeven dat varianten waarbij ingegrepen wordt in de berekening op productniveau niet meegenomen zijn. Het gebruik van de KEV kan doen lijken of dit hier dan toch gebeurt. De tijdsverdiscontering vindt echter in de gebouwberekening plaats en moet niet verward worden met het gebruik van de KEV bij de in bijlage genoemde verbeteroptie, die doorwerkt op productniveau.

[24] Dit onderzoek is nog niet gepubliceerd.

lange-termijn grondstoffendoelen[25]. Als gekozen wordt voor een lichtere weging, dan wordt die prikkel nog kleiner.

De afname van de prikkel kan gecompenseerd worden door nog meer te investeren in flankerend beleid. Flankerend beleid kan de vorm krijgen van aanvullende prestatie-eisen, maar kan ook via meer faciliterende maatregelen. Met flankerend beleid kan een extra stimulans gegeven worden aan ontwerpkeuzes die bijdragen aan zowel de korte- als de lange-termijn doelstellingen.

- *Circulaire programma's*
  Te denken valt aan een intensivering van staand Rijksbeleid, zoals opgenomen in het Nationaal Programma Circulaire Economie, een extra investering in de programma's van het Transitieteam circulaire economie (industrieel bouwen / (toekomstig) hoogwaardig hergebruik) of stimuleren van het toepassen van Het Nieuwe Normaal (indicatoren zoals losmaakbaarheid en adaptief vermogen).
- *Inzet van hergebruikte producten vergroten*
  Het sluiten van de kringlopen aan de voorkant (inzet secundaire grondstoffen en toepassen hergebruikte producten) wordt binnen de WLC-GWP en de MPG wel gestimuleerd (doorwerkend in module A en niet in module D). De rijksoverheid zou ook bij deze strategie flankerend beleid kunnen inzetten voor een extra impuls. Voorbeelden zijn het attenderen op of waarderen van de optie 'onvoorzien' hergebruik binnen de MPG-berekening of een betere werking van de marktplaatsen faciliteren. Als hergebruik meer gemeengoed wordt, ontstaan er ook betere economische structuren en afzetmarkten voor zowel huidig als toekomstig hergebruik. Een aanbeveling bij het stimuleren van het sluiten van kringlopen is dat bekeken wordt of dit problemen oplevert voor andere sectoren. Dit is met name van toepassing op sectoren die op dit moment secundaire outputstromen uit gebouwen voor andere toepassingen gebruiken. Een voorbeeld hiervan is secundair betongranulaat als fundering in GWW-projecten. Als deze materiaalstroom terugvloeit naar de B&U, moet voor de GWW een andere oplossing gezocht worden, die qua impact wellicht ongunstiger is.
- *Meer sturen op circulaire randvoorwaarden*
  Met de nieuwbouw van nu bepalen we de mogelijkheden voor recycling en hergebruik in de toekomst. In de huidige voorziene toepassing van de WLC-GWP wordt ingezet op het volledig uitdenken van een specifieke vorm van hergebruik in de toekomst. De realisatie daarvan is onzeker: de toekomst is immers niet te voorspellen. Een alternatief is om in te zetten op het creëren van optimale randvoorwaarden in het bouwwerk voor recycling en hergebruik in de toekomst. Die randvoorwaarden zouden dan moeten worden meegenomen in de berekening voor de WLC-GWP (en MPG). Daarbij gaat het om indicatoren zoals losmaakbaarheid, kwaliteit van het bouwwerk voor een lange levensduur, standaardisering en herkenbaarheid, en deze (digitaal) vastleggen. Bij het opstellen van de LCA wordt wel getoetst op kenmerken die voor het product gelden (bijvoorbeeld dat het product losmaakbaar is), maar niet hoe die kenmerken zich manifesteren in het gebouw (bijvoorbeeld of het product ook losmaakbaar in het gebouw toegepast is).

[25] Dit wat betreft de prikkel bij het gebouwontwerp. Er gaat van de huidige inregeling van module D wel een indirecte prikkel uit richting de producent. Om onderscheidend te zijn ten opzichte van de concurrenten loont het om de productie en het proces zo in te richten dat hergebruik in de toekomst aannemelijk gemaakt kan worden.

4.2.4 Doorwerking per variant

In deze paragraaf wordt per variant aangegeven wat de diverse consequenties kunnen zijn als de variant wordt doorgevoerd. Hierbij is de huidige inregeling van module D als Variant 0 aangehouden. De benoemde consequenties zijn steeds onderverdeeld naar:

– Kritiekpunten Beleidssturing:
  Dit betreft de mate waarin gestuurd wordt op de beleidsdoelen. Dit is vooral gerelateerd aan de kritiekpunten 'Afwijkende tijdshorizon' en 'Compensatie lasten fase A'.
– Kritiekpunten Methode
  De overige kritiekpunten hebben betrekking op de wijze waarop de module D-score wordt bepaald. De aangegeven wijzigingen van die bepaling betreffen vooral het productniveau, waarvan is aangegeven dat die buiten het directe handelingsperspectief van het Ministerie van Binnenlandse Zaken valt. Wel kan het zijn dat deze kritiekpunten bij een andere weging minder zwaar doorwerken, door de verminderde invloed van module D.
– Praktisch
  Bij een eventueel besluit tot een wijziging in de bepalingsmethode WLC-GWP (en MPG) zullen de praktische consequenties meegewogen worden. Daarom is steeds kort op eventuele consequenties voor de diverse stakeholders ingegaan.

Variant 0: Huidig: geen weging

Kritiekpunten Beleidssturing

- De baten in module D treden grotendeels op na 2050 en dragen daardoor niet bij aan de beleidsdoelen tot 2050.
- Compensatie van hoge impact in fase A door baten in module D kan zelfs contraproductief doorwerken op de duurzaamheidsdoelstellingen.
- Er is wel een prikkel voor ontwerpkeuzen die circulariteit in de toekomst stimuleren. Deze prikkel is niet groot, vanwege de genoemde methodische kritiekpunten[26], waarbij het vooral gaat om het aannemelijk maken dat het hergebruik in de toekomst daadwerkelijk zal plaatsvinden
- Gezien de beperkte bijdrage aan de beleidsdoelen is flankerend beleid gewenst om zowel korte- als lange-termijndoelen te realiseren.

Kritiekpunten Methode

- Dit is de 0-variant, dus tegemoetkomen aan de kritiekpunten is niet aan de orde. De kritiekpunten zijn juist verbonden aan de huidige inpassing van module D.

Praktisch

- Dit is de 0-variant, dus praktische consequenties zijn niet aan de orde.

