TNO innovation for life

Effecten beleids-keuzes wlc-gwp

Effecten van de wlc-gwp beleidskeuzes op klimaatbeleid en beleid voor een circulaire economie

TNO Publiek ⟩ TNO 2026 18061

10 november 2026

Energy & Materials Transition
www.tno.nl
+31 88 866 42 56
info@tno.nl

TNO 2026 18061 – 10 november 2026

Effecten beleids-keuzes wlc-gwp

Effecten van de wlc-gwp beleidskeuzes op klimaatbeleid en beleid voor een circulaire economie

Auteurs	Kamiel Jansen (TNO) Jeanette Levels-Vermeer (LBPISight) Gijs Boevink (LBPISight)
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Publiek
Bijlagen	TNO Publiek
Aantal pagina's	123 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	6
Projectnaam	Effecten beleidskeuzes wlc-gwp
Projectnummer	060.70399

Alle rechten voorbehouden
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Ter behoud van de wetenschappelijke, analytische en contextuele integriteit van deze uitgave is wijziging, manipulatie, selectief presenteren of een wijze van gebruik die anderszins een misleidende indruk wekt m.b.t. de bevindingen, conclusies, reikwijdte, methodologie of rol van TNO, niet toegestaan. Iedere verwijzing, citaat, samenvatting, vertaling of gedeeltelijke reproductie van deze uitgave dient een verwijzing naar de oorspronkelijke uitgave te bevatten.

Bij de totstandkoming van deze rapportage is gebruikgemaakt van generatieve AI als ondersteunend hulpmiddel voor onder andere het structureren van teksten, taalcorrectie, samenvattingen en inhoudelijke verkenningen. Alle analyses, resultaten, conclusies en aanbevelingen zijn door de auteurs beoordeeld, gevalideerd en blijven volledig hun verantwoordelijkheid. Het gebruik van AI heeft geen zelfstandige invloed gehad op de onderzoeksresultaten of de uiteindelijke conclusies van deze rapportage.

© 2026 TNO

Samenvatting

Aanleiding

De EPBD IV verplicht lidstaten om uiterlijk in 2027 een routekaart voor de wlc-gwp op te stellen en vanaf 2030 grenswaarden voor nieuwbouw in te voeren. Ten behoeve van het vaststellen van grenswaarden schrijft de Europese Commissie voor dat lidstaten een nationale bepalingsmethode ontwikkelen, de zogeheten bepalingsmethode *whole life cycle Global warming potential* (hierna kortweg wlc-gwp genoemd), waarbij lidstaten de ruimte krijgen om keuzes te maken welke van de modules meegenomen worden en hoe deze gewogen worden. Hierbij vereist de Commissie dat de gekozen methodologie aansluit bij bestaande Europese en nationale raamwerken en een bijdrage levert aan het bereiken van een klimaatneutraliteit van de gebouwde omgeving in 2050.

Op basis van de beleidsdoelstellingen[1] die het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (hierna kortweg BZK genoemd) heeft vastgesteld voor de wlc-gwp, wordt met dit onderzoek nader onderbouwd welke methodologische keuzes het best aansluiten op de beoogde functie van het wlc-gwp instrument en hierbij dus het effect op reductie van broeikasgassen. Deze keuzes zijn uitgewerkt in een viertal beleidsvarianten (zie Tabel S.1).

RVO heeft TNO en LBP|SIGHT gevraagd de beleidsvarianten ten opzichte van elkaar te vergelijken, waarbij de bepalingsmethode wlc-gwp (versie 0.9, oktober 2025) als referentiekader fungeert (beleidsvariant 1). Onderzocht is wat deze varianten betekenen voor de effecten op verlaging van de uitstoot van broeikasgassen over de gehele levensduur (wlc-gwp), de klimaat- en circulariteitsdoelen, de gestimuleerde verduurzamingspaden, wat de robuustheid is van de getrokken conclusies en mogelijke tweede-orde-effecten.

Conclusie uit het onderzoek

De hoofdconclusie hieronder vat de uitkomsten van het onderzoek samen. Zij geldt ten opzichte van beleidsvariant 1. De conclusie berust op een kwalitatieve, relatieve vergelijking. Een neutrale score betekent daarom niet dat wlc-gwp-sturing geen effect heeft, maar dat de betreffende variant naar verwachting niet wezenlijk anders uitwerkt dan variant 1.

- **Hoofdconclusie.** Geen enkele onderzochte beleidsvariant heeft voor de drie beleidsdoelen tegelijk het grootste verwachte effect en de hoogste robuustheid. Iedere variant kent afruilen tussen klimaatsturing, levenscyclusoptimalisatie en circulariteit. Variant 2 laat over het geheel de meest evenwichtige uitkomst zien. Deze variant ondersteunt het beleidsdoel van een klimaatneutrale wlc-gwp voor nieuwbouw het sterkst, geeft prikkels voor vroege emissiereductie, toepassing van secundaire materialen met een lagere klimaatimpact en biobased bouwen, en behoudt de beoordeling van de volledige levenscyclus, inclusief module D.

[1] het leveren van een bijdrage richting klimaatneutraliteit over hele levenscyclus, het sturen op reductie CO_2 - emissies aan het begin van de levensloop van een gebouw en behoud van het leveren van een bijdrage aan circulariteit

Gehanteerde onderzoeksmethode

De conclusies volgen uit een verdiepende analyse, waarbij er gebruik is gemaakt van een beleidsevaluatiekader. Dit kader bestaat uit vier stappen.

- **Stap 1: Beleidskeuzes**. De vier beleidsvarianten worden vastgelegd, met per variant de modules in de afbakening (scope) en de toegepaste weging.
- **Stap 2: Verwacht effect per beleidsdoel.** Per beleidsdoel wordt bepaald welk aanvullend effect iedere beleidsvariant heeft ten opzichte van variant 1. Hierbij worden het doeljaar, de beleidsindicator en de belangrijkste aannames vastgelegd.
- **Stap 3: Gevoeligheids- en afbreukrisicoanalyse.** Per beleidsdoel is bepaald welke verduurzamingspaden relevant zijn en of de beleidsvariant die paden stimuleert of belemmert. Vervolgens wordt bepaald hoe sterk de centrale effectraming kan veranderen wanneer een pad zich anders ontwikkelt dan verwacht (gevoeligheid), en of het verwachte effect daarbij geheel kan wegvallen, van richting kan veranderen, bijvoorbeeld van een positief effect naar een negatief effect (en daarmee een afbreukrisico vormen).
- **Stap 4: Robuuste integrale beoordeling.** De uitkomsten worden samengebracht in een effectscore en een robuustheidsscore per beleidsvariant en beleidsdoel. De effectscore geeft de verwachte richting en omvang van het aanvullende effect; de robuustheid geeft aan in hoeverre die conclusie overeind blijft bij plausibele ontwikkelingen van de verduurzamingspaden.

Tweede-orde-effecten. Naast deze vier stappen zijn de tweede-orde-effecten afzonderlijk beoordeeld. Dit zijn indirecte markt-, gedrags- en keteneffecten die ontstaan doordat marktpartijen hun keuzes aanpassen aan de wlc-gwp-methodiek.

Beleidsvarianten en beleidsdoelen

De vier onderzochte beleidsvarianten verschillen in de toepassing van tijdweging en het meenemen van module D.

Tabel S.1: Beleidsvarianten wlc-gwp

Variant	Omschrijving	Toelichting
Variant 1	Basisvariant	Geen weging toegepast, berekening uitgevoerd conform de Bepalingsmethode wlc-gwp - versie 0.9-oktober 2025.
Variant 2	Tijdgewogen variant	De modules B1 t/m B4, C en D1 worden tijdgewogen meegewogen, waardoor biogene CO_2-opslag ook tijdgewogen gewaardeerd wordt.
Variant 3	Basisvariant zonder module D1	Geen weging toegepast, berekening uitgevoerd conform de Bepalingsmethode wlc-gwp - versie 0.9-oktober 2025. Module D1 wordt buiten scope gelaten, module D2 is onderdeel van de scope.
Variant 4	Basisvariant zonder module D1, met tijdgewogen weging van biogene CO_2-opslag	Biogene CO_2-opslag wordt tijdgewogen gewaardeerd. Module D1 wordt buiten beschouwing gelaten, module D2 is onderdeel van de scope; modules B en de overige onderdelen van module C worden volledig meegewogen, waarbij de emissie van biogene CO_2 in module C met 60% wordt gewogen, zie toelichting tijdweging.

De drie BZK beleidsdoelstellingen zijn vertaald naar klimaatbeleid en beleid voor een circulaire economie volgens het onderstaande overzicht. De beleidsvarianten zijn beoordeeld op hun effect op deze beleidsdoelen.

1. Bijdrage richting klimaatneutraliteit over hele levenscyclus
   - **EPBD IV:** een emissievrije Europese gebouwenvoorraad in 2050, aangevuld met eisen aan de broeikasgasemissies over de gehele levenscyclus van nieuwbouw.

2. Sturen op reductie broeikasgasemissies aan het begin van de levensloop van een gebouw
   - **Nationale Klimaatwet – 2030:** minimaal 55% minder netto broeikasgasemissies in Nederland ten opzichte van 1990.
   - **Nationale Klimaatwet – 2050:** klimaatneutraliteit voor Nederland als geheel, met broeikasgasemissies en koolstofverwijderingen netto in evenwicht.

3. Behoud van het leveren van een bijdrage aan circulariteit.
   - **NPCE 2025 – grondstoffengebruik:** 15% minder Nederlands grondstoffengebruik in 2035 ten opzichte van 2016.
   - **NPCE 2025 – grondstoffenherkomst:** minimaal 55% duurzame biogrondstoffen en secundaire grondstoffen in het Nederlandse grondstoffengebruik in 2035.
   - **NPCE 2025 – recycling:** minimaal 82% van het Nederlandse afval gerecycled in 2035, met hoogwaardige recycling van minimaal 15% van het totale afval.
   - **NPCE 2025 – 2050:** een volledig circulaire Nederlandse economie, met de milieueffecten van grondstoffengebruik binnen de planetaire grenzen.

Verduurzamingspaden van gebouwen als referentie voor robuustheidsscore

Verduurzamingspaden zijn technische of praktische ontwikkelingen waarmee de broeikasgasemissies van gebouwen kunnen worden verlaagd. Voorbeelden zijn hergebruik, biobased en lichter bouwen, materiaalefficiënt ontwerpen, toepassing van secundaire materialen, industriële verduurzaming, procesoptimalisatie in de productie en beperking van de energievraag.
De verduurzamingspaden worden in dit onderzoek gebruikt als plausibele ontwikkelrichtingen van markt, techniek en praktijk. Per beleidsdoel wordt bepaald hoe gevoelig de effectraming is voor de ontwikkeling van deze paden. De robuustheidsscore vat samen of de conclusie bij die ontwikkelingen in richting en orde van grootte overeind blijft.

De beleidsvarianten bepalen hoe verduurzamingsmaatregelen meetellen in de wlc-gwp berekening. Hierdoor kunnen bepaalde verduurzamingspaden aantrekkelijker of minder aantrekkelijk worden om aan een wlc-gwp-eis te voldoen. Per beleidsdoel zijn alleen de paden meegenomen die voldoende onderscheidend zijn voor de vergelijking tussen de beleidsvarianten.

Resultaten

Resultaten toetsing varianten aan beleidsdoel 1 - bijdrage richting klimaatneutraliteit over hele levensloop gebouw

De varianten verschillen in de balans tussen sturing op vroege emissiereductie en waardering van toekomstige circulariteitsbaten. De uiteindelijke doelrealisatie blijft afhankelijk van verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, materiaalzuinig ontwerp, hergebruik en beperking van de energievraag.

- **Variant 2** scoort het hoogst op het beleidsdoel van een klimaatneutrale wlc-gwp voor nieuwbouw in 2050 en die conclusie is hoog robuust. Deze variant combineert de sterkste integrale prikkel voor vroege emissiereductie met behoud van een prikkel op reductie over de volledige levenscyclus.
- **Variant 3** is het minst passend voor het beleidsdoel voor een klimaatneutrale wlc-gwp voor nieuwbouw in 2050. Zowel de aanvullende biogene prikkel als de waardering van

toekomstige baten uit hergebruik en recycling ontbreekt. Ook kan de materiaalimpact van energievraagbeperkende maatregelen relatief zwaarder gaan wegen, waardoor de prikkel voor structurele verlaging van de energievraag licht afneemt.
- **Variant 4** scoort positief op het wlc-gwp-doel voor nieuwbouw, maar blijft achter bij variant 2. De sterke biogene prikkel kan de wlc-gwp verlagen en biobased bouwen versnellen, maar het ontbreken van toekomstige baten (door niet meerekenen van module D1) vermindert de waardering van toekomstig hergebruik, recycling en circulaire oplossingen.

Resultaten toetsing varianten aan beleidsdoel 2 - sturen op reductie CO_2-emissies aan het begin van de levensloop van een gebouw
De varianten verschillen in de mate waarin zij vroege emissiereductie stimuleren. De verwachte bijdrage aan de klimaatdoelen hangt daarbij sterk samen met verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie en, richting 2050, het structureel beperken van de energievraag.

- **Variant 2** heeft een positief aanvullend effect op de nationale klimaatdoelen voor 2030 en 2050, maar kleiner dan dat van variant 4. De variant legt meer nadruk op vroege emissiereductie en stimuleert energievraagbeperking licht. Tegelijk blijft de waardering van toekomstige hergebruiks- en recyclingbaten behouden.
- **Variant 3** heeft een positief aanvullend effect op de nationale klimaatdoelen voor 2030 en 2050, maar minder sterk dan variant 4. De variant versterkt de druk op reducties binnen de productie- en bouwfase, maar geeft geen aanvullende biogene prikkel en kan energievraagbeperking licht benadelen.
- **Variant 4** heeft aanvullend effect op de nationale klimaatdoelen voor 2030 en 2050, nog sterker dan variant 2 en 3. Deze variant geeft eveneens extra prikkel voor emissiereductie aan het begin van het bouwproces. De variant sluit daarmee aan bij verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, toepassing van CO_2-arme en secundaire materialen en biogene koolstofopslag. Daar staat tegenover dat de robuustheid voor 2030 laag is. Daarnaast heeft deze variant negatieve 2de orde effecten op energievraagbeperking, hergebruik en batterijopslag.

Resultaten toetsing varianten aan beleidsdoel 3 - leveren van een bijdrage aan circulariteit
De verschillen in de beleidsvarianten hebben een beperkt effect op de circulariteitsdoelen. De wlc-gwp stuurt op broeikasgasemissies en niet rechtstreeks op materiaalgebruik, herkomst, levensduur of recycle/herbruikbaarheid. Voor het grondstoffendoel en het recyclingdoel in 2035 is het verschil tussen de varianten nihil tot zeer klein en die conclusie is overwegend hoog robuust. Het onderscheid tussen de varianten zit vooral in het aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen en in de sturing richting volledige circulariteit.

- **Variant 2** geeft het meest evenwichtige beeld. Het effect op het aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen is licht positief. Doordat module D behouden blijft, blijft ook de waardering van toekomstig hergebruik en recycling in stand. Op grondstoffengebruik en volledige circulariteit is het effect verwaarloosbaar tot beperkt positief, omdat een lage wlc-gwp mede met toekomstige baten door hergebruik en recycling in module D of door de baten van CO_2 opslag kan worden bereikt.
- **Variant 3** stuurt het sterkst op reducties van broeikasgassen binnen de modules A tot en met C, wat materiaalbesparing, actueel hergebruik en secundaire materialen kan ondersteunen. Het ontbreken van module D verzwakt echter de prikkel om te ontwerpen op toekomstig hergebruik, hoogwaardige recycling en losmaakbaarheid. Op het recyclingdoel en op volledige circulariteit is het effect daardoor verwaarloosbaar tot beperkt negatief.

- **Variant 4** geeft de sterkste prikkel voor biobased bouwen en heeft daarmee, net als variant 2, een klein positief effect op het aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen. Dat effect ontstaat vooral via primaire biotische grondstoffen, die op massabasis doorgaans minder aan het percentage bijdragen dan de vaak zwaardere secundaire materialen. Net als in variant 3 ontbreekt module D, terwijl de biogene prikkel secundaire materialen en hergebruik kan verdringen; op het recyclingdoel en op volledige circulariteit is het effect daarom verwaarloosbaar tot beperkt negatief.

Tweede-orde-effecten
Marktpartijen zullen naar verwachting zoeken naar de meest kosteneffectieve manier om aan een wlc-gwp-eis te voldoen. Hierdoor kunnen emissies en andere milieueffecten verschuiven tussen levenscyclusfasen, materialen, landen en milieuthema's.

- **Variant 1** stimuleert een volledige levenscyclusbenadering, met als mogelijk effect dat de toekomstige baten uit hergebruik en recycling zwaar kunnen meewegen in de wlc-gwp-score.
- **Variant 2** stimuleert vroege emissiereductie en biogene koolstofopslag, maar kan ertoe leiden dat latere emissies door vervanging en eindelevensverwerking minder zwaar meewegen.
- **Variant 3** voorkomt compensatie met toekomstige baten uit hergebruik en recycling, maar kan leiden tot een lage prikkel voor ontwerp op toekomstig hergebruik en recycling.
- **Variant 4** stimuleert biobased bouwen het sterkst, maar heeft ook het grootste kans op eenzijdige optimalisatie, extra vraag naar primaire biomassa en afwenteling op ander milieueffecten zoals bijvoorbeeld biodiversiteit en landgebruik.

Geen van de varianten voorkomt alle ongewenste tweede-orde-effecten. Flankerend beleid en monitoring blijven daarom nodig om materiaalbesparing, duurzame herkomst, levensduur, hergebruik, secundaire materialen, losmaakbaarheid en Safe by Design te borgen.

Duiding van de resultaten
Deze studie vergelijkt beleidsvarianten op basis van de huidige kennis en inzichten. Omdat de effecten mede afhangen van onzekere toekomstige ontwikkelingen, zoals technologische innovatie, marktontwikkeling en aanvullend beleid, is gekozen voor een kwalitatieve vergelijking. Een kwantitatieve doorrekening zou op dit moment meer nauwkeurigheid suggereren dan op grond van de beschikbare kennis kan worden onderbouwd.

Inhoudsopgave

Samenvatting 3

Afkortingen en definities 9

1 Inleiding 14
1.1 Aanleiding 14
1.2 Doel van het onderzoek 14
1.3 Onderzoeksvragen 14
1.4 Afbakening 15

2 Onderzoeksaanpak 16
2.1 Beleidsevaluatiekader wlc-gwp 16
2.2 Beleidsvarianten 18
2.3 Beleidsdoelen 19
2.4 Verduurzamingspaden 20

3 Resultaten 23
3.1 Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes op de bijdrage richting klimaatneutraliteit over de hele levensloop gebouw 23
3.2 Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes op het sturen op reductie CO_2-emissies aan begin levensloop gebouw 32
3.3 Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes op het behoud van bijdrage aan circulariteit 50
3.4 Tweede orde effecten per beleidsvariant 77

4 Conclusies 83
4.1 Hoofdconclusies 83
4.2 Deelconclusies voor BZK beleidsdoelen 84
4.3 Conclusies over tweede-orde-effecten 87

Referenties 89

Ondertekening 91

Bijlagen
Bijlage A: Evaluatie beleidskader 92
Bijlage B: Toelichting weging 98
Bijlage C: Beleidsdoelen 100
Bijlage D: Verduurzamingspaden 103
Bijlage E: Relatie beleidsdoelen en verduurzamingspaden 116
Bijlage F: Externe ontwikkelingen en beleidskaders 122

Afkortingen en definities

Afkorting	Omschrijving
B&U	Burgerlijke en utiliteitsbouw
BREEAM-NL	Building Research Establishment Environmental Assessment Method Nederland
CB'23	Platform Circulair Bouwen 2023
CCS	Carbon Capture and Storage
CMP	Circulair Materialenplan
CO_2-eq	CO_2-equivalent
CPR	Construction Products Regulation (bouwproductenverordening)
ESPR	Ecodesign for Sustainable Products Regulation
GWW	Grond-, weg- en waterbouw
ICER	Integrale Circulaire Economie Rapportage
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
PV	Photovoltaisch (zonnestroom)
PVT	Photovoltaic Thermal
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RED III	Renewable Energy Directive III
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Rli	Raad voor de leefomgeving en infrastructuur
SCIP	Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products)
SDE	Stimulering Duurzame Energieproductie
SSbD / SbD	Safe and Sustainable by Design
SVHC	Substances of Very High Concern
VvE	Vereniging van Eigenaren
ZZS	Zeer Zorgwekkende Stoffen

Definities	Omschrijving
Afbreukrisico	Het risico dat de centrale effectraming niet optreedt doordat een essentiële voorwaarde in het werkingsmechanisme wegvalt. Daarvan is sprake wanneer een plausibele ontwikkeling van een verduurzamingspad, of een onzekere randvoorwaarde, het verwachte effect kan laten verdwijnen, van richting kan laten omslaan of pas na het doeljaar kan laten optreden. Het afbreukrisico is geen afzonderlijke score: het wordt toegelicht bij de gevoeligheid en meegewogen in de robuustheid.
Basisvariant	Beleidsvariant 1: alle modules A tot en met D volledig meegewogen, zonder tijdweging. Vergelijkingspunt van de analyse; dit is niet hetzelfde als een nulscenario zonder wlc-gwp-sturing.
Biobased bouwen	Het vervangen van fossiele, minerale en metalen materialen door hernieuwbare materialen zoals hout, vlas, hennep, stro en andere vezelgewassen.
Biotische en abiotische grondstoffen	Biotisch: van biologische oorsprong (hout, vezelgewassen). Abiotisch: van niet-biologische oorsprong (mineraal, metaal, fossiel). Het NPCE-doel van 55% omvat secundaire biotische en abiotische grondstoffen en primaire duurzame biogrondstoffen.
Cascadegebruik	Achtereenvolgende toepassing van (biobased) materiaal in steeds laagwaardiger toepassingen, waardoor de gebruiksduur van de grondstof wordt verlengd.
Centrale effectraming	Het verwachte effect van een beleidsvariant op de exacte beleidsindicator onder de centrale aannames, beoordeeld ten opzichte van beleidsvariant 1.
Digitaal product- of materiaalpaspoort	Digitale vastlegging van samenstelling, herkomst, kwaliteit, prestatie- en veiligheidsinformatie van bouwproducten. Verbetert traceerbaarheid en marktcapaciteit voor hergebruik.
Directe effecten	Effecten die rechtstreeks op de beleidsindicator ingrijpen binnen de causale keten van de wlc-gwp-eis, bijvoorbeeld een lagere emissie of een lagere materiaalinput voor of in het doeljaar.
Duurzame biogrondstoffen	Primaire biotische grondstoffen waarvan de duurzaamheid is vastgesteld volgens het geldende duurzaamheidskader voor biogrondstoffen.
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	Opwekking van energie met zonnepanelen, PVT-systemen of lokale collectieve opwek, waardoor de netafname en de emissies in module B6 afnemen.
Energieopslag bij gebouwen	Batterijen, warmtebuffers, elektrische boilers en warmte-koudeopslag die het eigen gebruik van lokaal opgewekte energie vergroten en piekbelasting beperken, ten koste van extra materiaalgebonden impact in A1-A3 en B4.
Ex-ante-evaluatie	Beoordeling vooraf van de verwachte effecten van beleid. In deze studie is bewust gekozen voor een kwalitatieve, causale en transparant onderbouwde vergelijking in plaats van een volledige kwantitatieve ex-ante-evaluatie.
Flankerend beleid	Aanvullende instrumenten naast de wlc-gwp-eis die nodig zijn om ongewenste tweede-orde-effecten te beheersen en doelbereik te borgen, bijvoorbeeld directe eisen aan materiaalgebruik, kwaliteit van recycling of ZZS-beheersing.
Gevoeligheid	De mate waarin de centrale effectraming kan veranderen door de invloed van een verduurzamingspad, bepaald op basis van de volledige causale keten (laag, matig, hoog).
Grens- en streefwaarden	Maximale respectievelijk beoogde wlc-gwp-waarden per gebouwtype die vanaf 2030 richting klimaatneutraliteit in 2050 worden vastgesteld en onderbouwd in de routekaart.

Definities	Omschrijving
Hergebruik	Het opnieuw toepassen van vrijkomende bouwproducten en elementen zonder dat zij eerst tot grondstof worden verwerkt. Vermijdt de productie van nieuwe materialen, maar veroorzaakt emissies door demontage, transport, keuring, reparatie en aanpassing.
Hoogwaardige recycling	Recycling waarbij het materiaal beschikbaar komt in een gelijke of vergelijkbare kwaliteit, overeenkomstig niveau C1 van het Circulair Materialenplan. De meetmethode is landelijk nog in ontwikkeling.
Indirecte effecten	Effecten die pas via tussenliggende schakels (markt, keten, andere sectoren of andere indicatoren) op het beleidsdoel doorwerken.
Industrieel, modulair en prefab bouwen	Het verplaatsen van een groter deel van de bouwproductie van de bouwplaats naar een gecontroleerde fabrieksomgeving. Leidt niet vanzelf tot een lagere wlc-gwp.
Integrale beoordeling (stap 4)	De eindbeoordeling per beleidsvariant en per beleidsdoel, bestaande uit twee afzonderlijke uitkomsten: het effect en de robuustheid.
Klimaatneutraliteit	Situatie waarin de resterende broeikasgasemissies en koolstofverwijderingen binnen de EU als geheel netto in evenwicht zijn. Niet iedere sector, lidstaat of ieder gebouw hoeft afzonderlijk netto nul te bereiken.
Laagwaardige toepassing (downcycling)	Toepassing van gerecycled materiaal op een lager kwaliteitsniveau, bijvoorbeeld als ophoog- of funderingsmateriaal. Van het bouw- en sloopafval wordt circa 95% gerecycled, maar slechts circa 8% krijgt een gelijkwaardige of betere toepassing.
Levensduurverlenging	Het langer gebruiken van producten, elementen en gebouwen, waardoor nieuwe materiaalproductie wordt vermeden. In dit rapport niet als zelfstandig verduurzamingspad uitgewerkt.
Lichter bouwen	Het gewicht van een gebouw verminderen door lichtere constructies, materialen en installaties. Niet automatisch duurzamer: extra materiaal, kortere levensduur of hogere onderhoudsbehoefte kunnen de winst tenietdoen.
Losmaakbaarheid en demontabel ontwerpen	Ontwerpen zodanig dat producten en elementen zonder beschadiging kunnen worden gedemonteerd en opnieuw toegepast.
Marktcapaciteit	Vaste beschrijvingskop per verduurzamingspad: het daadwerkelijk inzetbare aanbod en de capaciteit van keten, productie en toepassing.
Materiaal efficiëntie door ontwerpoptimalisatie	Dezelfde gebouwfunctie realiseren met minder materiaal, door minder overdimensionering, slimmere overspanningen, efficiëntere gebouwvormen en vroegtijdige samenwerking in het ontwerpteam.
Module-D-baten	Potentiële klimaatbaten buiten de systeemgrens door toekomstig hergebruik, recycling (D1) of teruglevering van energie (D2). Een module-D-baat is een verwachte toekomstige bate en geen gerealiseerde recycling.
Nationale emissiereductie	Reductie van de emissies die in de Nederlandse broeikasgasinventaris worden geboekt, bijvoorbeeld bij de productie van bouwmaterialen in Nederland. Een reductie in module A1–A3 bij geïmporteerde materialen telt hier niet in mee.
Netcongestie	Beperkte transportcapaciteit van het elektriciteitsnet; belangrijke rem op eigen energieopwekking en energieopslag.
Onzekerheid	Onzekerheid over de omvang, timing, uitvoerbaarheid of randvoorwaarden van een effect. Een onzekerheid is geen afzonderlijk pad of effect, maar wordt zichtbaar gemaakt in de toelichting, plausibiliteit en gevoeligheid.

Definities	Omschrijving
Planetaire grenzen	Grenzen aan de milieudruk van het grondstoffengebruik waarbinnen de Nederlandse economie in 2050 moet blijven. De bijbehorende grenswaarden en verdeelsleutels zijn nog niet vastgesteld.
Plausibiliteit	De mate waarin het werkingsmechanisme aantoonbaar is en de belangrijkste voorwaarden voor of in het doeljaar op relevante schaal kunnen worden vervuld (hoog, matig, laag). Geen kansberekening en geen vermenigvuldigingsfactor voor de effectscore.
Primaire grondstof	Grondstof die nieuw wordt gewonnen uit natuurlijke bronnen, in tegenstelling tot een secundaire grondstof.
Rebound-effect	Effect waarbij een besparing in een project geheel of gedeeltelijk teniet wordt gedaan door extra gebruik elders, bijvoorbeeld meer vloeroppervlak of extra installaties met een hoge materiaalimpact.
Recycling	Het verwerken van afgedankte materialen tot secundaire grondstoffen voor nieuwe producten. Telt binnen het NPCE mee als massapercentage van het Nederlandse afval.
Referentiewaarde / basisjaar	Het ijkpunt waartegen doelbereik wordt gemeten: 1990 voor de Europese Klimaatwet, 2016 voor het NPCE-doel van 15% minder grondstoffengebruik (gemiddelde over 2015-2017, circa 276 Mton DMI).
Richting van de prikkel	De richting waarin een beleidsvariant een verduurzamingspad beïnvloedt ten opzichte van beleidsvariant 1: stimulerend (+), geen wezenlijk verschil (0), belemmerend (-) of gemengd/toepassingsafhankelijk (plusminus).
R-ladder	Ordening van circulariteit strategieën naar waardebehoud. Strategieën hoger op de ladder, zoals afzien van materiaalgebruik, efficiënter ontwerpen, levensduurverlenging en hergebruik, behouden doorgaans meer waarde dan recycling.
Robuustheid	De mate waarin de beleidsconclusie in richting en orde van grootte overeind blijft wanneer alle relevante en plausibele verduurzamingspaden gezamenlijk worden beschouwd (hoog, middel, laag). Wordt beargumenteerd, niet berekend door scores op te tellen of te middelen.
Saldering	Regeling waarbij teruggeleverde en afgenomen elektriciteit tegen elkaar worden weggestreept. Na beëindiging verschuift de waarde naar eigen verbruik.
Scoretabel	Overzichtstabel waarin per beleidsdoel de effectscore en robuustheid van de vier beleidsvarianten worden weergegeven.
Secundaire grondstof	Grondstof afkomstig uit recycling, zoals staalschroot, glasscherven, betongranulaat, gerecyclede kunststoffen en secundaire metalen.
Systeemgrens	De afbakening van wat binnen de berekening valt. Module D valt buiten de systeemgrens van het gebouw en wordt in de varianten 3 en 4 buiten beschouwing gelaten.
Tijdweging	Methodische keuze waarbij emissies en baten die later in de levenscyclus optreden minder zwaar meetellen dan emissies op korte termijn. Verschuift de sturingsprikkel naar vroege emissiereductie.
Tussenscore	Notatie zoals 0/+ of 0/- die wordt gebruikt wanneer de beschikbare informatie geen keuze tussen twee aangrenzende categorieën rechtvaardigt. Geeft een kwalitatieve bandbreedte weer en is geen afzonderlijke effectcategorie.

Definities	Omschrijving
Tweede-orde-effect	Een aanvullende markt-, gedrags- of ketenreactie die juist door de beleidsvariant wordt uitgelokt. Het kan de beoogde werking versterken, verzwakken of de milieudruk verplaatsen naar een andere levenscyclusfase, materiaalstroom of productieketen. Wordt afzonderlijk geanalyseerd en niet opgeteld bij de effectraming.
Urban mine	De bestaande gebouwenvoorraad als toekomstige bron van secundaire grondstoffen. In 2018 lag hierin meer dan 2.710 Mton materiaal vast, dat pas bij renovatie, transformatie of sloop vrijkomt.
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	Het verlagen van de emissies bij de productie van cement, beton, staal, glas, keramiek en isolatiematerialen, onder meer via elektrificatie, hernieuwbare energie, klinkerreductie, alternatieve bindmiddelen, groene waterstof, CCS en meer recyclaat.
Verduurzamingspad	Een technische, organisatorische of marktontwikkeling waarmee de milieu-impact van gebouwen kan worden verlaagd, zoals hergebruik, biobased bouwen of verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie. Een beleidsvariant veroorzaakt een verduurzamingspad niet, maar kan het binnen een wlc-gwp-eis aantrekkelijker of minder aantrekkelijk maken. De verduurzamingspaden worden in dit onderzoek gebruikt als plausibele ontwikkelrichtingen waarmee wordt getoetst hoe gevoelig de centrale effectraming is. Het zijn geen scenario's met een toegekende waarschijnlijkheid.
Vroege emissie	Emissiereductie in de modules A1–A5, die vóór of rond de oplevering van het gebouw optreedt. De emissies die dus in het heden optreden en niet in de toekomst.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De EPBD IV verplicht lidstaten om uiterlijk in 2027 een routekaart voor de wlc-gwp op te stellen en vanaf 2030 grenswaarden voor nieuwbouw in te voeren. Ten behoeve van het vaststellen van grenswaarden schrijft de Europese Commissie voor dat lidstaten een nationale bepalingsmethode ontwikkelen waarbij lidstaten de ruimte krijgen om keuzes te maken welke van deze modules meegenomen worden en hoe deze gewogen worden. Hierbij vereist de Commissie dat de gekozen methodologie aansluit bij bestaande Europese en nationale raamwerken en een bijdrage levert aan het bereiken van een klimaatneutraliteit van de gebouwde omgeving in 2050.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om de effecten van verschillende methodologische beleidskeuzes binnen de wlc-gwp te analyseren en te vergelijken ten opzichte van de basisvariant, teneinde te onderbouwen welke variant het beste bijdraagt aan de door BZK gestelde beleidsdoelen voor de wlc-gwp, klimaatneutraliteit over de gehele levenscyclus van gebouwen, vroege reductie van broeikasgasemissies stimuleert en tegelijkertijd de bijdrage aan circulariteit aan het einde van de levensduur behoudt.

1.3 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag: Welke methodologische beleidskeuzes binnen de nationale wlc-gwp-bepalingsmethode sluiten het beste aan bij de beleidsdoelstellingen van BZK; klimaatneutraliteit over hele levenscyclus, sturen op reductie van CO_2-emissies aan het begin van de levensloop van een gebouw en het behoud van het leveren van een bijdrage aan circulariteit?

Deelvragen hierbij zijn:

- Hoe verschillen de onderzochte beleidsvarianten methodologisch t.o.v. de bepalingsmethode wlc-gwp - versie 0.9-oktober 2025 (beleidsvariant 1)?
- Wat is het effect van de beleidsvarianten op klimaatneutraliteit over de levenscyclus van gebouwen?
- Wat is het effect van de beleidsvarianten op vroege reductie van broeikasgasemissies?
- Wat is het effect van de beleidsvarianten op circulariteit?
- Welke tweede-orde-effecten en risico’s zijn verbonden aan de verschillende beleidsvarianten?
- Hoe robuust zijn de uitkomsten van de beleidsvarianten onder verschillende verduurzamingspaden en externe ontwikkelingen?

1.4 Afbakening

Deze studie richt zich op de effecten van de wlc-gwp-beleidsvarianten voor nieuwbouw. Het voorkomen van nieuwbouw door levensduurverlenging, transformatie, intensiever ruimtegebruik of betere benutting van de bestaande gebouwenvoorraad kan substantieel bijdragen aan vermindering van het nationale grondstoffengebruik, maar valt buiten de scope van deze vergelijking. In deze studie worden de beleidsvarianten meegenomen zoals ze door het ministerie van BZK met de onderzoekers zijn gedeeld ten behoeve van de uitvoering van het onderhavige onderzoek.

Om de deelvragen rondom de effecten van beleidsvarianten objectief te beoordelen zijn de BZK beleidsdoelen voor wlc-gwp gekoppeld aan beleidsmatig verankerde (beleids)doelen.

1. Bijdrage richting klimaatneutraliteit over hele levensloop gebouw
Dit beleidsdoel richt zich op het verlagen van de broeikasgasemissies over de gehele levenscyclus van een gebouw. De beoordeling omvat materiaalproductie, bouw, gebruik, onderhoud, vervanging en eindelevensverwerking, volgens de afbakening van de betreffende variant.

- Dit doel sluit direct aan op EPBD IV: emissievrije gebouwen in 2050.

2. Sturen op reductie CO_2-emissies aan begin levensloop gebouw
De Klimaatwet legt wettelijke doelen vast om de uitstoot van broeikasgassen in Nederland stapsgewijs en onomkeerbaar te verminderen. De klimaatwet heeft ook de gebouwde omgeving in scope en heeft concrete reductie doelen voor 2030 en 2050. CO_2 emissies aan begin van de levensloop van het gebouw, module A1-A3 voor productie in Nederland en de emissies van transport en bouwplaatsprocessen in A4 en A5 aangevuld met het operationele energiegebruik in B6 hebben een directe koppeling met deze klimaatwet doelen. Doel voor 2030: Een reductie van de broeikasgasemissies met 55% ten opzichte van het jaar 1990.

- Doel voor 2050: Een netto-uitstoot van nul (volledige klimaatneutraliteit), met een volledig CO_2-neutrale elektriciteitsproductie.

3. Behoud van bijdrage aan circulariteit
De doelen voor een circulaire economie zijn vastgelegd in het NPCE, zowel met tussendoelen in 2035 als een concreet einddoel voor 2050.

- NPCE 2025: 15% minder grondstoffengebruik in 2035
- NPCE 2025: minimaal 55% duurzame biogrondstoffen en secundaire grondstoffen in 2035
- NPCE 2025: 82% recycling, waarvan minimaal 15% hoogwaardig in 2035
- NPCE 2025: volledig circulaire economie in 2050

De uitvoering van dit onderzoek is op de 7 verankerde beleidsdoelen gericht.

Dit onderzoek is gebaseerd op de huidige stand van kennis en vergelijkt de relatieve effecten van beleidsvarianten. Omdat toekomstige ontwikkelingen in technologie, markten, materiaalbeschikbaarheid en beleid de uitkomsten sterk beïnvloeden, is gekozen voor een kwalitatieve evaluatie. Deze aanpak biedt inzicht in de richting, afwegingen en robuustheid van de verwachte effecten zonder schijnnauwkeurigheid te creëren met een kwantitatieve duiding.

2 Onderzoeksaanpak

In dit onderzoek is gekozen voor een kwalitatieve, relatieve beoordeling. Door de varianten onderling te vergelijken ten opzichte van de huidige mpg methodiek (variant 1) wordt het onderscheid tussen de varianten zichtbaar, ook waar absolute uitkomsten nog onzeker zijn. Het voorziene effect van de beleidsvarianten op de onderzochte beleidsdoelen, de voorwaarden waaronder die werkt en de robuustheid van die conclusie zijn daarmee navolgbaar onderbouwd. Voor een consistente vergelijking van de effecten van de beleidsvarianten op beleid is een beleidsevaluatiekader opgezet.

2.1 Beleidsevaluatiekader wlc-gwp

Doel en kern van het kader

Het beleidsevaluatiekader ondersteunt het systematisch vergelijken van beleidsvarianten en het beoordelen van hun bijdrage aan één of meer beleidsdoelen, waaronder het wlc-gwp beleidsdoel. Het kader combineert een centrale effectraming van de varianten ten opzichte van een basisvariant met een gevoeligheidsanalyse. Verduurzamingspaden worden daarbij gebruikt als autonome ontwikkelrichtingen waarmee wordt getoetst hoe stabiel het verwachte beleidseffect is en of een afbreukrisico voor de beleidswerking ontstaat.

De methode bestaat uit vier opeenvolgende stappen. Autonome ontwikkelingen vormen geen afzonderlijke processtap. Zij staan overkoepelend boven de verduurzamingspaden, omdat zij de context en de plausibiliteit van die verduurzamingspaden bepalen. Een uitgebreide beschrijving van de toepassing van het beleidsevaluatiekader is gegeven in Bijlage A.

De beleidsevaluatie is als een kwalitatieve beoordeling uitgevoerd. Een kwantitatieve evaluatie heeft dermate stapeling van bandbreedtes tot gevolg dat deze geen kwaliteit meer toevoegt aan de onderzoeksmethode en een schijnzekerheid tot gevolg heeft.



Figuur 2.1: Beleidsevaluatiekader voor het systematisch vergelijken van wlc-gwp beleidsvarianten

Dit beleidsevaluatiekader bestaat uit vier stappen.

Stap 1: Beleidskeuzes. De vier beleidsvarianten worden vastgelegd, met per variant de modules in afbakening (scope) en de toegepaste weging.