Variant 1: Weging van alleen module D

De hoogte van de weegfactor is bepalend voor de mate waarin de onderstaande consequenties zich voordoen. Hoe lager de weegfactor, hoe sterker het effect.

Kritiekpunten Beleidssturing

- De mogelijkheid om hoge lasten in fase A te compenseren met baten in module D binnen de berekening wordt kleiner. Hierdoor werkt de impact in fase A sterker door in de totaalscore, wat de sturing op korte-termijn klimaatdoelen versterkt.

[26] Wel is er een indirecte prikkel richting de toeleverende industrie om zich op een grotere recycling- of hergebruikspotentie te onderscheiden.

- De grotere invloed van fase A werkt ook door in de sturing op de korte-termijn circulaire doelen. Er is meer stimulans voor circulaire ontwerp- en materiaalkeuzen gericht op een lage score in fase A, zoals de keuze voor producten op basis van secundaire grondstoffen.
- De prikkel voor een ontwerp voor circulariteit in de toekomst wordt nog minder.[27] Door de methodische kritiekpunten is het effect van de prikkel op toekomstige circulariteit beperkt, en wordt hiermee nog kleiner. Het belang van flankerend beleid gericht op circulariteitsdoelen op de lange termijn wordt daarmee groter.

Kritiekpunten Methode

– Een lichtere weging van D betekent dat het Kritiekpunt 'Overschatting baten' minder relevant wordt. Dit omdat Module D gekoppeld is aan processen die verder in de tijd plaatsvinden (vervangingen in fase B en sloop in fase C).
– Ook andere kritiekpunten ('Onzekerheid toekomst' en 'Interpretatieruimte') werken minder sterk door als module D niet volledig wordt meegewogen.
- Voor fasen B en C blijven de bestaande aandachtspunten ongewijzigd, omdat die niet worden aangepast in deze variant. Dit kan een reden zijn om ook aandacht te besteden aan de verbeteropties in paragraaf 4.3 (of voor variant 2 of 4 te kiezen).

Praktisch

- Het toevoegen van een weegfactor aan de gebouwberekening is eenvoudig, met een beperkte inspanning voor het verwerken in de software en de validatie.
- Er zijn geen aanvullende data nodig en voor gebruikers van de (in de toekomst) gevalideerde rekeninstrumenten verandert er niets.

Variant 2: Lichtere weging van fasen B, C en module D, met een verschillende weging per module

De consequenties zijn deels afhankelijk van de implementatieroute die wordt gevolgd. Waar de consequenties bij de route 'tijdsafhankelijke weging' afwijken, wordt dit vermeld. Ook bij variant 2 geldt dat de hoogtes van de weegfactoren bepalend zijn voor de mate waarin de onderstaande consequenties zich voordoen.

Kritiekpunten Beleidssturing

- De consequenties zijn vergelijkbaar met die bij variant 1: een groter accent op fase A, maar een kleinere prikkel richting de lange-termijn doelen. Wordt gekozen voor de benadering 'tijdsafhankelijke weging', dan is het verloop meer geleidelijk, wat betekent dat het verfijnder ingeregeld kan worden en daarmee beter kan worden afgestemd op de gewenste beleidsdoelen.
- Een verschil met variant 1 is dat fase A een nog grotere relatieve bijdrage krijgt, doordat ook de bijdragen in fasen B en C kleiner worden. Er wordt dus nog meer op de korte-termijn doelen gestuurd.
- De prikkel voor een ontwerp voor circulariteit in de toekomst wordt nog minder dan bij variant 1. Dit omdat nu ook circulaire strategieën die doorwerken in fase B en fase C minder zwaar doorwegen in de score. Voorbeelden zijn de toepassing van producten met een lange levensduur (relatief lage score in B) en/of relatief schone verwerking (fase C).

[27] Omdat de milieubaten minder positief doorwerken, kunnen producenten zich minder goed onderscheiden op toekomstige recycling en hergebruik. Daar waar dit daadwerkelijk leidt tot een andere inrichting van het proces en de keten is dit ongunstig.

Kritiekpunten Methode

- Ook bij deze kritiekpunten zijn de consequenties grotendeels vergelijkbaar met die bij variant 1.
- De overschatting van de impact (Kritiekpunt 'Overschatting baten') wordt beter gecorrigeerd dan bij variant 1, omdat een weging ook bij de fasen B en C aan de orde is. Een met de tijd afnemende weging volgt de geleidelijke impactreductie nauwkeuriger dan statische weegfactoren, wat maakt dat er meer aan dit kritiekpunt tegemoet gekomen wordt dan bij variant 1.
- Doordat ook fasen B en C, die net als D in de toekomst liggen, minder zwaar doorwerken, wordt beter tegemoet gekomen aan het Kritiekpunt 'Onzekerheid toekomst'. De nadruk ligt nog meer op fase A, waar meer zicht is op wat er daadwerkelijk gebeurt.
- Bij het Kritiekpunt 'Interpretatieruimte' wijkt de verbetering nauwelijks af van die bij variant 1. Dit doordat in fase B en C de inregeling met de forfaitaire scenario's veel minder interpretatieruimte kent dan module D, en hier weinig extra winst wordt geboekt.

Praktisch

- Bij de implementatie van een statische weegfactor is er weinig inspanning van de instrumenthouders en de Stichting NMD nodig (verwerken in de software en validatie). De implementatie van een tijdsafhankelijke weegfactor betekent een ingrijpende aanpassing van de rekenmethodiek en hogere implementatielast.

Variant 3: Module D niet meenemen (weegfactor=nul)

Variant 3 kan gezien worden als een extreme versie van variant 1, wat dus ook geldt voor de consequenties.

Kritiekpunten Beleidssturing

- De compensatie van milieulasten in fase A met milieubaten in module D verdwijnt geheel.
- Fase A krijgt een nog groter accent, doordat de invloed van module D geheel verdwijnt. Er wordt dus nog meer op de korte-termijndoelen gestuurd. Dit betekent onder andere een nog grotere stimulans voor de toepassing van secundair materiaal.
- De prikkel in de vorm van milieubaten gericht op toekomstig hergebruik en recycling verdwijnt geheel. De wenselijkheid van flankerend beleid voor circulariteit, gericht op de lange-termijn doelstellingen, neemt toe.
- Producten, waarbij de milieubaten hoog zijn, zullen zich niet langer op deze baten onderscheiden. Toch zullen deze producten nog relatief goed scoren. Dit doordat hergebruik en recycling nog wel een positieve invloed hebben op de hoeveelheid te verbranden of storten materiaal en daarmee op de impact in de modules C3 en C4.