Stap 2: Verwacht effect per beleidsdoel. Per beleidsdoel wordt bepaald welk aanvullend effect iedere beleidsvariant heeft ten opzichte van variant 1. Hierbij worden het doeljaar, de beleidsindicator en de belangrijkste aannames vastgelegd. Deze beoordeling is kwantitatief uitgevoerd.

Stap 3: Gevoeligheids- en afbreukrisicoanalyse. Per beleidsdoel is bepaald welke verduurzamingspaden relevant zijn en of de beleidsvariant die paden stimuleert of belemmert. Vervolgens wordt bepaald hoe sterk de centrale effectraming kan veranderen wanneer een pad zich anders ontwikkelt dan verwacht (gevoeligheid), en of het verwachte effect daarbij geheel kan wegvallen, van richting kan veranderen (bijvoorbeeld van een positief effect naar een negatief effect (en daarmee een afbreukrisico vormen).

Stap 4: Robuuste integrale beoordeling. De uitkomsten worden samengebracht in een effectscore en een robuustheidsscore per beleidsvariant en beleidsdoel. De effectscore geeft de verwachte richting en omvang van het aanvullende effect; de robuustheid geeft aan in hoeverre die conclusie overeind blijft bij plausibele ontwikkelingen van de verduurzamingspaden.

Betekenis van de overkoepelende autonome ontwikkelingen
Autonome ontwikkelingen zijn externe ontwikkelingen die niet door de onderzochte beleidsvariant worden veroorzaakt, maar wel van invloed zijn op de markt, de verduurzamingspaden en het uiteindelijke beleidseffect. Voorbeelden zijn technologische vooruitgang, markt- en prijsontwikkelingen, veranderingen in bouwvolume, beschikbaarheid van materialen, Europees beleid en gedragsverandering. Zie ook Bijlage F.

2.2 Beleidsvarianten

De vier beleidsvarianten volgen uit twee methodische keuzes die in de beleidsnotitie zijn vastgelegd over het wel of niet meewegen van module D en het wel of niet toepassen van tijdweging.

De modules volgen EN 15978: A1–A5 (productie en bouw), B1–B7 (gebruik, onderhoud en vervanging), C1–C4 (sloop en afvalverwerking) en D1 en D2 (lasten en baten buiten de systeemgrens, zoals toekomstig hergebruik, recycling en energieteruglevering).

Hieronder staan beknopt de vier beleidsvarianten omschreven.

Tabel 2.1: Beleidsvarianten wlc-gwp.

Variant	Omschrijving	Toepassing weging
Variant 1	Basisvariant	Geen weging toegepast, berekening uitgevoerd conform de Bepalingsmethode wlc-gwp - versie 0.9-oktober 2025.
Variant 2	Tijdgewogen variant	De modules B1 t/m B4, C en D1 worden tijdgewogen meegewogen, waardoor biogene CO_2-opslag ook tijdgewogen gewaardeerd wordt, zie toelichting tijdweging, zie Bijlage B.
Variant 3	Basisvariant zonder module D1	Geen weging toegepast, berekening uitgevoerd conform de Bepalingsmethode wlc-gwp - versie 0.9-oktober 2025. Module D1 wordt buiten scope gelaten, module D2 is onderdeel van de scope.
Variant 4	Basisvariant zonder module D1, met tijdgewogen weging van biogene CO_2-opslag	Biogene CO_2-opslag wordt tijdgewogen gewaardeerd. Module D1 wordt buiten beschouwing gelaten, module D2 is onderdeel van de scope; modules B en de overige onderdelen van module C worden volledig meegewogen, waarbij de emissie van biogene CO_2 in module C met 60% wordt gewogen, zie toelichting tijdweging, zie Bijlage B.

Beleidsvariant 1 heeft in dit onderzoek een dubbele rol. De variant is een mogelijke beleidskeuze, omdat zij overeenkomt met de Bepalingsmethode wlc-gwp - versie 0.9-oktober 2025, en tegelijk het referentiepunt waartegen de andere varianten zijn beoordeeld.

2.3 Beleidsdoelen

Hieronder worden de beleidsdoelen uitgewerkt. Per beleidsdoel worden het doel en de reikwijdte kort toegelicht. De onderstaande tabel beschrijft daarnaast op welke levenscyclusfasen het doel betrekking heeft en wat de overeenkomsten en verschillen zijn ten opzichte van de wlc-gwp. Een uitgebreide beschrijving van de beleidsdoelen staat beschreven in Bijlage C.

Tabel 2.2: Geselecteerde beleidsdoelen binnen de studie

Beleidsdoel	Korte omschrijving van het doel	Scope
EPBD IV: emissievrije gebouwen in 2050	Uiterlijk in 2050 moeten Europese gebouwen als geheel zeer energiezuinig en nagenoeg vrij van operationele broeikasgasemissies zijn.	Het doel omvat de bestaande én nieuwe gebouwenvoorraad in de EU en richt zich voornamelijk op de energievraag en operationele emissies van gebouwen. Nieuwe overheidsgebouwen moeten vanaf 2028 voor het operationele gebruik emissievrij zijn en alle overige nieuwbouw vanaf 2030. Daarnaast introduceert de EPBD afzonderlijke verplichtingen voor het berekenen en begrenzen van de wlc-gwp van nieuwbouw.
Nationale Klimaatwet: minimaal 55% reductie in 2030	In 2030 moeten de netto broeikasgasemissies van de EU minimaal 55% lager zijn dan in 1990.	Het is een economie breed doel voor de Nederland als geheel en omvat alle broeikasgassen, emissiesectoren en koolstofverwijdering. Het is geen afzonderlijke reductie-eis van 55% voor de bouw, de bouwmaterialenindustrie of individuele gebouwen.
Nationale Klimaatwet: klimaatneutraliteit in 2050	In 2050 moeten de resterende broeikasgasemissies en koolstofverwijderingen binnen de EU als geheel netto in evenwicht zijn.	Het doel geldt voor de gehele Nederlandse economie en alle broeikasgassen. Resterende emissies mogen op EU-niveau worden gecompenseerd door koolstofverwijdering; niet iedere sector, lidstaat of ieder gebouw hoeft afzonderlijk netto nul te bereiken.

Beleidsdoel	Korte omschrijving van het doel	Scope
NPCE 2025: 15% minder grondstoffen-gebruik in 2035	In 2035 moet het Nederlandse grondstof-fengebruik 15% lager zijn dan in 2016.	Het doel geldt voor de hele Nederlandse economie en wordt gemeten met de Direct Material Input: grondstof-fen, materialen en producten die in Nederland worden gewonnen of ingevoerd. Onder andere energiedragers die worden verbrand, op-hoogzand, baggerspecie, verontreinigde grond, radioac-tief afval en meststoffen blijven buiten de berekening. NPCE 2025
NPCE 2025: minimaal 55% duurzame bio-grondstoffen en secundaire grondstoffen in 2035	In 2035 moet minimaal 55% van het Ne-derlandse grondstoffengebruik bestaan uit duurzame biogrondstoffen (waaronder her-nieuwbare abiotische grondstoffen) en se-cundaire grondstoffen.	Het doel geldt voor de samenstelling van de directe ma-teriaalinput van de gehele Nederlandse economie. Het omvat secundaire biotische en abiotische grondstoffen en primaire duurzame biogrondstoffen, waarbij het NPCE een voorkeur uitspreekt voor secundaire grond-stoffen. Energiedragers die worden verbrand zijn uitge-sloten.
NPCE 2025: 82% recycling, waarvan mini-maal 15% hoog-waardig in 2035	In 2035 moet minimaal 82% van het Ne-derlandse afval worden gerecycled en mi-nimaal 15% van het totale afval hoogwaardig worden gerecycled.	Het doel geldt voor de jaarlijkse hoeveelheid Nederlands afval en heeft betrekking op het voorkomen van ver-branding en stort en het behoud van grondstofkwaliteit. De methode om hoogwaardige recycling eenduidig te meten is nog in ontwikkeling; ook moeten nog absolute hoeveelheden aan het doel worden gekoppeld.
NPCE 2025: volledig circu-laire economie in 2050	In 2050 moet de Nederlandse economie volledig circulair functioneren en moeten de milieueffecten van het grondstoffenge-bruik binnen de planetaire grenzen blijven.	Het doel geldt voor de volledige Nederlandse economie en omvat grondstoffenbesparing, substitutie, levens-duurverlenging, hergebruik en hoogwaardige verwer-king. Het begrip “volledig circulair” is nog niet vertaald naar één meetbare indicator.

2.4 Verduurzamingspaden

De effecten en de robuustheid van de beleidsvarianten hangen mede af van de verduurzamingsmaatregelen die marktpartijen toepassen. Een beleidsvariant veroorzaakt deze ontwikkelingen niet rechtstreeks, maar kan bepaalde oplossingen binnen een wlc-gwp-eis aantrekkelijker of minder aantrekkelijk maken. In dit onderzoek worden elf verduurzamingspaden onderscheiden. Deze paden kunnen gelijktijdig optreden en elkaar versterken of tegenwerken. Bijlage D bevat per pad een nadere uitwerking van het werkingsmechanisme, de verwachte ontwikkeling en de belangrijkste onzekerheden.

Tabel 2.3: verduurzamingspaden met een korte toelichting.

Verduurzamingspad	Korte toelichting
Hergebruik van bouw-materialen	Bouwproducten, elementen of materialen worden opnieuw toegepast, waardoor de productie van nieuwe materialen en het gebruik van primaire grondstoffen kunnen worden vermeden.
Biobased bouwen	Abiotische materialen worden vervangen door hernieuwbare biotische materialen, waarbij tij-dens de gebruiksduur tevens biogene koolstof in het gebouw kan worden opgeslagen.
Lichter bouwen	Lichtere constructies en bouwsystemen verminderen de totale materiaalmassa, voor zover de vereiste functionaliteit, veiligheid en levensduur behouden blijven.
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	Efficiëntere dimensionering en het voorkomen van overdimensionering verminderen de mate-riaalvraag zonder dat de gebouwprestatie afneemt. Hier valt ook onder de levensduurverlen-ging van producten en installaties. Producten die binnen de beschouwingsperiode meerdere keren worden vervangen, zoals installaties, afwerkingen en gevelonderdelen, kunnen door een langere technische of functionele levensduur minder vaak worden vervangen.

Verduurzamingspad	Korte toelichting
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	Primaire grondstoffen worden vervangen door gerecyclede of anderszins teruggewonnen materialen uit eerdere productie- en gebruikscycli.
Industrieel, modulair en prefab bouwen	Gestandaardiseerde en fabrieksmatige productie kan materiaalverlies beperken, de bouwkwaliteit verhogen en demontage, aanpassing en hergebruik vergemakkelijken.
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	Producenten verlagen de emissies van bouwmaterialen door onder meer energie-efficiëntie, elektrificatie, hernieuwbare energie, alternatieve grondstoffen en brandstoffen, proces-innovatie en CO_2-afvang.
Safe by Design / vermijding ZZS	Bouwproducten worden ontworpen zonder zeer zorgwekkende stoffen en moeilijk scheidbare materiaalcombinaties, zodat veilig hergebruik en hoogwaardige recycling beter mogelijk worden.
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	Lokale hernieuwbare energieopwekking verlaagt de impact van energievraag in B6 en kan bij teruglevering een klimaatbate in D2 opleveren.
Energieopslag bij gebouwen	Opslag verschuift lokaal opgewekte energie naar een later gebruiksmoment, maar vraagt aanvullende installaties en veroorzaakt daardoor ook product-, vervangings- en eindelevensimpact.
Beperken van de energievraag	Het beperken van de energievraag betekent dat minder energie nodig is om een gebouw te verwarmen, koelen, ventileren, verlichten en van warm tapwater te voorzien, dit is een directe reductie van B6.

De beleidsvarianten kunnen de beleidsdoelen indirect beïnvloeden door bepaalde verduurzamingspaden te stimuleren of juist te belemmeren. Niet ieder pad is voor elk beleidsdoel even relevant. Daarom zijn in hoofdstuk 3 per beleidsdoel alleen de paden geselecteerd die een duidelijke relatie hebben met de betreffende indicator en de effectraming of robuustheid van de beleidsvarianten wezenlijk kunnen beïnvloeden. De tabel hieronder geeft een overzicht van deze selectie. Het niet opnemen van een pad betekent niet dat er geen relatie bestaat, maar dat het pad niet als onderscheidend is beoordeeld voor de vergelijking tussen de beleidsvarianten.

Tabel 2.4: Verduurzamingspaden die per beleidsdoel zijn meegenomen in de gevoeligheidsanalyse van hoofdstuk 3 (gemarkeerd met ●).

Verduurzamingspad	Klimaatwet 55% reductie 2030	Klimaatwet klimaat-neutraal 2050	wlc-gwp klimaatneu-traal 2050	NPCE 15% minder grondstoffen 2035	NPCE 55% biotisch/ secundair 2035	NPCE 82% recycling 2035	NPCE volledig circulair 2050
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	●	–	●	●	●	●	●
Biobased bouwen	●	●	●	–	●	–	●
Lichter bouwen	●	–	●	●	●	–	●
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	–	–	●	●	●	–	●
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	–	–	–	●	●	●	●
Industrieel, modulair en prefab bouwen	–	–	–	●	●	●	●
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	●	●	●	–	–	●	–
Safe by Design / vermijding ZZS	–	–	–	–	–	●	●
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	●	●	–	–	–	–	–
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	●	●	–	–	–	–	–
Beperken van de energievraag	●	●	–	–	–	–	–

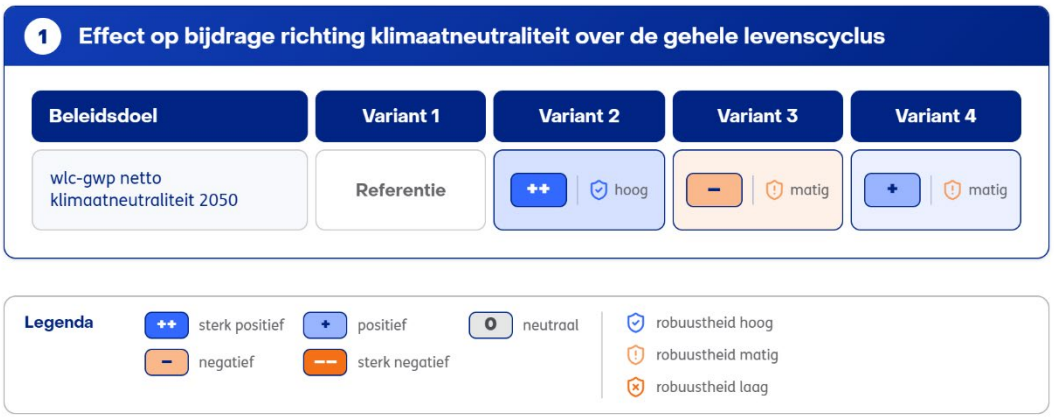
De selectie geeft aan welke verduurzamingspaden in hoofdstuk 3 expliciet zijn betrokken bij de beoordeling van het effect van de beleidsvarianten. Het niet opnemen van een pad betekent niet dat het pad geen relatie heeft met het beleidsdoel, maar dat het niet als onderscheidend of doorslaggevend is beoordeeld voor de vergelijking tussen de beleidsvarianten. Het wel opnemen betekent niet dat een pad per definitie een groot of positief effect heeft. Een nadere toelichting is opgenomen in Bijlage E.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de wlc-gwp-beleidsvarianten kwalitatief beoordeeld op hun effect op de onderzochte BZK beleidsdoelen. Per beleidsdoel worden het verwachte effect ten opzichte van variant 1, de relevante verduurzamingspaden en de robuustheid van de beoordeling beschreven. Tot slot komen de gewenste en ongewenste tweede-orde-effecten per beleidsvariant aan bod.

3.1 Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes op de bijdrage richting klimaatneutraliteit over de hele levensloop gebouw

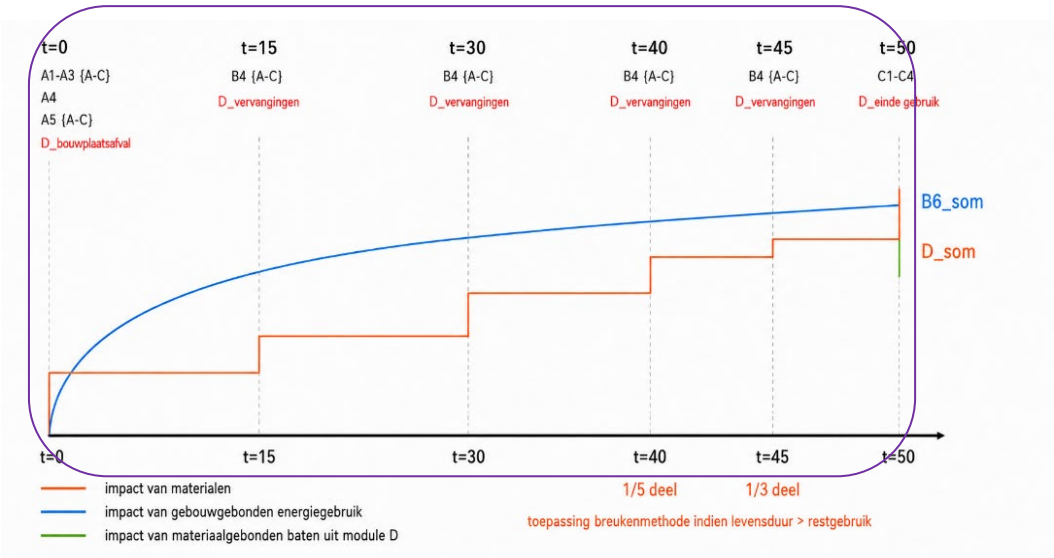
In deze paragraaf zijn de effecten van vier wlc-gwp-beleidsvarianten op het BZK beleidsdoel “bijdrage richting klimaatneutraliteit over hele levensloop gebouw” beoordeeld. Het beleidsdoel emissievrije gebouwen in 2050 uit de EPBD IV is hieraan gekoppeld. Per beleidsdoel worden de varianten vergeleken met variant 1 als referentie. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar de richting en omvang van het verwachte effect, maar ook naar de aansluiting op relevante verduurzamingspaden en de robuustheid van de beoordeling. Figuur 3.1 geeft de samengevatte effectscores; de onderliggende beoordeling wordt in de volgende paragrafen toegelicht.



Figuur 3.1: Scoretabel met Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes t.o.v. beleidsvariant 1 op beleid voor het klimaatbeleid.

3.1.1 Wlc-gwp netto klimaatneutraal 2050

Als onderdeel van de implementatie van de herziene Energy Performance of Buildings Directive (EPBD IV) moet Nederland de levenscyclus-GWP van nieuwe gebouwen gaan berekenen en bekendmaken. Deze verplichting geldt vanaf 2028 voor nieuwe gebouwen met een gebruiksoppervlakte van meer dan 1.000 m² en vanaf 2030 voor alle nieuwe gebouwen. De berekening omvat de broeikasgasemissies over de gehele levenscyclus van het gebouw. Daarbij worden zowel materiaalgebonden emissies als emissies door direct en indirect energiegebruik meegenomen. De invoering van de berekening wordt gecombineerd met het opstellen van grens- of streefwaarden voor verschillende typen nieuwe gebouwen. Binnen het gehanteerde beleidsdoel moet de wlc-gwp van nieuwbouw zich tot 2050 ontwikkelen naar netto nul, uitgedrukt in CO_2-equivalenten. Dit houdt in dat een gebouw dat in 2050 gebouwd wordt, netto neutraal moet zijn over de hele levenscyclus, inclusief alle baten en lasten. Dit heeft dus effect op de emissies gedurende de levenscyclus van het hele gebouw. Daarmee is voor dit beleidsdoel vooral sturing op effecten tot t = 50 relevant.



Figuur 3.2: Schematische opbouw van de wlc-gwp score in de basisvariant over 50 jaar

Effect indicator:
Totale netto broeikasgasemissies (CO_2-equivalenten), uitgestoten over de gehele levenscyclus. Dit moet voor 2050 naar netto 0 zijn gebracht.

3.1.1.1 Vergelijking van de beleidskeuzes

Tabel 3.1: Effectraming van de beleidsvarianten t.o.v. variant 1

Beleidskeuze	Effectraming t.o.v. variant 1
Variant 1: volledige A-D, zonder tijdweging	n.v.t.
Variant 2: volledige (A-D), met tijdweging	++
Variant 3: Zonder module D, zonder tijd weging	-
Variant 4: Zonder module D, alleen biogeen tijdgewogen	+

Effect beschrijving beleidsvariant 1
In variant 1 worden alle levenscyclusfasen, van module A tot en met D, volledig meegewogen. Deze basisvariant stimuleert emissiereductie in de vroege levenscyclusfasen, zoals productie, transport, bouw en operationeel energiegebruik. Tegelijkertijd kunnen toekomstige baten in module D hogere emissies in de productie- en bouwfase gedeeltelijk compenseren. Daardoor is de sturing op emissiereductie vóór 2050 minder direct dan in varianten waarin latere effecten lager worden gewogen of buiten beschouwing blijven.

Effect beschrijving beleidsvariant 2
In variant 2 worden emissies in de vroege levenscyclusfasen, met name productie en bouw, volledig meegewogen, terwijl latere emissies en baten door tijdweging minder zwaar meetellen. Hierdoor verschuift de sturingsprikkel sterker naar emissiereductie op korte termijn. De variant stimuleert daarmee vooral vroege verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, toepassing van CO_2-arme materialen en inzet van biobased oplossingen met tijdelijke koolstofopslag. Toekomstige effecten, zoals baten in latere levenscyclusfasen, krijgen relatief minder gewicht dan in de basisvariant. Voor het wlc-gwp beleidsdoel van 2050 is dit redelijk positief, omdat het uitstellen tegen gaat. Doordat de emissies in 2050 minder zwaar mee wegen gaat het er om wat er nu gedaan wordt qua emissiereductie en ligt het zwaartepunt van de actie ondanks het langetermijn doel, nog steeds in de nabije toekomst. Verder zorgt de tijds gewogen waardering van module D er voor dat er meer nadruk komt te liggen op de kortermijn reductie doelen dan op de baten van het hergebruik van materialen zonder die buiten beschouwing te laten. Dit zorgt voor een prioritering van CO_2 reductie over de hele levenscyclus en de best passende materiaalkeuze (combinatie productie impact, levensduur en toekomstig potentieel).

Effect beschrijving beleidsvariant 3
In variant 3 worden de levenscyclusfasen tot en met module C volledig meegewogen, terwijl module D buiten beschouwing blijft. Hierdoor kunnen hoge emissies in de vroege levenscyclusfasen niet worden gecompenseerd door toekomstige baten buiten de systeemgrens. De variant versterkt daarmee de prikkel voor vroege emissiereductie, toepassing van CO_2-arme bouwmaterialen en materiaalreductie. Tegelijkertijd tellen baten uit toekomstige circulariteit of teruglevering van energie niet mee in de beoordeling, ook niet van producten met een kortere levensduur. Het niet gebruiken van tijdsweging voor CO_2 opslag en het ontbreken van module D zorgt er voor dat hergebruik en biobased/hout materialen niet als optie gebruikt kunnen worden om tot een lagere wlc-gwp score te komen. De emissiereductie zal dus uit de overige fases moeten komen.

Effect beschrijving beleidsvariant 4
In variant 4 worden de levenscyclusfasen tot en met module C meegewogen, blijft module D buiten beschouwing en wordt tijdelijke biogene koolstofopslag tijdgewogen gewaardeerd. Net als in variant 3 kunnen hoge initiële emissies daardoor niet worden gecompenseerd door toekomstige module-D-baten. Daarnaast ontstaat een aanvullende prikkel voor biobased bouwmethoden en materialen met tijdelijke koolstofopslag. De variant stuurt daarmee zowel op lage initiële materiaalemissies als op toepassing van biobased oplossingen. Voor het wlc-gwp beleidsdoel stuurt variant 4 net zoals variant 2 op de kortere termijn reductie, vanwege de tijdgewogen weging van emissies. Verder zorgt het ontbreken van module D er voor dat er meer nadruk komt te liggen op emissiebaten via hout/biobased grondstoffen. Het effect van variant 4 op het wlc-gwp doel is positief.

3.1.1.2 Aansluiting bij relevante verduurzamingspaden

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de voor dit beleidsdoel meest relevante verduurzamingspaden en de mate waarin de verwachte bijdrage aan wlc-gwp klimaatdoel afhankelijk is van ontwikkelingen binnen deze paden. De gevoeligheid geeft aan in hoeverre onzekerheden in techniek, marktontwikkeling, capaciteit en acceptatie het verwachte effect kunnen beïnvloeden. Na de tabel wordt een uitgebreidere toelichting per verduurzamingspad gegeven.

Tabel 3.2: Relevantie en gevoeligheid van verduurzamingspaden voor het beleidsdoel wlc-gwp klimaatneutraal 2050.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2035
Biobased bouwen	Hoog positief	Biobased bouwen draagt vooral bij via indirecte ketenemissiereductie en tijdelijke koolstofopslag, en niet primair via directe gebouwemissies. De bijdrage aan de wlc-gwp is daarmee aanvullend op operationele reductie. De gevoeligheid is laag tot matig voor technische potentie en matig voor grootschalige marktcapaciteit vóór 2050: het huidige aandeel in de markt is klein, maar de verwachting is dat het zal toenemen met beleid, zoals de nationale aanpak biobased bouwen. plausibiliteit vóór 2050 matig
Lichter bouwen	Matig positief	Lichter bouwen realiseert vooral indirecte ketenemissiereductie door minder primaire materialen, transport en bouwprocesemissies. De gevoeligheid is laag, maar kwantitatieve projecteffecten zijn sterk afhankelijk van ontwerp, gebouwtype en referentiesituatie. plausibiliteit vóór 2050 hoog
Verduurzaming bouwmaterialenindustrie	Hoog positief	Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie heeft een directe relatie met het beleidsdoel klimaatneutraal in 2050. Voor dit beleidsdoel moet de bouwmaterialen gaan richting klimaat neutraal. De gevoeligheid is matig tot hoog, omdat het uiteindelijke reductiepotentieel afhankelijk is van technologische ontwikkeling, beschikbaarheid van duurzame energie, grondstoffen en industriële investeringen. plausibiliteit vóór 2050 matig
Hergebruik bouwmaterialen	Hoog positief	Hergebruik van bouwmaterialen draagt vooral bij via indirecte ketenemissiereductie, doordat de productie van nieuwe bouwmaterialen en de winning van primaire grondstoffen gedeeltelijk worden vermeden. Daartegenover staan emissies door demontage, transport, opslag, keuring en eventuele bewerking. De bijdrage aan de wlc-gwp is het grootst bij hoogwaardige één-op-één toepassing van materiaal- en emissie-intensieve bouwproducten. De gevoeligheid is matig: het technische potentieel is aanzienlijk, maar het daadwerkelijke effect vóór 2050 hangt sterk af van de beschikbaarheid en kwaliteit van vrijkomende materialen, losmaakbaarheid van bestaande gebouwen, kwaliteitsborging en de afstemming van vraag en aanbod. plausibiliteit vóór 2050 matig

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2035
Materiaal-efficiëntie door ontwerpoptimalisatie	Matig positief	Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie draagt bij aan het wlc-gwp-doel voor 2050 doordat dezelfde gebouwfunctie met minder materiaal wordt gerealiseerd. Hierdoor nemen de materiaalgebonden emissies over de levenscyclus af. De gevoeligheid is laag, omdat het pad breed toepasbaar is, geen nieuwe grondstoffen- of productiecapaciteit vereist en met bestaande ontwerpprincipes en methoden kan worden uitgevoerd. plausibiliteit vóór 2050 hoog
Eigen energie-opwek op of nabij gebouw	Matig positief	Eigen energieopwekking draagt bij aan klimaatneutraliteit in 2050 door het reduceren van operationele emissies en het ondersteunen van een duurzame energievoorziening. Naarmate het energiesysteem verder verduurzaamt, neemt het relatieve effect op de emissiefactor van elektriciteit af, maar blijft lokale opwekking belangrijk voor systeemintegratie en flexibiliteit. De gevoeligheid is matig, vooral door onzekerheden rond netcongestie, regelgeving, ruimtelijke inpassing en toekomstige elektriciteitsmixen. plausibiliteit vóór 2050 matig
Energieopslag / batterijopslag gebouw	Laag positief	Energieopslag ondersteunt de integratie van hernieuwbare energie, vermindert piekbelasting en maakt een hogere benutting van lokaal opgewekte energie mogelijk. Voor een klimaatneutraal energiesysteem in 2050 wordt opslag gezien als een belangrijke ondersteunende technologie. De gevoeligheid is matig tot hoog, omdat het uiteindelijke effect sterk afhankelijk is van technologische ontwikkeling, levensduur, materiaalgebruik, recyclingprestaties en de rol van opslag binnen het toekomstige energiesysteem. plausibiliteit vóór 2050 laag
Beperking van de energievraag	Hoog positief	Het beperken van de energievraag draagt rechtstreeks bij aan klimaatneutraliteit door het energiegebruik van gebouwen structureel te verlagen. Daarnaast vermindert een lagere energievraag de hoeveelheid hernieuwbare energie en energie-infrastructuur die nodig is om de gebouwenvoorraad klimaatneutraal te maken. Door de verduurzaming van de energievoorziening neemt het vroege emissiereductie-effect per bespaarde eenheid energie op termijn af, maar energiebesparing blijft van belang voor het verkleinen van de totale systeemopgave. De gevoeligheid is laag voor technische mogelijkheden en matig voor kosten en gebruikersgedrag. plausibiliteit vóór 2050 hoog

De grootste bijdrage aan het wlc-gwp-doel voor 2050 wordt verwacht van biobased bouwen, verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, hergebruik van bouwmaterialen en beperking van de energievraag. Biobased bouwen verlaagt de levenscyclusimpact door vervanging van emissie-intensieve materialen en tijdelijke koolstofopslag, maar de bijdrage is afhankelijk van duurzame opschaling en voldoende marktcapaciteit. Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie verlaagt de productie-emissies rechtstreeks, terwijl hoogwaardig één-op-één hergebruik vooral emissies door nieuwe materiaalproductie en winning van primaire grondstoffen vermijdt. Beperking van de energievraag verlaagt de operationele emissies over de levenscyclus en verkleint tevens de benodigde duurzame opwek- en infrastructuuropgave.

Lichter bouwen en materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie leveren een matig positieve, aanvullende bijdrage doordat met minder materiaal dezelfde gebouwfunctie wordt gerealiseerd. Deze paden zijn technisch breed toepasbaar, maar het kwantitatieve effect van

lichter bouwen is sterk afhankelijk van ontwerp, gebouwtype en referentiesituatie. De positieve effectraming rust daarmee op een combinatie van industriële verduurzaming, duurzame opschaling van biobased bouwen, beschikbaarheid en kwaliteit van herbruikbare materialen, toepassing van materiaalzuinige ontwerpen en structurele beperking van de energievraag. Vooral industriële investeringen, duurzame energie en grondstoffen, marktcapaciteit voor biobased materialen, de afstemming van vraag en aanbod bij hergebruik en blijvende energieprestaties in gebruik bepalen de uiteindelijke bijdrage aan 2050.

3.1.1.3 Gevoeligheidsanalyse en robuustheid

Tabel 3.3: Gevoeligheid en afbreukrisico van de beleidsvarianten voor relevante verduurzamingspaden bij het beleidsdoel wlc-gwp klimaatneutraal 2050. De +/0/- geeft de richting aan (positief of negatief) en het hoog laag middel geeft de sterkte aan.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (tijdweging B, C, D en biogeen)	Beleidsvariant 3 (zonder module D)	Beleidsvariant 4 (zonder D; biogeen tijdgewogen)
Biobased bouwen Hoog positief	+ | Matig Tijdgewogen waardering van biogene koolstof stimuleert biobased toepassingen. Het effect blijft afhankelijk van duurzame opschaling en voldoende marktcapaciteit.	0 | Laag Biobased bouwen wordt niet extra gestimuleerd	+ | Matig Deze variant geeft de sterkste specifieke prikkel voor biobased bouwen. Doordat module D niet wordt meegenomen gaat biogene CO_2-opslag relatief zwaarder wegen.
Lichter bouwen Matig positief	+ | Matig Tijdweging vergroot de nadruk op vroege materiaal-emissies en kan daardoor lichter bouwen stimuleren. Het effect is afhankelijk van ontwerp, gebouwtype en referentiesituatie.	+ | Matig Zonder module D kunnen initiële materiaalemissies minder worden gecompen-seerd. Dit vergroot de prikkel voor materiaalbesparing, maar het effect blijft ontwerpafhankelijk.	+ | Matig Vergelijkbaar met variant 3
Verduurzaming bouwmaterialenindustrie Hoog positief	+ | Matig Tijdweging legt meer nadruk op emissiereductie in productie en bouw en stimuleert daardoor CO_2-arme bouwmaterialen. De realisatie is sterk afhankelijk van technologische ontwikkeling, duurzame energie, grondstoffen en industriële investeringen.	0 | Matig Het ontbreken van module D voorkomt compensatie van initiële emissies door toekomstige baten en versterkt de prikkel voor directe verduurzaming. De prikkel voor de circulaire oplossingen van producten met een korte levensduur wordt extra beperkt. De uitvoerbaarheid blijft afhankelijk van industriële transitievoorwaarden.	0 | Matig Vergelijkbaar met variant 3. De biogene tijdweging heeft weinig directe invloed; een sterke biobased prikkel kan de aandacht voor verduurzaming van andere materialen wel verminderen.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (tijdweging B, C, D en biogeen)	Beleidsvariant 3 (zonder module D)	Beleidsvariant 4 (zonder D; biogeen tijdgewogen)
Hergebruik bouwmaterialen Hoog positief	0 | Matig Tijdweging verlaagt het gewicht van toekomstige hergebruikbaten in module D. Daardoor neemt de ontwerpprikkel voor toekomstig hergebruik af, terwijl actuele inzet van hergebruikte materialen wel aantrekkelijk is door de lagere impact in module A.	+ | Matig Zonder module D krijgen producenten geen toekomstige baten voor producten die goed herbruikbaar zijn. Dit kan progressie richting meer hergebruik tegen gaan.	+ | Matig Vrijwel gelijk met variant 3. De biogene tijdsweging kan hier nog verder aan bijdragen, omdat het niet voor een stimulans van biogeen hergebruik zorgt.
Materiaal-efficiëntie door ontwerpoptimalisatie Matig positief	+ | Laag Tijdweging versterkt de prikkel om directe materiaalemissies via ontwerpoptimalisatie te beperken. Het pad is breed toepasbaar en vraagt geen nieuwe productiecapaciteit.	- | Laag Het ontbreken van module D geeft een sterkere impuls voor het reduceren van de direct emissies. Materiaal-efficiëntie wordt niet over de hele levensduur beschouwd, ook niet voor producten met een beperkte levensduur	- | Laag Vergelijkbaar met variant 3.
Eigen energie-opwek op of nabij gebouw Relatie met doel: Hoog positief	+ | Laag Door de tijdsgewogen waardering wordt operationeel energiegebruik uit eigen energieopwekking relatief belangrijker (de impact van B6 wordt procentueel groter). Door het wegen van de vervangingen wordt de toepassing extra gestimuleerd.	0 | Laag Module D niet meenemen stuurt meer op verduurzaming bij operationeel energiegebruik, aandeel B6 wordt relatief groter, en kan daarmee de eigen energieopwekking stimuleren	0 | Laag Vergelijkbaar met variant 3.
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen Relatie met doel: Laag positief	0 | Laag Energieopslagsystemen hebben een kortere levensduur dan het gebouw. Door de tijdgewogen waardering wegen vervangingen minder zwaar.	- | Laag Het weglaten van module D heeft op de impact van batterijen een negatieve impact door het niet meenemen van de recycling van de grondstoffen. Hiermee worden batterijen relatief zwaarder gewogen binnen de wlc-gwp score en daarmee minder gestimuleerd.	- | Laag Gelijk aan variant 3
Beperken van de energievraag Hoog positief	+ | Laag Module B6 blijft volledig meetellen, terwijl latere materiaalemissies en vervangingen door tijdweging minder zwaar wegen. Daardoor ontstaat ten opzichte van de basisvariant een lichte aanvullende prikkel voor energievraagbeperking.	- | Laag Door het vervallen van module D wegen materiaalemissies van energiebesparende maatregelen relatief zwaarder. Dit kan de prikkel voor extra energievraagbeperking licht verminderen, hoewel de operationele besparing in module B6 volledig zichtbaar blijft.	0 | Laag Het effect is per saldo neutraal. De waardering van biogene koolstof kan bij biobased isolatiematerialen enige compensatie bieden, maar het ontbreken van module D houdt de materiaalimpact van energiebesparende maatregelen relatief zwaar.

Verschillen tussen beleidsvarianten
Als we alle verduurzamingspaden beschouwen zijn er een aantal waarbij er daadwerkelijk verschillende gevoeligheden of afbreukrisico's zijn in relatie met de beleidsvarianten.

De meest relevante (bij paden met een matige of hoge positieve of negatieve relatie met het doel) verschillen tussen de beleidsvarianten 2, 3 en 4 ten opzichte van beleidsvariant 1 treden op bij de paden:

- Biobased bouwen
- Hergebruik van bouwmaterialen
- Materiaal-efficiëntie door ontwerpoptimalisatie
- Beperken van de energievraag

Biobased bouwen
Varianten 2 en 4 stimuleren biobased bouwen door de tijdgewogen waardering van biogene koolstof, terwijl variant 3 geen aanvullende stimulans biedt. Variant 4 geeft de sterkste specifieke prikkel, omdat biogene koolstofopslag relatief zwaarder weegt wanneer module D vervalt. De effectiviteit van varianten 2 en 4 blijft afhankelijk van duurzame opschaling en voldoende marktcapaciteit.

Hergebruik
In variant 2 neemt het gewicht van toekomstige hergebruikbaten in module D door tijdweging af. De ontwerpprikkel voor toekomstig hergebruik verzwakt daardoor, terwijl de actuele inzet van hergebruikte materialen aantrekkelijk blijft door de lagere impact in module A. In varianten 3 en 4 vervallen de toekomstige baten volledig en neemt de prikkel voor herbruikbaar ontwerp verder af. Variant 4 biedt geen aanvullende stimulans voor biogeen hergebruik.

Materiaal efficiëntie
Variant 2 geeft een lichte positieve prikkel om directe materiaalemissies via ontwerpoptimalisatie te beperken. In varianten 3 en 4 ontstaat een sterkere impuls om directe emissies te reduceren doordat module D vervalt, maar materiaal-efficiëntie wordt daardoor niet over de volledige levensduur beoordeeld. Dit is vooral relevant voor producten met een beperkte levensduur.

Beperken van de energievraag
Variant 2 geeft een lichte aanvullende prikkel: module B6 blijft, zoals in alle varianten, volledig meetellen, terwijl latere materiaalemissies en vervangingen minder zwaar wegen. In variant 3 vermindert de prikkel licht doordat materiaalemissies van energiebesparende maatregelen relatief zwaarder worden. Variant 4 is per saldo neutraal, omdat de tijdgewogen waardering van biogene koolstof bij biobased isolatiematerialen enige compensatie kan bieden.

De overige verduurzamingspaden hebben of een beperktere bijdrage aan het doel of de beleidsvarianten zijn niet onderscheidenlijk.

Lichter bouwen
Alle drie de beleidsvarianten geven een matig positieve prikkel. In variant 2 komt deze voort uit de grotere nadruk op vroege materiaalemissies; in varianten 3 en 4 uit het wegvallen van compensatie via module D. De omvang van het effect blijft in alle varianten afhankelijk van ontwerp, gebouwtype en referentiesituatie.

Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie
Alle varianten leggen meer nadruk op reductie van initiële emissies. Variant 2 doet dit door tijdweging; varianten 3 en 4 doordat module D vervalt. De onderlinge effectverschillen zijn

beperkt. Wel verkleint het ontbreken van module D in varianten 3 en 4 de prikkel voor circulaire oplossingen, vooral bij producten met een korte levensduur. In variant 4 kan de sterke biobased prikkel bovendien de aandacht voor verduurzaming van andere materialen verminderen.

Conclusie
De grootste verschillen tussen de beleidsvarianten treden op bij biobased bouwen, hergebruik, materiaal-efficiëntie door ontwerpoptimalisatie en energievraagbeperking. Variant 2 biedt daarbij doorgaans de meest evenwichtige combinatie van vroege emissiereductie en behoud van toekomstige circulaire baten, hoewel de tijdweging deze baten verzwakt. Varianten 3 en 4 leggen sterker de nadruk op directe emissies, maar beperken door het vervallen van module D de stimulans voor hergebruik en levensduurbrede materiaal-efficiëntie. Variant 4 onderscheidt zich vooral door de sterkere biobased prikkel. Voor lichter bouwen en verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie zijn de effecten van de varianten grotendeels vergelijkbaar; de verschillen zitten vooral in het mechanisme waarmee de prikkel ontstaat.