Kritiekpunten Methode

- De kritiekpunten op module D zijn vervallen omdat module D niet meegenomen wordt.
- De kritiekpunten, die ook doorwerken in fase B en fase C, blijven voor die fasen bestaan. Het is logisch die dan ook aan te pakken.

Praktisch

- De uitvoering is eenvoudig, met een minimale inspanning voor het verwerken in de software en de validatie (module D niet meenemen en eventueel apart weergeven).
- Voor de gebruikers van de (in de toekomst) gevalideerde rekeninstrumenten verandert er niets.
- Er komt minder druk op het LCA-stelsel. Dit omvat zowel het werk van de LCA-uitvoerders en -reviewers, als ook de druk op Stichting NMD. De vermindering van de druk ontstaat doordat de complexe modellering en bijbehorende dataverzameling niet

meer doorwerken in de WLC-GWP-score, en daarmee niet langer relevant zijn voor de toetsing aan de eisen. Er zal ook minder druk komen op de complexe LCA-vragen en -discussies die met name over module D gaan.

Variant 4: Lichtere weging van modules B en C + module D niet meenemen (weegfactor=nul)

Deze variant is een mix van de varianten 2 en 3, wat ook geldt voor de consequenties.

Kritiekpunten Beleidssturing

- De consequenties zijn grotendeels vergelijkbaar met die bij variant 3: compensatie via module D verdwijnt volledig, waardoor de prikkel voor circulariteit, gericht op de lange-termijn doelstellingen, vervalt.
- Doordat net als bij variant 2 ook de fase B en fase C minder zwaar wegen, zal de relatieve bijdrage in fase A nog groter worden dan bij 3. Dit betekent nog meer stimulans om ontwerpbeslissingen te nemen, die doorwerken in de verlaging van de impact in fase A, en daarmee bijdragen aan de korte-termijn klimaatdoelen en circulaire doelen. Dit onderen andere doordat de toepassing van secundaire grondstoffen en hergebruikte bouwproducten een extra impuls krijgt.
- Net als bij variant 2 is de keerzijde dat circulaire strategieën, die doorwerken in fase B (o.a. lange productlevensduur) en fase C (o.a. schone verwerking) minder zwaar doorwegen in de score.

Kritiekpunten Methode

- De kritiekpunten op module D zijn niet langer relevant. Doordat anders dan bij variant 3 ook bij fase B en C een lagere weging wordt toegepast, hebben verder in de tijd gelegen activiteiten een kleinere doorwerking. Dit betekent dat nog meer dan bij variant 3 tegemoetgekomen wordt aan het Kritiekpunt ‘Overschatting baten’ en het Kritiekpunt ‘Onzekerheid toekomst’. Hiermee wordt de robuustheid en de voorspelbaarheid van de berekening groter.

Praktisch

- De operationalisering van het niet meenemen van module D is eenvoudig (zie variant 3). De consequenties voor de uitvoering hangen af van de gekozen route gericht op de ongelijke weging bij de fasen A, B en C (zie variant 2).
- Andere praktische consequenties zullen vergelijkbaar zijn met die bij de varianten 2 (weging voor fasen B en C) en 3 (weglaten van module D).

4.3 Opties voor berekening van module D (productniveau)

De als Kritiekpunten Methode aangeduide kritiekpunten (‘Overschatting baten’, ‘Verminderde prikkel secundaire grondstoffen’, ‘Interpretatieruimte’ en ‘Onzekerheid toekomst’) hebben te maken met de wijze waarop de module D-score zelf bepaald wordt. Een lichtere weging van module D maakt dat de kritiekpunten in de uiteindelijke score wel minder zwaar doorwerken, maar leidt niet tot een correctere berekening van de module D-score zelf.

Bij de berekening van de module D-score op gebouwniveau worden de module D-scores van, alle in het gebouw toegepaste, producten bij elkaar opgeteld. Dit is een eenvoudige, ongewogen optelling. De Kritiekpunten Methode raken aan de wijze waarop die module D-score op productniveau worden vastgesteld. Hierbij 2 kanttekeningen:

- In paragraaf 4.1.2 is al aangegeven dat het aanpassen van de bepalingsmethode op productniveau (EN15804) alleen op Europees niveau kan gebeuren.
- Er is wel enige ruimte bij het vaststellen van de forfaitaire scenario’s, zoals de EoL-scenario’s.

- Er zijn al meerdere onderzoeken uitgevoerd en discussies gevoerd in relatie tot de technisch-inhoudelijke inrichting van module D. Dit onderzoek heeft niet als doel om dit over te doen.

Met deze drie kanttekeningen zijn er tijdens de uitvoering van het project oplossingen geïdentificeerd, die de kwaliteit van de berekening van module D, en daarmee de effectiviteit van de sturing door module D in de WLC-GWP (en MPG) zouden kunnen verbeteren.

In de onderstaande sub-paragrafen zijn een vijftal oplossingsrichtingen beschreven, waarmee aan de Kritiekpunten Methode tegemoetgekomen kan worden. Bij elke oplossingsrichting is een concrete aanpak benoemd. Naast de genoemde aanpakken kan ook gekeken worden hoe werkwijzes vanuit *Environmental Footprint* methodes ingezet kunnen worden.

4.3.1 Correctie voor de afnemende impact in de tijd

Er zijn meerdere opties waarmee, anders dan bij de huidige opzet, met de afnemende impact in de tijd (Kritiekpunt 'Overschatting baten') rekening gehouden kan worden. Hiermee krijgt de prestatie een betere aansluiting bij de werkelijkheid.

De eerste optie betreft de introductie van een weging tussen de fasen A, B en C en module D. Dit is een eenvoudige oplossing, waarbij de invloed van module D wordt verkleind doordat er bij het vaststellen van de prestatie op bouwwerkniveau een vorm van weging wordt toegepast. Deze verbeteroptie is reeds uitgewerkt via de in paragraaf 4.2 beschreven varianten. De tweede optie, die ingrijpt op de berekening van module D zelf, is hieronder uitgewerkt:

Oplossingsrichting 1: Correctie op zekere afname impact

Zoals in hoofdstuk 3 is toegelicht is de verduurzaming van processen in alle sectoren een zekerheid (de onzekerheid zit in de mate waarin de verduurzaming plaatsvindt). Dat geldt voor de toeleverende industrie, maar ook de transport- en bouwsector. Deels is het een doorwerking van de verduurzaming in de energiesector (elektriciteitsproductie), deels door afspraken in de sectoren zelf (zoals ETS). Deze ontwikkeling kan vertaald worden in reductiepaden.
Om op korte termijn tot een andere inpassing van module D te kunnen komen is het wenselijk, dat de in dit hoofdstuk geschetste varianten alleen een doorwerking hebben op het gebouwniveau en de berekening op productniveau ongemoeid laten. De doorwerking van de reductiepaden is nauwkeuriger te modelleren als de reductie al op productniveau meegenomen wordt. Gezien het CPR-acquis-traject is dit iets wat Europees opgepakt zou moeten worden (bijstelling van de EN15804).