3.1.1.4 Integrale beoordeling

Tabel 3.4: Integrale beoordeling van de beleidsvarianten

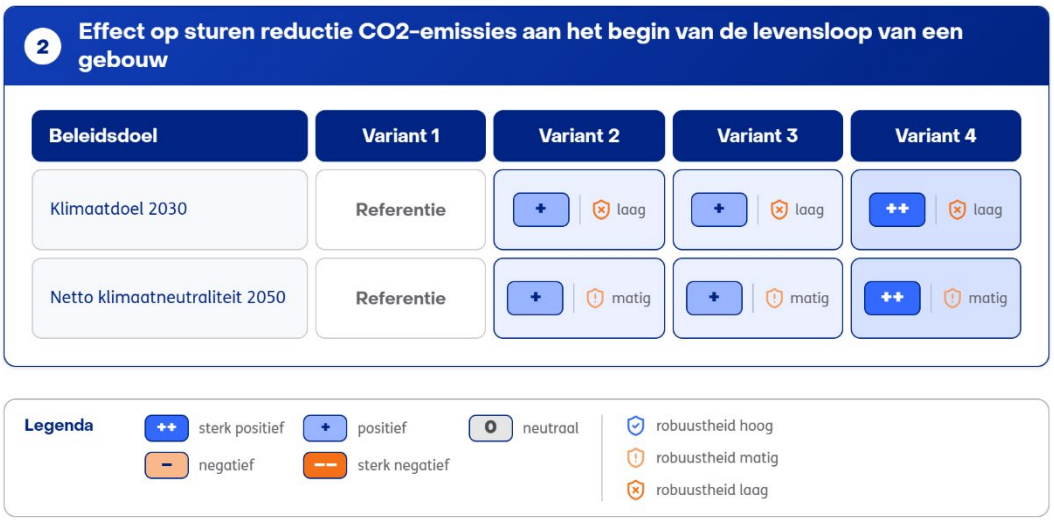
Beleidsvariant	Effect per beleidsdoel	Robuustheid	Toelichting
Variant 2	++	Middel	Variant 2 geeft de sterkste integrale ondersteuning van het wlc-gwp-doel. Tijdweging stimuleert vroege emissiereductie, biobased bouwen, lichter bouwen, materiaalefficiëntie en het beperken van de energievraag. Actueel hergebruik blijft aantrekkelijk door de lagere impact in module A, maar toekomstige hergebruikbaten in module D wegen minder zwaar. De uitkomst is afhankelijk van industriële verduurzaming, marktopschaling van biobased materialen, toepassing van materiaalzuinige ontwerpen en blijvende reductie van het operationele energiegebruik; daarom is de robuustheid middel.
Variant 3	-	Middel	Variant 3 versterkt de prikkel voor vroege emissiereductie, lichter bouwen en verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, doordat toekomstige module-D-baten de initiële emissies niet compenseren. Biobased bouwen krijgt geen aanvullende prikkel. Het ontbreken van module D verzwakt bovendien de waardering van toekomstig hergebruik en circulaire oplossingen voor producten met een korte levensduur. Ook krijgt energievraagbeperking een lichte negatieve prikkel, omdat de materiaalemissies van energiebesparende maatregelen relatief zwaarder wegen. Deze beperkingen wegen zwaar voor het integrale wlc-gwp-doel; daarom is het effect negatief en de robuustheid middel.
Variant 4	+	Middel	Variant 4 combineert een sterke prikkel voor biobased bouwen met extra nadruk op directe materiaalemissies, lichter bouwen en industriële verduurzaming. Daartegenover vervallen de module-D-baten voor toekomstig hergebruik en circulaire oplossingen. Ook kan de sterke biobased prikkel de aandacht voor verduurzaming van andere materialen verminderen. Energievraagbeperking krijgt daarnaast een lichte negatieve prikkel, omdat het ontbreken van module D de materiaalimpact van energiebesparende maatregelen relatief zwaarder laat wegen. Per saldo is het effect positief, maar afhankelijk van duurzame biobased opschaling, industriële transitie en blijvende energieprestaties; daarom is de robuustheid middel.

De integrale beoordeling laat zien dat variant 2 het sterkst bijdraagt aan het wlc-gwp-doel voor 2050. De variant combineert vroege emissiereductie met prikkels voor biobased bouwen, lichter bouwen, ontwerpoptimalisatie en energievraagbeperking, terwijl actuele inzet van hergebruikte materialen aantrekkelijk blijft. Variant 3 legt eveneens meer nadruk op vroege emissiereductie, maar het ontbreken van module D en een biogene prikkel verzwakt de bijdrage van toekomstig hergebruik en biobased bouwen. Ook vermindert hierdoor de prikkel voor energievraagbeperking licht. Variant 4 herstelt de biobased prikkel en heeft daardoor per saldo een positief effect, maar behoudt de beperkingen voor hergebruik en energievraagbeperking.

De robuustheid is voor alle varianten middel. De positieve effecten zijn afhankelijk van tijdige verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, duurzame marktopschaling van biobased materialen, daadwerkelijke toepassing van materiaalzuinige ontwerpen en structurele beperking van de energievraag. Voor varianten 3 en 4 vormen daarnaast het vervallen van toekomstige hergebruikbaten en de relatief zwaardere materiaalimpact van energiebesparende maatregelen belangrijke afbreukrisico's. De verschillen tussen de varianten worden daarmee vooral bepaald door de balans tussen vroege emissiereductie, biogene koolstofopslag, operationele energiereductie en waardering van circulariteit over de volledige levenscyclus.

3.2 Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes op het sturen op reductie CO_2-emissies aan begin levensloop gebouw

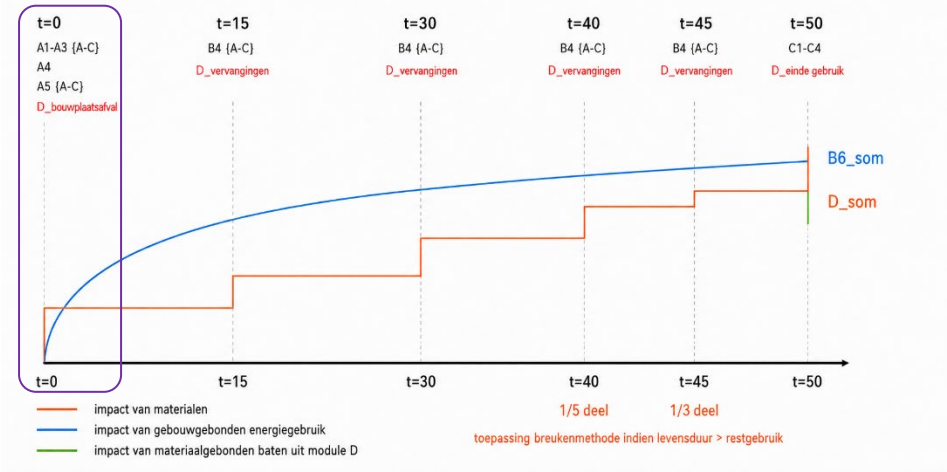
In deze paragraaf zijn de effecten van de vier wlc-gwp-beleidsvarianten op het BZK beleidsdoel "sturen op reductie van CO_2-emissies aan begin levensloop gebouw" beoordeeld. Deze is gekoppeld aan het nationale klimaatdoel: 55% reductie in 2030 en netto klimaatneutraal in 2050. Per beleidsdoel worden de varianten vergeleken met variant 1 als referentie. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar de richting en omvang van het verwachte effect, maar ook naar de aansluiting op relevante verduurzamingspaden en de robuustheid van de beoordeling. Figuur 3.3 geeft de samengevatte effectscores; de onderliggende beoordeling wordt in de volgende paragrafen toegelicht.



Figuur 3.3: Scoretabel met Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes t.o.v. beleidsvariant 1 op beleid voor het klimaatbeleid.

3.2.1 Klimaatwet: 55% reductie in 2030

Het beleidsdoel uit de Klimaatwet richt zich op een reductie van de nationale broeikasgasemissies met ten minste 55% in 2030 ten opzichte van 1990. Dit doel vormt een tussendoel op weg naar klimaatneutraliteit in 2050 en vraagt om substantiële emissiereductie in alle sectoren, waaronder de gebouwde omgeving en de bouwketen. Voor de beoordeling van wlc-gwp-beleidskeuzes is dit doel relevant, omdat keuzes in bepalingsmethode: tijdweging, biogene koolstofopslag en module-afbakening invloed hebben op de mate waarin emissiereducties op korte termijn zichtbaar en stuurbaar worden gemaakt. Dit beleidsdoel vraagt om sturing op emissiereductie vóór 2030, met een tijdshorizon van maximaal vier jaar (t = 4). Zie het schema hieronder.



Figuur 3.4: schematische opbouw van de wlc-gwp score in de basisvariant over 50 jaar.

Effect indicator:
Totale nationale netto broeikasgasemissies (CO_2-equivalenten), gebaseerd op de Nederlandse broeikasgasinventaris. Dit volgt de IPCC-richtlijnen voor nationale broeikasgasinventarissen.

Kenmerken:
- alle relevante broeikasgassen worden meegenomen;
- omvat emissies én verwijderingen ("sinks") op landelijk niveau;
- vergelijking vindt plaats met het basisjaar 1990.

$$Reductie\ (\%) = \frac{Emissies1990 - Emissies2030}{Emissies1990} \times 100$$

waarbij:
- $Emissies_{1990}$ = nationale netto broeikasgasemissies volgens de inventaris in 1990;
- $Emissies_{2030}$ = nationale netto broeikasgasemissies volgens dezelfde methodiek in 2030.

De uitkomst moet ten minste **55%** bedragen in 2030.
(wetten.nl - Regeling - Klimaatwet - BWBR0042394)

3.2.1.1 Effectraming van de beleidsvarianten

Tabel 3.5: Effectraming van de beleidsvarianten t.o.v. variant 1.

Beleidskeuze	Effectraming t.o.v. variant 1
Variant 1: volledige A-D, zonder tijdweging	n.v.t.
Variant 2: volledige (A-D), met tijdweging	+
Variant 3: Zonder module D, zonder tijd weging	+
Variant 4: Zonder module D, alleen biogeen tijdgewogen	++

Effect beschrijving beleidsvariant 1
In variant 1 worden alle levenscyclusfasen, van module A tot en met D, volledig meegewogen. In deze variant kunnen toekomstige baten in module D hogere emissies in de productie- en bouwfase gedeeltelijk compenseren. Daardoor is de sturing op emissiereductie vóór 2030 minder direct dan in varianten waarin latere effecten lager worden gewogen of buiten beschouwing blijven.

Effect beschrijving beleidsvariant 2
In variant 2 worden emissies in de vroege levenscyclusfasen, met name productie en bouw, volledig meegewogen, terwijl latere emissies en baten door tijdweging minder zwaar meetellen. Hierdoor verschuift de sturingsprikkel sterker naar emissiereductie op korte termijn ten opzichte van variant 1. Deze variant stimuleert daarmee vooral vroege verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, toepassing van CO_2-arme materialen en inzet van biobased oplossingen met tijdelijke koolstofopslag. Toekomstige effecten, zoals baten in latere levenscyclusfasen, krijgen relatief minder gewicht dan in de basisvariant. Voor het beleidsdoel van 55% emissiereductie in 2030 is dit positief, omdat de nadruk ligt op maatregelen die direct (vóór of rond 2030) bijdragen aan aantoonbare emissiereductie.

Effect beschrijving beleidsvariant 3
In variant 3 worden de levenscyclusfasen tot en met module C volledig meegewogen, terwijl module D buiten beschouwing blijft. Hierdoor kunnen hoge emissies in de vroege levenscyclusfasen niet worden gecompenseerd door toekomstige baten buiten de systeemgrens. De variant versterkt daarmee de prikkel voor vroege emissiereductie, toepassing van CO_2-arme bouwmaterialen en materiaalreductie. Doordat module C volledig is meegenomen telt de afvalverwerkingsmethode mee, dit is niet relevant voor 2030. Tegelijkertijd tellen baten uit toekomstige circulariteit of teruglevering van energie niet mee in de beoordeling. Voor het beleidsdoel van 55% emissiereductie in 2030 is het verwachte effect positiever dan in de basisvariant, omdat de nadruk sterker ligt op emissies die op korte termijn optreden en beïnvloedbaar zijn.

Effect beschrijving beleidsvariant 4
In variant 4 worden de levenscyclusfasen tot en met module C meegewogen, blijft module D buiten beschouwing en wordt tijdelijke biogene koolstofopslag tijdgewogen gewaardeerd. Module C wordt volledig meegenomen, met uitzondering van de biogene CO_2-emissie aan het einde van de beschouwingsperiode, die met 60% wordt gewogen. De afvalverwerkingsfase is niet relevant voor 2030. Net als in variant 3 kunnen hoge initiële emissies daardoor niet worden gecompenseerd door toekomstige module-D-baten. Daarnaast ontstaat een aanvullende prikkel voor biobased bouwmethoden en materialen met tijdelijke koolstofopslag. De variant stuurt daarmee zowel op lage initiële materiaalemissies als op toepassing van biobased oplossingen. Voor het beleidsdoel van 55% emissiereductie in 2030 sluit variant 4 sterker aan dan de basisvariant, doordat de beoordeling gericht is op vroege emissiereductie en tijdelijke koolstofvastlegging binnen de relevante beleidsperiode. De koolstof die is vastgelegd in geoogste houtproducten (Harvested Wood Products) kan in de nationale LULUCF-boekhouding worden meegenomen. Hierdoor kan het gebruik van Nederlands hout in gebouwen indirect bijdragen aan de nationale koolstofput. De koolstofopslag in een gebouw zelf wordt echter niet als een afzonderlijke carbon sink binnen de Klimaatwet meegeteld. Koolstofvastlegging in andere producten dan hout, zoals hennep en stro, worden binnen de LULUCF-boekhouding niet meegenomen als carbon sink.

3.2.1.2 Aansluiting bij relevante verduurzamingspaden

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de voor dit beleidsdoel meest relevante verduurzamingspaden en de mate waarin de verwachte bijdrage aan het Klimaatwetdoel van 55% emissiereductie in 2030 afhankelijk is van ontwikkelingen binnen deze paden. De gevoeligheid geeft aan in hoeverre onzekerheden in techniek, marktontwikkeling, capaciteit en acceptatie het verwachte effect kunnen beïnvloeden.

Tabel 3.6: Verduurzamingspaden en de mate waarin de verwachte bijdrage aan het Klimaatwetdoel van 55% emissiereductie in 2030 afhankelijk is van ontwikkelingen binnen deze paden.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2030
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	Matig positief	Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen draagt direct bij aan het vermijden van een nieuwe productie. Indien hier een productie uit Nederland wordt gesubstitueerd werkt deze direct door in het doel. De bijdrage aan de emissiereductie is dus sterk afhankelijk van de daadwerkelijke productievermijding binnen Nederland. De markt voor hergebruik is nog in een ontwikkelende fase en de omvang is nog beperkt. De gevoeligheid is laag tot matig voor technische potentie, maar matig tot hoog voor grootschalige marktcapaciteit vóór 2030, omdat areaal nog moeten groeien. plausibiliteit vóór 2030 laag

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2030
Biobased bouwen	Matig positief	Biobased bouwen kan bijdragen aan het beleidsdoel door vervanging van emissie-intensieve materialen uit Nederlandse productie en door tijdelijke opslag van biogene koolstof van Nederlands hout. De bijdrage aan de emissiereductie in 2030 is echter afhankelijk van de mate waarin biobased materialen vóór 2030 daadwerkelijk op grotere schaal (kunnen) worden toegepast. De gevoeligheid is laag tot matig voor technische potentie, maar matig tot hoog voor grootschalige marktcapaciteit vóór 2030, omdat areaal, verwerking en acceptatie nog moeten groeien. plausibiliteit vóór 2030 laag
Lichter bouwen	Laag positief	Lichter bouwen verlaagt de hoeveelheid materiaal die nodig is voor gebouwen. Hierdoor nemen emissies uit materiaalproductie, transport en bouwprocessen af. De bijdrage aan het beleidsdoel ontstaat vooral via lagere ketenemissies van bouwmaterialen uit Nederland. Een bouwproject heeft alleen een lange aanlooptijd, waardoor het lastig wordt om voor 2030 al op grote schaal te implementeren. De gevoeligheid is laag, maar kwantitatieve projecteffecten zijn sterk afhankelijk van ontwerp, gebouwtype en referentiesituatie. plausibiliteit vóór 2030 hoog
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	Matig positief	Dit verduurzamingspad heeft een directe relatie met het beleidsdoel. Lagere emissies bij de productie van materialen zoals staal, beton, glas en isolatie leiden direct tot lagere ketenemissies van nieuwe gebouwen. Omdat de emissiereductie vóór 2030 kan plaatsvinden, draagt dit verduurzamingspad rechtstreeks bij aan het behalen van de Klimaatwetdoelstelling. De gevoeligheid is hoog voor probleemomvang en technische routes voor realisatie vóór 2030, omdat industriële investeringen en vraagsturing onzeker blijven. plausibiliteit vóór 2030 laag
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	Matig positief	Eigen energieopwekking kan de vraag naar fossiele elektriciteitsproductie verminderen en daarmee operationele emissies verlagen. Het effect op het beleidsdoel hangt af van de omvang van de opgewekte energie, de mate van elektrificatie en de emissie-intensiteit van de verdrongen energievoorziening. Voor nieuwe gebouwen is het effect beperkt, doordat het meeste operationele energiegebruik na 2030 plaatsvindt. De verduurzaming van de Nederlandse energiemix door grootschalige duurzame opwek maakt substitutie van fossiele energie op langere termijn kleiner. De gevoeligheid is laag voor techniek en kosten, maar hoog voor aanvullende groei tot 2030 vanwege netcongestie en wijzigingen in saldering. plausibiliteit vóór 2030 laag
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	Laag positief	Energieopslag draagt niet rechtstreeks bij aan emissiereductie, maar kan de benutting van duurzame energie vergroten en elektrificatie ondersteunen. Het effect op het beleidsdoel ontstaat daarom vooral indirect, via een betere inzet van hernieuwbare energie en vermindering van piekbelasting. De bijdrage aan de emissiereductie in 2030 is doorgaans kleiner en afhankelijker van de specifieke toepassing dan bij de andere verduurzamingspaden. De gevoeligheid is laag voor techniek en kosten, maar matig voor aanvullende groei tot 2030 door netcongestie, businesscase-onzekerheid en salderingswijzigingen. plausibiliteit vóór 2030 laag

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2030
Beperking van de energievraag	Hoog positief	Het beperken van de energievraag verlaagt het gebruik van aardgas, elektriciteit en warmte in gebouwen en leidt daardoor rechtstreeks tot lagere Nederlandse emissies in de gebruiksfase. De bijdrage vóór 2030 is wel afhankelijk van het uitvoeringstempo en de ontwerpmaatregelen waarmee de energievraag wordt beperkt. Voor het realiseren van de energievraag kunnen meer materiaalgebonden emissies optreden. Ook het gedrag van gebruikers beïnvloedt de gerealiseerde energiebesparing. De gevoeligheid is laag voor technische beschikbaarheid, maar matig voor kosten, gedrag en het benodigde volume en tempo vóór 2030. **plausibiliteit vóór 2030 matig**

Verduurzaming van de productie in Nederland en de inzet van Nederlands biobased materiaal zijn de belangrijkste verduurzamingspaden voor dit beleidsdoel. Eigen energieopwekking kan voor de korte en de middellange termijn een relevante bijdrage leveren.

3.2.1.3 Gevoeligheidsanalyse en robuustheid

de ontwikkeling van de verduurzamingspaden. De beoordeling betreft het aanvullende effect ten opzichte van beleidsvariant 1. Het gaat om de prikkel die uitgaat van de wlc-gwp-beleidsvariant. De beleidsvariant stuurt een verduurzamingspad niet rechtstreeks, maar kan oplossingen binnen een wlc-gwp-eis wel aantrekkelijker of minder aantrekkelijk maken.

In de tabel hieronder wordt eerst de richting weergegeven: + is stimulerend, 0 betekent geen wezenlijk verschil, - is belemmerend en ± is gemengd of toepassingsafhankelijk. Daarna volgt de gevoeligheid van de invloed: laag, matig of hoog. Het effect wordt gerelateerd aan beleidsvariant 1. Een verduurzamingspad beïnvloedt de robuustheid van de effectraming wezenlijk wanneer deze relevant is voor het beleidsdoel en wanneer deze mogelijk sterk stimulerend of beperkend door de beleidsvariant wordt beïnvloed.

Tabel 3.7: Gevoeligheid en afbreukrisico van de beleidsvarianten voor relevante verduurzamingspaden bij het beleidsdoel Klimaatwet: 55% reductie in 2030. De +/0/- geeft de richting aan (positief of negatief) en het hoog laag middel geeft de sterkte aan.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (tijdweging B, C, D en biogeen)	Beleidsvariant 3 (zonder module D)	Beleidsvariant 4 (zonder D; biogeen tijdgewogen)
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	0 | Hoog Door het tijdsgewogen meenemen van emissies is er nadruk op de modules A1-A5. Hier kan gereduceerd worden met hergebruik. De bijdrage is alleen gerelateerd bij bouwmaterialen die in Nederland worden geproduceerd.	+ | Hoog Door het weglaten van module D wordt het verschil tussen hergrbuikte producten en primaire producten relatief groter omdat primaire producten een hogere module D waardering hebben dan secundaire producten. De bijdrage is alleen gerelateerd bij bouwmaterialen die in Nederland worden geproduceerd.	+ | Hoog Door het weglaten van module D wordt het verschil tussen hergrbuikte producten en primaire producten relatief groter omdat primaire producten een hogere module D waardering hebben dan secundaire producten. De bijdrage is alleen gerelateerd bij bouwmaterialen die in Nederland worden geproduceerd.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (tijdweging B, C, D en biogeen)	Beleidsvariant 3 (zonder module D)	Beleidsvariant 4 (zonder D; biogeen tijdgewogen)
Biobased bouwen Relatie met doel: matig positief	+ | Hoog Tijdgewogen waardering van biogene koolstof geeft een sterke prikkel op de toepassing van biobased	0 | Laag Biobased bouwen wordt niet extra gestimuleerd	+ | Hoog Deze variant geeft de sterkste specifieke prikkel voor biobased bouwen. Doordat module D niet wordt meegenomen gaat biogene CO_2-opslag relatief zwaarder wegen.
Lichter bouwen / materiaalbesparing Relatie met doel: Laag positief	0 | Hoog Door het tijdsgewogen meenemen van emissies is er nadruk op de modules A1-A5. Hier kan gereduceerd worden met lichter bouwen. De bijdrage is alleen gerelateerd bij bouwmaterialen die in Nederland worden geproduceerd.	0 | Hoog Het ontbreken van module D zorgt ervoor dat er minder emissies achteraf gecompenseerd kunnen worden, dit stimuleert focus op reduceren in A1-A5, dit kan met lichter bouwen.	+ | Hoog Het ontbreken van module D zorgt ervoor dat er minder emissies achteraf gecompenseerd kunnen worden, dit kan lichter bouwen stimuleren. Biobased toepassingen worden extra gestimuleerd, dit hoeft niet altijd bij te dragen aan lichter bouwen
Verduurzaming bouwmaterialen-industrie Relatie met doel: Matig positief	+ | Hoog Door het tijdsgewogen meenemen van emissies valt er meer winst te halen bij de hedendaagse reductie, dan toekomstige. Dit stimuleert keuze voor duurzame bouwmaterialen.	+ | Hoog Het ontbreken van module D zorgt ervoor dat er minder emissies achteraf gecompenseerd kunnen worden, dit stimuleert duurzame bouwmaterialen.	+ | Hoog Zelfde als variant 3. De biogene tijdweging heeft hier weinig directe invloed. Afbreukrisico: er komt meer nadruk op biobased bouwen, mogelijke afbreuk is dat verduurzaming van andere bouwmaterialen minder nodig is bij toepassing biobased om eisen te halen
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw Relatie met doel: Matig positief	+ | Laag Door de tijdsgewogen waardering wordt operationeel energiegebruik uit eigen energieopwekking relatief belangrijker (de impact van B6 wordt procentueel groter). Door het wegen van de vervangingen wordt de toepassing extra gestimuleerd.	0 | Laag Module D niet meenemen stuurt meer op verduurzaming bij operationeel energiegebruik, aandeel B6 wordt relatief groter, en kan daarmee de eigen energieopwekking stimuleren	0 | Laag Vergelijkbaar met variant 3.
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen Relatie met doel: Laag positief	0 | Laag Energieopslagsystemen hebben een kortere levensduur dan het gebouw. Door de tijdgewogen waardering wegen vervangingen minder zwaar.	- | Laag Het weglaten van module D heeft op de impact van batterijen een negatieve impact door het niet meenemen van de recycling van de grondstoffen. Hiermee worden batterijen relatief zwaarder gewogen binnen de wlc-gwp score en daarmee minder gestimuleerd.	- | Laag Gelijk aan variant 3

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (tijdweging B, C, D en biogeen)	Beleidsvariant 3 (zonder module D)	Beleidsvariant 4 (zonder D; biogeen tijdgewogen)
Beperken van de energievraag Relatie met doel: Hoog positief	0 | Hoog Relatief gaat module B6 zwaarder wegen dan in de basisvariant. Dit kan leiden tot een stimulans. Daarnaast blijft er een stimulans om dit met duurzame materialen en producten te bereiken omdat module A volledig blijft meetellen. Voor het klimaat-doel van 2030 is dit effect miniem.	- | Hoog Minder materiaal kunnen compenseren in module D zorgt er voor dat de materiaal-emissies iets zwaarder gaan wegen dan de energie emissies, wat het belang van het beperken van de energievraag licht kan laten afnemen.	- | Hoog Vergelijkbaar met variant 2. Het aandeel biogeen materiaal in beperkende energie-maatregelen is klein, waardoor de conclusie van variant 3 ook geldt voor variant 4.

Verschillen tussen beleidsvarianten
Als we alle verduurzamingspaden beschouwen zijn er een aantal waarbij er daadwerkelijk verschillende gevoeligheden of afbreukrisico's zijn in relatie met de beleidsvarianten.

De meest relevante (bij paden met een matige of hoge positieve of negatieve relatie met het doel) verschillen tussen de beleidsvarianten 2, 3 en 4 ten opzichte van beleidsvariant 1 treden op bij de paden:

- Hergebruik van bouwmaterialen
- biobased bouwen
- eigen energieopwekking
- beperken van de energievraag.

Hergebruik van bouwmaterialen
Beleidsvarianten 3 en 4 hebben door het weglaten van model D een aanvullende prikkel op direct hergebruik van bouwmaterialen. Het effect is echter beperkt tot die producten die een Nederlandse productie uitsparen en daarmee wel klein, daarnaast is het volume nog erg beperkt.

Biobased bouwen
Beleidsvarianten 2 en 4 stimuleren biobased bouwen duidelijk door de tijdgewogen waardering van biogene koolstof; variant 4 geeft daarbij de sterkste specifieke prikkel doordat module D ontbreekt. Beleidsvariant 3 heeft op biobased bouwen geen aanvullend effect.

Eigen energie opwekking
Beleidsvariant 2 stimuleert eigen energieopwekking licht, doordat operationeel energiegebruik relatief belangrijker wordt en vervangingen door tijdweging minder zwaar meetellen. Varianten 3 en 4 geven een gemengd effect omdat het vervallen van module D de relatieve nadruk verschuift naar materiaalemissies, het effect hangt af van het energieconcept van het bouwwerk.

Beperken van de energievraag
Voor het beperken van de energievraag is het aanvullende effect van variant 2 ten opzichte van de basisvariant per saldo neutraal: module B6 weegt relatief zwaarder, maar de bijdrage aan het klimaatdoel voor 2030 blijft voor nieuwbouw beperkt. Varianten 3 en 4 geven een licht negatieve prikkel, omdat het vervallen van module D de relatieve nadruk verschuift naar materiaalemissies.

De overige verduurzamingspaden hebben of een beperktere bijdrage aan het doel of de beleidsvarianten zijn niet onderscheidenlijk.

Lichter bouwen
De invloed op lichter bouwen is positief of gemengd en sterk afhankelijk van het materiaalconcept en Nederlandse productie

Verduurzaming bouwmaterialen industrie
Alle varianten stimuleren de verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, het pad met de sterkste relatie tot het klimaatdoel voor 2030.

Energieopslag
Bij energieopslag is het aanvullende effect van variant 2 ten opzichte van de basisvariant per saldo neutraal: module B4 weegt relatief zwaarder, maar de bijdrage aan het klimaatdoel voor 2030 blijft voor nieuwbouw beperkt. Varianten 3 en 4 geven een licht negatieve prikkel, omdat door het vervallen van module D de baten van recycling wegvallen en de impact van energieopslag binnen het totaal zwaarder gaat wegen.

Conclusie
De positieve effectramingen zijn daarom vooral afhankelijk van tijdige verduurzaming van de Nederlandse bouwmaterialenindustrie; bij beleidsvarianten 2 en 4 is daarnaast duurzame opschaling van biobased bouwen bepalend.

3.2.1.4 Integrale beoordeling

Tabel 3.8: Integrale beoordeling van de beleidsvarianten.

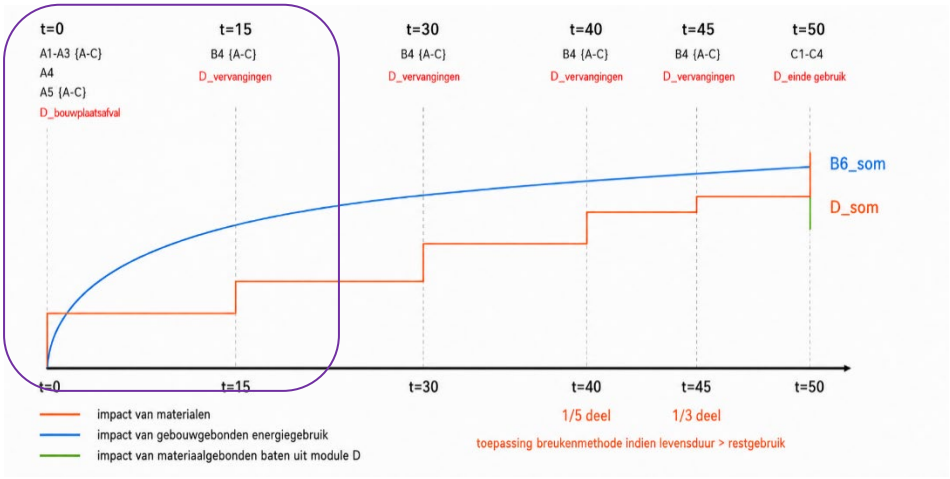
Beleidsvariant	Effect per beleidsdoel t.o.v. variant 1	Robuustheid	Toelichting
Variant 2	+	Laag	Variant 2 stimuleert vooral de verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, het pad met de sterkste relatie tot het klimaatdoel voor 2030. De tijdweging geeft daarnaast een duidelijke prikkel aan biobased bouwen en een lichte prikkel aan eigen energieopwekking. Het effect op lichter bouwen en energieopslag blijft gemengd of toepassingsafhankelijk. Voor het beperken van de energievraag is het aanvullende effect per saldo neutraal: module B6 weegt relatief zwaarder, maar de extra bijdrage aan het klimaatdoel vóór 2030 blijft bij nieuwbouw beperkt. De effectraming is vooral afhankelijk van tijdige industriële verduurzaming en duurzame opschaling van biobased bouwen; daarom is de robuustheid laag.
Variant 3	+	Laag	Variant 3 stimuleert de verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie doordat toekomstige baten in module D de initiële emissies niet compenseren. De invloed op lichter bouwen en eigen energieopwekking is gemengd en toepassingsafhankelijk, terwijl biobased bouwen geen aanvullende prikkel krijgt. Batterijopslag wordt verzwakt doordat recyclingbaten niet meetellen. Ook het beperken van de energievraag krijgt een lichte negatieve prikkel, omdat materiaalemissies relatief zwaarder wegen dan operationele energie-emissies. De positieve effectraming rust daardoor vooral op tijdige verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie; daarom is de robuustheid laag.

Beleidsvariant	Effect per beleidsdoel t.o.v. variant 1	Robuustheid	Toelichting
Variant 4	++	Laag	Variant 4 combineert een sterke prikkel voor verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie met de sterkste specifieke stimulans voor biobased bouwen. De invloed op lichter bouwen en eigen energieopwekking is positief of gemengd en afhankelijk van het toegepaste concept. Batterijopslag wordt verzwakt doordat recyclingbaten in module D vervallen. Ook het beperken van de energievraag krijgt een lichte negatieve prikkel, doordat het ontbreken van module D de relatieve nadruk naar materiaalemissies verschuift. De hoge positieve effectraming is daarom afhankelijk van tijdige industriële verduurzaming én duurzame opschaling van biobased bouwen; daarom is de robuustheid laag.

De robuustheid is voor alle beleidsvarianten laag. De effectramingen steunen vooral op verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, die een sterke relatie heeft met het klimaatdoel maar waarvan tijdige realisatie afhankelijk is van industriële investeringen en vraagsturing. Voor varianten 2 en 4 vormt ook duurzame opschaling van biobased bouwen een belangrijke onzekerheid. De invloed op lichter bouwen is conceptafhankelijk; eigen energieopwekking krijgt in variant 2 een lichte stimulans en in varianten 3 en 4 een gemengde prikkel. Energieopslag draagt beperkt bij en wordt in varianten 3 en 4 relatief benadeeld doordat recyclingbaten uit module D vervallen. Het beperken van de energievraag heeft een sterke relatie met het beleidsdoel, maar onderscheidt de varianten vóór 2030 slechts beperkt: variant 2 is per saldo neutraal, terwijl varianten 3 en 4 een lichte negatieve prikkel geven. De verschillen tussen de varianten zijn daarmee relevant, maar de daadwerkelijke bijdrage aan 2030 blijft vooral afhankelijk van tijdige markt- en industriële opschaling.

3.2.2 Klimaatwet: Netto klimaatneutraal in 2050

De Klimaatwet bepaalt dat Nederland de netto-uitstoot van broeikasgassen uiterlijk in 2050 tot nul reduceert en na 2050 streeft naar negatieve emissies. Het doel betreft de nationale broeikasgasinventaris: emissies en verwijderingen binnen Nederland. Emissies uit buitenlandse productie die aan geïmporteerde bouwproducten zijn verbonden, tellen daarom niet rechtstreeks mee in het nationale doel, tenzij de productie of bewerking in Nederland plaatsvindt. Voor de gebouwde omgeving zijn zowel de verduurzaming van binnenlandse materiaalproductie als de structurele verlaging van het operationele energiegebruik relevant. Hoewel de wlc-gwp-berekening een beschouwingsperiode van vijftig jaar hanteert, is voor dit beleidsdoel vooral sturing op effecten tot circa t = 25 relevant; binnen die periode worden ook eerste vervangingen van producten met een korte levensduur zichtbaar.



Figuur 3.5: Schematische opbouw van de wlc-gwp score in de basisvariant over 50 jaar.

Effect indicator:
Totale nationale netto broeikasgasemissies (CO_2-equivalenten), gebaseerd op de Nederlandse broeikasgasinventaris. Dit volgt de IPCC-richtlijnen voor nationale broeikasgasinventarissen.

Kenmerken:
alle relevante broeikasgassen worden meegenomen;
omvat emissies én verwijderingen ("sinks") op **landelijk niveau**;
vergelijking vindt plaats met het basisjaar 1990.

$$Reductie\ (\%) = \frac{Emissies1990 - Emissies2050}{Emissies1990} \times 100$$

waarbij:
Emissies1990 = nationale netto broeikasgasemissies volgens de inventaris in 1990;
$Emissies2050$ = nationale netto broeikasgasemissies volgens dezelfde methodiek in 2050.
De uitkomst moet ten minste **100%, is netto nul emissie,** bedragen in 2050.
(wetten.nl - Regeling - Klimaatwet - BWBR0042394)

3.2.2.1 Vergelijking van de beleidskeuzes

Tabel 3.9: Effectraming van de beleidsvarianten t.o.v. variant 1.

Beleidskeuze	Effectraming t.o.v. variant 1
Variant 1: volledige A-D, zonder tijdweging	n.v.t.
Variant 2: volledige (A-D), met tijdweging	+
Variant 3: Zonder module D, zonder tijd weging	+
Variant 4: Zonder module D, biogeen tijdgewogen	++

Effect beschrijving beleidsvariant 1
In variant 1 worden alle levenscyclusfasen, van module A tot en met D, volledig meegewogen. Deze basisvariant stimuleert emissiereductie in de vroege levenscyclusfasen, zoals productie, transport, bouw en operationeel energiegebruik. Tegelijkertijd kunnen toekomstige baten in module D hogere emissies in de productie- en bouwfase gedeeltelijk compenseren. Daardoor is de sturing op emissiereductie vóór 2050 minder direct dan in varianten waarin latere effecten lager worden gewogen of buiten beschouwing blijven.

Effect beschrijving beleidsvariant 2
In variant 2 worden emissies in de vroege levenscyclusfasen, met name productie en bouw, volledig meegewogen, terwijl latere emissies en baten door tijdweging minder zwaar meetellen. Hierdoor verschuift de sturingsprikkel sterker naar emissiereductie op korte termijn. De variant stimuleert daarmee vooral vroege verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, toepassing van CO_2-arme materialen en inzet van biobased oplossingen met tijdelijke koolstofopslag. Toekomstige effecten, zoals baten in latere levenscyclusfasen, krijgen relatief minder gewicht dan in de basisvariant. Voor het wlc-gwp beleidsdoel van 2050 is dit positief. Doordat de emissies in 2050 minder zwaar meewegen gaat het er om wat er nu gedaan wordt qua emissiereductie en ligt het zwaartepunt van de actie ondanks het langetermijn doel, nog steeds in de nabije toekomst. Verder zorgt de tijds gewogen waardering van module D er voor dat er meer nadruk komt te liggen op de kortermijn reductie doelen dan op de baten van het hergebruik van materialen. Baten in module D zorgen nog steeds voor een lagere wlc-gwp score, de einde levensfase van de meeste materialen bevind zich echter pas na 2050 en is niet relevant voor deze doelstelling. De tijdgewogen weging kan er mogelijk voor zorgen dat er minder nadruk komt te liggen op energieverbruik met een lage impact. Dit is een mogelijke beperking.

Effect beschrijving beleidsvariant 3
In variant 3 worden de levenscyclusfasen tot en met module C volledig meegewogen, terwijl module D buiten beschouwing blijft. Hierdoor kunnen hoge emissies in de vroege levenscyclusfasen niet worden gecompenseerd door toekomstige baten buiten de systeemgrens. De variant versterkt daarmee de prikkel voor vroege emissiereductie, toepassing van CO_2-arme bouwmaterialen en materiaalreductie. Tegelijkertijd tellen baten uit toekomstige circulariteit niet mee in de beoordeling wat het circulaire potentieel van de materialen en producten (met een korte levensduur) buiten beschouwing laat. Het effect op het klimaatneutraal 2050 beleidsdoel is positief.

Effect beschrijving beleidsvariant 4
In variant 4 worden de levenscyclusfasen tot en met module C meegewogen, blijft module D buiten beschouwing en wordt tijdelijke biogene koolstofopslag tijdgewogen gewaardeerd. Net als in variant 3 kunnen hoge initiële emissies daardoor niet worden gecompenseerd door

toekomstige module-D-baten. Daarnaast ontstaat een aanvullende prikkel voor biobased bouwmethoden en materialen met tijdelijke koolstofopslag. De variant stuurt daarmee zowel op lage initiële materiaalemissies als op toepassing van biobased oplossingen. Voor het klimaatneutraal 2050 beleidsdoel stuurt variant 4 net zoals variant 2 op de kortere termijn reductie, vanwege de tijdgewogen weging van emissies. Verder zorgt het ontbreken van module D er voor dat er meer nadruk komt te liggen op emissiebaten via biogene CO_2-opslag. Het effect van variant 4 op het klimaat neutraal 2050 doel is positief. De tijdgewogen weging kan er mogelijk voor zorgen dat er minder nadruk komt te liggen op energieverbruik met een lage impact. Dit is een mogelijke beperking.

3.2.2.2 Aansluiting bij relevante verduurzamingspaden

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de voor dit beleidsdoel meest relevante verduurzamingspaden en de mate waarin de verwachte bijdrage aan wlc-gwp klimaatdoel afhankelijk is van ontwikkelingen binnen deze paden. De gevoeligheid geeft aan in hoeverre onzekerheden in techniek, marktontwikkeling, capaciteit en acceptatie het verwachte effect kunnen beïnvloeden. Na de tabel wordt een uitgebreidere toelichting per verduurzamingspad gegeven.