Bij het vaststellen van de reductiepaden zijn er meerdere mogelijkheden. Hieronder zijn 2 mogelijkheden benoemd, en geconcretiseerd:

Aanpak – optie 1: Afname impact op basis KEV
Hierbij wordt de ontwikkeling voor de impact van elektriciteit (decarbonisatiepad), zoals beschreven in de Klimaat- en Energie Verkenning (KEV) aangehouden voor het vaststellen van een in de tijd toenemende reductie bij alle processen. Voordelen zijn dat de aanpak eenvoudig is en op basis van heldere uitgangspunten. Het updaten bij veranderende KEV-cijfers is ook eenvoudig. Een extra motief om voor deze variant te kiezen is dat hiermee meer consistentie komt in de WLC-GWP. In de bepalingsmethode is wel al voorzien in een verduurzamingspad (decarbonisatiepad) op basis van de KEV bij het energiedeel, maar niet bij het materiaaldeel. Een belangrijk nadeel is dat de KEV

10-15 jaar vooruitkijkt. Over het verloop na die periode zijn hierdoor geen gegevens beschikbaar.

Aanpak – optie 2: Afname impact op basis ontwikkeling industrie
Deze aanpak gaat nog een stap verder. Hier wordt voor de belangrijkste materialen (o.a. staal, beton) en processen (transport) geïnventariseerd wat de te verwachte ontwikkelingen zijn (vaak vastgelegd in eigen afbouwpaden). Op basis hiervan wordt een jaarlijks reductiepercentage vastgesteld. Voor een studie voor het Lente-akkoord (CO_2-reductiepaden) is een dergelijke aanpak reeds uitgevoerd. Het voordeel is dat de verduurzaming in de tijd nauwkeuriger/vollediger wordt meegenomen. Nadelen zijn dat de achterliggende inventarisatie en vertaalslag complex is en het up-to-date houden veel inspanning vraagt.

4.3.2 Onzekerheid en interpretatieruimte verminderen

Een deel van de kritiek (Kritiekpunt 'Interpretatieruimte' en Kritiekpunt 'Onzekerheid toekomst) heeft betrekking op het onbewust of bewust aanhouden van een toekomstbeeld met grote baten. Met de onderstaande verbeteropties wordt het risico verminderd dat er baten worden geclaimd waarvoor de kans klein is dat die in de toekomst gerealiseerd zullen worden.

Oplossingsrichting 2: Minder vrijheid bij modellering module D

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat de modellering ten behoeve van module D complex is, en er door de LCA-experts vele aannamen gedaan moeten worden. Interpretatiefouten en/of het bewust, mogelijk onterecht, benutten van de interpretatieruimte ligt op de loer. Belangrijk is dat de interpretatieruimte begrensd wordt via onder andere heldere instructies, goede voorbeelden (en mogelijk jurisprudentie). Een goed voorbeeld van het begrenzen van de ruimte betreft de recente update van de door Stichting NMD beheerde forfaitaire einde-levensduurscenario's (EoL).

Aanpak: Alleen forfaitaire EoL-scenario's toestaan
Een stap verder gaat het beperken van de modelleringsmogelijkheden. Dit heeft wel als nadeel dat het voor een producent lastiger wordt om zich op specifieke voordelen te onderscheiden. Een voorbeeld van een dergelijke beperking is een verplichting om altijd gebruik te maken van de door Stichting NMD beheerde forfaitaire EoL-scenario's. Als de producent een specifiek EoL-scenario wil gebruiken, dan zal deze bij de Stichting NMD aangemeld moeten worden, waarna deze wordt beoordeeld en bij goedkeuring als forfaitair scenario, in principe voor iedereen (met strikte criteria), beschikbaar komt.

Oplossingsrichting 3: Opnemen van voorwaardelijkheid verzilveren baten

Bij zowel de WLC-GWP als de MPG zijn de levensloopscenario's op productniveau leidend. Op basis van deze scenario's wordt de impact per module bepaald en in de milieuverklaring vastgelegd. Op bouwwerkniveau worden deze scenario's overgenomen, de context van het specifieke gebouw heeft geen invloed. Dit geldt bijvoorbeeld voor de productlevensduur, waarbij, onafhankelijk van het gebouw, altijd dezelfde waarde wordt gehanteerd. Voor een kozijn maakt het niet uit wat de detaillering is en of er bijvoorbeeld wel of niet een dakoverstek is. Ook bij hergebruik en recycling wordt geen rekening gehouden met de wijze waarop het product in het gebouw is toegepast. Een in potentie losmaakbaar en prima te hergebruiken product zal uiteindelijk niet hergebruikt worden als het product in het specifieke gebouw onlosmaakbaar is ingebouwd (bijvoorbeeld in het werk is gestort).

Dat de vastgelegde productscenario's niet te beïnvloeden zijn, is niet stimulerend voor een duurzaam gebouwontwerp. De 'knoppen' om bij de WLC-GWP of MPG aan te draaien beperken zich tot het type product (en dimensionering) en het aantal eenheden product. Bij de MPG is daar de 'knop' specifieke gebouwlevensduur aan toegevoegd, waarbij de default

gebouwlevensduur, bij bepaalde omstandigheden overruled mag worden met een specifieke levensduur.

Aanpak: Voorwaardelijkheid milieubaten opnemen
Ook bij het verzilveren van de milieubaten door hergebruik en/of hoogwaardige recycling zou een dergelijke voorwaardelijkheid ingebouwd kunnen worden. In de Milieuverklaringen wordt dan niet één einde-levensduurscenario (EoL) aangehouden, maar twee[28] (wel/niet aan voorwaarden voldaan) of zelfs een bandbreedte, waarbij bijvoorbeeld de losmaakbaarheidsindex bepalend is voor het aangehouden EoL-scenario, en daarmee de mate waarin de milieubaten verzilverd worden.

Oplossingsrichting 4: Introduceren van onderscheid naar 'bedacht' of 'onbedachte'

Bij het adaptief vermogen wordt soms onderscheid gemaakt in de 'bedachte' of de 'onbedachte' toekomst. Voorzieningen die worden getroffen voor een bedachte toekomst leveren vaak een extra impact op (lasten), terwijl de baten mogelijk nooit gerealiseerd worden. Ditzelfde risico bestaat bij voorzieningen gericht op toekomstig hergebruik (en hoogwaardige recycling).

- Gebaseerd op een bedachte toekomst
  Bij deze producten is recycling en hergebruik niet vanzelfsprekend. Er is een specifiek systeem opgezet, dat de recycling en hergebruik moet garanderen. Een voorbeeld is een terugnamegarantie. Onzeker is echter of dat over 50 jaar nog werkt. Denk aan gevallen dat het betreffende bedrijf failliet gaat, systemen veranderen waardoor producten niet meer passen, of andere eisen/behoeften.
- Gebaseerd op een onbedachte toekomst
  Er zijn producten/materialen, waarbij te verwachten is dat ze gerecycled of hergebruik worden onafhankelijk van wat de precieze ontwikkelingen zijn. Hierbij is te denken aan:
  - Producten/materialen, die toch wel hun economische waarde behouden. Bijvoorbeeld aluminium, waar met recycling een milieubelastend en dure processtap vermeden wordt, en die nu al goed te recyclen zijn.
  - Bij producten/materialen, die eenvoudig zijn om te werken zijn naar de oorspronkelijke grondstoffen. Hieruit kunnen producten gevormd worden, die voldoen aan de in die toekomst geldende eisen. Voorbeelden zijn metalen en kunststoffen (vooral polyolefinen).

Aanpak: Doorwerking onbedacht/bedacht in K-factor
Een praktische vertaalslag van de bovenstaande gedachte is het verschil in bedachte en onbedachte baten tot uiting te laten komen in de kwaliteitsfactor (K-factor). Ook bij de huidige opzet is de K-factor al de plek om de aannemelijkheid van het toekomstig hergebruik of hoogwaardige recycling in de waardering mee te nemen.

Oplossingsrichting 5: Begrenzen tijdshorizon module D

Een eenvoudige wijze om recht te doen aan het niet goed kunnen voorspellen van de verre toekomst is het begrenzen van de scope van module D.

Aanpak: Tijdsbegrenzing milieubaten module D
De begrenzing kan vorm krijgen door alleen de milieubaten, die binnen een bepaalde periode (vanaf de nieuwbouw tot bijvoorbeeld 30 of 40 jaar later) gerealiseerd worden, mee te nemen. Kanttekening is dat het tweede leven van de producten en materialen, die bij de sloop vrijkomen, dan niet gewaardeerd wordt. Ook deze optie heeft als effect

dat de invloed van module D kleiner wordt, wat weer een invulling is van ‘variant 1 – Module D lichter wegen’.

4.4 Samenvattende conclusies

De in paragrafen 4.2 en 4.3 beschreven opties verschillen in de mate waarin zij sturen op korte-termijn klimaatdoelen, lange-termijn circulariteit, en de robuustheid van de berekening. Alle wegingsvarianten leiden in meer of mindere mate tot een extra stimulans voor maatregelen gericht op de korte termijn. Hier tegenover staat juist een vermindering van de prikkel voor lange-termijn circulariteit.

In paragraaf 4.1.2 zijn drie ‘knoppen’ (in andere volgorde dan hieronder gepresenteerd) geïdentificeerd waaraan gedraaid kan worden. Hieronder is per ‘knop’ op hoofdlijnen aangegeven hoe dit uitpakt:

Knop 1: Weging van module D in WLC-GWP
In de WLC-GWP-berekening kan module D lichter gewogen worden, of niet meegenomen worden (weging van 0%). Dit kan als een vaste weegfactor of als een tijdsafhankelijke weging worden geïmplementeerd. Aangezien de tijdsafhankelijke kritiekpunten ook gelden voor fasen B en C, kunnen deze fasen optioneel ook lichter gewogen worden.
Lichter wegen van module D (en eventueel fasen B en C) verhoogt de sturing op de beleidsdoelen op de korte termijn. Naarmate de weging lichter wordt, vermindert tegelijk de prikkel om bij te dragen aan circulaire beleidsdoelen op de lange termijn.
Het niet meenemen van module D (varianten 3 en 4) is eenvoudig en leidt ertoe dat een belangrijk deel van de methodische kritiekpunten niet meer aan de orde is. Een nadeel is hier dat de prikkel voor lange-termijn circulariteit bijna geheel verdwijnt.
Een opmerking hierbij is dat deze prikkel in de huidige systematiek beperkt effectief en onzeker is: module D waardeert veronderstelde toekomstige circulariteit op basis van scenario’s op productniveau, maar heeft slechts een indirecte relatie met ontwerpkeuzes en randvoorwaarden (op gebouwniveau) die daadwerkelijk circulariteit kunnen bevorderen.

Knop 2: Flankerend beleid
Flankerend beleid kan worden ingezet om te compenseren voor een eventuele verminderde sturing op circulariteit op lange termijn (door een lichtere weging van module D). Een voorbeeld is het inzetten op randvoorwaarden in het bouwwerk voor hergebruik en recycling in de toekomst, zoals losmaakbaarheid, standaardisering en het vastleggen hiervan.
Ook kan flankerend beleid de effectiviteit van een lichtere weging op de beleidssturing op de korte-termijndoelen verhogen. Dit is mogelijk door flankerend beleid in te zetten dat bijdraagt aan de korte-termijndoelen, zoals het stimuleren van het nú toepassen van secundaire grondstoffen en hergebruikte producten.

Knop 3: Berekening module D-score
Het uitvoeren van een kwaliteitsverbetering van de berekening kan een vergelijkbaar kwantitatief effect hebben als de introductie van een lichtere weging. Module D zal voor de WLC-GWP voor de vermelding op het energielabel altijd uitgerekend moeten worden. Voor het draagvlak is het dan ook van belang dat de kwaliteit van de module D-berekening waar mogelijk wordt verbeterd. Een vijftal oplossingsrichtingen voor de methodische kritiekpunten wordt gevonden in een kwaliteitsslag van de modellering, voor wat betreft afnemende impact in de tijd en onzekerheden in de modellering.