Tabel 3.10: Relevantie en gevoeligheid van verduurzamingspaden voor het beleidsdoel Klimaatwet: klimaatneutraal in 2050.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit richting 2050
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	Matig positief	Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen draagt direct bij aan het vermijden van een nieuwe productie. Indien hier een productie uit Nederland wordt gesubstitueerd werkt deze direct door in het doel. De bijdrage aan de emissiereductie is dus sterk afhankelijk van de daadwerkelijke productievermijding binnen Nederland. De markt voor hergebruik is nog in een ontwikkelende fase en de omvang is nog beperkt. De gevoeligheid is laag tot matig voor technische potentie, maar matig tot hoog voor grootschalige marktcapaciteit vóór 2050, omdat het aandeel nationale productie in relatie tot de gebouwimpact niet hoog is. plausibiliteit vóór 2050 matig
Biobased bouwen	Matig positief	Biobased bouwen kan bijdragen aan het beleidsdoel door vervanging van emissie-intensieve materialen uit Nederlandse productie en door tijdelijke opslag van biogene koolstof van Nederlands hout. De bijdrage aan de emissiereductie in 2050 is echter afhankelijk van de mate waarin biobased materialen uit Nederland daadwerkelijk op grotere schaal (kunnen) worden toegepast. De gevoeligheid is laag tot matig voor technische potentie, maar matig tot hoog voor grootschalige marktcapaciteit vóór 2050, omdat areaal, verwerking en acceptatie nog moeten groeien. plausibiliteit vóór 2050 matig
Verduurzaming bouwmaterialenindustrie	Hoog positief	Verduurzaming van de Nederlandse bouwmaterialenindustrie heeft een directe relatie met het beleidsdoel klimaatneutraal in 2050. Voor dit beleidsdoel moet de bouwmaterialenindustrie in Nederland gaan richting klimaatneutraal. Lagere emissies in de productie van beton, staal, glas, isolatiematerialen en andere bouwproducten werken rechtstreeks door in de totale levenscyclusimpact van gebouwen. De gevoeligheid is matig tot hoog, omdat het uiteindelijke reductiepotentieel afhankelijk is van technologische ontwikkeling, beschikbaarheid van duurzame energie, grondstoffen en industriële investeringen. plausibiliteit vóór 2050 matig

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit richting 2050
Eigen energie-opwek op of nabij gebouw	Matig positief	Eigen energieopwekking draagt bij aan klimaatneutraliteit in 2050 door het reduceren van operationele emissies en het ondersteunen van een duurzame energievoorziening. Naarmate het energiesysteem verder verduurzaamt, neemt het relatieve effect op de emissiefactor van elektriciteit af, maar blijft lokale opwekking belangrijk voor systeemintegratie en flexibiliteit. De gevoeligheid is matig, vooral door onzekerheden rond netcongestie, regelgeving, ruimtelijke inpassing en toekomstige elektriciteitsmixen. plausibiliteit vóór 2050 matig
Energieopslag / batterijopslag gebouw	Laag positief	Energieopslag ondersteunt de integratie van hernieuwbare energie, vermindert piekbelasting en maakt een hogere benutting van lokaal opgewekte energie mogelijk. Voor een klimaatneutraal energiesysteem in 2050 wordt opslag gezien als een belangrijke ondersteunende technologie. De gevoeligheid is matig tot hoog, omdat het uiteindelijke effect sterk afhankelijk is van technologische ontwikkeling, levensduur, materiaalgebruik, recyclingprestaties en de rol van opslag binnen het toekomstige energiesysteem. plausibiliteit vóór 2050 laag
Beperking van de energievraag	Hoog positief	Het beperken van de energievraag draagt rechtstreeks bij aan klimaatneutraliteit door het energiegebruik en daarmee de operationele emissies van gebouwen structureel te verlagen. Daarnaast vermindert een lagere energievraag de hoeveelheid hernieuwbare energie en energie-infrastructuur die nodig is om de gebouwenvoorraad klimaatneutraal te maken. Door de verduurzaming van de energievoorziening neemt het directe emissiereductie-effect per bespaarde eenheid energie op termijn af, maar energiebesparing blijft van belang voor het verkleinen van de totale systeemopgave. De gevoeligheid is laag voor technische mogelijkheden en matig voor kosten en gebruikersgedrag. plausibiliteit vóór 2050 hoog

De grootste directe bijdragen aan klimaatneutraliteit in 2050 worden verwacht van verduurzaming van de Nederlandse bouwmaterialenindustrie en beperking van de energievraag. Industriële verduurzaming verlaagt de binnenlandse productie-emissies rechtstreeks, maar is afhankelijk van technologische ontwikkeling, duurzame energie en grondstoffen en voldoende investeringen. Energievraagbeperking verlaagt de operationele emissies structureel en verkleint tegelijk de benodigde duurzame opwek- en infrastructuuropgave; het gerealiseerde effect hangt vooral af van kosten, gebruikersgedrag en het langdurig vasthouden van voldoende realisatie- en renovatietempo. Biobased bouwen en eigen energieopwekking hebben een matig positieve aanvullende bijdrage. Voor biobased bouwen zijn duurzame opschaling van Nederlandse productie, verwerking en marktacceptatie bepalend; bij eigen energieopwekking hangen de effecten mede af van netcongestie, regelgeving en de toekomstige elektriciteitsmix.

Energieopslag ondersteunt het beleidsdoel vooral indirect, doordat opslag de integratie en benutting van hernieuwbare energie vergroot. De uiteindelijke bijdrage is onzeker en afhankelijk van technologische ontwikkeling, levensduur, materiaalgebruik, recyclingprestaties en de rol van opslag in het toekomstige energiesysteem. De positieve effectraming voor 2050 rust daarmee primair op tijdige verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie én structurele beperking van de energievraag, en aanvullend op duurzame opschaling van biobased bouwen en een goed functionerend, flexibel energiesysteem.

3.2.2.3 Gevoeligheidsanalyse en robuustheid

Tabel 3.11: Gevoeligheid en afbreukrisico van de beleidsvarianten voor relevante verduurzamingspaden bij het beleidsdoel Klimaatwet: klimaatneutraal in 2050. De +/0/- geeft de richting aan (positief of negatief) en het hoog laag middel geeft de sterkte aan.

Verduurzamings-pad	Beleidsvariant 2 (tijdweging B, C, D en biogeen)	Beleidsvariant 3 (zonder module D)	Beleidsvariant 4 (zonder D; biogeen tijdgewogen)
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	0 | Hoog Door het tijdsgewogen meenemen van emissies is er nadruk op de modules A1-A5. Hier kan gereduceerd worden met hergebruik. De bijdrage is alleen gerelateerd bij bouwmaterialen die in Nederland worden geproduceerd.	+ | Hoog Door het weglaten van module D wordt het verschil tussen hergebruikte producten en primaire producten relatief groter omdat primaire producten een hogere module D waardering hebben dan secundaire producten. De bijdrage is alleen gerelateerd bij bouwmaterialen die in Nederland worden geproduceerd.	+ | Hoog Door het weglaten van module D wordt het verschil tussen hergebruikte producten en primaire producten relatief groter omdat primaire producten een hogere module D waardering hebben dan secundaire producten. De bijdrage is alleen gerelateerd bij bouwmaterialen die in Nederland worden geproduceerd.
Biobased bouwen Relatie met doel: Matig positief	+ | matig Tijdgewogen waardering van biogene koolstof geeft een sterke prikkel op de toepassing van biobased	0 | Laag Biobased bouwen wordt niet extra gestimuleerd	+ | matig Deze variant geeft de sterkste specifieke prikkel voor biobased bouwen. Doordat module D niet wordt meegenomen gaat biogene CO_2-opslag relatief zwaarder wegen.
Verduurzaming bouwmaterialen-industrie Relatie met doel: Hoog positief	+ | Matig Door het tijdsgewogen meenemen van emissies valt er meer winst te halen bij de hedendaagse reductie, dan toekomstige. Dit stimuleert keuze voor duurzame bouwmaterialen.	+ | Matig Het ontbreken van module D zorgt ervoor dat er minder emissies achteraf gecompenseerd kunnen worden, dit stimuleert duurzame bouwmaterialen.	+ | Matig Zelfde als variant 3. De biogene tijdweging heeft hier weinig directe invloed. Afbreukrisico: er komt meer nadruk op biobased bouwen, mogelijke afbreuk is dat verduurzaming van andere bouwmaterialen minder nodig is bij toepassing biobased om eisen te halen
Eigen energie-opwek op of nabij gebouw Relatie met doel: Hoog positief	+ | Laag Door de tijdsgewogen waardering wordt operationeel energiegebruik uit eigen energieopwekking relatief belangrijker (de impact van B6 wordt procentueel groter). Door het wegen van de vervangingen wordt de toepassing extra gestimuleerd.	0 | Laag Module D niet meenemen stuurt meer op verduurzaming bij operationeel energiegebruik, aandeel B6 wordt relatief groter, en kan daarmee de eigen energieopwekking stimuleren.	0 | Laag Vergelijkbaar met variant 3.

Verduurzamings-pad	Beleidsvariant 2 (tijdweging B, C, D en biogeen)	Beleidsvariant 3 (zonder module D)	Beleidsvariant 4 (zonder D; biogeen tijdgewogen)
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen Relatie met doel: Laag positief	0 | Laag Energieopslagsystemen hebben een kortere levensduur dan het gebouw. Door de tijdgewogen waardering wegen vervangingen minder zwaar.	- | Laag Het weglaten van module D heeft op de impact van batterijen een negatieve impact door het niet meenemen van de recycling van de grondstoffen. Hiermee worden batterijen relatief zwaarder gewogen binnen de wlc-gwp score en daarmee minder gestimuleerd.	- | Laag Gelijk aan variant 3
Beperken van de energievraag Relatie met doel: Hoog positief	+ | Laag Doordat module B6 geen onderdeel is van de tijdweging en dus zoals in alle varianten volledig meetelt en latere materiaal-emissies minder zwaar wegen, ontstaat een lichte extra prikkel voor energie-vraagbeperking. Deze prikkel is richting 2050 relevanter dan voor 2030.	- | Laag Zonder module D wegen materiaalemissies relatief zwaarder, wat de prikkel voor energievraagbeperking licht vermindert; de besparing in B6 blijft volledig meetellen.	0 | Laag Per saldo neutraal: biogene koolstof compenseert deels, maar zonder module D blijft de materiaalimpact relatief zwaar.

Verschillen tussen beleidsvarianten
Als we alle verduurzamingspaden beschouwen zijn er een aantal waarbij er daadwerkelijk verschillende gevoeligheden of afbreukrisico's zijn in relatie met de beleidsvarianten.

De meest relevante (bij paden met een matige of hoge positieve of negatieve relatie met het doel) verschillen tussen de beleidsvarianten 2, 3 en 4 ten opzichte van beleidsvariant 1 treden op bij de paden:

- Hergebruik van bouwmaterialen;
- biobased bouwen;
- eigen energieopwekking;
- beperken van de energievraag.

Hergebruik van bouwmaterialen
Beleidsvarianten 3 en 4 hebben door het weglaten van model D een aanvullende prikkel op direct hergebruik van bouwmaterialen. Het effect is echter beperkt tot die producten die een Nederlandse productie uitsparen en daarmee wel klein in relatie tot de materiaalgebonden bouwerkimpact.

Biobased bouwen
Beleidsvarianten 2 en 4 stimuleren biobased bouwen door de tijdgewogen waardering van biogene koolstof; variant 4 geeft daarbij de sterkste specifieke prikkel doordat module D ontbreekt. Beleidsvariant 3 geeft geen aanvullende prikkel voor biobased bouwen.

Eigen energie opwekking
Beleidsvariant 2 stimuleert eigen energieopwekking licht omdat module B6 volledig meetelt terwijl latere materiaalemissies en vervangingen minder zwaar wegen door tijdweging. Beleidsvarianten 3 en 4 hebben hier per saldo een neutraal effect.

Beperken van de energievraag
Voor het beperken van de energievraag is het aanvullende effect van variant 2 ten opzichte van de basisvariant per saldo neutraal: module B6 weegt relatief zwaarder, maar de bijdrage aan het klimaatdoel voor 2030 blijft voor nieuwbouw beperkt. Varianten 3 en 4 geven een licht negatieve prikkel, omdat het vervallen van module D de relatieve nadruk verschuift naar materiaalemissies.

De overige verduurzamingspaden hebben of een beperktere bijdrage aan het doel of de beleidsvarianten zijn niet onderscheidenlijk.

Lichter bouwen
De invloed op lichter bouwen is positief of gemengd en sterk afhankelijk van het materiaalconcept en Nederlandse productie

Verduurzaming bouwmaterialen industrie
Alle varianten stimuleren de verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, het pad met de sterkste relatie tot het klimaatdoel voor 2030.

Energieopslag
Energieopslag blijft beperkt of negatief beïnvloed: beleidsvariant 2 is toepassingsafhankelijk, terwijl beleidsvarianten 3 en 4 batterijopslag verzwakken doordat recyclingbaten in module D niet worden meegenomen

Conclusie
De positieve effectramingen steunen daarom vooral op tijdige industriële verduurzaming en daadwerkelijke, structurele verlaging van de energievraag. Bij beleidsvarianten 2 en 4 is daarnaast duurzame opschaling van biobased bouwen bepalend. De robuustheid blijft voor alle varianten middel: de toevoeging van energievraagbeperking verandert de richting van de integrale beoordeling niet, maar maakt duidelijker dat de doelrealisatie ook afhankelijk is van een blijvend laag operationeel energiegebruik.

3.2.2.4 Integrale beoordeling

Tabel 3.12: Integrale beoordeling van de beleidsvarianten

Beleidsvariant	Effect per beleidsdoel t.o.v. variant 1	Robuustheid	Toelichting
Variant 2	+	Middel	Variant 2 stimuleert vroege verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie en biobased bouwen. Eigen energie-opwekking krijgt een lichte prikkel, terwijl het effect op energieopslag toepassingsafhankelijk blijft. Ook energievraagbeperking wordt licht gestimuleerd, omdat module B6, zoals in alle varianten, volledig meetelt en latere materiaal-emissies en vervangingen minder zwaar wegen. De positieve effect-raming is vooral afhankelijk van tijdige industriële verduurzaming, structurele energievraagbeperking en duurzame opschaling van biobased bouwen; daarom is de robuustheid middel.
Variant 3	+	Middel	Variant 3 stimuleert vroege emissiereductie en verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie doordat module-D-baten de initiële emissies niet compenseren. Biobased bouwen krijgt geen aanvullende prikkel en de invloed op eigen energieopwekking is gemengd. Batterijopslag wordt verzwakt doordat recyclingbaten vervallen. Voor energie-vraagbeperking ontstaat een lichte negatieve prikkel, omdat de materiaalimpact van maatregelen relatief zwaarder weegt. De effectraming rust daarmee vooral op industriële verduurzaming en autonome of aanvullende sturing op energievraagbeperking; daarom is de robuustheid middel.
Variant 4	++	Middel	Variant 4 combineert een sterke prikkel voor directe verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie met de sterkste specifieke stimulans voor biobased bouwen. De invloed op eigen energieopwekking is gemengd en batterijopslag wordt verzwakt doordat module-D-baten vervallen. Voor energievraagbeperking is het aanvullende effect per saldo neutraal: biogene waardering kan een deel van de relatief zware materiaalimpact compenseren. De hoge positieve effectraming is afhankelijk van industriële verduurzaming, blijvende energie-vraagbeperking en duurzame opschaling van biobased bouwen; daarom is de robuustheid middel.

De robuustheid is voor alle beleidsvarianten middel. De effectramingen steunen primair op verduurzaming van de Nederlandse bouwmaterialenindustrie en structurele beperking van de energievraag. Industriële verduurzaming is afhankelijk van technologische ontwikkeling, duurzame energie, grondstoffen en investeringen; energievraagbeperking vraagt daarnaast om voldoende realisatie- en renovatietempo en blijvende prestaties in gebruik. Variant 2 versterkt biobased bouwen, eigen energieopwekking en energievraagbeperking licht. Variant 3 legt de nadruk op vroege emissiereductie, maar geeft geen aanvullende biobased prikkel, verzwakt batterijopslag en beperkt de prikkel voor energievraagbeperking licht. Variant 4 combineert de sterkste biobased prikkel met directe industriële verduurzaming; het effect op energievraagbeperking is neutraal en batterijopslag blijft benadeeld. De daadwerkelijke bijdrage aan 2050 wordt daarmee vooral bepaald door tijdige industriële transitie, duurzame biobased opschaling en het structureel verlagen van het operationele energiegebruik.

3.3 Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes op het behoud van bijdrage aan circulariteit

In deze paragraaf zijn de effecten van vier wlc-gwp-beleidsvarianten op de circulariteitsdoelen uit het NPCE beoordeeld. Het gaat om vermindering van het grondstoffengebruik, vergroting van het aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen, recycling en hoogwaardige recycling, en een volledig circulaire economie in 2050.

De wlc-gwp stuurt op broeikasgasemissies en niet rechtstreeks op fysieke materiaalstromen of kringloopkwaliteit. De relatie met de circulariteitsdoelen is daarom veelal indirect. Per beleidsdoel worden het effect ten opzichte van variant 1, de relevante verduurzamingspaden en de robuustheid van de conclusie beoordeeld. Figuur 3.6 geeft hiervan een samenvattend overzicht.



Figuur 3.6: Scoretabel met Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes t.o.v. beleidsvariant 1 op beleid voor de circulaire economie

3.3.1 NPCE: 15% lager grondstoffengebruik in 2035

Het beleidsdoel uit het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) richt zich op een vermindering van het Nederlandse grondstoffengebruik met 15% in 2035 ten opzichte van 2016. Het doel geldt voor de gehele Nederlandse economie en wordt gemeten aan de hand van de Direct Material Input (DMI): de grondstoffen, materialen en producten die in Nederland worden gewonnen of worden geïmporteerd. Onder andere fossiele en biotische energiedragers voor verbranding, ophoogzand, baggerspecie, verontreinigde grond, radioactief afval en meststoffen blijven buiten beschouwing. Het nationale doel is niet automatisch een afzonderlijke reductie-eis van 15% voor de bouwsector [1].

Voor de bouw is nog geen afzonderlijk sectordoel vastgesteld. In het onderliggende onderzoek is voor het gecombineerde cluster Bouw B&U en GWW wel een indicatief besparingspotentieel van circa 18% in 2035 berekend, waarvan circa 2% door efficiënter materiaalgebruik en 16% door levensduurverlenging. Vanwege de grofmazige sectorafbakening kan dit percentage niet rechtstreeks als taakstelling voor de bouw worden gehanteerd. Hiervoor is een nadere sectorale uitwerking nodig.

Voor de beoordeling van de wlc-gwp-beleidskeuzes is dit doel relevant, omdat materiaalbesparing doorgaans ook leidt tot lagere emissies in de productie-, bouw-, vervangings- en afvalfase. De samenhang is echter niet één-op-één. De wlc-gwp stuurt op broeikasgasemissies, terwijl de NPCE: 15% lager grondstoffengebruik in 2035 stuurt op de totale massa aan grondstoffen. Een materiaal kan daardoor een lage klimaatimpact maar een hoge massa hebben, of juist een lage massa en een hoge klimaatimpact, gemiddeld genomen zijn ze wel gerelateerd en zorgt een afname in materiaal in de meest gevallen wel voor een lagere gwp reductie. Ook de vervanging van primaire grondstoffen door secundaire of biotische grondstoffen vermindert de totale materiaalinput alleen wanneer daadwerkelijk minder materiaal nodig is.

Voor het doel voor 2035 zijn vooral de materialen relevant die vóór of in 2035 de Nederlandse economie binnenkomen. Potentiële baten van hergebruik of recycling die pas na de levensduur van een gebouw optreden en in module D worden gewaardeerd, verlagen de DMI in 2035 niet.

Effectindicator:
De effectindicator is de relatieve afname van de Direct Material Input (DMI) ten opzichte van de DMI van 2016, uitgedrukt in Mton per jaar. De DMI is de som van de in Nederland gewonnen grondstoffen en de fysieke massa van ingevoerde grondstoffen, materialen en producten. Export wordt niet afgetrokken; directe doorvoer zonder bewerking in Nederland wordt niet meegerekend. Het doel is een DMI van maximaal 235 Mton in 2035, oftewel 15% lager dan de referentiewaarde van circa 276 Mton in 2016. De referentiewaarde is bepaald als het gemiddelde over 2015–2017. Uitgesloten zijn ophoogzand, fossiele en biotische energiedragers voor verbranding, baggerspecie, verontreinigde grond, radioactief afval en meststoffen. Fossiele grondstoffen die in producten terechtkomen, zoals kunststoffen, tellen wel mee.

3.3.1.1 Effectraming van de beleidsvarianten

Tabel 3.13: Effectraming t.o.v. variant 1, voor beleidsdoel NPCE 15% lager grondstoffengebruik

Beleidskeuze	Effectraming t.o.v. variant 1
Variant 1: volledige A-D, zonder tijdweging	n.v.t.
Variant 2: volledige (A-D), met tijdweging	0/+
Variant 3: Zonder module D, zonder tijd weging	0/+
Variant 4: Zonder module D, biogeen tijdgewogen	0/+

Effect beschrijving beleidsvariant 1
In variant 1 worden de modules A tot en met D volledig meegenomen, zonder tijdweging. Zowel het huidige materiaalgebruik als toekomstige emissies en baten door hergebruik en recycling worden daarmee volledig gewaardeerd.

Effect beschrijving beleidsvariant 2
In variant 2 worden de effecten in de modules B, C en D tijdgewogen. Daardoor krijgen effecten die later in de levenscyclus optreden minder gewicht in de wlc-gwp. Voor het grondstoffendoel van 2035 is dit verschil beperkt relevant. De einde-levensfase en de module-D-baten van gebouwen die rond 2030 worden gebouwd, treden meestal pas ruim na 2035 op en dragen dus niet bij aan het fysieke grondstoffengebruik in 2035. Door de tijdgewogen beoordeling telt de productiefase, en daarmee het grondstoffengebruik, relatief zwaarder mee ten opzichte van variant 1, de effectraming is daarom 0/+.

Effect beschrijving beleidsvariant 3
Door module D weg te laten, worden mogelijke toekomstige baten van hergebruik en recycling na afdanking niet gewaardeerd. Hierdoor wegen de emissies uit de productiefase relatief zwaarder en ontstaat indirect een lichte stimulans om het materiaalgebruik te beperken. Minder materiaalgebruik leidt doorgaans tot lagere broeikasgasemissies in de gehele keten, maar de wlc-gwp stuurt niet rechtstreeks op de massa van het grondstoffengebruik. De verwachte bijdrage aan het grondstoffendoel is daarom zeer beperkt positief: 0/+.

Effect beschrijving beleidsvariant 4
In variant 4 wordt module D niet meegenomen en wordt biogene koolstofopslag tijdgewogen gewaardeerd. Hierdoor kunnen biobased bouwconcepten binnen de wlc-gwp gunstiger worden beoordeeld. Een verschuiving naar biobased materialen draagt echter niet automatisch bij aan 15% minder grondstoffengebruik: primaire biotische materialen tellen eveneens mee in de totale materiaalhoeveelheid. Daarbij wordt een daadwerkelijke vermindering van de totale materiaalinput onderscheiden van substitutie. Eén-op-één vervanging van primaire door secundaire of biotische grondstoffen draagt op zichzelf niet bij aan dit beleidsdoel, omdat ook deze materialen deel uitmaken van materiaalinput. Substitutie draagt wél bij wanneer zij de toegepaste massa verlaagt. Dat kan bij vervanging van zware door lichtere materialen, bijvoorbeeld een houten in plaats van een betonnen draagstructuur, waarbij ook fundering en hulpconstructies lichter kunnen worden. Biobased bouw kan door lichtere constructies wel tot materiaalbesparing leiden, maar dat is afhankelijk van het bouwconcept en is geen rechtstreeks gevolg van de beleidsvariant. Voor bijvoorbeeld isolatiematerialen, zijn de biobased varianten vaak zwaarder dan de fossiele alternatieven. Ook het ontbreken van module D heeft voor het doeljaar 2035 geen eenduidig effect. De effectraming is daarom 0/+ en blijft sterker afhankelijk van het toegepaste bouwconcept.

3.3.1.2 Aansluiting bij relevante verduurzamingspaden

Het beleidsdoel om het Nederlandse grondstoffengebruik in 2035 met 15% te verminderen, kan via verschillende verduurzamingspaden worden beïnvloed. Op basis van hoofdstuk 2.4 zijn de zes paden geselecteerd die naar verwachting de grootste relatie met dit beleidsdoel hebben. In deze paragraaf wordt per pad beoordeeld via welk mechanisme en in welke mate het de totale fysieke materiaalinput uiterlijk in 2035 kan verlagen.

Daarbij wordt een daadwerkelijke vermindering van de totale materiaalinput onderscheiden van substitutie. De vervanging van primaire grondstoffen door secundaire of biotische grondstoffen draagt niet automatisch aan dit beleidsdoel bij, omdat ook deze materialen deel uitmaken van de fysieke materiaalinput. Alleen wanneer substitutie tevens leidt tot minder materiaalgebruik, minder verlies of een langere gebruiksduur ontstaat een bijdrage aan dit doel. Effecten die pas na 2035 optreden, tellen voor deze beoordeling niet mee.

De tabel hieronder geeft per verduurzamingspad het potentiële effect op het beleidsdoel weer. In de toelichting worden het werkingsmechanisme, de voorwaarden en de plausibiliteit van toepassing vóór 2035 beschreven. De effectscore beschrijft de richting en potentiële sterkte. De plausibiliteit per verduurzamingspad is een kwalitatief expertoordeel van het projectteam, gebaseerd op de uitwerking van de paden in bijlage B en de daar aangehaalde bronnen. De plausibiliteit werkt door in de beoordeling: een pad met een lage plausibiliteit vóór het doeljaar kan de centrale effectraming minder snel doen veranderen en weegt daardoor minder zwaar in de gevoeligheid en de robuustheid. Deze aanduidingen zijn geen kansen of kwantitatieve bijdragen aan de nationale reductiedoelstelling van 15%.

Tabel 3.14: Verduurzamingspaden met de grootste verwachte relatie met het beleidsdoel 15% lager grondstoffengebruik in 2035.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2035
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	Hoog positief	Dezelfde functie wordt met minder materiaal gerealiseerd, bijvoorbeeld door efficiëntere draagconstructies, kleinere doorsneden, het voorkomen van over dimensionering en het combineren van functies. Dit verlaagt de totale materiaalinput rechtstreeks. Plausibiliteit vóór 2035: hoog.
Lichter bouwen	Hoog positief	Lichter bouwen vraagt direct minder materiaal. Het effect blijft alleen behouden als extra lagen, verbindingen, onderhoud of vroegtijdige vervanging de besparing niet tenietdoen. Doordat de bouw lichter wordt kan de fundering mogelijk ook lichter worden uitgevoerd wat ook daar voor een reductie in grondstofgebruik kan zorgen. Bij nieuwe woningen onder wlc-gwp zullen onderhoud en vervangingen veelal pas na 2035 plaatsvinden. Als de gekozen secundaire toepassing een kortere levensduur of meer onderhoud heeft, kan het materiaalgebruik toenemen. Wanneer deze ingrepen na 2035 plaatsvinden, tellen zij niet mee voor het beleidsdoel van 2035. Plausibiliteit vóór 2035: hoog.
Hergebruik van bouwmaterialen	Hoog positief	Daadwerkelijk hergebruik van producten of elementen vóór of in 2035 voorkomt de instroom van nieuwe grondstoffen. Ontwerpen voor hergebruik na de gebouwlevensduur telt voor het doeljaar 2035 nog niet mee. Beschikbaarheid, kwaliteitsborging, logistiek en afstemming van vraag en aanbod begrenzen de schaal. Plausibiliteit vóór 2035: matig.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2035
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	Laag richting onzeker	Een-op-een vervanging van primaire door secundaire materialen vermindert de totale materiaalinput niet automatisch. Als inzet van secundaire materialen leidt tot massatoename om dezelfde technische prestatie te voorzien, dan is toename van secundair materiaal negatief voor het grondstoffengebruik in 2035. Een positieve bijdrage ontstaat alleen als de inzet van secundaire materialen extra materiaal gebruik voorkomt. Daarnaast is er een effect bij het inzetten van secundaire materialen dat deze een korte levensduur hebben, of meer onderhoud nodig hebben. Dit effect speelt zich echter dan na 2035 af en is voor de beleidsdoel niet relevant. Plausibiliteit vóór 2035: hoog.

Levensduurverlenging en betere benutting van de bestaande gebouwenvoorraad kunnen de behoefte aan nieuwbouw en daarmee de nationale materiaalinput verminderen. Deze strategieën zijn niet afzonderlijk beoordeeld, omdat het onderzoek is afgebakend tot de effecten van wlc-gwp-beleidsvarianten op nieuwbouw.

Deze ontwikkelingen kunnen de behoefte aan nieuwbouw en daarmee de materiaalinput verminderen. Omdat de omvang en timing daarvan niet uit de geselecteerde paden kunnen worden afgeleid, zijn zij hier niet afzonderlijk gescoord. Bij ontwerpkeuzes voor nieuwe gebouwen treedt bovendien een groot deel van het levensduureffect pas na 2035 op.

3.3.1.3 Gevoeligheidsanalyse en robuustheid

In deze paragraaf wordt beoordeeld in hoeverre stimuleert of belemmert iedere beleidsvariant de ontwikkeling van deze verduurzamingspaden.
De beoordeling betreft het aanvullende effect ten opzichte van beleidsvariant 1. Het gaat om de prikkel die uitgaat van de wlc-gwp-bepalingsmethode. De beleidsvariant veroorzaakt een verduurzamingspad niet rechtstreeks, maar kan oplossingen binnen een wlc-gwp-eis wel aantrekkelijker of minder aantrekkelijk maken.

In de tabel hieronder wordt eerst de richting weergegeven: + is stimulerend, 0 betekent geen wezenlijk verschil, - is belemmerend en ± is gemengd of toepassingsafhankelijk. Daarna volgt de sterkte van de invloed: laag, matig of hoog. Het effect wordt gerelateerd aan beleidsvariant 1. Een verduurzamingspad beïnvloedt de effectraming alleen wezenlijk wanneer het zowel relevant is voor het beleidsdoel als merkbaar door de beleidsvariant wordt beïnvloed.

Tabel 3.15: Effect van de beleidsvarianten op de relevante verduurzamingspaden voor het beleidsdoel 15% lager grondstoffengebruik in 2035 t.o.v. beleidsvariant 1.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (A-D, tijdgewogen)	Beleidsvariant 3 (A-C)	Beleidsvariant 4 (A-C, biogene CO_2 tijdgewogen)
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	+ | laag Dit stimuleert grondstof (en daarmee) CO_2-besparing in A1-A5, dit kan door materiaal-efficiëntie	+ | laag Zonder module D ligt er meer nadruk op de initiële impact A1-A5. Dit kan substantieel zijn op individueel materiaalniveau.	+ | laag Zonder module D kan besparing worden gestimuleerd; de biogene waardering kan de nadruk verschuiven naar substitutie.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (A-D, tijdgewogen)	Beleidsvariant 3 (A-C)	Beleidsvariant 4 (A-C, biogene CO_2 tijdgewogen)
Lichter bouwen	± | matig Lichte oplossingen met een lage impact in A1–A5 kunnen worden gestimuleerd. Lichte metalen, kunststoffen en composieten met een hoge productie-impact worden niet automatisch aantrekkelijker.	± | laag Een lage massa wordt alleen gestimuleerd wanneer deze ook de impact in A–C verlaagt. Het ontbreken van module D kan lichte, herbruikbare of recyclebare oplossingen juist benadelen.	± | matig Lichte biobased concepten kunnen worden gestimuleerd. Biobased substitutie leidt echter niet automatisch tot een lagere massa en kan aanvullende lagen of constructies vereisen.
Hergebruik van bouwmaterialen	- | laag Actueel hergebruik blijft zichtbaar in A1-A3; toekomstige module-D-baten wegen minder zwaar. Wat herbruikbaarheid bij einde leven kan verlagen.	- | matig Actueel hergebruik blijft gewaardeerd, maar hergebruik na de gebouwlevensduur niet.	- | matig Naast het ontbreken van module D kan de biogene prikkel nieuwe producten bevoordelen boven hergebruikte minerale producten. Dit kan dus ook negatief uitpakken.
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	± | laag Nadruk op A1-A5 stimuleert toepassing secundaire materialen. Minder zwaar wegen van module D kan zorgen voor lagere stimulans op recyclebaarheid/ herbruikbaarheid bij einde leven.	± | matig Actuele secundaire input blijft gewaardeerd, maar toekomstige recyclingbaten vervallen.	± | matig Het ontbreken van module D en de biogene prikkel kunnen secundaire materialen relatief aantrekkelijk maken. Met alleen een kans op minder ontwerp voor hergebruik aan het einde levensduur.

De beleidsvarianten hebben weinig invloed op de verduurzamingspaden met de meest directe relatie tot het beleidsdoel, zoals materiaalefficiëntie en lichter bouwen. De grootste verschillen treden op bij de waardering van toekomstig hergebruik en recycling. Juist deze paden hebben voor 2035 slechts een indirecte of voorwaardelijke relatie met de totale materiaalinput.

De precieze richting kan daardoor bij enkele verduurzamingspaden rond nul variëren. Geen van de onderzochte paden leidt er naar verwachting toe dat een beleidsvariant een substantiële positieve of negatieve bijdrage levert aan het nationale grondstoffendoel.

3.3.1.4 Integrale beoordeling

De integrale beoordeling combineert de centrale effectraming uit paragraaf 3.2.1.1, de invloed van de verduurzamingspaden op het beleidsdoel uit paragraaf 3.2.1.2, de invloed van de beleidsvarianten op deze paden uit paragraaf 3.2.1.3 en de plausibiliteit dat de ontwikkelingen uiterlijk in 2035 optreden.

De robuustheid wordt niet bepaald door afzonderlijke scores op te tellen of te middelen. Een verduurzamingspad verlaagt de robuustheid alleen wanneer het plausibel is, merkbaar door de beleidsvariant wordt beïnvloed én de centrale conclusie over het beleidsdoel wezenlijk kan veranderen.

Bij een centrale effectraming rond nul leiden kleine verschuivingen van licht positief naar licht negatief niet automatisch tot een lagere robuustheid. Zolang de overkoepelende conclusie blijft dat het effect verwaarloosbaar of klein is, blijft de effectraming robuust.

Tabel 3.16: Integrale beoordeling op beleidsdoel NPCE 15% lager.

Beleidsvariant	Effect t.o.v. beleidsvariant 1	Robuustheid	Conclusie
Beleidsvariant 1 (module A-D)	Referentie	n.v.t.	Beleidsvariant 1 is het vergelijkingspunt. Ook deze variant stuurt via de wlc-gwp slechts indirect op de fysieke materiaalinput.
Beleidsvariant 2 (module A-D, tijdgewogen)	0	Hoog	Tijdweging verandert vooral toekomstige effecten en de biogene prikkel. Directe materiaalbesparing in A1-A5 wordt vrijwel gelijk gewaardeerd. Onder alle onderzochte paden blijft het verschil met variant 1 verwaarloosbaar of klein.
Beleidsvariant 3 (module A-C)	0	Hoog	Zonder module D ligt iets meer nadruk op de initiële impact, terwijl toekomstige hergebruik- en recyclingbaten vervallen. Voor 2035 verandert dit de fysieke materiaalinput slechts beperkt. De uitkomst kan rond nul variëren, maar de hoofdconclusie blijft gelijk.
Beleidsvariant 4 (module A-C, biogene CO_2 tijdgewogen)	0	Middel	Het weglaten van module D kan directe materiaalbesparing stimuleren. De prikkel voor biogene materialen leidt daarentegen vooral tot substitutie en kan in sommige gevallen het totale materiaalgebruik verhogen. Omdat deze mechanismen elkaar kunnen tegenwerken, is de omvang van het effect onzeker. De hoofdconclusie blijft echter overeind: het effect op de totale materiaalinput is beperkt. Daarom is de robuustheid als middel/hoog beoordeeld.

De keuze tussen de vier wlc-gwp-beleidsvarianten heeft naar verwachting geen wezenlijk effect op het bereiken van 15% lager grondstoffengebruik in 2035. In dit rapport betekent materiaal- of grondstoffenbesparing voor dit beleidsdoel een reductie van de materiaalinput in massa (kg), niet in volume (m^3). Vervanging van zware door lichtere materialen kan de indicator verbeteren, mits dezelfde functie wordt geleverd. Een lagere massa leidt echter niet automatisch tot een lagere wlc-gwp en omgekeerd. Deze conclusie is voor beleidsvarianten 2, 3 en 4 robuust. De hoge robuustheid betekent hier niet dat de varianten effectief bijdragen aan het beleidsdoel, maar dat de conclusie van een verwaarloosbaar tot klein effect onder de onderzochte verduurzamingspaden stabiel blijft.

3.3.2 NPCE: 55% aandeel secundair en/of biotisch in 2035

Het beleidsdoel uit het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) richt zich op het vervangen van primaire abiotische grondstoffen door duurzame biotische en secundaire grondstoffen. In 2035 moet minimaal 55% van het Nederlandse grondstoffengebruik uit deze grondstoffen bestaan. Voor 2030 geldt een tussendoel van 50%. Fossiele en biotische energiedragers die worden verbrand, vallen buiten de berekening [2].

Het doel geldt voor de gehele Nederlandse economie. De Direct Material Input (DMI) vormt hierbij het belangrijkste meetperspectief. De DMI omvat de grondstoffen, materialen en producten die in Nederland worden gewonnen of geïmporteerd, exclusief directe wederuitvoer. Voor de bouw is nog geen afzonderlijke bijdrage aan het nationale doel vastgesteld. Het PBL adviseert daarom om de nationale doelen nader te vertalen naar productgroepen, waaronder de woningbouw en infrastructuur, zie Reflectie op de actualisatie van het NPCE [3] .

Voor de beoordeling van de wlc-gwp-beleidskeuzes is dit doel relevant, omdat het gebruik van secundaire en biobased materialen de klimaatimpact in A1–A3 kan verlagen. Daarnaast beïnvloeden biobased materialen de opname en emissie van biogene CO_2. De samenhang is echter niet één-op-één. Het NPCE-doel stuurt op het aandeel in kilogrammen, terwijl de wlc-gwp stuurt op broeikasgasemissies. In veel toepassingen verlaagt de inzet van secundaire of biobased materialen de klimaatimpact in A1–A3, vooral wanneer daarmee emissie-intensieve primaire productie wordt vermeden. Dit is echter niet gegarandeerd. Het resultaat hangt onder meer af van de benodigde opwerking, het energiegebruik, transport, de vervangingsverhouding, technische prestaties, levensduur en einde-levensverwerking. Een materiaal kan daardoor rechtstreeks bijdragen aan het aandeel van 55%, zonder dat de wlc-gwp evenredig afneemt. Het verschil per materiaal is daarbij groot. Bij metalen vervangt secundair materiaal de emissie-intensieve primaire productie grotendeels en levert het een substantiële klimaatwinst op. Bij beton vervangt granulaat vooral grind en zand, terwijl het cement, dat de klimaatimpact van beton bepaalt, grotendeels nodig blijft. Een hoger aandeel secundair materiaal draagt daardoor bij metalen wel en bij beton nauwelijks evenredig bij aan een lagere wlc-gwp.

Het Nationaal Programma Circulaire Economie stelt dat voor het bereiken van de 2035-doelen primair wordt ingezet op secundaire biotische of abiotische grondstoffen, **waarbij secundair de voorkeur geniet.** (Bron: [2]).

Voor het doel voor 2035 zijn vooral de grondstoffen relevant die vóór of in 2035 daadwerkelijk in de Nederlandse economie worden ingezet. Potentiële baten van hergebruik of recycling die pas na de gebouwlevensduur ontstaan en in module D worden gewaardeerd, verhogen het feitelijke aandeel secundaire grondstoffen in 2035 niet,

Effect indicator:
De indicator voor de beoordeling voor dit beleidsdoel is het massapercentage duurzame biotische en secundaire grondstoffen binnen dezelfde aangepaste DMI. De indicator wordt berekend als: (duurzame primaire biotische grondstoffen + secundaire biotische grondstoffen + secundaire abiotische grondstoffen) / totale aangepaste DMI × 100%. Iedere materiaalstroom wordt daarbij eenmaal geteld. Het aandeel moet in 2035 minimaal 55% bedragen; in 2016 was dit circa 39%. Voor primaire biotische grondstoffen moet duurzaamheid worden vastgesteld volgens het geldende duurzaamheidskader voor biogrondstoffen. Fossiele en biotische energiedragers voor verbranding zijn uitgesloten. De afzonderlijke meting van biotische en secundaire grondstoffen moet nog verder worden gestandaardiseerd.

3.3.2.1 Effectraming van de beleidsvarianten

De centrale effectraming geeft het aanvullende effect van iedere beleidsvariant ten opzichte van beleidsvariant 1 weer. De beoordeling betreft het verwachte effect op het massapercentage duurzame biotische en secundaire grondstoffen in 2035. Omdat de wlc-gwp op broeikasgasemissies stuurt en niet rechtstreeks op materiaalmassa of herkomst, blijven alle effecten indirect en naar verwachting klein op nationaal niveau.

Tabel 3.17: Effectraming ten opzichte van beleidsvariant 1 voor het beleidsdoel 55% aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen in 2035.

Beleidskeuze	Effectraming t.o.v. variant 1
Variant 1: volledige A-D, zonder tijdweging	n.v.t
Variant 2: volledige (A-D), met tijdweging	+
Variant 3: Zonder module D, zonder tijd weging	0/+
Variant 4: Zonder module D, biogeen tijdgewogen	+

Effect beschrijving beleidsvariant 1
In beleidsvariant 1 worden de modules A tot en met D volledig meegenomen, zonder tijdweging. Actuele toepassing van biotische of secundaire grondstoffen kan via een lagere klimaatimpact in A1–A3 worden beloond. Tegelijk kunnen toekomstige recycling- en hergebruikbaten in module D de wlc-gwp verlagen zonder dat vóór 2035 al secundaire grondstoffen zijn toegepast. Biogene koolstofopslag krijgt geen aanvullende tijdgewogen waardering. De aansluiting op de indicator is daardoor beperkt en indirect.

Effect beschrijving beleidsvariant 2
In beleidsvariant 2 worden effecten in de modules B, C en D tijdgewogen. Bij biobased materialen vindt koolstofopslag plaats in de productiefase, terwijl de biogene CO_2 meestal pas later vrijkomt. De latere emissie telt daardoor minder zwaar, waardoor biobased materialen aantrekkelijker kunnen worden. Ook worden toekomstige module-D-baten minder bepalend en krijgt actuele materiaalinput in A1–A3 relatief meer gewicht. De variant kan zo het aandeel biotische en secundaire grondstoffen verhogen. De prikkel kan echter ook verschuiven van secundaire minerale naar lichtere biobased materialen; beide tellen mee, maar hun bijdrage op massabasis verschilt. De centrale effectraming is daarom +, met een kleine omvang.

Effect beschrijving beleidsvariant 3
In beleidsvariant 3 wordt module D buiten beschouwing gelaten. Hierdoor kunnen toekomstige recycling- en hergebruikbaten een hoge primaire materiaalinput niet compenseren. Actuele secundaire grondstoffen kunnen relatief aantrekkelijker worden wanneer hun productie-impact in A1–A3 lager is dan die van primaire alternatieven. Omdat een aanvullende biogene prikkel ontbreekt, wordt per saldo een neutraal tot klein positief effect verwacht. De centrale effectraming is +, met een kleine omvang.

Effect beschrijving beleidsvariant 4
In beleidsvariant 4 wordt module D niet meegenomen en wordt slechts 60% van de biogene CO_2-emissie in module C meegewogen. Hierdoor ontstaat een duidelijke prikkel voor toepassing van biobased materialen vóór 2035. Het ontbreken van module D voorkomt daarnaast dat toekomstig recyclingpotentieel als vervanging voor actuele secundaire input fungeert. Tegelijk kan de biogene prikkel secundaire minerale materialen en hergebruik relatief minder aantrekkelijk maken. De variant stuurt bovendien niet rechtstreeks op het massapercentage. De centrale effectraming is daarom +, maar het effect blijft klein en sterk afhankelijk van daadwerkelijke biobased toepassing.

Beleidsvarianten 2 en 4 hebben naar verwachting een klein positief effect, vooral via de aanvullende prikkel voor biobased bouwen. Beleidsvariant 3 heeft een neutraal tot klein positief effect, omdat actuele secundaire input relatief belangrijker kan worden, maar toekomstige circulariteitsbaten niet meer worden gewaardeerd waardoor het secundair en biobased materiaal nu (voor 2035) meer wordt gewaardeerd.

3.3.2.2 Aansluiting bij relevante verduurzamingspaden

Op basis van hoofdstuk 2.4 zijn zes verduurzamingspaden geselecteerd die het aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen vóór of in 2035 kunnen beïnvloeden. Het effect wordt bepaald door een verandering van de teller (de secundair en biobased materialen) de noemer (totaal materiaal gebruik in DMI) of beide. Alleen materiaalstromen die uiterlijk in 2035 daadwerkelijk worden toegepast, dragen aan het doeljaar bij.

De tabel hieronder geeft per pad het potentiële effect op het beleidsdoel weer. In de toelichting worden het werkingsmechanisme, de voorwaarden en de plausibiliteit van toepassing vóór 2035 beschreven. De effectscore beschrijft richting en potentiële sterkte; de plausibiliteit wordt aangeduid als laag, matig of hoog. Deze kwalitatieve scores zijn geen kwantitatieve bijdragen aan de nationale doelstelling van 55%.

Tabel 3.18: Verduurzamingspaden met de grootste verwachte relatie met het beleidsdoel 55% aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen in 2035.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2035
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	Hoog positief	Daadwerkelijke toepassing van secundaire biotische of abiotische grondstoffen vóór of in 2035 verhoogt de teller rechtstreeks en vervangt primaire abiotische input. Alleen het produceren van recyclaat of het creëren van toekomstig recyclingpotentieel is onvoldoende. Beschikbaarheid, sortering, kwaliteit, technische eisen, opwerkingsimpact en marktvraag bepalen de omvang van het effect. Plausibiliteit vóór 2035: hoog.
Biobased bouwen	Hoog positief; voorwaardelijk	Toepassing van aantoonbaar duurzame primaire of secundaire biotische grondstoffen verhoogt het aandeel rechtstreeks wanneer hiermee primaire abiotische grondstoffen worden vervangen. Lichte biobased oplossingen kunnen tegelijk de totale materiaalinput verlagen en daarmee bijdragen aan het doel van 15% minder grondstoffengebruik. Voor de 55%-indicator betekent de lagere massa echter dat relatief weinig kilogrammen aan de teller worden toegevoegd, hoewel ook de totale materiaalinput in de noemer kan afnemen. De uiteindelijke bijdrage hangt daarom af van de totale materiaalbalans, duurzaamheid, beschikbaarheid, productiecapaciteit en technische prestaties. Plausibiliteit vóór 2035: matig.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2035
Hergebruik van bouwmaterialen	Matig positief; meetregels bepalend	Actueel hergebruik vermindert de behoefte aan primaire abiotische grondstoffen en kan daardoor het aandeel biotische en secundaire grondstoffen verhogen. De directe bijdrage aan de teller hangt af van de wijze waarop hergebruikte producten in de aangepaste DMI worden geregistreerd. Alleen producten die vóór of in 2035 vrijkomen en daadwerkelijk opnieuw worden toegepast, zijn relevant. Plausibiliteit vóór 2035: matig.
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	Laag; richting afhankelijk	Een lagere inzet van primaire abiotische grondstoffen verkleint de noemer en kan zo het aandeel verhogen. Bij een evenredige besparing op alle materiaalsoorten verandert het aandeel nauwelijks; wanneer vooral biotische of secundaire materialen worden bespaard, kan het aandeel zelfs dalen. Dit pad sluit daarom sterker aan op vermindering van het totale grondstoffengebruik dan op het substitutiedoel. Plausibiliteit vóór 2035: hoog.
Lichter bouwen	Laag; richting afhankelijk	Lichtere constructies en funderingen verminderen doorgaans vooral het gebruik van zware primaire minerale grondstoffen. Hierdoor daalt de totale materiaalinput, terwijl de hoeveelheid secundaire en biotische grondstoffen niet noodzakelijk afneemt. Het relatieve aandeel secundaire en biotische grondstoffen neemt daardoor in beginsel toe. De omvang van dit effect hangt af van welke materialen worden bespaard of vervangen. Wanneer ook het gebruik van secundaire en biotische grondstoffen evenredig afneemt, blijft het aandeel gelijk. Het verwachte effect is daarom laag positief, maar indirect. Plausibiliteit vóór 2035: matig.
Industrieel, modulair en prefab bouwen	Laag positief; voorwaardelijk	Gecontroleerde productie en ketensturing kunnen de toepassing van biobased en secundaire materialen vergemakkelijken en materiaalverlies beperken. Industrialisatie verandert de materiaalsamenstelling echter niet vanzelf en kan door constructieve, montage- of transporteisen extra primaire input vragen. Alleen een aantoonbare materiaalverschuiving vóór 2035 draagt bij. Plausibiliteit vóór 2035: hoog.

De inzet van secundaire materialen en biobased bouwen heeft de meest directe relatie met het beleidsdoel. Hergebruik kan de primaire abiotische input verlagen, maar de meetkundige behandeling van hergebruikte producten is nog bepalend. Materiaalefficiëntie, lichter bouwen en industrieel of prefab bouwen werken vooral indirect of faciliteren de twee belangrijkste paden.

Een hogere toepassing van biobased materialen betekent niet automatisch de grootste stijging van het massapercentage. Biobased materialen zijn vaak lichter dan secundaire minerale alternatieven. Substitutie van primaire abiotische grondstoffen door biobased materialen verhoogt het aandeel wel, maar doorgaans minder sterk op massabasis dan een gelijkwaardige vervanging door een zwaarder secundair materiaal. Dit is relevant omdat het NPCE secundaire grondstoffen als voorkeursroute noemt.

Logischerwijs realiseert geen van de verduurzamingspaden de economiebrede doelstelling zelfstandig. De bijdrage hangt af van het toepassingsvolume, aantoonbare duurzaamheid, eenduidige registratie en aanvullend beleid dat rechtstreeks op materiaalherkomst en toegepaste massa stuurt.

3.3.2.3 Gevoeligheidsanalyse en robuustheid

In deze paragraaf wordt beoordeeld in hoeverre iedere beleidsvariant de ontwikkeling van de relevante verduurzamingspaden stimuleert of belemmert. De beoordeling betreft het aanvullende effect ten opzichte van beleidsvariant 1. De beleidsvariant veroorzaakt een pad niet rechtstreeks, maar kan oplossingen binnen een wlc-gwp-eis wel aantrekkelijker of minder aantrekkelijk maken.

In de tabel wordt eerst de richting weergegeven: + is stimulerend, 0 betekent geen wezenlijk verschil, − is belemmerend en ± is gemengd of toepassingsafhankelijk. Daarna volgt de gevoeligheid: laag, matig of hoog. Een pad beïnvloedt de integrale effectraming alleen wezenlijk wanneer het relevant is voor het beleidsdoel, plausibel vóór 2035 optreedt en merkbaar door de beleidsvariant wordt beïnvloed.

Tabel 3.19: Gevoeligheid en afbreukrisico van de beleidsvarianten voor relevante verduurzamingspaden bij het beleidsdoel 55% aandeel secundair en/of biobased in 2035.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (A–D, tijdgewogen)	Beleidsvariant 3 (A–C)	Beleidsvariant 4 (A–C, biogene CO_2 tijdgewogen)
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	± | laag Nadruk op A1-A5 stimuleert toepassing secundaire materialen. Minder zwaar wegen van module D kan zorgen voor lagere stimulans op recyclebaarheid/ herbruikbaarheid bij einde leven.	± | matig Actuele secundaire input blijft gewaardeerd, maar toekomstige recyclingbaten vervallen.	± | matig Het ontbreken van module D en de biogene prikkel kunnen secundaire materialen relatief aantrekkelijk maken. Met alleen een kans op minder ontwerp voor hergebruik aan het einde levensduur.
Biobased bouwen	+ | hoog Tijdweging geeft een duidelijke aanvullende prikkel voor biobased bouwen.	0 | laag Biobased materialen hebben vaak relatief minder module D baten dan andere materialen, door weglaten module D wordt biobased dus indirect gestimuleerd.	+ | hoog De tijdgewogen biogene waardering geeft een sterke prikkel voor biobased bouwen.
Hergebruik van bouwmaterialen	- | laag Actueel hergebruik blijft zichtbaar in A1-A3; toekomstige module-D-baten wegen minder zwaar. Wat herbruikbaarheid bij einde leven kan verlagen.	- | matig Actueel hergebruik blijft gewaardeerd, maar hergebruik na de gebouwlevensduur niet.	- | matig Naast het ontbreken van module D kan de biogene prikkel nieuwe producten bevoordelen boven hergebruikte minerale producten. Dit kan dus ook negatief uitpakken.
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	+ | laag Dit stimuleert CO_2-besparing in A1-A5, dit kan door materiaalefficiëntie	+ | laag Zonder module D ligt er meer nadruk op de initiële impact A1-A5. Dit kan substantieel zijn.	+ | laag Zonder module D kan besparing worden gestimuleerd; de biogene waardering kan de nadruk verschuiven naar substitutie.
Lichter bouwen	± | matig Lichte oplossingen met een lage impact in A1–A5 kunnen worden gestimuleerd. Lichte metalen, kunststoffen en composieten met een hoge productie-impact worden niet automatisch aantrekkelijker.	± | laag Een lage massa wordt alleen gestimuleerd wanneer deze ook de impact in A–C verlaagt. Het ontbreken van module D kan lichte, herbruikbare of recyclebare oplossingen juist benadelen.	± | matig Lichte biobased concepten kunnen worden gestimuleerd. Biobased substitutie leidt echter niet automatisch tot een lagere massa en kan aanvullende lagen of constructies vereisen.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (A–D, tijdgewogen)	Beleidsvariant 3 (A–C)	Beleidsvariant 4 (A–C, biogene CO_2 tijdgewogen)
Industrieel, modulair en prefab bouwen	± | laag Biobased prefab kan worden gestimuleerd, terwijl toekomstige hergebruikbaten minder zwaar wegen. De materiaalkeuze bepaalt het saldo.	± | matig Fabrieksmatige toepassing van actuele secundaire input blijft zichtbaar, maar toekomstige baten van herbruikbare modules niet.	± | matig Biobased prefab kan aantrekkelijker worden. Extra primaire massa, gesloten systemen of moeilijk scheidbare verbindingen kunnen de bijdrage beperken.

De grootste verschillen tussen de beleidsvarianten treden op bij biobased bouwen. Beleidsvarianten 2 en 4 stimuleren dit pad duidelijk. Daartegenover kunnen het ontbreken of tijdwegen van module D en de biogene prikkel de relatieve positie van secundaire minerale materialen en hergebruik verzwakken. Beleidsvariant 3 heeft vooral een gemengd effect: actuele secundaire input krijgt meer nadruk, maar toekomstige recycling- en hergebruikbaten vervallen.

De varianten hebben weinig invloed op materiaalefficiëntie en slechts een conceptafhankelijke invloed op lichter en industrieel bouwen. De positieve effectramingen voor beleidsvarianten 2 en 4 zijn daarom vooral afhankelijk van daadwerkelijke, duurzame opschaling van biobased bouwen. Voor beleidsvariant 3 zijn de beschikbaarheid en klimaatprestatie van actuele secundaire materiaalstromen bepalend.

3.3.2.4 Integrale beoordeling

De integrale beoordeling combineert de centrale effectraming uit paragraaf 3.2.2.1, het effect van de verduurzamingspaden op het beleidsdoel uit paragraaf 3.2.2.2, de invloed van de beleidsvarianten op deze paden uit paragraaf 3.2.2.3 en de plausibiliteit dat de ontwikkelingen uiterlijk in 2035 optreden.

De robuustheid wordt niet bepaald door afzonderlijke scores op te tellen of te middelen. De robuustheid is hoog wanneer de centrale conclusie onder alle plausibele paden in richting en orde van grootte overeind blijft. Zij is middel wanneer het effect onder plausibele omstandigheden één categorie kan verschuiven, bijvoorbeeld van klein positief naar neutraal.

Bij een centrale effectraming rond nul verlagen kleine verschuivingen van licht positief naar licht negatief de robuustheid niet automatisch. Wanneer de overkoepelende conclusie blijft dat het effect klein en beleidsmatig beperkt is, kan de effectraming toch robuust zijn.

Tabel 3.20: Integrale beoordeling voor het beleidsdoel 55% aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen in 2035.

Beleidsvariant	Effect t.o.v. variant 1	Robuustheid	Conclusie
Beleidsvariant 1 (module A–D)	Referentie	n.v.t.	Beleidsvariant 1 is het vergelijkingspunt. Actuele biotische of secundaire input kan via A1–A3 gunstig worden gewaardeerd, maar toekomstige module-D-baten kunnen de wlc-gwp ook verlagen zonder feitelijke substitutie vóór 2035. De aansluiting op het beleidsdoel blijft daarom indirect.
Beleidsvariant 2 (module A–D, tijdgewogen)	+	Middel	Tijdweging geeft een aanvullende prikkel voor biobased materialen en maakt toekomstige module-D-baten minder bepalend. Het effect blijft klein en hangt sterk af van aantoonbaar duurzame opschaling van biobased bouwen vóór 2035. Bij beperkte beschikbaarheid, capaciteit of marktacceptatie kan het verschil met variant 1 richting nul bewegen.
Beleidsvariant 3 (module A–C)	0/+	Hoog	Zonder module D ligt meer nadruk op actuele A1–A3-effecten. Dit kan secundaire input bevorderen wanneer deze een lagere wlc-gwp heeft., maar verzwakt de waardering van toekomstig hergebruik en recycling. De richting kan rond nul variëren; de hoofdconclusie dat het effect klein en indirect blijft, verandert niet.
Beleidsvariant 4 (module A–C, biogene CO_2 tijdgewogen)	+	Middel	De tijdgewogen waardering van biogene CO_2 geeft variant 4 een aanvullende prikkel voor biobased bouwen. Secundaire materialen kunnen eveneens aan het beleidsdoel bijdragen en blijven aantrekkelijk wanneer zij de impact in A1–A3 verlagen. Het aanvullende voordeel ten opzichte van variant 1 komt echter vooral voort uit de biogene prikkel. Bij beperkte biobased opschaling kan het verschil daarom richting nul bewegen, tenzij ook de toepassing van klimaatgunstige secundaire materialen toeneemt. Een belangrijk aandachtspunt is dat variant 4 primaire biotische grondstoffen kan bevoordelen boven secundaire grondstoffen, terwijl het NPCE juist een voorkeur uitspreekt voor secundaire grondstoffen. Het verwachte effect blijft daarom klein positief en de robuustheid is middel.

Beleidsvarianten 2 en 4 hebben naar verwachting een klein positief effect ten opzichte van beleidsvariant 1. Hun robuustheid is middel, omdat het positieve verschil sterk afhangt van voldoende snelle en aantoonbaar duurzame toepassing van biobased materialen vóór 2035. Beleidsvariant 3 is robuust in de conclusie dat het effect neutraal tot klein positief en beleidsmatig beperkt blijft, ook wanneer de precieze richting rond nul varieert.

De wlc-gwp-beleidsvariant kan het 55%-doel ondersteunen, maar is geen geschikt hoofdinstrument om dit massapercentage te realiseren, en is daarnaast sterk afhankelijk van het gekozen afbouwpad van de wlc-gwp. Daarvoor is aanvullende, directe sturing nodig op de daadwerkelijk toegepaste massa duurzame biotische en secundaire grondstoffen, met afzonderlijke borging van duurzaamheid, materiaalherkomst en de beleidsmatige voorkeur voor secundaire grondstoffen.

3.3.3 NPCE: 82% recycling, waarvan 15% hoogwaardig in 2035

Het beleidsdoel richt zich op het behouden van grondstoffen in de economie. In 2035 moet minimaal 82% van het Nederlandse afval worden gerecycled en minimaal 15% van het totale afval hoogwaardig worden gerecycled. Voor 2030 gelden tussendoelen van respectievelijk 80% en 11%. Naast recycling zet het NPCE in op afvalpreventie, circulair ontwerp, levensduurverlenging en hergebruik.

De kwantitatieve doelen gelden voor alle Nederlandse afvalstromen en niet afzonderlijk voor bouw- en sloopafval. Voor hoogwaardige recycling is behoud van kwaliteit bepalend: het secundaire materiaal moet een materiaal van vergelijkbare kwaliteit kunnen vervangen. De methode om hoogwaardige recycling landelijk eenduidig te meten is nog in ontwikkeling.

De bouw kent al een hoog recyclingpercentage. Dit geeft echter een vertekend beeld van het waardebehoud. Volgens de ICER 2025 wordt circa 90% van het bouw- en sloopafval uit de woningsector buiten deze sector toegepast, vooral als ophoog- of funderingsmateriaal in de wegenbouw. Dit is recycling, maar doorgaans geen gesloten kringloop op gelijkwaardig kwaliteitsniveau.[2]

De relatie met de wlc-gwp loopt hoofdzakelijk via C1–C4 en module D. De C-modules beschrijven sloop, transport, sortering en verwerking. Module D maakt potentiële baten zichtbaar wanneer teruggewonnen materialen in een volgende cyclus primaire productie vervangen. De wlc-gwp modelleert echter een toekomstscenario voor één gebouw, terwijl het NPCE de daadwerkelijk gerealiseerde afvalverwerking in 2035 meet.

Effect indicator:
Twee afzonderlijke massapercentages met de totale jaarlijkse hoeveelheid Nederlands afval als noemer: 1. totale massa gerecycled Nederlands afval / totale massa Nederlands afval × 100%, met als doel minimaal 82%; en 2. massa hoogwaardig gerecycled Nederlands afval / totale massa Nederlands afval × 100%, met als doel minimaal 15%. De 15% betreft dus 15% van het totale afval en niet 15% van de gerecyclede hoeveelheid. In de onderbouwing is dit vertaald naar maximaal circa 52 Mton afval, waarvan minimaal 43 Mton wordt gerecycled en minimaal 8 Mton hoogwaardig. Hoogwaardige recycling betreft in beginsel recycling waarbij het materiaal beschikbaar komt in een gelijke of vergelijkbare kwaliteit, overeenkomstig niveau C1 van het Circulair Materialenplan[3]. De meetmethode moet nog per afvalstroom worden uitgewerkt.

[2] Integrale Circulaire Economie Rapportage 2025
[3] Vormen van recycling beoordelen | CMP

3.3.3.1 Effectraming van de beleidsvarianten

De centrale effectraming geeft het aanvullende effect van iedere beleidsvariant ten opzichte van beleidsvariant 1 weer. De indicatoren meten de daadwerkelijk gerecyclede massa Nederlands afval in 2035 en het deel dat hoogwaardig wordt gerecycled. De wlc-gwp beschrijft daarentegen een toekomstscenario voor één gebouw. Module D waardeert mogelijke klimaatbaten na de systeemgrens, maar meet niet of recycling daadwerkelijk in Nederland plaatsvindt, vóór 2035 optreedt of van hoogwaardige kwaliteit is. De aansluiting op beide recyclingindicatoren is daardoor indirect.

Tabel 3.21: Effectraming ten opzichte van beleidsvariant 1 voor het beleidsdoel 82% recycling, waarvan minimaal 15% hoogwaardig in 2035.

Beleidskeuze	Effectraming t.o.v. variant 1
Variant 1: volledige A-D, zonder tijdweging	n.v.t.
Variant 2: volledige (A-D), met tijdweging	0
Variant 3: Zonder module D, zonder tijd weging	0/-
Variant 4: Zonder module D, biogeen tijdgewogen	0/-

Effect beschrijving beleidsvariant 1
In beleidsvariant 1 worden de lasten van toekomstige afvalverwerking in module C en de potentiële klimaatbaten van teruggewonnen materialen in module D volledig gewaardeerd. Dit kan recyclebaar ontwerp, demontage en waardebehoud stimuleren. Een module-D-baat is echter nog geen gerealiseerde recycling en zegt niet rechtstreeks iets over de kwaliteit van de recycling. Bij nieuwe gebouwen vindt het einde van de levensduur doorgaans na 2035 plaats. Een beperkte uitzondering betreft productie- en bouwafval dat tijdens A1–A5 vrijkomt en vóór 2035 kan worden gerecycled. Deze stroom is naar verwachting klein ten opzichte van de totale Nederlandse afvalmassa en verandert de referentierol van beleidsvariant 1 niet.

Effect beschrijving beleidsvariant 2
In beleidsvariant 2 worden effecten in de modules B, C en D tijdgewogen. Hierdoor tellen toekomstige afvalverwerking en module-D-baten minder zwaar mee en wordt de prikkel voor recyclebaar ontwerp op lange termijn zwakker dan in beleidsvariant 1. De meeste nieuwe gebouwen en materialen zijn in 2035 echter nog in gebruik. De waardering van actuele inzet van recyclaat en van productie- en bouwafval in A1–A5 verandert nauwelijks. Het effect op de economiebrede recyclingpercentages in 2035 is daarom 0.

Effect beschrijving beleidsvariant 3
Door het weglaten van module D vervalt de wlc-gwp-prikkel voor toekomstig hergebruik en recycling, waaronder het behoud van materiaalkwaliteit. Dit is een negatieve prikkel voor recyclebaar ontwerp. Voor het economiebrede recyclingdoel in 2035 blijft het effect echter zeer klein, omdat het afval dan hoofdzakelijk uit de bestaande voorraad komt en het effect van recyclebaar ontwerp voor nieuwbouw vanaf 2030 naar verwachting verwaarloosbaar is. De effectraming is daarom 0/−.

Effect beschrijving beleidsvariant 4
Ook in variant 4 vervalt de prikkel vanuit module D. Daarnaast kan de biogene prikkel primaire biobased materialen bevoordelen boven secundaire materialen. Omdat deze effecten vóór 2035 vooral via productieafval, bouwafval en kortlevende producten doorwerken, blijft het economiebrede effect beperkt. De effectraming is daarom 0/−. De centrale effectraming is voor beleidsvarianten 2, 3 en 4 gelijk aan 0. De varianten veranderen vooral de methodische

waardering van recycling na de gebouwlevensduur en hebben naar verwachting geen betekenisvol verschillend effect op de feitelijk gerealiseerde recyclingpercentages in 2035. Beleidsvariant 1 geeft wel de sterkste prikkel voor toekomstig recyclebaar ontwerp, maar dit is niet hetzelfde als doelrealisatie vóór 2035. Die wordt vooral bepaald door afval uit de bestaande voorraad, selectieve demontage, sortering, hoogwaardige verwerking, vraag naar recyclaat en beheersing van ZZS. Er kan een indirect effect zijn. Wanneer bij variant 2,3,4 de vraag naar secundaire materialen toeneemt zou er een stimulans kunnen komen voor (hoogwaardige) recycling van materialen (met een lage impact op de wlc-gwp) die vrijkomen in 2035.

Een beperkte uitzondering betreft constructieafval dat tijdens module A5 vrijkomt. Wanneer dit afval vóór 2035 wordt hergebruikt of gerecycled, draagt het feitelijk bij aan de recyclingindicator. De bijbehorende potentiële klimaatbaten worden in module D gedeclareerd. In variant 1 worden deze volledig meegenomen. In variant 2 blijft het verschil zeer klein, omdat constructieafval direct tijdens de bouw vrijkomt en tijdweging daardoor nauwelijks effect heeft. In varianten 3 en 4 vervalt de module-D-baat, waardoor de prikkel voor hergebruik en recycling van constructieafval zeer licht afneemt. De betreffende afvalmassa is echter klein ten opzichte van de totale Nederlandse afvalstroom. Daarom blijft de effectscore voor alle varianten 0.

3.3.3.2 Effect van verduurzamingspaden op het beleidsdoel

Voor deze beoordeling zijn de verduurzamingspaden geselecteerd die uiterlijk in 2035 invloed kunnen hebben op de gerecyclede massa Nederlands afval of op de kwaliteit van die recycling. Afvalpreventie en hergebruik zijn circulair wenselijk, maar tellen niet als recycling. Hoogwaardige recycling vereist dat het teruggewonnen materiaal een toepassing van gelijke of vergelijkbare kwaliteit mogelijk maakt. Potentiële recycling na 2035 is buiten beschouwing gelaten.
De tabel hieronder geeft per pad het potentiële effect op het beleidsdoel weer. In de toelichting worden het werkingsmechanisme, de voorwaarden en de plausibiliteit van toepassing vóór 2035 beschreven. De effectscore beschrijft richting en potentiële sterkte; de plausibiliteit wordt aangeduid als laag, matig of hoog. Deze kwalitatieve scores zijn geen kwantitatieve bijdragen aan de nationale doelstellingen van 82% en 15%.

Tabel 3.22: Verduurzamingspaden met de grootste verwachte relatie met het beleidsdoel 82% recycling, waarvan minimaal 15% hoogwaardig in 2035.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2035
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	Hoog positief	Een grotere vraag naar recyclaat verbetert de afzet en daarmee de economische basis voor inzameling, sortering en verwerking van Nederlands afval. Dit kan zowel de totale gerecyclede massa als hoogwaardige recycling verhogen. De bijdrage ontstaat alleen wanneer het recyclaat uit Nederlands afval afkomstig is en uiterlijk in 2035 daadwerkelijk wordt geproduceerd. Voor hoogwaardige recycling moet het materiaal een grondstof van gelijke of vergelijkbare kwaliteit kunnen vervangen. Plausibiliteit vóór 2035: hoog.
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	Hoog positief; voorwaardelijk	Investeringen in scheiding, zuivering, opwerking en kwaliteitsborging kunnen vóór 2035 extra recyclingcapaciteit en hoogwaardigere toepassingen opleveren. Alleen het deel van dit pad dat Nederlandse afvalstromen tot nieuwe grondstoffen of producten verwerkt, draagt aan de indicator bij. Elektrificatie, waterstof, procesefficiëntie of CCS kunnen de wlc-gwp verlagen, maar veranderen de recyclingpercentages niet zonder extra recycling. Plausibiliteit vóór 2035: matig.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit vóór 2035
Safe by Design en vermijding van ZZS	Matig negatief; vóór 2035 ook tijdelijk negatief mogelijk	Het vermijden van ZZS, moeilijk scheidbare verbindingen en ongewenste materiaalcombinaties levert op termijn schonere en beter recyclebare afvalstromen op. Voor 2035 bestaat echter vooral afval uit de bestaande voorraad. Strengere eisen kunnen ertoe leiden dat verontreinigde stromen niet meer worden gerecycled, maar moeten worden gereinigd, verbrand of gestort. Dit kan de gemeten recyclingpercentages tijdelijk verlagen, maar voorkomt dat ZZS opnieuw in de keten worden gebracht. Plausibiliteit vóór 2035: matig.
Industrieel, modulair en prefab bouwen	Laag positief; voorwaardelijk	Fabrieksmatige productie kan schone, gescheiden productiereststromen opleveren waarvoor gesloten recyclingroutes eenvoudiger zijn. Dit kan vóór 2035 doorwerken via productie- en bouwafval. Minder bouwafval verbetert het recyclingpercentage niet automatisch, omdat zowel teller als noemer kunnen dalen. De baten van demontabel ontwerp treden bij nieuwe gebouwen meestal pas na 2035 op; gelijmde of geïntegreerde systemen kunnen recycling juist bemoeilijken. Plausibiliteit vóór 2035: hoog.
Hergebruik van bouwmaterialen	Laag; richting onzeker	Hergebruik voorkomt afval en heeft binnen de circulaire economie doorgaans de voorkeur boven recycling. Een hergebruikt product telt echter niet als gerecycled afval. Zowel de totale afvalmassa als de voor recycling beschikbare massa kan afnemen. Het effect op de twee recyclingpercentages kan daardoor positief, neutraal of negatief zijn, afhankelijk van de materialen die aan de afvalfase worden onttrokken. Plausibiliteit vóór 2035: matig.

De sterkste relatie bestaat bij het verhogen van de inzet van secundaire materialen, omdat dit vraag creëert naar recyclaat uit Nederlands afval. Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie is nodig om deze stromen op voldoende schaal en kwaliteit te verwerken. Safe by Design is vooral belangrijk voor hoogwaardige recycling, maar het positieve effect van keuzes in nieuwe gebouwen treedt veelal pas na 2035 op. Hergebruik en afvalpreventie verbeteren de recyclingpercentages niet automatisch. Zij kunnen de teller en noemer gelijktijdig en in verschillende verhoudingen veranderen.

3.3.3.3 Effect van de beleidsvarianten op verduurzamingspaden

In deze paragraaf wordt beoordeeld in hoeverre iedere beleidsvariant de ontwikkeling van de relevante verduurzamingspaden stimuleert of belemmert. De beoordeling betreft het aanvullende effect ten opzichte van beleidsvariant 1. De wlc-gwp kan materiaal- en ontwerpkeuzes beïnvloeden, maar veroorzaakt geen daadwerkelijke recycling en stelt geen eisen aan de verwerkingsroute of het kwaliteitsniveau.

In de tabel wordt eerst de richting weergegeven: + is stimulerend, 0 betekent geen wezenlijk verschil, − is belemmerend en ± is gemengd of toepassingsafhankelijk. Daarna volgt de gevoeligheid: laag, matig of hoog. Een pad beïnvloedt de integrale effectraming alleen wezenlijk wanneer het vóór 2035 fysiek doorwerkt én merkbaar anders door de beleidsvariant wordt beïnvloed dan door beleidsvariant 1.

Tabel 3.23: Effect van de beleidsvarianten op de relevante verduurzamingspaden voor het beleidsdoel 82% recycling, waarvan minimaal 15% hoogwaardig in 2035.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (A–D, tijdgewogen)	Beleidsvariant 3 (A–C)	Beleidsvariant 4 (A–C, biogene CO_2 tijdgewogen)
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	± | laag Nadruk op A1-A5 stimuleert toepassing secundaire materialen. Minder zwaar wegen van module D kan zorgen voor lagere stimulans op recyclebaarheid/ herbruikbaarheid bij einde leven.	± | matig Actuele secundaire input blijft gewaardeerd, maar toekomstige recyclingbaten vervallen.	± | matig Het ontbreken van module D en de biogene prikkel kunnen secundaire materialen relatief aantrekkelijk maken. Met alleen een kans op minder ontwerp voor hergebruik aan het einde levensduur.
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	± | laag Recyclingcapaciteit en schonere opwerking werken vooral door in A1–A3 en worden in varianten 1 en 2 vrijwel gelijk gewaardeerd. Tijdweging verandert de feitelijke capaciteit niet.	± | matig Hoogwaardige opwerking kan via A1–A3 aantrekkelijk blijven. Bij een hoge opwerkingsimpact ontbreekt echter de module-D-baat die recycling kan compenseren.	± | matig Recyclingcapaciteit blijft zichtbaar via actuele productie, maar primaire biobased alternatieven kunnen aantrekkelijker worden. Het saldo hangt af van kwaliteit en opwerkingsimpact.
Safe by Design en vermijding van ZZS	- | laag Tijdweging verandert de feitelijke samenstelling of juridische recyclebaarheid van bestaande afvalstromen niet. Historische ZZS raken hebben zelfde impact als variant 1.	− | laag Zonder module D is de prikkel voor toekomstig recyclebaar ontwerp iets zwakker. Voor afval uit de bestaande voorraad verandert de samenstelling echter niet.	− | laag Nieuwe materialen kunnen andere additieven, lijmen of composieten introduceren. Voor 2035 werkt dit hoofdzakelijk door via productieafval en kortlevende producten.
Industrieel, modulair en prefab bouwen	± | laag Schone productiereststromen blijven zichtbaar, terwijl toekomstige baten van demontage minder zwaar wegen. De centrale prikkel verandert beperkt.	± | laag Productie- en bouwafval blijven in A1–A5 zichtbaar, maar toekomstig recyclingpotentieel van modules wordt niet gewaardeerd. Voor 2035 is het verschil klein.	± | matig Biobased prefab kan aantrekkelijker worden. Schone reststromen kunnen helpen, maar composieten en moeilijk scheidbare verbindingen kunnen hoogwaardige recycling beperken.
Hergebruik van bouwmaterialen	± | laag Actueel hergebruik wordt via vermeden productie vrijwel gelijk gewaardeerd; toekomstig hergebruik weegt minder zwaar. Hergebruik zelf telt niet als recycling.	− | laag Zonder module D wordt toekomstig hergebruik niet beloond. Actueel hergebruik blijft zichtbaar, maar het effect op de recyclingpercentages is niet eenduidig.	± | laag Nieuwe biobased producten kunnen hergebruikte minerale elementen verdringen. De invloed op teller en noemer van de recyclingindicator blijft klein en onzeker.

De gevoeligheid is overwegend laag tot matig. Beleidsvariant 2 verandert de waardering van actuele recyclaatinzet en afvalverwerking nauwelijks en is daarom het minst gevoelig. Beleidsvarianten 3 en 4 zijn iets gevoeliger, doordat module D ontbreekt. Bij beleidsvariant 4 kan bovendien concurrentie ontstaan tussen primair biobased materiaal en recyclaat.

Safe by Design heeft een dubbele betekenis. Het vermijden van ZZS maakt nieuwe materiaalstromen op termijn beter recyclebaar, terwijl historische ZZS recycling van bestaande stromen vóór 2035 kunnen verhinderen. Dit risico raakt alle beleidsvarianten grotendeels gelijk en verandert daarom de relatieve effectraming niet wezenlijk. Stoffenregistratie, selectieve scheiding en voldoende reinigings- of vernietigingscapaciteit blijven noodzakelijk flankerend beleid.

3.3.3.4 Integrale beoordeling

De integrale beoordeling combineert de centrale effectraming uit paragraaf 3.2.3.1, het effect van de verduurzamingspaden op het beleidsdoel uit paragraaf 3.2.3.2, de invloed van de beleidsvarianten op deze paden uit paragraaf 3.2.3.3 en de plausibiliteit dat de ontwikkelingen uiterlijk in 2035 optreden.

De robuustheid wordt niet bepaald door afzonderlijke scores op te tellen of te middelen. Omdat de centrale effectraming rond nul ligt, verlagen kleine verschuivingen richting licht negatief de robuustheid niet automatisch. Zolang de hoofdconclusie blijft dat het verschil tussen de beleidsvarianten verwaarloosbaar of klein is, blijft de effectraming robuust.

Tabel 3.24: Integrale beoordeling beleidsvarianten voor 82% recycling, waarvan minimaal 15% hoogwaardig in 2035.

Beleidsvariant	Effect t.o.v. variant 1	Robuustheid	Conclusie
Beleidsvariant 1 (module A–D)	Referentie	Niet van toepassing	Beleidsvariant 1 is het vergelijkingspunt. De variant waardeert toekomstige lasten in module C en klimaatbaten van recycling in module D volledig. Dit geeft de sterkste methodische prikkel voor recyclebaar ontwerp, maar is geen bewijs van daadwerkelijk gerealiseerde of hoogwaardige recycling in 2035.
Beleidsvariant 2 (module A–D, tijdgewogen)	0	Hoog	Tijdweging vermindert de prikkel vanuit toekomstige C- en D-effecten. Nieuwe gebouwen bereiken vóór 2035 meestal niet de afvalfase en actuele inzet van recyclaat in A1–A3 blijft vrijwel gelijk gewaardeerd. Ontwikkelingen in afval uit de bestaande voorraad raken beide varianten vrijwel gelijk. De conclusie van geen betekenisvol verschil blijft daarom overeind.
Beleidsvariant 3 (module A–C)	0/-	Hoog	Zonder module D wordt toekomstig recyclingpotentieel niet beloond. Dit kan de langetermijnprikkel voor recyclebaar ontwerp verzwakken, maar verandert de feitelijke recycling in 2035 nauwelijks. Actueel recyclaat blijft via A1–A3 zichtbaar. De uitkomst kan beperkt richting negatief verschuiven, maar de orde van grootte blijft verwaarloosbaar of klein.
Beleidsvariant 4 (module A–C, biogene CO_2 tijdgewogen)	0/-	Hoog	Naast het ontbreken van module D kan de biogene prikkel primair biobased materiaal bevoordelen boven recyclaat. Voor 2035 blijft het economiebrede effect klein, omdat vooral afval uit de bestaande voorraad bepalend is en veel nieuwe materialen nog in gebouwen aanwezig zijn. De centrale conclusie verandert onder geen plausibel pad wezenlijk.

Geen van de beleidsvarianten heeft naar verwachting een aantoonbaar groter effect op de recyclingpercentages in 2035. Beleidsvarianten 2, 3 en 4 scoren alle 0 ten opzichte van beleidsvariant 1. De effectramingen zijn hoog robuust: verschillen in de prikkel voor toekomstig recyclebaar ontwerp kunnen rond nul variëren, maar veranderen de conclusie over de geringe omvang en beperkte beleidsmatige betekenis niet.