Analyse van verschillende knoppen

De eerste twee ‘knoppen’ (weging van module D en flankerend beleid) liggen binnen het handelingsperspectief van het Ministerie van BZK. De derde ‘knop’ (berekening module D-score) zal echter voor een belangrijk deel op Europees niveau doorgevoerd moeten worden. Een Nederlandse aanpak voor het verkleinen van interpretatieruimte en de keuze voor Eol-scenario’s binnen de Product Category Rules (PCR’s) kan hierbij een startpunt zijn voor een bespreking op Europees niveau. Een kanttekening bij deze ‘knop’ is dat dit een set van verschillende, soms complexe, aanpassingen in de berekening van module D betekent. Dit vraagt een aanzienlijke inzet van betrokken partijen, en kost tijd om te implementeren.

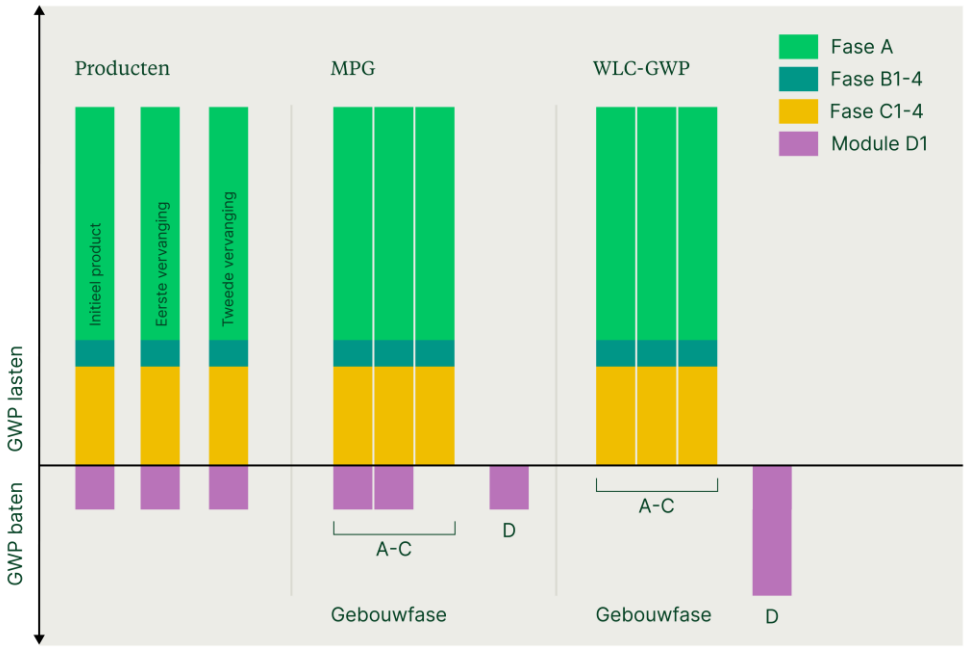
De keuze voor een variant is daarmee een afweging tussen beleidssturing op korte termijn, borging van circulariteitsdoelen op lange termijn, en de wens tot een aanpak van methodische kritiekpunten op de rekenmethode. De mogelijkheden die in dit hoofdstuk gepresenteerd zijn, geven weer hoe effectieve sturing aan de beleidsdoelen plaats kan vinden, en op welke manier deze sturing ingepast kan worden in de beschikbare instrumenten (waaronder WLC-GWP).

Bijlagen

Bijlage 1: module D en D1 in de Bepalingsmethode MPG en WLC-GWP

De impact in module D1 (D) wordt meegenomen in de bepaling van zowel de WLC-GWP en de MPG, en is opgebouwd uit verschillende baten en lasten. In de Bepalingsmethode MPG wordt hierover het volgende gezegd:
Module D is opgebouwd uit drie segmenten voor baten en lasten voor: substitutie van primaire materialen door materiaalbehoud (recycling en hergebruik), substitutie voor energieopwekking door geëxporteerde energie uit AVI en substitutie voor geëxporteerde secundaire brandstoffen. Er is sprake van baten in module D wanneer er netto secundaire grondstoffen worden doorgeven. Indien de netto output van secundaire stromen negatief is dan zal dit in module D gelijk worden gesteld aan 0. Module D bevat ook opwerkingsprocessen om het grondstoffenequivalent voor substitutie te bereiken vanaf het moment dat de einde afvalstatus bereikt is.

Een aandachtspunt voor de interpretatie van de resultaten voor WLC-GWP op gebouwniveau is dat de impact voor module D1 voor de WLC-GWP anders wordt berekend dan module D in de MPG. De rekenregels voor de MPG en de WLC-GWP verschillen wat betreft de allocatie van de product-impact van module D in het geval van vervangingen. Zoals genoemd bij de introductie van module D in paragraaf 1.3, vindt bij de MPG-berekening allocatie van de module D-bijdrage van het vervangen product plaats naar module B4 op gebouwniveau (dus binnen de fasen A-C), maar bij de WLC-GWP gaat deze bijdrage naar module D op gebouwniveau, in lijn met de EN 15978. Een illustratie hiervan is weergegeven in Figuur 0-1. Een voorbeeld: bij een gebouwlevensduur van 50 jaar en een productlevensduur van 15 jaar is het aantal vervangingen 2,33.



Figuur 0-1 Opbouw van de bijdragen van de productfasen van de kortcyclische producten en hun vervangingen (in kleur) naar de gebouwfasen A-C en naar module D in de MPG en

de WLC-GWP. De energetische component van de WLC-GWP is in deze illustratie buiten beschouwing gelaten.

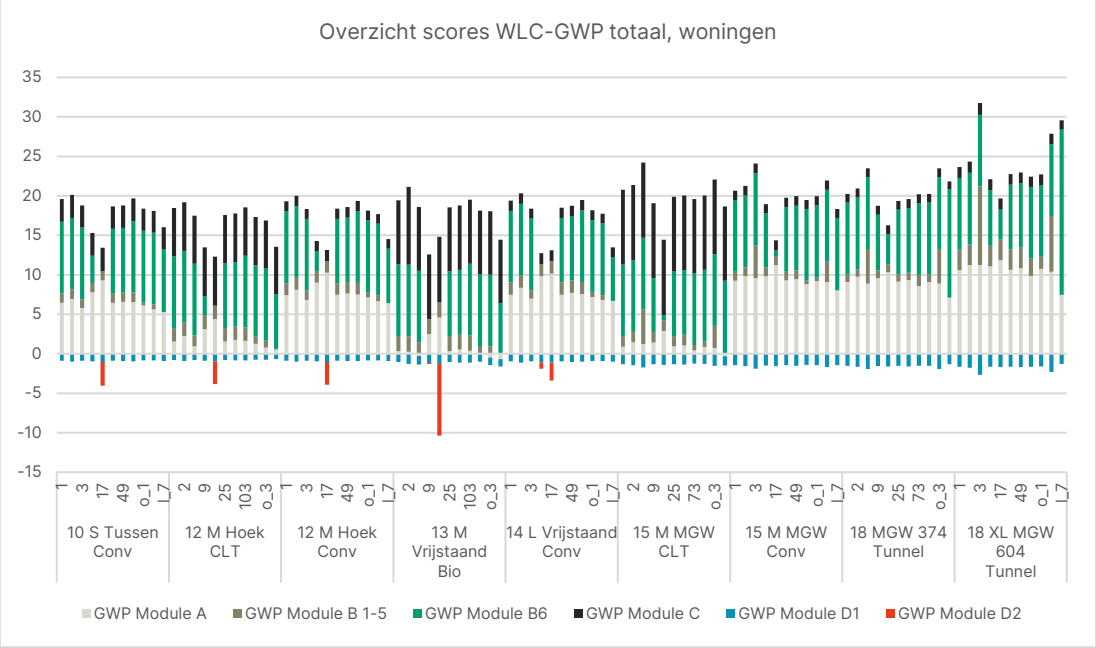
Als gekozen wordt voor producten met een relatief korte levensduur en een grote impact (in module D), betekent dit dat de bijdrage op gebouwniveau bij de WLC-GWP sterker doorwerkt in module D dan bij de MPG. De WLC-GWP-score voor module B4 op gebouwniveau wordt relatief hoog omdat de baten uit module D van de vervangingen hier niet meetellen. Om die reden kan het effect zijn dat de GWP-bijdrage van module D in de WLC-GWP relatief groter uitpakt bij dit soort producten dan bij MPG-resultaten met dezelfde gebouwinvulling. Het uiteindelijke aandeel van D op de totaalscore van de MPG is uiteraard afhankelijk van de effecten van andere milieu-impactcategorieën.

Bijlage 2: overige grafieken en tabellen

In de bijlagen staan grafieken en tabellen die resultaat zijn van het onderzoek, maar niet tot de kern behoren van de resultaten.

WLC-GWP op gebouwniveau, generieke milieuverklaringen

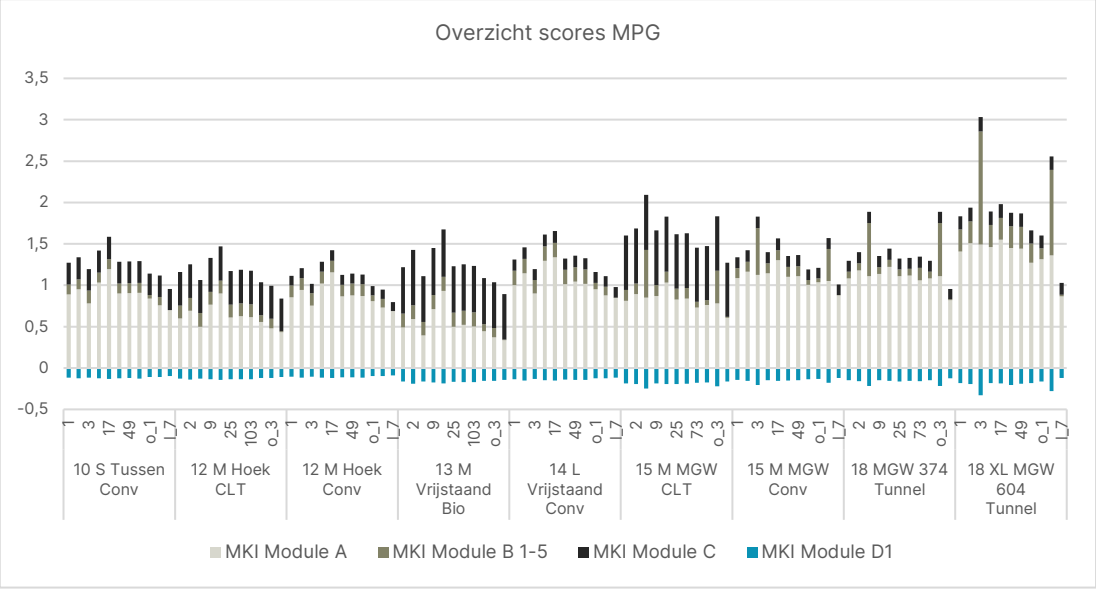
Voor alle beschouwde gebouwen is de uitsplitsing weergegeven per variant, waarbij de fasen die betrekking hebben op de materiaal- en het energiegebonden delen apart zijn weergegeven. Module B6 (toelevering van energie) kan een grote bijdrage hebben op het totaal. In sommige gevallen heeft ook D2 (geëxporteerde energie) een grote bijdrage. Dit speelt bij de maximale hoeveelheid PV, alleen voor grondgebonden woningen. De impact van baten in module D2 is groter dan de materiaalgerelateerde lasten van de additionele inzet van PV.



Figuur 0-2 Bijdragen van de verschillende materiaal- en energiegebonden fasen aan de totaalscore van de WLC-GWP. Per gebouw zijn telkens de 11 genoemde varianten naast elkaar weergegeven.

MPG woningen: materiaalgebonden bijdrage

In tegenstelling tot de WLC-GWP, kent de MPG-berekening alleen een materiaalgebonden bijdrage. Voor de geselecteerde varianten van de woningen is ook per fase de impact op de MPG-score bepaald, en weergegeven in de figuur hieronder.



Figuur 0-3 Bijdragen van de fasen aan de totaalscore van de MPG. Per gebouw zijn telkens de 11 genoemde varianten naast elkaar weergegeven.

De bijdrage van module D aan het totaal is bij de MPG gemiddeld -12%. Bij beschouwing van de trends in de bijdrage van module D aan de materiaalgebonden totaalscores gaan de WLC-GWP en de MPG redelijk gelijk op. Dit is van belang wanneer de inpassing van module D in de WLC-GWP ook voor de MPG wordt overwogen.

Producten met grote bijdrage (>0,5) op de totale WLC-GWP-score

Per gebouw (in de kolommen) zijn de producten geselecteerd die een grote absolute bijdrage aan de totaalscore van WLC-GWP hebben. Deze zijn hieronder weergegeven.