Voor de doelrealisatie zijn directe instrumenten nodig voor selectieve demontage, gescheiden inzameling, hoogwaardige verwerkingscapaciteit, afzet van Nederlands recyclaat, kwaliteitsbehoud en beheersing van ZZS. Monitoring moet zich richten op daadwerkelijk verwerkte massa, herkomst, kwaliteitsniveau, afkeur en uiteindelijke toepassing, en niet alleen op berekende module-D-baten.

3.3.4 NPCE: 100% circulaire economie in 2050

Het Nederlandse beleid heeft als ambitie dat de economie in 2050 volledig circulair functioneert. Dit betekent dat grondstoffen aanzienlijk minder en efficiënter worden gebruikt, producten en materialen zo lang mogelijk hun waarde behouden, vrijwel geen afval ontstaat en de milieueffecten van het Nederlandse grondstoffengebruik binnen de planetaire grenzen blijven. [4] [5]

Voor dit doel zijn alle circulariteitsstrategieën nodig:
- efficiënter en minder grondstoffen gebruiken;
- producten en onderdelen langer gebruiken;
- primaire grondstoffen vervangen door secundaire en duurzame biotische grondstoffen;
- materialen hoogwaardig verwerken.

Deze strategieën zijn aanvullend en kunnen niet door één strategie, zoals recycling, worden vervangen. Strategieën hoger op de R-ladder, zoals afzien van materiaalgebruik, efficiënter ontwerpen, levensduurverlenging en hergebruik, behouden doorgaans meer waarde dan recycling (RVO – R-ladder).

Het doel van een volledig circulaire economie is nog niet vertaald naar één meetbare indicator. Het PBL constateert bovendien dat nog geen gedeelde, volledig operationele definitie bestaat. Naast materiaalgebruik en afval gaat het om klimaatverandering, biodiversiteit, land- en watergebruik, milieuverontreiniging en leveringszekerheid (PBL – ICER 2025).

De wlc-gwp kan een deel van deze ontwikkeling ondersteunen, omdat materiaalbesparing, hergebruik en hoogwaardige recycling vaak ook broeikasgasemissies verminderen. De indicator meet echter uitsluitend klimaatverandering. Een gebouw kan daardoor een lage wlc-gwp hebben zonder circulair te zijn. Omgekeerd kan een circulaire maatregel een beperkte of zelfs negatieve invloed op de wlc-gwp hebben wanneer extra verwerking, transport of onderhoud nodig is.

Effect indicator:
Voor het beleidsdoel van een volledig circulaire economie in 2050 is nog geen afzonderlijke, kwantitatief vastgestelde effectindicator met een nationale grenswaarde beschikbaar. Het NPCE omschrijft de beoogde eindtoestand als een economie waarin de milieueffecten van het grondstoffengebruik voor de Nederlandse productie en consumptie binnen de planetaire grenzen blijven. Een volledige beoordeling vereist daarom per relevant milieuthema een vergelijking van de Nederlandse productie- en consumptievoetafdruk met de aan Nederland toe te rekenen veilige operationele ruimte. De daarvoor benodigde grenswaarden en verdeelsleutels zijn nog niet vastgesteld. Totdat deze operationalisering beschikbaar is, wordt het doel beoordeeld met een samenhangende combinatie van milieuvoetafdrukken, indicatoren voor grondstoffengebruik en indicatoren voor circulaire prestaties. Het gaat onder

[4] https://www.rijksoverheid.nl/themas/klimaat-milieu-en-natuur/duurzame-economie/circulaire-economie-in-2050
[5] https://www.rijksoverheid.nl/documenten/2025/10/13/bijlage-1-bij-kamerbrief-nationaal-programma-circulaire-economie-2025

meer om de mondiale klimaat-, landgebruik-, biodiversiteits-, water- en vervuilingsvoetafdruk; DMI, DMC, RMI en RMC; het gebruik van primaire grondstoffen; het aandeel duurzame biotische en secundaire grondstoffen; hergebruik en levensduurverlenging; en recycling en hoogwaardige recycling. Geen van deze indicatoren toont afzonderlijk aan dat de economie volledig circulair is. Volledige circulariteit is daarom niet gelijk aan een recyclingpercentage van 100%. Het is bovendien nog niet duidelijk of voor 2050 een afzonderlijke indicator wordt ontwikkeld die voorschrijft dat alle gebruikte materialen volledig herbruikbaar of recyclebaar moeten zijn. Ook is nog niet vastgesteld hoe een dergelijke indicator eruit zou zien en hoe daarbij onderscheid wordt gemaakt tussen theoretische herbruikbaarheid of recyclebaarheid en daadwerkelijk gerealiseerd hergebruik of recycling.

3.3.4.1 Effectraming van de beleidsvarianten

Voor een volledig circulaire economie in 2050 bestaat nog geen afzonderlijke, operationele indicator met een nationale grenswaarde. De effectraming is daarom kwalitatief en gebaseerd op een samenhangende set criteria: de omvang van het primaire en totale grondstoffengebruik, het aandeel secundaire en duurzame biotische grondstoffen, levensduur en hergebruik, kwaliteit van kringlopen en de mondiale klimaat-, land-, water-, biodiversiteits- en vervuilingsvoetafdruk. Volledige circulariteit is daarmee niet gelijk aan 100% recycling.

De wlc-gwp meet uitsluitend klimaatverandering. Materiaalbesparing, hergebruik en hoogwaardige recycling kunnen de wlc-gwp verlagen en tegelijk circulariteit ondersteunen, maar die samenhang is niet één-op-één. Een lagere berekende wlc-gwp is daarom alleen een positieve bijdrage wanneer ook de fysieke materiaalstromen, kringloopkwaliteit en overige milieueffecten verbeteren. De scores hieronder geven het verwachte aanvullende effect ten opzichte van beleidsvariant 1 weer.

Tabel 3.25: Effectraming ten opzichte van beleidsvariant 1 voor het beleidsdoel volledig circulaire economie in 2050.

Beleidskeuze	Effectraming t.o.v. variant 1
Variant 1: volledige A-D, zonder tijdweging	n.v.t.
Variant 2: volledige (A-D), met tijdweging	0/+
Variant 3: Zonder module D, zonder tijd weging	0/-
Variant 4: Zonder module D, biogeen tijdgewogen	0/-

Effect beschrijving beleidsvariant 1
In beleidsvariant 1 worden de modules A tot en met D volledig meegenomen, zonder tijdweging. Hierdoor kunnen productie, onderhoud, vervanging, einde-levensverwerking en potentiële baten van toekomstig hergebruik en recycling de wlc-gwp-prikkel bepalen. Dat ondersteunt een levenscyclusbenadering en kan ontwerp voor lange levensduur en hoogwaardige kringlopen bevorderen. Module-D-baten kunnen de score echter ook verlagen zonder dat de verondersteld substitutie daadwerkelijk vóór 2050 plaatsvindt. De variant is het referentiepunt en krijgt daarom geen relatieve effectscore.

Effect beschrijving beleidsvariant 2
In beleidsvariant 2 worden effecten in B, C en D tijdgewogen. Daardoor krijgen vroege emissies en materiaalkeuzes in A1-A5 relatief meer gewicht, terwijl latere lasten en baten minder zwaar meetellen. Dit kan materiaalefficiëntie, actuele inzet van secundaire grondstoffen en biobased substitutie vóór 2050 stimuleren. Daartegenover staan zwakkere prikkels voor levensduur, onderhoud. Ook zijn er zwakkere prikkels voor toekomstig hergebruik en recycling maar dat

vind voor de bouw ook veelal plaats na 2050. Ook kan een gunstige waardering van tijdelijke biogene koolstofopslag samengaan met extra land-, water- of biodiversiteitsdruk. Per saldo wordt een zeer beperkt positief effect verwacht: 0/+.

Effect beschrijving beleidsvariant 3
Zonder module D dragen potentiële baten van toekomstig hergebruik en hoogwaardige recycling niet bij aan de wlc-gwp-score. Dit verzwakt de prikkel voor waardebehoud in toekomstige materiaalcycli. De grotere nadruk op reducties binnen A–C kan materiaalefficiëntie, actueel hergebruik en secundaire materialen stimuleren, maar dezelfde reductie kan ook worden bereikt door verduurzaming van primaire productie, elektrificatie of CCS. Omdat het wegvallen van de prikkel voor toekomstige kringlopen negatief is voor volledige circulariteit, wordt het effect beoordeeld als 0/−.

Effect beschrijving beleidsvariant 4
Variant 4 combineert het wegvallen van module D met een sterke stimulans voor biobased bouwen. Duurzaam gewonnen biotische grondstoffen tellen binnen het NPCE mee als circulaire input en kunnen, bij geborgde duurzame herkomst en hoogwaardige verwerking aan het einde van de levensduur, bijdragen aan een circulaire economie. Bepalend voor de score is echter het wegvallen van module D: daarmee vervalt de waardering van ontwerp op toekomstig hergebruik, hoogwaardige recycling en cascadegebruik, voor zowel biogene als niet-biogene materialen. Omdat de eindtoestand in 2050 juist om gesloten kringlopen vraagt, wordt het effect beoordeeld als 0/−. De robuustheid is laag: bij aantoonbaar duurzame opschaling van biobased bouwen met hoogwaardige einde-levensverwerking kan de richting neutraal of licht positief worden, terwijl het effect bij verdringing van hergebruik en secundaire materialen negatiever uitvalt.

Beleidsvarianten 2 en 4 hebben centraal een beperkt positief effect, maar dit berust vooral op vroege materiaalimpact en biobased toepassing. Beleidsvariant 3 heeft centraal geen onderscheidend effect. Geen van de varianten stuurt rechtstreeks en integraal op de eindtoestand in 2050; daarvoor zijn aanvullende indicatoren en instrumenten nodig voor fysieke materiaalstromen, waardebehoud, stoffen, kringloopkwaliteit en meerdere milieuvoetafdrukken.

3.3.4.2 Aansluiting bij relevantie verduurzamingspaden

Vrijwel alle verduurzamingspaden uit hoofdstuk 2.4 raken een deel van volledige circulariteit. Voor de analyse zijn de acht paden geselecteerd die de grootste directe bijdrage leveren of de effectraming van de beleidsvarianten plausibel kunnen doen omslaan. Paden die vooral de klimaatvoetafdruk verlagen en de beleidsvarianten onderling ongeveer gelijk beïnvloeden, zoals verduurzaming van de elektriciteitsmix of van de bouwmaterialenindustrie, blijven relevante context maar zijn niet afzonderlijk in de tabel opgenomen.

De effectscore beschrijft richting en potentiële sterkte van de fysieke bijdrage. In de toelichtingskolom worden het werkingsmechanisme, de noodzakelijke voorwaarden en de plausibiliteit richting 2050 beschreven. De scores zijn kwalitatief en mogen niet worden gelezen als een kwantitatieve bijdrage aan een nog niet geoperationaliseerde nationale grenswaarde.

Tabel 3.26: Verduurzamingspaden met de grootste verwachte relatie met het beleidsdoel volledig circulaire economie in 2050.

Verduurzamingspad	Potentieel effect op beleidsdoel	Werkingsmechanisme, voorwaarden en plausibiliteit richting 2050
Materiaalefficiëntie door ontwerp-optimalisatie	Hoog positief	Minder materiaal voor dezelfde functie verlaagt het primaire grondstoffengebruik en doorgaans ook de klimaat-, land- en watervoetafdruk. Het effect is alleen integraal positief wanneer veiligheid, functionaliteit, levensduur, aanpasbaarheid en herbruikbaarheid behouden blijven en geen extra onderhoud of vervanging ontstaat. Plausibiliteit richting 2050: hoog.
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	Hoog positief; voorwaardelijk	Daadwerkelijk hergebruik voorkomt nieuwe productie, behoudt productwaarde en vermindert afval. De bijdrage hangt af van tijdige beschikbaarheid, kwaliteit, certificering, logistiek, losmaakbaarheid en aantoonbare vervanging van nieuw materiaal. Baten na 2050 tellen niet mee voor de eindtoestand in het doeljaar. Plausibiliteit richting 2050: matig.
Lichter bouwen	Hoog positief; voorwaardelijk	Massareductie verlaagt de materiaalvraag direct. Het voordeel kan verdwijnen wanneer lichte oplossingen een kortere levensduur, meer onderhoud, extra hulpconstructies of moeilijk scheidbare composieten vragen. De materiaalkeuze bepaalt mede de effecten op toxiciteit, repareerbaarheid en hoogwaardige recycling. Plausibiliteit richting 2050: matig.
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	Hoog positief; voorwaardelijk	Secundaire materialen dragen bij wanneer zij primaire grondstoffen daadwerkelijk vervangen en met voldoende kwaliteit in de kringloop blijven. Beschikbaarheid, zuiverheid, opwerkingsenergie, transport, marktvraag en het voorkomen van downcycling bepalen het netto-effect. Een hoger recyclaatgehalte zonder lagere primaire productie is onvoldoende. Plausibiliteit richting 2050: hoog.
Safe by Design en vermijding van ZZS	Matig positief; voorwaardelijk	Het vermijden van zeer zorgwekkende stoffen, ongewenste combinaties en moeilijk scheidbare verbindingen levert schonere stromen op en ondersteunt reparatie, hergebruik en hoogwaardige recycling. Voor langlevende nieuwe constructies treedt een deel van het voordeel pas na 2050 op; product- en renovatiestromen kunnen eerder bijdragen. Plausibiliteit richting 2050: matig.
Biobased bouwen	Matig positief; sterk voorwaardelijk	Duurzame biotische grondstoffen kunnen primaire abiotische of fossiele grondstoffen vervangen en de klimaatvoetafdruk verlagen. Meer biomassa is echter niet automatisch minder materiaalgebruik. Duurzame teelt, additionele koolstofvastlegging, verantwoord land- en watergebruik, lange levensduur en hoogwaardige toepassing na gebruik zijn noodzakelijke voorwaarden. Plausibiliteit richting 2050: matig.
Industrieel, modulair en prefab bouwen	Matig positief; voorwaardelijk	Gecontroleerde productie kan materiaalverlies beperken en standaardisatie, vervanging van onderdelen, demontage en hergebruik ondersteunen. Extra verbindingen, overdimensionering, transport of gesloten samengestelde modules kunnen het voordeel reduceren of omkeren. De uitkomst hangt daarom af van ontwerp- en ketenvoorwaarden. Plausibiliteit richting 2050: hoog.

De MPG is niet als afzonderlijk verduurzamingspad opgenomen, omdat zij een beleids- en beoordelingsinstrument is en geen fysieke ontwikkelingsroute. De MPG kan de klimaatgerichte wlc-gwp wel aanvullen door ook andere milieueffecten van materiaalgebruik mee te wegen en daarmee afwenteling tussen milieuthema's te beperken. De MPG is echter evenmin een volledige circulariteitsindicator: zij stuurt niet rechtstreeks op absolute materiaalinput, levensduur, herbruikbaarheid, recyclebaarheid of daadwerkelijk gerealiseerd hergebruik. Voor volledige circulariteit blijven daarom aanvullende indicatoren voor materiaalgebruik en kringloopkwaliteit nodig.

Materiaalefficiëntie, hergebruik, lichter bouwen en secundaire materialen hebben de meest directe relatie met het beleidsdoel, omdat zij de omvang van de primaire materiaalvraag of het behoud van materiaalwaarde beïnvloeden. Safe by Design is noodzakelijk om kringlopen schoon en hoogwaardig te houden. Biobased en industrieel bouwen kunnen substantieel bijdragen, maar alleen wanneer duurzaamheid, levensduur, losmaakbaarheid en daadwerkelijke substitutie worden geborgd.

3.3.4.3 Gevoeligheidsanalyse en robuustheid

Deze paragraaf beoordeelt in hoeverre iedere beleidsvariant de geselecteerde verduurzamingspaden stimuleert of belemmert ten opzichte van beleidsvariant 1. Een pad kan veel bijdragen aan volledige circulariteit, terwijl het onderscheid tussen varianten klein blijft wanneer alle varianten vrijwel gelijk reageren. Omgekeerd kan een sterk variantverschil op één pad de centrale effectraming kwetsbaar maken.

In de tabel staat eerst de richting: + is stimulerend, 0 betekent geen wezenlijk verschil, - is belemmerend en ± is gemengd of toepassingsafhankelijk. Daarna volgt de gevoeligheid: laag, matig of hoog. De gevoeligheid is hoog wanneer een plausibele ontwikkeling van het pad de effectscore van de beleidsvariant kan laten verschuiven of omslaan.

Tabel 3.27: Effect van de beleidsvarianten op de relevante verduurzamingspaden voor het beleidsdoel volledig circulaire economie in 2050.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (A-D, tijdgewogen)	Beleidsvariant 3 (A-C)	Beleidsvariant 4 (A-C, biogene CO_2 tijdgewogen)
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	+ | matig Vroege besparing in A1-A5 krijgt relatief meer gewicht. Extra onderhoud of vervanging wordt later minder zwaar gewaardeerd en kan de feitelijke winst verkleinen.	0 | laag Directe materiaalbesparing wordt vrijwel gelijk gewaardeerd als in variant 1. Alleen verlies van toekomstig hergebruik- of recyclingpotentieel kan het saldo beperken.	+ | laag Directe besparing blijft zichtbaar; bij lichte biobased oplossingen kan de biogene prikkel het effect versterken. De totale materiaalreductie is niet gegarandeerd.
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	- | matig Actueel hergebruik blijft via vermeden productie zichtbaar, maar later hergebruik en module-D-baten tellen minder zwaar. De prikkel voor productbehoud neemt daardoor af.	- | hoog Zonder module D vervalt de beloning voor hergebruik na de systeemgrens. Actueel hergebruik blijft gunstig, maar circulair ontwerp voor latere cycli wordt zwakker gestuurd.	- | hoog Naast het ontbreken van module D kan de biogene prikkel nieuw biobased materiaal bevoordelen boven hergebruikte minerale of metalen elementen.

Verduurzamingspad	Beleidsvariant 2 (A-D, tijdgewogen)	Beleidsvariant 3 (A-C)	Beleidsvariant 4 (A-C, biogene CO_2 tijdgewogen)
Lichter bouwen	± | hoog Vroege massareductie en lichte biobased concepten kunnen profiteren. Korte levensduur, extra vervanging of composieten worden later minder zwaar zichtbaar en kunnen het effect omkeren.	± | matig Duurzame massareductie in A1-A3 blijft aantrekkelijk. Bij lichte oplossingen met geloofwaardige hergebruik- of recyclingbaten maakt het ontbreken van module D de variant ongunstiger.	± | hoog Lichte biobased concepten worden sterk gestimuleerd. Primaire kunststoffen, composieten, extra onderhoud of een korte levensduur kunnen de brede doelbijdrage echter negatief maken.
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	± | matig Actueel recyclaat in A1-A3 blijft aantrekkelijk, maar toekomstige recyclingbaten wegen minder zwaar. Schaarste of hoge opwerkingsimpact kan het kleine positieve verschil laten verdwijnen.	± | hoog Actuele secundaire input blijft zichtbaar, terwijl toekomstige kringloopbaten vervallen. Het saldo hangt sterk af van kwaliteit, opwerkingsimpact en feitelijke substitutie.	- | hoog Het ontbreken van module D verzwakt toekomstige recyclingprikkels; de biogene prikkel kan bovendien primair biobased materiaal boven secundaire minerale stromen plaatsen.
Safe by Design en vermijding van ZZS	- | matig Tijdweging verzwakt de waarde van latere hergebruik- en recyclingbaten. Omdat de wlc-gwp toxiciteit niet meet, ontstaat geen aanvullende prikkel voor een schone materiaalsamenstelling.	- | hoog Zonder module D wordt toekomstig hoogwaardig hergebruik of recycling minder beloond. Vermijding van ZZS en scheidbaarheid blijven buiten de klimaatindicator.	- | hoog Dezelfde beperking geldt als bij variant 3. Lijmen, coatings of additieven in biobased producten kunnen materiaalgezondheid en scheidbaarheid bovendien onder druk zetten.
Biobased bouwen	+ | hoog Tijdweging waardeert vroege biogene koolstofopslag gunstiger dan de latere emissie. Duurzame en additionele substitutie kan 0/+ versterken; niet-duurzame opschaling kan het doen omslaan.	0 | laag Biogene koolstof wordt gelijk gewaardeerd als in variant 1. Alleen het ontbreken van module D verandert de waardering van toekomstige cascade- of recyclingroutes.	+ | hoog Het voor 60% meewegen van de biogene CO_2-emissie in module C geeft een sterke prikkel. Het effect blijft afhankelijk van duurzame herkomst, levensduur en feitelijke substitutie.
Industrieel, modulair en prefab bouwen	± | matig Minder vroeg materiaalverlies en biobased prefab kunnen gunstig zijn. Extra primaire massa, onderhoud of vervanging kan het voordeel verkleinen.	± | hoog Productie-efficiëntie blijft in A1-A5 zichtbaar, maar module-D-baten van demontabele en herbruikbare modules vervallen. Ontwerp en materiaalkeuze bepalen de richting.	± | hoog Modulaire biobased concepten kunnen worden gestimuleerd, terwijl extra massa, gesloten composieten en het ontbreken van module D hergebruik kunnen belemmeren.
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	- | hoog Tijdweging verlaagt het gewicht van latere vervanging en einde-levensimpact. Een gunstige berekende wlc-gwp kan daardoor samengaan met een hogere fysieke grondstoffenvoetafdruk.	± | hoog Productie en vervanging blijven in A-C zichtbaar, maar module-D-baten ontbreken. Bij hoogwaardige recycling kan dit ongunstig zijn; bij onzekere recycling voorkomt het overwaardering.	- | hoog De biogene prikkel compenseert materiaalintensieve opslag niet en module-D-baten ontbreken. Snelle batterijgroei kan het beperkte positieve effect van de variant overschaduwen.

Beleidsvariant 2 is vooral gevoelig voor lichter en biobased bouwen en voor materiaalintensieve energieopslag. Tijdweging kan vroege winst versterken, maar latere vervanging en einde-levensimpact minder zichtbaar maken. Beleidsvariant 3 is vooral gevoelig voor hergebruik, secundaire materialen en Safe by Design, omdat juist bij deze paden het ontbreken van module D verschil kan maken.

Beleidsvariant 4 combineert de sterkste biogene prikkel met het ontbreken van module D. Daardoor kan zij duurzame biobased concepten stimuleren, maar ook primair biobased materiaal bevoordelen boven hergebruikte of secundaire niet-biogene materialen. De uitkomst is bovendien gevoelig voor levensduur, additieven, scheidbaarheid en de materiaalvraag van installaties en opslag. Deze concentratie van positieve en negatieve mechanismen verklaart de lage robuustheid van de beperkte positieve effectraming.

3.3.4.4 Integrale beoordeling

De integrale beoordeling combineert de centrale effectraming uit paragraaf 3.2.4.1 met het effect van de verduurzamingspaden op het beleidsdoel uit paragraaf 3.2.4.2 en de invloed van de beleidsvarianten op deze paden uit paragraaf 3.2.4.3. De robuustheid geeft aan of de effectcategorie standhoudt bij plausibele ontwikkelingen richting 2050. Omdat geen enkelvoudige doelindicator beschikbaar is, wordt ook meegewogen of klimaatwinst kan samengaan met verslechtering van materiaalgebruik, levensduur, toxiciteit of andere milieuvoetafdrukken.

De robuustheid wordt niet berekend door de afzonderlijke gevoeligheidsscores op te tellen. Doorslaggevend is of plausibele ontwikkelingen het centrale effect kunnen laten verdwijnen of van richting kunnen doen veranderen. Bij een centrale score rond nul kan de richting variëren terwijl de conclusie dat het effect klein blijft toch standhoudt.

Tabel 3.28: Integrale beoordeling voor het beleidsdoel volledig circulaire economie in 2050.

Beleidsvariant	Effect t.o.v. beleidsvariant 1	Robuustheid	Conclusie
Beleidsvariant 1 (module A-D)	Referentie	n.v.t.	Beleidsvariant 1 is het vergelijkingspunt. De volledige levenscyclus en module D kunnen levensduur, toekomstig hergebruik en recycling ondersteunen. Module-D-baten kunnen echter ook theoretisch blijven of pas na 2050 optreden. De aansluiting op volledige circulariteit is daarom breed, maar indirect en uitsluitend klimaatgericht.
Beleidsvariant 2 (module A-D, tijdgewogen)	0/+	Laag	Tijdweging vermindert de invloed van toekomstige module-D-baten en legt meer nadruk op reducties in A1–A5. Dit kan materiaalefficiëntie, actuele inzet van secundaire materialen en biobased bouwen stimuleren. Tegelijk tellen toekomstig onderhoud, vervanging, hergebruik en recycling minder zwaar mee. Ook kan een lage wlc-gwp worden bereikt door biogene koolstofopslag zonder dat de primaire materiaalvraag of de overige milieuvoetafdrukken voldoende afnemen. Het effect is daarom zeer beperkt positief en kan onder plausibele ontwikkelingen neutraal of negatief uitvallen.
Beleidsvariant 3 (module A-C)	0/+	Middel	Zonder module D en zonder gunstige tijdweging van biogene CO_2 kunnen toekomstige baten niet worden gebruikt om een wlc-gwp van nul te bereiken. Hierdoor ontstaat meer druk om de impact binnen A–C daadwerkelijk te verlagen. Dit kan materiaalefficiëntie, actueel hergebruik en klimaatgunstige secundaire materialen stimuleren. Dezelfde reductie kan echter ook worden bereikt door verduurzaming van primaire productie, elektrificatie of CCS, zonder verbetering van de circulariteit. Bovendien vervalt de prikkel voor toekomstig hergebruik en recycling via module D. De richting is daarom onzeker, maar het relatieve effect blijft naar verwachting klein.

Beleidsvariant	Effect t.o.v. beleidsvariant 1	Robuustheid	Conclusie
Beleidsvariant 4 (module A-C, Biogene CO_2 tijdgewogen)	0/+	Laag	Het ontbreken van module D legt meer nadruk op reducties binnen A–C, terwijl de tijdgewogen waardering van biogene CO_2 een sterke prikkel geeft voor biobased bouwen. Hierdoor kan een wlc-gwp van nul worden bereikt terwijl nog primaire biotische grondstoffen worden toegepast. Dit draagt niet automatisch bij aan minder materiaalgebruik, hoogwaardige kringlopen of lagere land-, water- en biodiversiteitsdruk. De biogene prikkel kan bovendien secundaire materialen en hergebruik verdringen, terwijl het NPCE een voorkeur uitspreekt voor secundaire grondstoffen. Het effect blijft daarom zeer beperkt positief en laag robuust.

Beleidsvarianten 2, 3 en 4 hebben ten opzichte van variant 1 hooguit een zeer beperkt positief effect op volledige circulariteit. De mechanismen verschillen echter. Variant 2 legt door tijdweging meer nadruk op vroege reducties, variant 3 biedt de minste mogelijkheden om een wlc-gwp van nul met toekomstige of biogene baten te bereiken en variant 4 stimuleert vooral biobased bouwen. Geen van de varianten waarborgt dat het totale en primaire materiaalgebruik afneemt, producten langer worden gebruikt of materialen daadwerkelijk hoogwaardig worden hergebruikt of gerecycled.

De beoordeling kan veranderen wanneer het doel voor 2050 verder wordt geoperationaliseerd. Het is onder meer nog niet duidelijk of een afzonderlijke eis wordt ontwikkeld voor volledige herbruikbaarheid of recyclebaarheid en hoe theoretische mogelijkheden worden onderscheiden van daadwerkelijk gerealiseerde kringlopen. De MPG kan de wlc-gwp aanvullen door meerdere milieueffecten mee te wegen en afwenteling te beperken, maar is evenmin een volledige circulariteitsindicator. Aanvullende indicatoren blijven nodig voor materiaalgebruik, levensduur, hergebruik, recyclebaarheid, daadwerkelijke recycling en kringloopkwaliteit.

3.4 Tweede orde effecten per beleidsvariant

De beleidsvarianten veranderen niet alleen de berekende wlc-gwp, maar ook de keuzes die marktpartijen aantrekkelijk vinden. Een tweede orde effect is een indirect gevolg van de manier waarop marktpartijen reageren op een beleidsverandering. Terwijl een beleidsmaatregel direct bepaalde milieueffecten berekent, veranderen marktpartijen daardoor ook hun strategie en keuzes. Voorbeelden zijn verschuivingen naar andere materialen, veranderingen in productieketens, of effecten op verschillende fasen van de levenscyclus. Deze effecten kunnen de beoogde doelstelling versterken, maar ze kunnen ook een deel van de milieuwinst tenietdoen of milieudruk verplaatsen naar andere gebieden.

De beoordeling hieronder is kwalitatief. De effecten zijn niet opgeteld bij de effectramingen uit paragrafen 3.1 en 3.2. Zij worden gebruikt om de beleidsmatige consequenties en benodigde randvoorwaarden te duiden. Gewenst betekent dat het effect één of meer klimaat- of circulariteitsdoelen ondersteunt; ongewenst betekent dat het effect doelrealisatie kan beperken of milieudruk kan afwentelen[6]. Eenzelfde ontwikkeling kan beide kanten hebben, afhankelijk van ontwerp, schaal en ketenvoorwaarden.

[6] Het betreft een beleidsevaluatie van de wlc-gwp beleidsvarianten. Het generieke risico van afwenteling naar andere milieueffecten zoals onder meer verzuring, vermesting, fijn stof, toxiciteit en landgebruik is buiten beschouwing gelaten maar wel degelijk een tweede orde effect van de wlc-gwp intrinsiek.

Energiemaatregelen kunnen leiden tot verschuivingen tussen levenscyclusfasen. Een lagere impact in B6 kan extra isolatiemateriaal, PV-panelen, warmtepompen, batterijen en regeltechniek vereisen. Deze voorzieningen veroorzaken emissies bij productie en installatie (A1–A5), tijdens onderhoud en vervanging (B2–B5) en aan het einde van de levensduur (C en eventueel D). Energieopslag verlaagt B6 niet automatisch: opslag verschuift het gebruik van lokaal opgewekte energie in de tijd, maar veroorzaakt ook omzettingsverliezen en extra materiaalgebruik.

3.4.1 Beleidsvariant 1: volledige A-D, zonder tijdweging

Gewenste doorwerking
Doordat alle levenscyclusfasen en module D volledig meetellen, ontstaat een prikkel om ontwerpkeuzes over de gehele levensduur te beoordelen. Dit kan investeringen stimuleren in losmaakbaarheid, terugnamesystemen, materiaalpaspoorten, hergebruik en hoogwaardige recycling. Wanneer toekomstige baten geloofwaardig zijn, kan de variant samenwerking tussen producenten, bouwers, gebouweigenaren en afvalverwerkers versterken. Ook ontstaat vraag naar betere gegevens over onderhoud, vervanging en einde-levensroutes.

Ongewenste doorwerking
De belangrijkste keerzijde is dat een veronderstelde toekomstige bate een hoge impact in A1–A5 kan compenseren. Een product kan daardoor gunstig scoren op basis van hergebruik, recyclebaarheid of energieteruglevering, terwijl de benodigde infrastructuur, markt of kwaliteit van de teruggewonnen stroom nog ontwikkeld mag worden op basis van de hardheidsclausule. De variant kan zo reductie van de productiefase (A1-A3) uitstellen en het gebruik van primaire materialen legitimeren met een beroep op toekomstige kringlopen. De uitkomst wordt bovendien gevoelig voor aannames over inzameling, substitutie en de toekomstige productie van primaire materialen.

Doorwerking op de beleidsdoelen
De brede levenscyclusprikkel sluit in beginsel goed aan op wlc-gwp klimaatneutraliteit in 2050 en op volledige circulariteit, maar alleen wanneer module-D-baten daadwerkelijk worden gerealiseerd. Voor doelen in 2030 en 2035 is de bijdrage minder direct, omdat een deel van de beloofde winst pas na het doeljaar optreedt. De variant kan recycling en hergebruik ondersteunen, maar module D toont niet aan dat Nederlands afval vóór 2035 feitelijk en hoogwaardig wordt verwerkt.

Energiedoorwerking en tweede-orde-effecten
In variant 1 worden, zoals in alle varianten B6 en D2 volledig en zonder tijdweging meegenomen. Zowel energiebesparing en direct gebruik van eigen opwek als teruglevering aan het net kunnen daardoor de berekende wlc-gwp verlagen. Dit kan echter ook een prikkel geven om extra PV-panelen en opslagcapaciteit toe te passen. De baten in B6 en D2 moeten daarom worden afgewogen tegen de aanvullende productimpact, vervangingen en eindelevensimpact van deze installaties. Een D2-bate betekent bovendien niet automatisch dat de netbelasting afneemt, omdat teruglevering op piekmomenten juist tot extra netbelasting kan leiden.

3.4.2 Beleidsvariant 2: volledige A-D, met tijdweging

Gewenste doorwerking
Tijdweging maakt vroege emissiereductie relatief aantrekkelijk. Hierdoor kan marktvraag ontstaan naar producten met een lage impact in A1–A5, lichte bouwconcepten, industriële productie met weinig materiaalverlies en biobased oplossingen met tijdelijke koolstofopslag. Een vroege (vanaf ingang wlc-gwp) en voorspelbare vraag naar bouwproducten met lage A1-A5-emissies kan investeringen, productontwikkeling en schaalvergroting versnellen. Door leereffecten en schaalvergroting kunnen deze oplossingen ook worden toegepast in renovatie, transformatie en bestaande bouw, en in nieuwbouwsegmenten waarop nog geen wlc-gwp-grenswaarde van toepassing is. De opslagcredit van koolstof kan biocomposieten, biobeton en biobased kunststoffen aantrekkelijk maken, ook wanneer additieven of verbindingen hergebruik en hoogwaardige recycling beperken.

Doordat alle modules A tot en met D onderdeel blijven van de berekening, ondersteunt variant 2 ook optimalisatie over de volledige levenscyclus. Effecten door gebruik, onderhoud, vervanging, einde-levensverwerking en potentiële vervolgtoepassingen blijven zichtbaar, hoewel toekomstige effecten door de tijdweging minder zwaar meetellen.

Ongewenste doorwerking
Omdat latere effecten in B, C en D minder zwaar meetellen, kan milieudruk in de tijd worden verschoven. Een lage initiële impact kan aantrekkelijker worden, ook wanneer meer onderhoud, vervanging of einde-levensimpact ontstaat. Dit is vooral relevant voor installaties, batterijen en kortlevende bouwproducten. De biogene prikkel kan daarnaast de vraag naar biomassa vergroten en hergebruikte of secundaire minerale materialen verdringen. Bij snelle opschaling kunnen concurrentie met andere sectoren, importafhankelijkheid en extra druk op land, water en biodiversiteit ontstaan. De berekende score kan daardoor sterker verbeteren dan de werkelijke klimaat- of circulariteitsprestatie.

Doorwerking op de beleidsdoelen
Variant 2 ondersteunt van de vier varianten het sterkst het beleidsdoel van een klimaatneutrale wlc-gwp voor nieuwbouw in 2050. Zij combineert sturing op vroege emissiereductie met behoud van de volledige levenscyclus. Voor de nationale klimaatdoelen in 2030 en 2050 is het aanvullende effect naar verwachting kleiner dan bij variant 4, die sterker stuurt op directe reducties en biogene koolstofopslag. EIB laat voor de gehanteerde biobased gebouwprofielen substantieel lagere kg/m2 zien. Dit effect is echter niet automatisch: de uitkomst hangt af van gebouwtype, fundering, hybride opbouw en aanvullende materialen. Wanneer materiaalvervanging belangrijker wordt dan materiaalbesparing of wanneer latere lasten toenemen, kan het voordeel voor deze doelen verdwijnen. Het ZEB-kader beperkt het risico dat operationele energie deels uit beeld raakt, maar voorkomt geen verschuiving naar extra installaties en vervangingen.

Energiedoorwerking en tweede-orde-effecten
In variant 2 worden de effecten in B, C en D tijdgewogen. De productimpact van extra installaties in A1–A5 wordt daardoor relatief belangrijker, deze module telt ongewogen mee en de recyclingbaten in module D zijn wel tijdgewogen. De voorgestelde demarcatieregels begrenzen de prikkel voor overdimensionering van de opwekcapaciteit al: alleen teruglevering van elektriciteit uit zonnepanelen wordt in module D2 meegenomen en slechts tot het niveau waarop het gebouwgebonden energiegebruik op jaarbasis netto nul bedraagt. Tegelijk worden ook latere vervangingen van installaties minder zwaar gewaardeerd. Daarom blijft een integrale beoordeling van de productie, vervanging en einde-levensverwerking van deze installaties noodzakelijk. Bij installaties met een korte levensduur blijft daarom een expliciete beoordeling

van het aantal vervangingen en de totale wlc-gwp nodig. Effecten op de netbelasting worden ook in deze variant niet rechtstreeks gewaardeerd.

3.4.3 Beleidsvariant 3: A-C, zonder module D

Gewenste doorwerking

Door module D uit te sluiten, kunnen potentiële toekomstige baten buiten de systeemgrens een hoge GWP-impact in modules A–C niet compenseren. De realisatie van deze baten hangt immers af van aannames over inzameling, materiaalkwaliteit, substitutie, marktontwikkeling en toekomstige energie- en productiemixen. Dit kan de vraag versterken naar directe CO_2-reductie in de productiefase, onder meer door materiaalbesparing, daadwerkelijk hergebruik, actuele secundaire input en schonere productie, voor zover deze de impact in A1-A3 verlagen. De score wordt beter herleidbaar tot prestaties die binnen de gebouwlevenscyclus optreden. Ook neemt de ruimte af om een gunstige uitkomst uitsluitend op toekomstige scenario's te baseren.

Ongewenste doorwerking

De variant verkleint de kans dat potentiële toekomstige klimaatbaten worden overgewaardeerd, maar verzwakt de prikkel om nieuwe producten en gebouwen te ontwerpen voor toekomstig hergebruik en hoogwaardige recycling. De baten daarvan vallen immers buiten de systeemgrens. Hierdoor kunnen marktpartijen minder geneigd zijn te investeren in duurzame retourlogistiek, hergebruik en recycling, omdat deze inspanningen niet rechtstreeks worden beloond. Er blijft wel een vraagprikkel bestaan voor materialen en producten die in het heden worden hergebruikt of gerecycled en deze prikkel neemt toe t.o.v. variant 1. Deze komen zonder de lasten uit de voorgaande levenscyclus het nieuwe productsysteem binnen, terwijl eventuele bewerkings- en opwerkingsprocessen wel worden meegeteld. Hierdoor kan de actuele toepassing van hergebruikte producten en secundaire materialen de wlc-gwp verlagen. De variant beloont dus vooral daadwerkelijk hergebruik en actuele secundaire input, maar niet het toekomstige hergebruikpotentieel van het beoordeelde gebouw. Voor het beleidsdoel van een klimaatneutrale wlc-gwp voor nieuwbouw in 2050 is het relatieve effect negatief. De effecten op de NPCE-doelen blijven daardoor klein en rond nul.

Doorwerking op de beleidsdoelen

De variant verkleint de kans op overwaardering van toekomstige klimaatbaten, maar kan de langetermijnprikkel om producten/gebouwen te ontwerpen voor hergebruik en hoogwaardige recycling verzwakken. Aan de andere kant wordt het hergebruik en recycling wel gewaardeerd in de toekomst voor materialen die in het systeem komen omdat deze free of burden (zonder toegekende GWP-impact) het systeem in komen, waardoor er wel een prikkel blijft bestaan. De centrale effecten op de NPCE-doelen blijven daarom klein en rond nul. Directe circulariteitseisen kunnen deze tekortkoming grotendeels ondervangen. De variant kan daardoor een duidelijke bijdrage leveren aan klimaatbeleid, maar draagt zonder aanvullende circulariteitseisen onvoldoende gericht bij aan losmaakbaarheid, toekomstig hergebruik, hoogwaardige recycling en volledige circulariteit in 2050.

Energiedoorwerking en tweede-orde-effecten

In variant 3 wordt module D1 buiten beschouwing gelaten. Vermindering van de energievraag en direct gebruik van lokaal opgewekte energie kunnen B6 verlagen. De productimpact van extra installaties, waaronder opslag, in A1–A5 wordt daardoor relatief belangrijker, deze module telt ongewogen mee en de recyclingbaten in module D zijn buiten scope. De voorgestelde demarcatieregels begrenzen de prikkel voor overdimensionering van de opwekcapaciteit al: alleen teruglevering van elektriciteit uit zonnepanelen wordt in module D2

meegenomen en slechts tot het niveau waarop het gebouwgebonden energiegebruik op jaarbasis netto nul bedraagt.