Funderingspalen, Stalen buispaal, 0% granulaat						1,25	1,56	1,54	1,54
Vrijdragende vloeren, kanaalplaat, pefab beton, incl isolatie eps RC4,0 AB-FAB	0,68	0,66	0,66	0,83	0,70				
Vrijdragende vloeren, kanaalplaat, prefab beton; AB-FAB	0,52		0,52		0,54				
Vrijdragende vloeren, breedplaat excl druklaag, 60mm; prefab beton; AB-FAB							0,65		
Vrijdragende vloeren. Betonhuis; druklaag breedplaatvloer; betonmortel C30/37, CEMIII incl wapening						0,95	0,95		
Vrijdragende Vloeren, Betonhuis; beton in het werk gestort,CEMIII; incl.wapening								1,47	1,47
Kruislings gelamineerde houten vloer, 5 laags						1,22			
Kruislings gelamineerde houten wand, 3 laags						0,55			
Spouwmuren, binnenblad, kalkzandsteen lijmblokken VNK	0,51								
Baksteenmetselwerk buitenwanden KNB		0,54	0,54		0,56				
Drievoudige beglazing					0,51				
Individuele warmtepomp Lucht-water, split-unit, R-135a, ondergrens	1,19	1,48	1,48	1,63	1,34	1,60	1,60	2,58	4,16
Individuele warmtepomp Lucht-water, split-unit, R-135a, bovengrens	2,34	2,59	2,59	2,87	2,51	2,30	2,30		5,10
Individuele warmtepomp water-water, ondergrens	0,93	1,04	1,04	1,09	0,90	3,35	3,35	5,38	8,69

Individuele warmtepomp water-water, bovengrens	1,55	1,61	1,61	1,72	1,49	5,31	5,31		12,20
Collectieve warmtepomp (water-water), individuele afleverset in de woning, ondergrens								0,60	
Collectieve warmtepomp (water-water), individuele afleverset in de woning, bovengrens									0,84
Boosterwarmtepomp (ingevoerd als kleine binnen-unit warmtepomp)						1,42	1,42	2,29	3,70
Voorraadvat 200 liter									0,69
Type D- balans ventilatie met wtw (exclusief kanaalwerk in de woning)									0,65
Zelf samengesteld product: Biobased hellend dak exclusief isolatie				0,51					
Biobased isolatie Houtvezel - Hellend dak Rc-waarde 6,3				1,16					
Biobased isolatie Houtvezel - Hellend dak extra isolatie (Rc =2,7) voor totaal Rc-waarde 9,0				0,64					
pv-panelen, hellend dak, inclusief alle toebehoren zoals omvormer, inverter, steunen, bekabeling	1,31	1,53	1,53	2,12	2,28	0,52	0,52		
pv-panelen, hellend dak, inclusief alle toebehoren zoals omvormer, inverter, steunen, bekabeling	2,79	2,77	2,77	4,21	2,63	1,94	1,94		
pv-panelen, plat dak, inclusief alle toebehoren zoals omvormer, inverter, steunen, bekabeling								1,22	1,22

Producten met grote bijdrage van D1 (>0,05) op de totale WLC-GWP-score

Per gebouw (in de kolommen) zijn de producten geselecteerd die een grote absolute bijdrage aan de totaalscore van WLC-GWP hebben. Deze zijn hieronder weergegeven.

Funderingspalen, Stalen buispaal, 0% granulaat						-0,28	-0,34	-0,34	-0,34
Fundatiebalken, betonhuis; beton, ihwg, C30/37 CEMIII; incl wapening+eps		-0,05	-0,05	-0,06	-0,05				
EPS isolatieplaten (Rc 3,5 - 4,0)				-0,06					
Vrijdragende Vloeren, Betonhuis; beton in het werk gestort,CEMIII; incl.wapening								-0,08	-0,08
Vrijdragende vloeren, breedplaat excl druklaag, 60mm; prefab beton; AB-FAB							-0,05		
Vrijdragende vloeren. Betonhuis; druklaag breedplaatvloer; betonmortel C30/37, CEMIII incl wapening						-0,05	-0,05		
Anhydriet gietvloer, zwevend op 20mm polystyreen (NBVG)								-0,05	-0,05
Kruislings gelamineerde houten wand, 3 laags						-0,07			
Buitenkozijnen, aluminium vast en/of draaiend, gecoat						-0,19	-0,19	-0,25	-0,18
Isolatieglas, dubbelglas, enkelzijdig veiligheidsglas, ongecoat, Bouwend Nederland Vakgroep GLAS	-0,06	-0,10	-0,10	-0,13	-0,14	-0,10	-0,10	-0,12	-0,09
Drievoudige beglazing	-0,06	-0,09	-0,09	-0,12	-0,13	-0,09	-0,09	-0,11	-0,11
Zonwering, Raffstores (automatische bediening), aluminium; Coilcoating		-0,06	-0,06	-0,07	-0,08	-0,05	-0,05	-0,07	-0,07
Buitendeuren, aluminium; gemoffeld; bekleding volkern	-0,09	-0,13	-0,13	-0,18	-0,21				
Binnendeuren Multiplex; geschilderd: alkyd	-0,15								
Biobased isolatie Houtvezel - Hellend dak Rc-waarde 6,3				-0,06					
Hellend dakbedekkingen, Riet, Schroefdak				-0,07					
Zonneboiler, maatgevend systeem - totaal systeem van collectoren en toebehoren (3,24 m² collector)	-0,07	-0,06	-0,06						
Boosterwarmtepomp (ingevoerd als kleine binnen-unit warmtepomp)						-0,13	-0,13	-0,21	-0,35
Individuele warmtepomp Lucht-water, split-unit, R-135a, ondergrens	-0,11	-0,12	-0,12	-0,12	-0,10	-0,16	-0,16	-0,26	-0,41
Individuele warmtepomp Lucht-water, split-unit, R-135a, bovengrens	-0,17	-0,17	-0,17	-0,18	-0,15	-0,18	-0,18		-0,43
Individuele warmtepomp water-water, ondergrens	-0,11	-0,12	-0,12	-0,12	-0,10	-0,41	-0,41	-0,66	-1,07

Individuele warmtepomp water-water, bovengrens	-0,18	-0,18	-0,18	-0,19	-0,16	-0,61	-0,61		-1,43
Collectieve warmtepomp (water-water), individuele afleverset in de woning, ondergrens								-0,07	-0,09
pv-panelen, hellend dak, inclusief alle toebehoren zoals omvormer, inverter, steunen, bekabeling	-0,07	-0,08	-0,08	-0,12	-0,12				
pv-panelen, hellend dak, inclusief alle toebehoren zoals omvormer, inverter, steunen, bekabeling	-0,15	-0,15	-0,15	-0,23	-0,14				
pv-panelen, plat dak, inclusief alle toebehoren zoals omvormer, inverter, steunen, bekabeling						-0,11	-0,11	-0,07	-0,07
Type D- balans ventilatie met wtw (exclusief kanaalwerk in de woning)						-0,05	-0,05	-0,08	-0,14