3.4.4 Beleidsvariant 4: A-C, met tijdgewogen biogene koolstofopslag

Gewenste doorwerking
Beleidsvariant 4 geeft de meest gerichte prikkel voor biogene materiaalroute, terwijl potentiële toekomstige module-D-baten buiten de score blijven. Hierdoor kunnen houtbouw, vezelmaterialen, lichte funderingen en industriële of modulaire bouwconcepten mogelijk sneller opschalen. Dit kan productinnovatie, regionale verwerkingsketens en nieuwe verdienmodellen voor landbouw en bosbouw ondersteunen. Biobased materiaal kan primaire fossiele of abiotische materialen met een hogere impact per functioneel product, vervangen waarbij bij langdurige toepassing zowel vroege klimaatwinst als een bijdrage aan de verschuiving naar duurzame biotische grondstoffen ontstaat. De opslagcredit van biogene koolstof kan biocomposieten, biobeton en biobased kunststoffen aantrekkelijk maken, ook wanneer additieven of verbindingen hergebruik en hoogwaardige recycling beperken.

Ongewenste doorwerking
De ongewenste doorwerkingen van variant 3 zijn ook van toepassing op variant 4, hierna gaan we in op de aanvullende.

De positieve scoreverbetering is sterk geconcentreerd in een biogene materiaalroute, hiermee worden biobased materialen bevoordeeld boven duurzame niet biobased alternatieven.

Dit vergroot de kans op dat primair biobased materiaal wordt toegepast in plaats van materiaalbesparing, hergebruik of secundaire materialen. Voor het NPCE-doel betekent materiaalbesparing een lagere materiaalinput in kilogrammen. Met lichte constructies (bijvoorbeeld hout of staalframe) kan een aanzienlijke massareductie worden gerealiseerd. Voor specifiek biobased is een onderzoek gedaan door EIB en Structural Collective. Bij de hier gehanteerde gebouwprofielen ligt de materiaalintensiteit van biobased grondgebonden woningen circa 59–61% lager dan die van conventionele woningen. Voor appartementen bedraagt deze afname circa 62%. Het aandeel biobased materiaal inclusief fundering bedraagt ongeveer 19–22% bij grondgebonden woningen en 30% bij appartementen[4]. Dit verschil ontstaat doordat de funderingsmassa bij appartementen over meerdere woningen wordt verdeeld. Bij het gebruik van andere, niet biobased lichtere materialen zal een vergelijkbaar effect optreden. Dit effect bij variant 4 ontstaat vooral wanneer extra biogeen materiaal wordt toegevoegd om de wlc-gwp-score te verbeteren zonder functioneel equivalente vermindering van andere materialen. Daarnaast kan de rekenkundige klimaatbaat van tijdelijke biogene koolstofopslag worden gebruikt om emissies van andere, waaronder primaire, materialen binnen dezelfde gebouwscore te compenseren. Hierdoor kan het aantrekkelijk worden om extra biobased materiaal toe te voegen zonder dat het overige materiaalgebruik of de daadwerkelijke emissies afnemen. De verbetering van de berekende wlc-gwp kan dan groter zijn dan de werkelijke klimaat- en circulariteitswinst.

Door het buiten beschouwing laten van module D worden andere lichte materialen, waarvoor hergebruik en recycling onderdeel van de verduurzamingsstrategie zijn, benadeeld. Dit effect speelt ook bij beleidsvariant 2, maar is bij variant 4 sterker doordat de biogene waardering, bij afwezigheid van module D, een relatief dominante route vormt om de score te verlagen. Snelle groei van de vraag kan bovendien leiden tot schaarste, prijsstijgingen, importafhankelijkheid en afwenteling op land, water, ontbossing en biodiversiteit. Ook kunnen producten aantrekkelijk

worden zonder dat opslagduur, brandveiligheid, onderhoud, additieven, losmaakbaarheid en de einde-levensroute voldoende zijn geborgd. Het ontbreken van module D verzwakt ten slotte de prikkel voor cascadegebruik en toekomstige niet-biogene kringlopen.

Doorwerking op de beleidsdoelen
De variant kan relatief sterk bijdragen aan vroege klimaatdoelen en aan het aandeel duurzame biotische grondstoffen. Voor de doelen voor minder grondstoffengebruik, secundaire materialen, hoogwaardige recycling en volledige circulariteit is het effect sterk voorwaardelijk. Zonder aanvullende eisen kan een methodische klimaatwinst samengaan met meer primaire materiaalinput of een verslechtering van andere milieuvoetafdrukken. Van de vier varianten heeft variant 4 daarom de meest uitgesproken gewenste marktprikkel, maar ook het grootste risico op eenzijdige optimalisatie.

Energiedoorwerking en tweede-orde-effecten
De energiedoorwerking van variant 4 is grotendeels gelijk aan die van variant 3. Direct gebruik van lokaal opgewekte energie kan B6 verlagen De productimpact, vervangingen en eindelevensimpact van aanvullende PV-panelen, warmtepompen, batterijen en regeltechniek blijven volledig relevant. Omdat de prikkel voor recycling ontbreekt weegt de impact van de materialen relatief zwaarder door, dit kan een deel van de prikkel teniet doen. De gedeeltelijke waardering van biogene CO_2-emissies in module C kan daarnaast ruimte creëren om de emissies van extra installaties binnen de berekende wlc-gwp te compenseren. Dit hoeft niet samen te gaan met minder materiaalgebruik, minder netbelasting of een betere circulariteit.

4 Conclusies

Dit hoofdstuk beschrijft als eerste de twee hoofdconclusies die volgen uit de studie. Daarna worden de deelconclusies benoemd voor de drie BZK beleidsdoelen. De conclusies over de tweede orde effecten ronden het hoofdstuk af.

4.1 Hoofdconclusies

De keuze voor een beleidsweging binnen de wlc-gwp-bepalingsmethode beïnvloedt welke maatregelen binnen een wlc-gwp-eis relatief aantrekkelijk worden. De vier beleidsvarianten verschillen in de waardering van toekomstige emissies (modules B 1 t/m 4 en C) en baten module D en tijdelijke biogene koolstofopslag. Deze keuzes bepalen waar in de levenscyclus de nadruk ligt en welke materiaal-, ontwerp- en energieoplossingen worden gestimuleerd.

De beleidsmatige sturing op de wlc-gwp bestaat uit drie samenhangende keuzes. De beleidsvariant op de bepalingsmethode bepaalt langs welke route naar een lagere wlc-gwp wordt gestuurd, en daarmee welke maatregelen aantrekkelijk worden. Het pad van grens- en streefwaarden bepaalt in welk tempo die verlaging plaats vindt. De definitie van klimaatneutraliteit bepaalt welk niveau als eindpunt geldt.

De analyse is kwalitatief en vergelijkt beleidsvarianten 2, 3 en 4 met beleidsvariant 1[7]. De effectscore geeft de verwachte richting en orde van grootte van het aanvullende effect weer. De robuustheid geeft aan in hoeverre deze conclusie overeind blijft bij plausibele ontwikkelingen. Een hoge robuustheid betekent niet automatisch dat een variant sterk aan een beleidsdoel bijdraagt. Ook de conclusie dat het verschil tussen beleidsvarianten verwaarloosbaar is, kan hoog robuust zijn.

De twee hoofdconclusies hieronder vatten de uitkomsten van het onderzoek samen. Zij gelden ten opzichte van beleidsvariant 1: de basisvariant conform de Bepalingsmethode wlc-gwp (versie 0.9, oktober 2025). De conclusies berusten op een kwalitatieve, relatieve vergelijking. Een neutrale score betekent daarom niet dat wlc-gwp-sturing geen effect heeft, maar dat de betreffende variant naar verwachting niet wezenlijk anders uitwerkt dan variant 1.

- **Hoofdconclusie 1**. Geen enkele beleidsvariant heeft voor de drie beleidsdoelen tegelijk het grootste verwachte effect en de hoogste robuustheid. Iedere variant kent afruilen tussen klimaatsturing, levenscyclusoptimalisatie en circulariteit.

- **Hoofdconclusie 2**. Bij gelijke weging van de onderzochte beleidsdoelen, laat variant 2 over het geheel de meest evenwichtige uitkomst zien. Variant 2 ondersteunt het beleidsdoel van een klimaatneutrale wlc-gwp voor nieuwbouw het sterkst, stimuleert vroege emissiereductie, toepassing van secundaire grondstoffen en biobased bouwen, en behoudt tegelijk de beoordeling van de volledige levenscyclus, inclusief module D.

[7] Beleidsvariant 1 heeft in dit onderzoek een dubbele rol. De variant is een mogelijke beleidskeuze, omdat zij overeenkomt met de huidige bepalingsmethode (Bepalingsmethode wlc-gwp - versie 0.9-oktober 2025), en tegelijk het referentiepunt waartegen de andere varianten zijn beoordeeld.

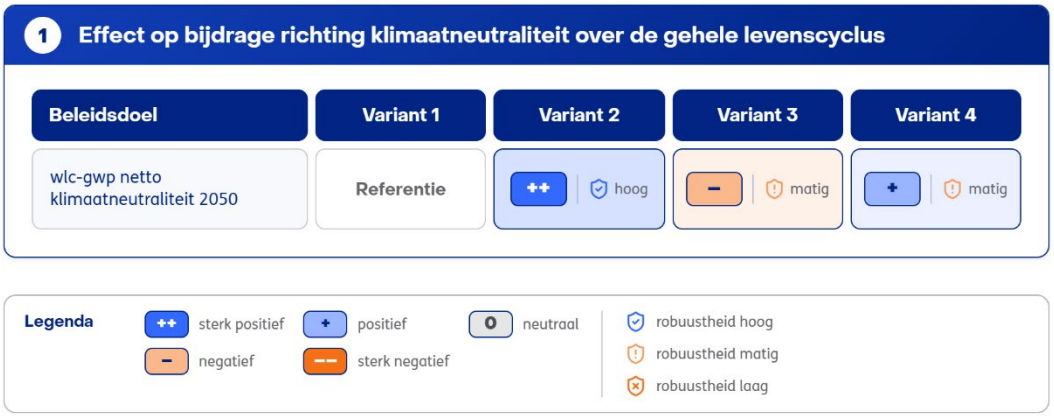
Variant 4 geeft de sterkste prikkel voor de nationale klimaatdoelen en voor biobased bouwen. Deze variant kent tegelijk de grootste afbreukrisico's voor hergebruik, gebruik van secundaire materialen en hoogwaardige recycling.

Ook bij variant 2 blijft flankerend beleid nodig voor absolute materiaalbesparing, hergebruik, inzet van secundaire materialen, hoogwaardige recycling, Safe by Design en duurzame herkomst van biotische grondstoffen. De wlc-gwp ondersteunt deze doelen, maar is geen volwaardige sturingsindicator voor circulariteit.

Het verschil tussen variant 2 en variant 4 is beperkt op de nationale klimaatdoelen en groter op de overige beleidsdoelen. Variant 4 stuurt scherper op vroege emissiereductie en biobased bouwen. Variant 2 houdt de waardering van de volledige levenscyclus in stand en stuurt daardoor breder, maar minder scherp, op klimaat. De keuze tussen beide varianten volgt uit de vraag of maximale klimaatsturing dan wel behoud van levenscyclus- en circulariteitssturing zwaarder weegt.

4.2 Deelconclusies voor BZK beleidsdoelen

Bijdrage richting klimaatneutraliteit over hele levenscyclus



Figuur 4.1: Scoretabel met Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes t.o.v. beleidsvariant 1 op beleid voor het klimaatbeleid.

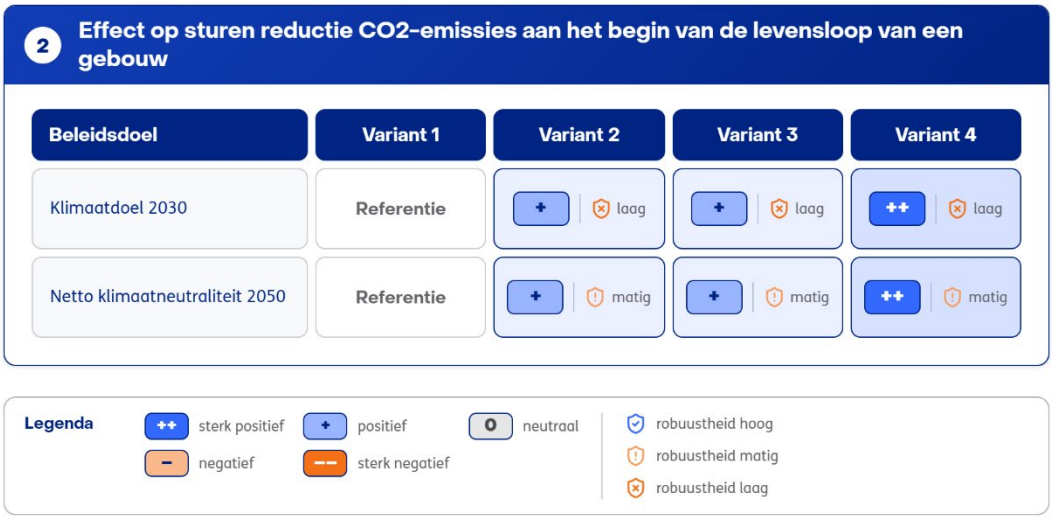
Voor het beleidsdoel van een klimaatneutrale wlc-gwp voor nieuwbouw in 2050 is variant 2 de meest passende variant. Deze variant combineert de sterkste integrale prikkel voor vroege emissiereductie met behoud van een prikkel op reductie over de volledige levenscyclus. Tijdweging stimuleert emissiereductie in productie en bouw, biobased bouwen, lichter bouwen, materiaalefficiënt ontwerp en beperking van de energievraag. Tegelijk blijven toekomstige lasten en baten in de gebruiks- en eindelevensfase zichtbaar. De tijdweging dempt een eenzijdige focus op toekomstige reducties.

Variant 4 heeft voor dit beleidsdoel een positief effect, maar blijft achter bij variant 2. De sterke biogene prikkel kan de wlc-gwp verlagen en biobased bouwen versnellen, maar het ontbreken van module D1 vermindert de waardering van toekomstig hergebruik, recycling en circulaire oplossingen. Daardoor ontstaat een smallere route naar een lage wlc-gwp, met een groter kans dat andere levenscyclusstrategieën worden verdrongen.

Variant 3 is voor dit beleidsdoel het minst passend. Het uitsluiten van module D1 versterkt weliswaar de druk om emissies binnen A tot en met C te verlagen, maar zowel de aanvullende biogene prikkel als de waardering van toekomstige circulariteitsbaten ontbreekt. Ook kan de materiaalimpact van energievraagbeperkende maatregelen relatief zwaarder gaan wegen, waardoor de prikkel voor structurele verlaging van de energievraag licht afneemt.

De werkelijke bijdrage aan het doel voor 2050 blijft afhankelijk van tijdige verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie, duurzame opschaling van biobased materialen, beschikbaarheid en kwaliteit van herbruikbare producten, toepassing van materiaalzuinige ontwerpen en blijvende beperking van de operationele energievraag. De wlc-gwp kan deze ontwikkelingen stimuleren, maar realiseert ze niet zelfstandig.

Sturen op reductie CO_2-emissies aan het begin van de levensloop van een gebouw



Figuur 4.2: Scoretabel met Effecten van wlc-gwp beleidskeuzes t.o.v. beleidsvariant 1 op beleid voor het klimaatbeleid.

Voor de nationale klimaatdoelen van 2030 en 2050 heeft variant 4 de hoogste effectraming. Deze variant voorkomt compensatie van initiële emissies met toekomstige module-D1-baten en combineert directe druk op emissiereductie binnen A tot en met C met de sterkste specifieke prikkel voor biobased bouwen. Daarmee sluit variant 4 het sterkst aan bij maatregelen die vroeg in de levenscyclus effect kunnen hebben, waaronder verduurzaming van de Nederlandse bouwmaterialenindustrie, toepassing van secundaire en CO_2-arme materialen en biogene kool-stofopslag.

Varianten 2 en 3 hebben eveneens een positief aanvullend effect, maar minder sterk dan variant 4. Variant 2 verschuift door tijdweging de nadruk naar vroege emissiereductie, ondersteunt biobased bouwen en stimuleert energievraagbeperking licht, terwijl module D1 behouden blijft. Variant 3 versterkt de druk op reducties binnen A tot en met C, maar geeft geen aanvullende biogene prikkel en kan energievraagbeperking licht benadelen.

Voor 2030 is de robuustheid voor alle varianten laag. De aanvullende bijdrage is vooral afhankelijk van tijdige investeringen en daadwerkelijke emissiereductie in de Nederlandse bouwmaterialenindustrie. Voor varianten 2 en 4 komt daar de onzekerheid over voldoende snelle, duurzame en aantoonbare opschaling van biobased bouwen bij. Het effect van

energievraagbeperking in nieuwbouw is vóór 2030 relatief beperkt, omdat een groot deel van het operationele energiegebruik na het doeljaar plaatsvindt.

Richting 2050 wordt structurele beperking van de energievraag een steeds belangrijkere randvoorwaarde. Voor nationale klimaatneutraliteit zijn niet alleen lagere materiaalgebonden emissies nodig, maar ook blijvend lage operationele emissies en een zo beperkt mogelijke behoefte aan duurzame opwek en energie-infrastructuur. De uitkomst steunt primair op verduurzaming van de Nederlandse bouwmaterialenindustrie en structurele beperking van de energievraag; bij varianten 2 en 4 is daarnaast duurzame opschaling van biobased bouwen bepalend.

Variant 4 is de meest doelgerichte keuze wanneer maximale aanvullende sturing op vroege nationale emissiereductie en versnelde opschaling van biobased bouwen centraal staan. Deze variant kent echter een lage robuustheid voor 2030 en negatieve prikkels voor energievraagbeperking, batterijopslag, toekomstig hergebruik en secundaire materialen. Variant 2 heeft een lagere effectscore, maar spreidt de sturing over meer verduurzamingsroutes, stimuleert energievraagbeperking licht en behoudt de waardering van toekomstige kringlopen.

Het behoud van bijdrage aan circulariteit



Figuur 4.3: Scoretabel met de effecten van wlc-gwp beleidskeuzes t.o.v. beleidsvariant 1 op beleid voor de circulaire doelen

De keuze voor een wlc-gwp-beleidsvariant heeft slechts beperkt effect op de circulariteits-doelen. De wlc-gwp stuurt op broeikasgasemissies en niet rechtstreeks op materiaalgebruik, herkomst, herbruikbaarheid of recyclingkwaliteit. Klimaat- en circulariteitsmaatregelen kunnen elkaar versterken, maar die samenhang is niet vanzelfsprekend.

Voor 15% lager grondstoffengebruik in 2035 is het effect van alle varianten nihil tot zeer klein. Het weglaten van module D kan directe materiaalbesparing enigszins stimuleren, maar een lagere wlc-gwp kan in theorie ook worden bereikt door het vervangen van materiaal door een duurzamer alternatief zonder massareductie. Sterker nog, de effecten op de klimaatdoelen en de doelen voor een circulaire economie kunnen ook tegengesteld zijn. Bij variant 4 kunnen materiaalbesparing en biobased substitutie tegengesteld werken.

Voor 55% duurzame biotische en secundaire grondstoffen hebben varianten 2 en 4 een klein positief effect, vooral door de prikkel voor biobased bouwen. Variant 3 heeft een neutraal tot zeer beperkt positief effect doordat actuele secundaire input meer nadruk kan krijgen wanneer deze A1–A3 verlaagt. Het NPCE geeft echter de voorkeur aan secundaire grondstoffen, terwijl varianten 2 en 4 vooral primaire biotische grondstoffen kunnen stimuleren.

Op 82% recycling, waarvan minimaal 15% hoogwaardig in 2035, hebben de varianten geen betekenisvol verschillend effect. Het afval in 2035 komt hoofdzakelijk uit de bestaande voorraad. Alleen constructieafval uit A5 kan direct worden beïnvloed. In varianten 3 en 4 vervalt hiervoor de module-D-baat, maar de betreffende massa is te klein om de economiebrede score te veranderen. Inzameling, sortering, opwerkingscapaciteit, afzet van recyclaat, kwaliteitsbehoud en beheersing van ZZS zijn veel bepalender.

Voor een volledig circulaire economie in 2050 hebben varianten 2, 3 en 4 hooguit een zeer beperkt positief effect t.o.v. variant 1 omdat hier een hele levenscyclus benadering zit, die belangrijk is voor de circulaire doelen. Variant 3 legt bij een wlc-gwp-afbouwpad naar nul de meeste druk op reducties binnen A–C. Dit kan materiaalbesparing, actueel hergebruik en secundaire materialen stimuleren, maar de vereiste reductie kan ook worden bereikt door verduurzaming van primaire productie of CCS. Varianten 2 en 4 kunnen een lage wlc-gwp mede bereiken met toekomstige of biogene baten, zonder garantie dat de primaire materiaalvraag afneemt.

Volledige circulariteit is niet gelijk aan 100% recycling. Het is nog onduidelijk of een eis voor volledige herbruikbaarheid of recyclebaarheid wordt ontwikkeld en hoe theoretisch potentieel wordt onderscheiden van daadwerkelijk gerealiseerde kringlopen. De MPG kan afwenteling naar andere milieueffecten beperken, maar is evenmin een volledige circulariteitsindicator. Aanvullende indicatoren voor materiaalgebruik, levensduur, hergebruik, ZZS en kringloopkwaliteit blijven noodzakelijk.

De beperkte scores voor 2035 en 2050 weerspiegelen de meetmomenten van de beleidsdoelen, niet de betekenis van circulair ontwerpen. Gebouwen die nu worden ontworpen, bepalen het aanbod van herbruikbare en secundaire materialen na 2050. Wanneer losmaakbaarheid, demonteerbaarheid en repareerbaarheid nu niet worden gestimuleerd, blijft het toekomstige aanbod van secundaire materialen structureel beperkt en blijven ook volgende generaties gebouwen aangewezen op primaire grondstoffen. Binnen de wlc-gwp houden alleen de varianten met module D (varianten 1 en 2) deze langetermijnprikkel in stand; in de varianten 3 en 4 moet zij volledig uit flankerend beleid komen.

4.3 Conclusies over tweede-orde-effecten

Marktpartijen zullen de wlc-gwp-score naar verwachting zo kosteneffectief mogelijk optimaliseren. Hierdoor kunnen emissies en andere milieueffecten verschuiven tussen levenscyclusfasen, materialen, landen en milieuthema’s.

Variant 1 ondersteunt een volledige levenscyclusbenadering en kan toekomstig hergebruik en recycling stimuleren. Mogelijk tweede-orde-effect is dat de module-D-baten een hoge impact in A1–A5 compenseren, waardoor directe reductie wordt uitgesteld.

Variant 2 verandert breder de waardering van tijdsafhankelijke koolstofopname en -vrijgave, waaronder biogene en niet-biogene/minerale opslag. Binnen die bredere prikkel kan vooral de biogene opslagcredit primaire biomassa bevoordelen boven materiaalbesparing, hergebruik en secundaire materialen.

Variant 3 voorkomt compensatie met potentiële toekomstige module-D-baten en legt de nadruk op aantoonbare reducties binnen A–C. Daartegenover staat een zwakkere prikkel voor ontwerp op toekomstig hergebruik, recycling en energieteruglevering. Zonder aanvullende circulariteitseisen kan een lage A–C-score samengaan met beperkte losmaakbaarheid of verlies van materiaalwaarde.

Variant 4 geeft de sterkste prikkel voor biobased bouwen, maar kent ook de grootste kans op eenzijdige optimalisatie. Biogeen materiaal kan andere emissies rekenkundig compenseren zonder dat de totale materiaalinput afneemt. Opschaling kan bovendien leiden tot schaarste, importafhankelijkheid en extra druk op land, water en biodiversiteit. Het ontbreken van module D verzwakt daarnaast de prikkel voor cascadegebruik en niet-biogene kringlopen.

Geen variant voorkomt alle ongewenste tweede-orde-effecten. Randvoorwaarden blijven nodig voor duurzame herkomst, materiaalbesparing, levensduur, hergebruik, secundaire materialen, losmaakbaarheid, Safe by Design en monitoring van fysieke materiaalstromen.

Referenties

[1] S. Bosch *e.a.*, “Circulaire Bouw 2035: Aanzet tot een toekomstperspectief”, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2023.

[2] J. Bouwknegt en N. Ahsmann, “Circulaire economie tussendoelen 2035”, KplusV, Amsterdam, 2025.

[3] A. Hanemaaijer en S. Kruitwagen, “Reflectie op de actualisatie van het NPCE”, Planbureau voor de Leefomgeving, okt. 2025.

[4] Economisch Instituut voor de Bouw (EIB); Structural Collective, “Materiaalstromen en milieubelasting in de bouw en infra”, Economisch Instituut voor de Bouw; Structural Collective, 2026.

[5] Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, “Bouwen met toekomst: werken aan woningen van duurzame materialen”, Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, 2025.

[6] Platform CB’23, “Kwaliteitsbeoordeling en -borging bij hergebruik uit bestaande bouw”, Platform CB’23, 2023.

[7] M. Timmermans, J. van de Weijer, en I. Thijssen, “Beschikbaarheid en gebruik secundaire bouwmaterialen en producten: Verkenning”, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), 2021.

[8] O. van der Velde en M. van Leeuwen, “Potentie van biobased materialen in de bouw: Een onderzoek naar de mogelijkheden en impact”, NIBE Research bv, 2019.

[9] M. van den Oever *e.a.*, “Bio-based building products in the Dutch Environmental Database (NMD)”, Wageningen Food & Biobased Research, Report Report 2631, dec. 2024. doi: 10.18174/683389.

[10] M. van den Oever, A. van Kampen, en H. Bos, *Catalogus biobased bouwmaterialen 2025: Circulair en duurzaam bouwen*. Wageningen Food & Biobased Research, 2025. doi: 10.18174/703934.

[11] Olga van der Velde en Mantijn van Leeuwen, “Potentie biobased materialen in de bouw”, NIBE Research bv, 2019.

[12] Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), “Dashboard Monitor Nationale Aanpak Biobased Bouwen”, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), 2026.

[13] S. Valcke, W. Moorlag, en M. Aalbersberg, “Ruim baan voor duurzamer beton: Resource based engineering maakt duurzamere betonconstructies mogelijk die veilig en betaalbaar zijn”, TNO, mei 2022.

[14] Dutch Green Building Council, “BREEAM-NL Nieuwbouw: Keurmerk voor duurzame vastgoedobjecten: Beoordelingsrichtlijn 2020 versie 1.0”, Dutch Green Building Council, jun. 2020.

[15] P. van Gent, “Road Map CO2”, Uitvoeringsteam Road Map CO2-reductie / Betonakkoord, 2021.

[16] H. Bouwmeester, “Woningbouw met een lage MPG: Wat leert de praktijk?”, Lente-akkoord 2.0 Circulair Industrieel Bouwen, 2023.

[17] J. van der Schuit, A. van Hoorn, N. Sorel, en T. Rood, “Kenmerken, voorraad en materiaalketens van de bouw: Naar een circulaire bouw: beschrijving huidige woning- en utiliteitsbouw”, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag, Achtergrondrapport PBL-publicatienummer 4853, 2023.

[18] M. Greve, J. de Ruiter, en M. Koning, “Bouwcapaciteit: Onderzoek naar het potentieel van bouwcapaciteit in relatie tot de woningbouwopgave”, Economisch Instituut voor de Bouw (EIB), nov. 2023.

[19] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), “Identificatie Zeer Zorgwekkende Stoffen”. [Online]. Beschikbaar op: https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/Zeer-Zorgwekkende-Stoffen/Identificatie-Zeer-Zorgwekkende-Stoffen
[20] Europees Parlement en Raad van de Europese Unie, *Verordening (EU) 2024/3110 van het Europees Parlement en de Raad van 27 november 2024 tot vaststelling van geharmoniseerde regels voor het verhandelen van bouwproducten en tot intrekking van Verordening (EU) nr. 305/2011*, vol. L-serie, nr. 2024/3110. Publicatieblad van de Europese Unie, 2024. Geraadpleegd: 18 december 2024. [Online]. Beschikbaar op: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj
[21] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), “Safe-and-Sustainable-by-Design”. [Online]. Beschikbaar op: https://www.rivm.nl/circulaire-economie/SSbD
[22] Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), “Hoe staat het met de opwek van zonne-energie in Nederland?” [Online]. Beschikbaar op: https://www.rvo.nl/onderwerpen/zonne-energie/monitoring
[23] Milieu Centraal, “Prijs en opbrengst zonnepanelen”. [Online]. Beschikbaar op: https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/kosten-en-opbrengst-zonnepanelen/
[24] Techniek Nederland, “Reactie op Miljoenennota en regeerprogramma”. [Online]. Beschikbaar op: https://www.techniekнederland.nl/pers/reactie-op-miljoenennota-en-regeerprogramma
[25] Milieu Centraal, “Thuisbatterij: zonne-energie opslaan”. [Online]. Beschikbaar op: https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/thuisbatterij-zonne-energie-opslaan/

Ondertekening

TNO Energy & Materials Transition Utrecht, 10 november 2026

ValidSigned by Charlotte Smit-Rietveld
on 10-11-2026

Charlotte Smit-Rietveld
Research Manager

ValidSigned by Arjan van Horssen
on 10-11-2026

Arjan van Horssen
Project Manager

Bijlage A

Evaluatie beleidskader

A.1 Beleidsevaluatiekader wlc-gwp

Doel en kern van het kader

Het beleidsevaluatiekader ondersteunt het systematisch vergelijken van beleidsvarianten en het beoordelen van hun bijdrage aan één of meer beleidsdoelen, waaronder het wlc-gwp beleidsdoel. Het kader combineert een centrale effectraming van de varianten ten opzichte van een basisvariant met een gevoeligheidsanalyse. Verduurzamingspaden worden daarbij gebruikt als autonome ontwikkelrichtingen waarmee wordt getoetst hoe stabiel het verwachte beleidseffect is en of een afbreukrisico voor de beleidswerking ontstaat.

De methode bestaat uit vier opeenvolgende stappen. Autonome ontwikkelingen vormen geen afzonderlijke processtap. Zij staan overkoepelend boven de verduurzamingspaden, omdat zij de context en de plausibiliteit van die verduurzamingspaden bepalen.

Dit kader bestaat uit vier stappen.

Stap 1: Beleidskeuzes. De vier beleidsvarianten worden vastgelegd, met per variant de modules in afbakening (scope) en de toegepaste weging.

Stap 2: Verwacht effect per beleidsdoel. Per beleidsdoel wordt bepaald welk aanvullend effect iedere beleidsvariant heeft ten opzichte van variant 1. Hierbij worden het doeljaar, de beleidsindicator en de belangrijkste aannames vastgelegd.

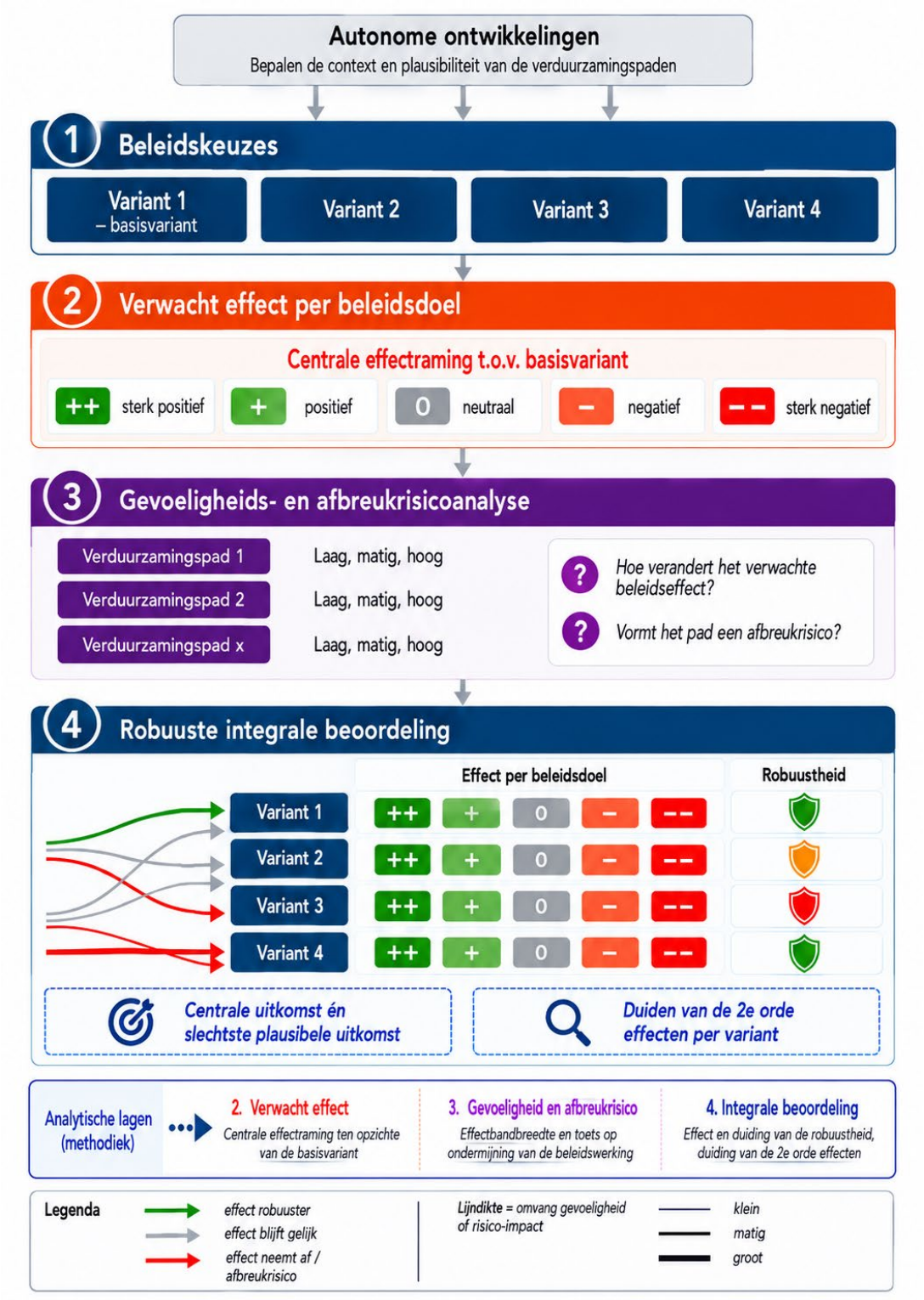
Stap 3: Gevoeligheids- en afbreukrisicoanalyse. Per beleidsdoel is bepaald welke verduurzamingspaden relevant zijn en of de beleidsvariant die paden stimuleert of belemmert. Vervolgens wordt bepaald hoe sterk de centrale effectraming kan veranderen wanneer een pad zich anders ontwikkelt dan verwacht (gevoeligheid), en of het verwachte effect daarbij geheel kan wegvallen, van richting kan veranderen (bijvoorbeeld van een positief effect naar een negatief effect (en daarmee een afbreukrisico vormen).

Stap 4: Robuuste integrale beoordeling. De uitkomsten worden samengebracht in een effectscore en een robuustheidsscore per beleidsvariant en beleidsdoel. De effectscore geeft de verwachte richting en omvang van het aanvullende effect; de robuustheid geeft aan in hoeverre die conclusie overeind blijft bij plausibele ontwikkelingen van de verduurzamingspaden.

Tweede-orde-effecten. Naast deze vier stappen zijn de tweede-orde-effecten afzonderlijk beoordeeld. Dit zijn indirecte markt-, gedrags- en keteneffecten die ontstaan doordat marktpartijen hun keuzes aanpassen aan de wlc-gwp-methodiek.

Beleidsvarianten en beleidsdoelen

De vier onderzochte beleidsvarianten verschillen in de toepassing van tijdweging en het meenemen van module D.



Figuur A.1: Beleidsevaluatiekader wlc-gwp

Betekenis van de overkoepelende autonome ontwikkelingen
Autonome ontwikkelingen zijn externe ontwikkelingen die niet door de onderzochte beleidsvariant worden veroorzaakt, maar wel van invloed zijn op de markt, de verduurzamingspaden en het uiteindelijke beleidseffect. Voorbeelden zijn technologische vooruitgang, markt- en prijsontwikkelingen, veranderingen in bouwvolume, beschikbaarheid van materialen, Europees beleid en gedragsverandering.

- Gebruik autonome ontwikkelingen om de context en plausibiliteit van de verduurzamingspaden vast te stellen.
- Neem de verwachte autonome ontwikkeling op in de basisvariant, zodat zij niet ten onrechte als beleidseffect wordt geteld.
- Maak zichtbaar welke onzekerheden in de autonome ontwikkeling doorwerken in de gevoeligheidsanalyse.

A.2 Beschrijving per stap uit het beleidsevaluatiekader

Per beleidsdoel worden de volgende stappen volgens het beleidsevaluatiekader wlc-gwp doorlopen. Hieronder zijn de stappen uitgewerkt.

Stap 1– Beleidskeuzes
Deze zijn uitgewerkt en besloten dat de volgende 4 beleidsvarianten worden gehanteerd:

- Beleidsvariant 1 (basisvariant, bepalingsmethode 0.9, geen weging en alle modules in scope A t/m D)
- Beleidsvariant 2 (tijdgewogen A t/m D)
- Beleidsvariant 3 (geen weging, module A t/m C)
- Beleidsvariant (biogene CO_2 tijdgewogen, module A t/m C)

Stap 2 – Verwacht effect per beleidsdoel
Voor iedere beleidsvariant wordt onder de centrale aannames het verwachte effect per beleidsdoel bepaald. Dit is de centrale effectraming vóór toepassing van de verduurzamingspaden als gevoeligheidsanalyse. De beoordeling betreft steeds het aanvullende effect ten opzichte van de basisvariant.

Score	Duiding	Toepassing
+ +	Sterk positief	Grote aanvullende bijdrage aan het beleidsdoel.
+	Positief	Aantoonbare aanvullende bijdrage.
0	Neutraal	Geen wezenlijk verschil met de basisvariant.
–	Negatief	Beperkt de doelrealisatie ten opzichte van de basisvariant.
– –	Sterk negatief	Ondergraven of substantieel vertragen van de doelrealisatie.

Let op: een neutrale score betekent niet noodzakelijk dat er geen effect optreedt. De score betekent dat de variant niet wezenlijk afwijkt van de basisvariant.

Stap 3 – Gevoeligheids- en afbreukrisicoanalyse per beleidsdoel
De verduurzamingspaden worden in deze stap behandeld als alternatieve scenario's voor de ontwikkeling van markt, technologie en praktijk. Per pad wordt beoordeeld hoe sterk de centrale effectraming kan veranderen. De uitkomst wordt samengevat in één gevoeligheidsscore van laag, matig of hoog.

Per combinatie van beleidsvariant en verduurzamingspad worden twee vragen beantwoord:
- Hoe verandert het verwachte beleidseffect wanneer dit verduurzamingspad zich voordoet?
- Vormt het verduurzamingspad een afbreukrisico voor de werking of doelrealisatie van de beleidsvariant?

Gevoeligheid	Betekenis	Praktisch beoordelingshandvat
Laag	Het verwachte effect blijft vrijwel gelijk.	Effectscore blijft gelijk; omvang, timing en uitvoerbaarheid veranderen slechts beperkt.
Matig	Het effect verandert merkbaar, maar de kernwerking blijft intact.	Omvang of timing verandert; geen omslag in richting en geen kritieke randvoorwaarde valt weg.
Hoog	Het effect kan substantieel afnemen of een belangrijk afbreukrisico ontstaat.	Effectscore daalt, doelbereik komt duidelijk onder druk of een essentiële randvoorwaarde is onzeker.

De gevoeligheidsscore combineert de omvang van de mogelijke verandering en de relevantie van het afbreukrisico. De score is geen waarschijnlijkheidsscore. Als geen betrouwbare waarschijnlijkheid aan de verduurzamingspaden kan worden toegekend, worden de paden als gelijkwaardige plausibele scenario's behandeld.

Stap 4 – Integrale beoordeling
De eindbeoordeling wordt per beleidsvariant teruggebracht tot twee uitkomsten: het effect per beleidsdoel en de robuustheid. Het effect per beleidsdoel geeft de verwachte richting en omvang weer. De robuustheid geeft aan in welke mate die conclusie overeind blijft bij de onderzochte verduurzamingspaden.

Robuustheid	Duiding	Beslisregel
hoog	Het beleidseffect blijft onder alle plausibele paden in richting en orde van grootte overeind.	Geen hoog afbreukrisico; variant is weinig afhankelijk van één specifiek pad.
matig	Het effect blijft in beginsel positief, maar omvang, timing of uitvoerbaarheid varieert merkbaar.	Aandacht voor monitoring, fasering of flankerend beleid is nodig.
laag	Eén of meer plausibele paden kunnen het effect sterk reduceren, laten wegvallen of doen omslaan.	Variant is kwetsbaar of alleen onder expliciete voorwaarden verantwoord.

Hieronder de verdere uitwerking van de robuustheidsscore:

Hoog:
Hoog wordt toegekend wanneer één of meer van de volgende situaties optreden:
- de effectscore blijft in alle plausibele ontwikkelingen gelijk;
- de richting van het effect verandert niet;
- het effect blijft vóór of in het doeljaar optreden;
- het causale werkingsmechanisme blijft intact;
- verschillen in omvang of timing zijn niet groot genoeg om de beleidsconclusie te veranderen.

Middel
Middel wordt toegekend wanneer één of meer van de volgende situaties optreden:
- de effectscore kan één aangrenzende categorie veranderen, bijvoorbeeld van ++ naar +;
- de omvang verandert merkbaar, maar de richting blijft gelijk;
- de timing verandert, maar een materiële bijdrage vóór of in het doeljaar blijft aannemelijk;
- het effect is afhankelijk van randvoorwaarden die onzeker maar realistisch beheersbaar zijn;
- interacties met andere verduurzamingspaden veranderen de omvang, maar niet de kern van de conclusie.

Laag:
Laag wordt toegekend wanneer één of meer van de volgende situaties optreden:
- een positief of negatief effect kan onder plausibele omstandigheden verdwijnen en 0 worden;
- de richting kan omslaan van positief naar negatief of omgekeerd;
- de effectscore kan twee of meer categorieën veranderen;
- een centraal neutrale score kan een materieel positief of negatief effect worden;
- het effect kan pas na het relevante doeljaar optreden;
- een essentiële schakel in het causale werkingsmechanisme is onzeker;
- de conclusie hangt sterk af van één slecht onderbouwde aanname;
- interacties of tweede-orde-effecten kunnen de centrale conclusie wezenlijk veranderen.

De analyse betreft een kwalitatieve verkenning van de verwachte werking van de beleidsvarianten. De effect- en robuustheidsscores zijn gebaseerd op de richting van de verwachte werkingsmechanismen, beschikbare literatuur en deskundigenbeoordeling. Zij vormen geen volledig gekwantificeerde ex-ante-evaluatie. Door de combinatie van onzekerheden in marktontwikkeling, technische prestaties, toepassingsvolumes en toekomstige emissiefactoren zou een kwantitatieve doorrekening momenteel leiden tot stapeling van bandbreedtes en daarmee tot schijnnauwkeurigheid. Waar voldoende betrouwbare gegevens beschikbaar zijn, worden de kwalitatieve conclusies kwantitatief ondersteund.

Tweede-orde-effecten per beleidsvariant
Na de beoordeling per beleidsdoel worden de tweede-orde-effecten per beleidsvariant afzonderlijk geanalyseerd. Het gaat om aanvullende reacties die door de beleidsvariant zelf worden uitgelokt, bijvoorbeeld verschuivingen tussen levenscyclusmodules, tussen primaire en secundaire materialen, tussen binnenlandse en buitenlandse productieketens of tussen

klimaatwinst en andere milieueffecten. Ook rebound, strategische keuze van gunstige datasets en druk op schaarse grondstoffen kunnen hieronder vallen.

Per beleidsvariant worden de dominante sturingsprikkel, de gewenste tweede-orde-effecten, de ongewenste tweede-orde-effecten en de benodigde randvoorwaarden voor beheersing en monitoring beschreven. Daarmee wordt zichtbaar waar de beleidsvariant de beoogde werking kan versterken en waar milieudruk of circulariteitsverlies kan worden afgewenteld.

De tweede-orde-effecten worden niet opgeteld bij de centrale effectraming en bepalen niet rechtstreeks de robuustheidsscore. Dit voorkomt dubbeltelling en schijnprecisie, omdat deze effecten vaak meerdere beleidsdoelen en ketens tegelijk raken. Zij worden wel betrokken bij de uiteindelijke beleidsduiding, het ontwerp van flankerend beleid, de keuze van monitoringsindicatoren en de periodieke herijking van de wlc-gwp-methodiek.

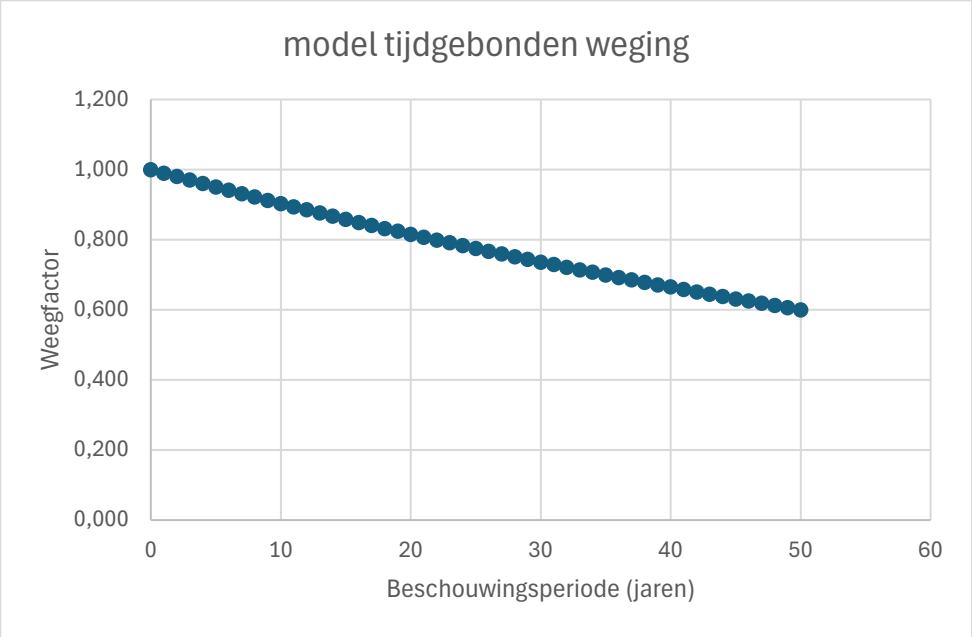
De methode levert daarmee per beleidsdoel een effectscore en een robuustheidsscore op, aangevuld met een afzonderlijk profiel van tweede-orde-effecten per beleidsvariant. Deze scheiding voorkomt dat een hoge robuustheid ten onrechte wordt uitgelegd als een groot of gunstig beleidseffect.

Bijlage B
Toelichting weging

Voor het referentieonderzoek naar de grens- en streefwaarden wlc-gwp is een tijdgebonden weging uitgewerkt (22 juni 2026, LBP|SIGHT, conceptversie voor klankbordgroep).

De volgende uitgangspunten zijn hierbij toegepast:

- De weegfactor voor toekomstige emissies in dit rekenmodel wordt berekend op basis van een lineaire afname naar de toekomst in tegenstelling tot een coëfficiënt.
- De eindweging (hierna: *Weging_eind*) bij een beschouwingsperiode van 50 jaar is 58% op basis van de coëfficiënt C(t) (IRF, *ACV dynamique – RE2020*). In dit rekenmodel is deze afgerond op 60%. Hieruit volgt een afname van de weegfactor van -0,8% per jaar.



Figuur B.1: Model voor tijdgebonden weging

Per module wordt de weegfactor als volgt toegepast:

- Module A1-A3, A4 en A5
  - De emissies vinden in jaar “0” plaats. De weegfactor voor deze modules is altijd 100%.
- Module B1 t/m B5
  - De emissies in de gebruiksfase vinden in het gemiddelde tussen jaar “0” en de Hoogste beschouwingsperiode plaats. De weegfactor voor deze modules is bij een beschouwingsperiode van 50 jaar hiermee: (100% + 60%) / 2 = 80%.

RSL	10,0	12,5	16,7	25,0
B4	4 verv.	3 verv.	2 verv.	1 verv.
1	92,0%	90,0%	86,7%	80,0%
2	84,0%	80,0%	73,3%	
3	76,0%	70,0%		
4	68,0%			
	80,0%	**80,0%**	**80,0%**	**80,0%**

Figuur B.2: illustratie berekening B4 bij verschillende RSL

- Module B6 (operationeel energieverbruik).
  - De weegfactor voor deze modules is altijd 100%. NB De berekening van de hoeveelheden en het milieuprofielen zijn reeds bepaald op basis van toekomst scenario's.
- Module C1-C4
  - De emissies in de einde-levensduurfase vinden altijd plaats aan het einde van de beschouwingsperiode. De weegfactor voor deze modules altijd overeenkomstig Weging_eind = 60%.
- Module D1
  - De emissies van de lasten en baten voorbij de systeemgrenzen zijn het gemiddelde van de weegfactor bij de eerste vervanging en de weegfactor bij de Hoogste beschouwingsperiode (Weging_eind). Dit gemiddelde wordt berekend op basis van:
    - Weging bij 1e vervanging = 100% - 0,8% * MAX (RSL_product ; Hoogste beschouwingsperiode)
    - Weging_eind = 100% - 0,8% * Hoogste beschouwingsperiode.
- Module D2 (milieuvoordelen en -lasten buiten de systeemgrens van geëxporteerde energie).
  - De weegfactor voor deze modules is altijd 100%. NB De berekening van de hoeveelheden en het milieuprofielen zijn reeds bepaald op basis van toekomst scenario's.

Bijlage C

Beleidsdoelen

Tabel C.1: Toelichting op de beleidsdoelen met hun scope en de overeenkomsten en verschillen t.o.v. wlc-gwp.

Beleidsdoel	Korte omschrijving van het doel	Scope	Overeenkomst met de wlc-gwp	Verschil ten opzichte van de wlc-gwp
EPBD IV: emissievrije gebouwen in 2050	EPBD IV: een emissievrije Europese gebouwenvoorraad in 2050 en verlaging van de broeikasgasemissies over de gehele levenscyclus van nieuwbouw.	Het doel omvat de bestaande én nieuwe gebouwenvoorraad in de EU en richt zich voor de korte termijn voornamelijk op de energievraag en operationele emissies van gebouwen. Nieuwe overheidsgebouwen moeten vanaf 2028 emissievrij zijn en alle overige nieuwbouw vanaf 2030. Daarnaast introduceert de EPBD afzonderlijke verplichtingen voor het berekenen en begrenzen van de wlc-gwp van nieuwbouw en stuurt naar klimaatneutrale bouw in 2050 over de gehele levenscyclus.	De embodied en operationele energie gerelateerde emissies, vallen binnen de wlc-gwp. De afzonderlijke wlc-gwp-verplichtingen uit de EPBD vullen het energiegerichte beleid aan met eisen aan de materiaalgebonden emissies van nieuwbouw.	Het betekent niet dat ieder gebouw in 2050 een wlc-gwp van nul moet hebben. De wlc-gwp omvat daarnaast materiaalproductie, bouw, onderhoud, vervanging en sloop.
Nationale Klimaatwet: minimaal 55% reductie in 2030	In 2030 moeten de netto broeikasgasemissies van Nederland minimaal 55% lager zijn dan in 1990.	Het is een economie breed doel voor Nederland als geheel en omvat alle broeikasgassen, emissiesectoren en koolstofverwijdering. Het is geen afzonderlijke reductie-eis van 55% voor de bouw, de bouwmaterialenindustrie of individuele gebouwen.	Emissies door de productie van bouwmaterialen, bouwwerkzaamheden, energiegebruik en afvalverwerking dragen bij aan het Nederlandse emissietotaal wanneer deze binnen Nederland en in het betreffende jaar plaatsvinden. Het operationele energieverbruik draagt rechtstreeks bij aan de nationale emissies. Verlaging van de wlc-gwp kan daardoor bijdragen aan het klimaatdoel.	De Klimaatwet kijkt naar de feitelijke jaarlijkse emissies en verwijderingen binnen de EU. De wlc-gwp is een vooruitberekening voor één gebouw en bevat ook emissies uit internationale productieketens en emissies die pas na 2030 plaatsvinden.
Nationale Klimaatwet: klimaatneutraliteit in 2050	In 2050 moeten de resterende broeikasgasemissies en koolstofverwijderingen binnen Nederland als geheel netto in evenwicht zijn.	Het doel geldt voor de gehele Europese economie en alle broeikasgassen. Resterende emissies mogen op EU-niveau worden gecompenseerd door koolstofverwijdering; niet iedere sector, lidstaat of ieder gebouw hoeft afzonderlijk netto nul te bereiken.	Verduurzaming van de elektriciteitsmix, warmtenetten en bouwmaterialenindustrie verlaagt zowel de Nationale emissies als de wlc-gwp van toekomstige gebouwen.	Klimaatneutraliteit is een jaarlijkse netto balans op Europees niveau. De wlc-gwp telt de klimaatbijdragen van een gebouw over de gehele levenscyclus op; externe koolstofverwijdering buiten het gebouw verlaagt de wlc-gwp-score niet automatisch maar is wel een onderdeel van het nationale doel.
NPCE 2025: 15% minder grondstoffengebruik in 2035	In 2035 moet het Nederlandse grondstoffengebruik 15% lager zijn dan in 2016.	Het doel geldt voor de hele Nederlandse economie en wordt gemeten met de Direct Material Input: grondstoffen, materialen en producten die in Nederland worden gewonnen of ingevoerd. Onder andere energiedragers die worden verbrand, ophoogzand, baggerspecie, verontreinigde grond, radioactief afval en meststoffen blijven buiten de berekening. NPCE 2025	Lichter bouwen, ontwerpoptimalisatie, hergebruik en levensduurverlenging verminderen doorgaans zowel het grondstoffengebruik als de emissies in de modules A1–A5, B4 en C.	Het NPCE-doel stuurt op massa en niet op klimaatimpact. Een materiaalbesparing levert daarom altijd grondstoffenwinst op, maar niet noodzakelijk een evenredige verlaging van de wlc-gwp. Andersom kan een licht materiaal een lage massa maar een hoge klimaatimpact hebben.
NPCE 2025: minimaal 55% duurzame biogrondstoffen en secundaire grondstoffen in 2035	In 2035 moet minimaal 55% van het Nederlandse grondstoffengebruik bestaan uit duurzame biogrondstoffen en secundaire grondstoffen.	Het doel geldt voor de samenstelling van de directe materiaalinput van de gehele Nederlandse economie. Het omvat secundaire biotische en abiotische grondstoffen en primaire duurzame biogrondstoffen, waarbij het NPCE een voorkeur uitspreekt voor secundaire grondstoffen. Energiedragers die worden verbrand zijn uitgesloten.	Secundaire grondstoffen kunnen de productie van primaire materialen vermijden. Biobased materialen kunnen fossiele of emissie-intensieve materialen vervangen en beïnvloeden bovendien de opname en emissie van biogene CO_2 binnen de wlc-gwp.	Het doel stuurt op het massale aandeel hernieuwbare en secundaire grondstoffen en niet op de bijbehorende broeikasgasemissies. Een groter aandeel recyclaat of biogrondstoffen leidt daarom niet automatisch tot een lagere wlc-gwp.
NPCE 2025: 82% recycling, waarvan minimaal 15% hoogwaardig in 2035	In 2035 moet minimaal 82% van het Nederlandse afval worden gerecycled en minimaal 15% van het totale afval hoogwaardig worden gerecycled.	Het doel geldt voor de jaarlijkse hoeveelheid Nederlands afval en heeft betrekking op het voorkomen van verbranding en stort en het behoud van grondstofkwaliteit. De methode om hoogwaardige recycling eenduidig te meten is nog in ontwikkeling; ook moeten nog absolute hoeveelheden aan het doel worden gekoppeld.	Hoogwaardige recycling kan afvalverwerkingsemissies beperken en primaire materiaalproductie in een volgende levenscyclus vermijden. De invloed op de wlc-gwp hangt sterk af van de vervangingsgraad, kwaliteitsfactor en wijze waarop module D wordt meegenomen.	Het NPCE meet de daadwerkelijk gerealiseerde afvalverwerking op nationaal niveau. De wlc-gwp modelleert toekomstige afvalverwerking voor één gebouw en waardeert deze via module C en, afhankelijk van de gekozen bepalingsmethode, module D. Een hoog recyclingpercentage zegt bovendien niets over de totale hoeveelheid geproduceerd afval.
NPCE 2025: volledig circulaire economie in 2050	In 2050 moet de Nederlandse economie volledig circulair functioneren en moeten de milieueffecten van het grondstoffengebruik binnen de planetaire grenzen blijven.	Het doel geldt voor de volledige Nederlandse economie en omvat grondstoffenbesparing, substitutie, levensduurverlenging, hergebruik en hoogwaardige verwerking. Het begrip “volledig circulair” is nog niet vertaald naar één meetbare indicator.	Veel circulaire strategieën verminderen de productie van nieuwe materialen en de hoeveelheid afval en kunnen daardoor ook de wlc-gwp verlagen. De wlc-gwp maakt het klimaateffect van circulaire maatregelen zichtbaar, maar niet hun volledige circulaire waarde.	Circulariteit omvat naast klimaatverandering ook afval, uitputting, biodiversiteit, land- en watergebruik, vervuiling en leveringszekerheid. De wlc-gwp meet uitsluitend klimaatverandering; een gebouw kan dus een lage wlc-gwp hebben zonder circulair te zijn, en andersom.

Tabel C.2: Tabel met de beleidsdoelen en hun effect op de fases van de LCA.

Beleidsdoel	Fase A – productie en bouw	Fase B – gebruik	Fase C – einde levensduur	Fase D – volgende levenscyclus
EPBD IV: emissievrije gebouwenvoorraad in 2050	De afzonderlijke wlc-gwp-verplichtingen voor nieuwbouw sturen op verlaging van materiaal- en bouwemissies in A1–A5.	Belangrijkste fase: vermindering van de energievraag en operationele emissies, vooral in B6. Renovatie en vervanging van installaties vallen onder B4 en B5.	Wordt meegenomen in de wlc-gwp van nieuwbouw, maar speelt een beperkte rol bij het doel voor een emissievrije gebouwenvoorraad.	Vermeden emissies in module D zijn onderdeel van netto klimaatneutraal.
Nationale Klimaatwet: minimaal 55% emissiereductie in 2030	Omvat de werkelijke emissies die vóór of in 2030 ontstaan door productie en bouw en operationeel energieverbruik binnen Nederland.	Omvat de operationele emissies die tot en met 2030 ontstaan door het gebruik van gebouwen.	Omvat emissies door sloop en afvalverwerking die vóór of in 2030 plaatsvinden.	Vermeden emissies uit module D worden niet rechtstreeks als aftrekpost in de Europese emissie-inventaris opgenomen, maar recycling en hergebruik kunnen de emissies in andere sectoren verlagen.
Nationale Klimaatwet: klimaatneutraliteit in 2050	Productie en bouw moeten richting 2050 sterk verduurzamen om resterende emissies te beperken.	Energiegebruik van gebouwen moet in 2050 nagenoeg emissievrij zijn.	Ook sloop, transport en afvalverwerking moeten richting 2050 verduurzamen.	Hergebruik en recycling kunnen bijdragen aan lagere emissies in volgende productcycli, maar gelden niet automatisch als compensatie voor emissies in A–C.
15% minder grondstoffengebruik in 2035	Belangrijkste fase: minder primaire materialen toepassen door lichter bouwen, materiaalbesparing, hergebruik en ontwerpoptimalisatie.	Minder materiaalgebruik voor onderhoud, vervanging en renovatie, vooral in B2–B5.	Indirect effect door minder materiaal dat uiteindelijk als afval vrijkomt.	Teruggewonnen materialen kunnen de behoefte aan primaire grondstoffen in een volgende cyclus verminderen.
Minimaal 55% duurzame biogrondstoffen en secundaire grondstoffen in 2035	Belangrijkste fase: vervanging van primaire grondstoffen door secundaire materialen en duurzame biogrondstoffen in A1–A3.	Het doel werkt ook door in materialen die tijdens onderhoud, vervanging en renovatie worden toegepast.	Recycling en terugwinning leveren de secundaire grondstoffen voor toekomstige toepassingen.	Module D kan de potentiële baten van hergebruik, recycling en materiaalvervanging zichtbaar maken. Dit is echter niet hetzelfde als het daadwerkelijk gemeten aandeel secundaire grondstoffen.
82% recycling, waarvan 15% hoogwaardig in 2035	Beperkt direct effect; ontwerp- en materiaalkeuzes in fase A bepalen wel in hoeverre materialen later hoogwaardig recyclebaar zijn.	Onderhoud, renovatie en vervanging kunnen tussentijdse afvalstromen opleveren die gerecycled moeten worden.	Belangrijkste fase: inzameling, sortering, voorbewerking, recycling en resterende afvalverwerking zijn zichtbaar in C1–C4.	De potentiële baten van het vervangen van primaire materialen door recyclaat worden in module D weergegeven.
Volledig circulaire economie in 2050	Minder primaire grondstoffen, circulair ontwerpen, losmaakbaarheid en toepassing van hergebruikte, secundaire en biobased materialen.	Levensduurverlenging, reparatie, onderhoud, adaptief gebruik en vervanging met behoud van producten en materialen.	Selectieve demontage, hergebruik, hoogwaardige recycling en het minimaliseren van verbranding en stort.	Potentiële baten van hergebruik, recycling en energieterugwinning in volgende productcycli.

Bijlage D

Verduurzamingspaden

In deze bijlage worden de verduurzamingspaden nader beschreven.

D.1 Hergebruik van bouwmaterialen

Hergebruik houdt in dat vrijkomende bouwproducten en elementen opnieuw worden toegepast zonder dat zij eerst tot grondstof worden verwerkt. Voorbeelden zijn constructiestaal, bakstenen, kanaalplaten, gevelonderdelen en installaties. Hierdoor wordt de productie van nieuwe materialen vermeden. Wel kunnen emissies ontstaan door selectieve demontage, transport, keuring, reparatie en aanpassing.

Voor de wlc-gwp moet onderscheid worden gemaakt tussen hergebruikte materialen die nu in een gebouw worden toegepast en het potentieel voor hergebruik na de levensduur. Het eerste effect is zichtbaar als een lagere impact in A1-A3. Toekomstig hergebruik wordt vooral gewaardeerd via module D1 en is daardoor sterk afhankelijk van de gekozen beleidsvariant en de aannames over toekomstige substitutie. De werkelijke opschaling hangt af van beschikbaarheid, kwaliteit, maatvoering, marktacceptatie en een sluitende businesscase.

Marktcapaciteit
Het daadwerkelijk inzetbare aanbod van hergebruikte bouwproducten wordt mede bepaald door de kwaliteit van de vrijkomende producten. Actuele certificering ontbreekt vaak, waardoor niet zonder meer kan worden vastgesteld of een product aan de eisen voor een nieuwe toepassing voldoet. Daarnaast zijn bestaande gebouwen doorgaans niet ontworpen voor demontage, waardoor producten niet altijd zonder beschadiging kunnen worden teruggewonnen. Ook kan de aanwezigheid van toxische stoffen hergebruik beperken. De ontwikkeling van digitale productpaspoorten kan bijdragen aan het vergroten van de marktcapaciteit, doordat informatie over de samenstelling, herkomst en kwaliteit van bouwproducten beter beschikbaar en inzichtelijk wordt. [5]

Kosten
Hergebruik van bouwproducten en materialen kan duurder uitvallen dan toepassing van nieuwe producten. Dit hangt vooral samen met de extra arbeid die nodig is voor inventarisatie, zorgvuldige demontage en inpassing in het nieuwe ontwerp. Met name bij gebouwen die niet losmaakbaar zijn ontworpen, kan het terugwinnen en opnieuw toepassen van onderdelen relatief veel tijd en inspanning vragen. Rli verwijst naar een studie van drie concrete projecten waarin de meerkosten van circulair slopen en bouwen worden geschat op 1,7% tot 7% ten opzichte van conventioneel slopen en bouwen. [5]

Gedrag en acceptatie
Hergebruik is nog geen standaardwerkwijze. In hergebruiktrajecten is het daarom vaak nodig om af te wijken van gebaande paden en traditionele rollen. Dit vraagt om medewerkers die openstaan voor een andere manier van werken en binnen de organisatie voldoende draagvlak ervaren. Vooral de houding van beslissers is van belang. Wanneer zij ervan uitgaan dat

hergebruik tijdrovend, duur, gevaarlijk, lelijk of onhaalbaar is, neemt de kans op een succesvol hergebruikproject af. [6]

Volume en tempo
Van de materialen die uit bouw- en sloopactiviteiten vrijkomen, werd in 2020 circa 95% gerecycled. Deze toepassing is echter veelal laagwaardig: slechts 8% kreeg bij recycling een gelijkwaardige of betere toepassing. Het theoretische potentieel voor hoogwaardiger hergebruik is aanzienlijk. Wanneer alle in 2030 vrijkomende materialen volledig en direct in de nieuwbouw zouden worden hergebruikt, zou daarmee maximaal 59% van de materiaalvraag in de burgerlijke en utiliteitsbouw kunnen worden gedekt. Het werkelijke aandeel ligt lager, omdat niet alle producten en materialen herbruikbaar zijn. Een structurele en uniforme landelijke monitoring van hoogwaardig hergebruik is nog beperkt, waardoor het daadwerkelijk hergebruikte volume niet volledig en eenduidig kan worden vastgesteld. Op korte termijn liggen hier kansen bij producten die relatief eenvoudig één-op-één kunnen worden hergebruikt. Op langere termijn is de potentiële milieuwinst groter, maar dit vraagt verdere ontwikkeling van modulair en demontabel ontwerpen, selectieve demontage, kwaliteitsbeoordeling, monitoring en de matching en opslag van vrijkomende producten. [7]

D.2 Biobased bouwen

Biobased bouwen betreft het vervangen van fossiele, minerale en metalen materialen door hernieuwbare materialen, zoals hout, vlas, hennep, stro en andere vezelgewassen. Dit kan de productie-emissies verlagen en tegelijkertijd biogene koolstof gedurende de levensduur van het gebouw opslaan. Biobased materialen kunnen onder meer worden toegepast in draagconstructies, gevels, daken, isolatie en afbouw.

De klimaatbijdrage hangt sterk af van de herkomst van de grondstoffen, het productieproces, de levensduur en de verwerking aan het einde van de levensduur.
Nederlandse studies naar biobased nieuwbouw laten zien dat biobased materiaalkeuzes de materiaalgebonden klimaatimpact kunnen verlagen [8] en [9], terwijl de bijdrage aan circulariteit samenhangt met duurzame winning van hernieuwbare grondstoffen, langdurig gebruik en een ontwerp dat hergebruik en recycling mogelijk maakt[10].
Ook de methodische waardering van tijdelijke koolstofopslag heeft grote invloed op de wlc-gwp-score. Opschaling moet daarom samengaan met duurzaam land- en bosbeheer, betrouwbare productdata en voldoende aandacht voor brandveiligheid, vochtbestendigheid, onderhoud en toekomstige herbruikbaarheid.

Marktcapaciteit
De huidige markt is klein: WUR/NIBE noemen een gewichtsaandeel van ongeveer 2% hout en 0,1% overige biobased materialen in de Nederlandse bouw. [11]. Het NABB rapporteert vergelijkbare percentages voor 2025: 1,4% voor de woningbouw en 0,5% voor de utiliteitsbouw. [12]. De Nationale Aanpak Biobased Bouwen mikt op 2030 op minimaal 25 producerende ketens, groei van vezelteelt van circa 2.000 naar 50.000 hectare en 400.000 ton verwerkingscapaciteit per jaar. Dit maakt grootschalige toepassing mogelijk, maar niet vanzelfsprekend: WUR benadrukt dat verwerkers, oogstmechanisatie, contractzekerheid, concurrerend saldo voor telers en stabiele vraag doorslaggevend zijn.

Kosten
Biobased materialen kunnen nu duurder zijn door kleinere schaal, certificering, onbekendheid en extra arbeidsuren. WUR noemt relatief hoge kosten en beperkte standaardisatie als marktbarrières. Rli nuanceert dat duurzaam bouwen niet per definitie onbetaalbaar is:

koplopers laten zien dat duurzame materialen nu al toepasbaar zijn, vaak met vergelijkbare of iets hogere prijzen, en bij fabrieksmatige houtbouw soms lager uitvallende kosten. [5]

Gedrag en acceptatie
Acceptatie groeit bij woningcorporaties, koplopers, conceptbouwers en opdrachtgevers met CO_2-ambities, maar mainstream adoptie wordt geremd door brand-, vocht- en kwaliteitspercepties, beperkte ervaring van ontwerpers en aannemers, en onzekerheid over certificering. De belangrijkste versnellers zijn herhaalbare concepten, gevalideerde productdata, ketencontracten en vroege betrokkenheid van constructeur, bouwfysicus en verzekeraar.

Volume en tempo
Effecten zijn zichtbaar zodra projecten materiaalkeuzes aanpassen. Voor nieuwbouw kan dit binnen één projectcyclus, voor renovatie vooral via isolatiemaatregelen. Richting 2030 kan biobased een relevant maar geen dominant pad worden, omdat teelt, verwerking en bouwvraag tegelijk moeten opschalen. [5]

D.3 Lichter bouwen

Lichter bouwen betekent dat het gewicht van een gebouw wordt verminderd door lichtere constructies, materialen en installaties toe te passen. Voorbeelden zijn hout- en hybride constructies, lichtere vloeren en gevels, optimalisatie van funderingen en installatiearme ontwerpen. Een lichtere bovenbouw kan bovendien leiden tot minder materiaalgebruik in onderliggende constructies en funderingen.

Het pad kan direct bijdragen aan lagere emissies in de productie-, transport- en bouwfase. Lichter bouwen is echter niet automatisch duurzamer: extra materiaal, een kortere levensduur, een hogere onderhoudsbehoefte of aanvullende installaties kunnen een deel van de winst tenietdoen. De beoordeling moet daarom uitgaan van dezelfde functionele prestaties, veiligheid, levensduur en gebruikskwaliteit.

Marktcapaciteit
De capaciteit zit vooral in ontwerp- en besluitvorming, niet in één grondstofketen. Constructeurs, architecten, ontwikkelaars en opdrachtgevers kunnen materiaalvraag direct beïnvloeden, maar dit vraagt eerdere integrale ontwerpkeuzes en andere prestatie-eisen. TNO laat zien dat emissies in bouwproces en logistiek projectmatig kunnen worden doorgerekend, inclusief industriële bouwmethoden en logistieke maatregelen. Dat helpt om materiaal- en proceskeuzes te onderbouwen. [5]

Kosten
Kosten kunnen dalen door minder materiaal, minder transport, lichtere funderingen en kortere bouwtijd, maar kunnen ook stijgen door extra engineering.

Gedrag en acceptatie
De grootste barrière is niet techniek maar routine: opdrachtgevers sturen vaak op m², snelheid en risicovermijding; ontwerpteams optimaliseren pas laat; producenten en aannemers zijn ingesteld op standaardoplossingen. Versnellers zijn carbon-based design, vroege constructeurbetrokkenheid, herhaalbare concepten en prestatie-uitvraag op CO_2 per m² of per functie in plaats van alleen materiaal- of esthetische voorkeuren.

Volume en tempo
Dit pad kan snel effect hebben bij nieuwbouw en grote renovaties, omdat het al in ontwerpbesluiten zit. Het volume vóór 2030 hangt af van hoeveel projecten nog in vroege planfase zitten. Bestaande gebouwen kunnen vooral via beter benutten, splitsen, transformeren en installatiearm renoveren meebewegen.

D.4 Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie

Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie betekent dat dezelfde gebouwfunctie wordt gerealiseerd met minder materiaal. Dit kan door minder overdimensionering, slimmere overspanningen, efficiëntere gebouwvormen, betere benutting van constructieve elementen en vroegtijdige samenwerking tussen architect, constructeur en installatieadviseur.

Minder materiaal werkt direct door in A1-A3 en vaak ook in transport, vervanging en eindelevensverwerking. Het is daardoor een relatief robuust verduurzamingspad dat in alle beleidsvarianten zichtbaar blijft. Wel moet worden voorkomen dat optimalisatie ten koste gaat van levensduur, aanpasbaarheid, onderhoudbaarheid of toekomstige herbruikbaarheid.

Producten die binnen de beschouwingsperiode meerdere keren worden vervangen, zoals installaties, afwerkingen en gevelonderdelen, kunnen door een langere technische of functionele levensduur minder vaak worden vervangen. Dit verlaagt de emissies in module B4 en de bijbehorende einde-levensimpact. Het pad is onderscheidend tussen de beleidsvarianten: bij tijdweging tellen toekomstige vervangingen minder zwaar mee, waardoor de aanvullende prikkel voor levensduurverlenging in variant 2 kleiner is dan in de varianten 3 en 4, waarin vervangingen volledig meetellen en module D ontbreekt.

Marktcapaciteit
In het ontwerpproces kan het materiaalgebruik aanzienlijk worden beïnvloed. De capaciteit om hierop te sturen ligt vooral bij architecten, constructeurs en andere ontwerpende partijen. Door gunstige gebouwafmetingen, een efficiënte gebouwvorm en een slanke constructie kan dezelfde gebouwfunctie met minder materiaal worden gerealiseerd. BREEAM-NL biedt met de credit MAT 06 Materiaalefficiëntie een methodiek om maatregelen voor materiaalefficiëntie gedurende het ontwerp- en bouwproces te onderzoeken, vast te leggen en te beoordelen. Dit soort methodieken kunnen bijdragen aan een meer structurele toepassing van materiaalefficiëntie in het ontwerpproces. Hoe ver de kennis en kunde in de markt rondom het bouwen en construeren van materiaalefficiënte gebouwen verspreid is niet bekend. [13] [14].

Kosten
Materiaalefficiënt ontwerpen kan leiden tot lagere materiaal- en bouwkosten, doordat minder materiaal wordt ingekocht, vervoerd en verwerkt. Daartegenover kunnen hogere ontwerp- en advieskosten staan vanwege extra berekeningen, variantenstudies en afstemming tussen betrokken partijen. Ook kunnen bij complexe of niet-gestandaardiseerde oplossingen de uitvoeringskosten toenemen. Dit zorgt er voor dat materiaalefficiëntie tot lagere kosten kan leiden, maar dat dit niet altijd het geval hoeft te zijn.

Gedrag en acceptatie
In de Roadmap CO_2 van het Betonakkoord worden conservatisme bij constructeurs en aannemers en de beperkte prikkel om materiaal te besparen genoemd als belemmeringen voor ontwerpoptimalisatie van betonconstructies. Dit kan ertoe leiden dat betrokken partijen blijven werken volgens bestaande ontwerp- en uitvoeringswijzen. Aangescherpte eisen aan

materiaalgebruik en CO_2, beloning van extra reductie-inspanningen en versterking van de ketensamenwerking kunnen de toepassing van materiaalefficiënt ontwerp stimuleren. [15]

Volume en tempo
In het lente akkoord wordt genoemd dat gunstige gebouwafmetingen en een slanke constructie tot een lagere MPG leiden. Materiaalefficiënt ontwerp resulteert in een reductie van 3 tot 5 procent op de MPG score. Stimulansen om een lagere MPG score te krijgen kunnen er daarmee voor zorgen dat materiaalefficiënt ontwerpen aantrekkelijker gaat worden. Omdat veel ontwerpen voor de komende jaren al vastliggen, kan het even duren voordat de materiaal efficiënte ontwerpen zichtbaar worden in nieuwbouw. [16]

D.5 Verhogen van de inzet van secundaire materialen

Dit pad richt zich op het vervangen van primaire grondstoffen door materialen die afkomstig zijn uit recycling. Voorbeelden zijn staalschroot, glasscherven, betongranulaat, gerecyclede kunststoffen en secundaire metalen. Hierdoor neemt de vraag naar primaire winning en productie af en kunnen de productgebonden emissies in A1-A3 dalen.
De milieuwinst verschilt sterk per materiaal en hangt af van sortering, transport, opwerking, procesverliezen en de kwaliteit van het recyclaat. Hergebruik heeft volgens de R-ladder in beginsel voorrang op recycling. Daarnaast moet hoogwaardige recycling worden onderscheiden van laagwaardige toepassing, bijvoorbeeld als ophoogmateriaal. Een hoog recyclingpercentage is pas waardevol wanneer het secundaire materiaal daadwerkelijk een gelijkwaardige primaire grondstof vervangt.

Marktcapaciteit
De Nederlandse gebouwenvoorraad kan worden beschouwd als een toekomstige bron van secundaire grondstoffen. In 2018 was hierin meer dan 2.710 Mton materiaal vastgelegd. Deze omvangrijke ‘urban mine’ is echter niet direct beschikbaar, omdat gebouwen een lange levensduur hebben en materialen pas bij renovatie, transformatie of sloop vrijkomen. Secundaire materialen zijn veelal afkomstig uit bouw- en sloopafval, maar kunnen ook worden gewonnen uit reststromen van andere sectoren. Voorbeelden hiervan zijn rookgasontzwavelingsgips (RO-gips) en hoogovenslak uit de staalindustrie. Voor de feitelijke marktcapaciteit is daarom vooral van belang in welke hoeveelheden en kwaliteit deze materiaalstromen jaarlijks beschikbaar komen en in hoeverre zij geschikt zijn voor verwerking tot nieuwe bouwproducten. Van de materialen uit bouw en sloop wordt 95% gerecycled, maar de toepassing is veelal laagwaardig: slechts 8% krijgt bij recycling een gelijkwaardige of betere toepassing. Verdere opschaling vraagt daarmee vooral om voldoende capaciteit voor het scheiden en opwerken van materiaalstromen en voor de toepassing daarvan als gelijkwaardige grondstof in nieuwe bouwproducten [17].

Kosten
De totaalprijs van secundaire materialen en producten ligt vaak hoger dan die van primaire alternatieven. Volgens de Verkenning Beschikbaarheid en gebruik secundaire bouwmaterialen en producten dragen met name kosten voor demontage, transport en keuring hieraan bij. Ook kunnen hoge startinvesteringen voor het oogsten, verwerken of toepassen van secundaire materialen een belemmering vormen, vooral wanneer sprake is van lange terugverdientijden. De prijs is bovendien een belangrijke factor in de materiaalkeuze: bij gelijke prijzen geven opdrachtgevers volgens de verkenning veelal de voorkeur aan primaire materialen en producten. Schaalvergroting, efficiëntere verwerking en een groter aanbod kunnen het

prijsverschil op termijn mogelijk verkleinen, maar de ontwikkeling verschilt per materiaalstroom [7] [17].

Gedrag en acceptatie
Niet alle opdrachtgevers, bouwende partijen en eindgebruikers accepteren het gebruik van secundaire materialen en producten. Opdrachtgevers en bouwbedrijven kunnen de toepassing beperken door in aanbestedingen contractuele voorwaarden op te nemen die het gebruik van secundaire alternatieven bemoeilijken. Ook kunnen toezichthouders terughoudend zijn bij zichtbare of technische imperfecties. Bij particuliere eindgebruikers en opdrachtgevers speelt daarnaast soms een voorkeur voor nieuwe producten. Volgens de verkenning hangen deze barrières mogelijk samen met bestaande gewoonten, vooroordelen, esthetische bezwaren en een beperkt bewustzijn van de voordelen van secundair materiaalgebruik. Acceptatie kan worden bevorderd door bewustwording te vergroten en in aanbestedings- en contractvoorwaarden voldoende ruimte te bieden voor het toepassen van secundaire materialen en producten [7].

Volume en tempo
In 2020 bestond 31% van het in de bouw toegepaste materiaal, inclusief de grond-, weg- en waterbouw, uit gerecycled materiaal. Dit aandeel wordt in belangrijke mate bepaald door de grote volumes steenachtig materiaal die als wegfundering worden toegepast. Het percentage geeft daarom geen volledig beeld van de hoogwaardige vervanging van primaire grondstoffen in nieuwe bouwproducten. Verdere groei vraagt niet alleen om een groter recyclingvolume, maar vooral om een verschuiving naar hoogwaardigere toepassingen. Het tempo van deze ontwikkeling wordt mede begrensd door de achterblijvende vraag naar secundaire materialen en producten [7] [17].

D.6 Industrieel, modulair en prefab bouwen

Industrieel, modulair en prefab bouwen verplaatst een groter deel van de bouwproductie van de bouwplaats naar een gecontroleerde fabrieksomgeving. Dit kan leiden tot minder bouwafval, een constantere kwaliteit, een kortere bouwtijd en betere beheersing van materiaal- en energiestromen. Ook kan het de toepassing van biobased materialen en remontabele bouwsystemen vergemakkelijken.

Prefab bouwen leidt niet vanzelf tot een lagere wlc-gwp. De eerdere verkenning laat zien dat de materiaalgebonden impact zowel kan afnemen als toenemen, afhankelijk van het ontwerp. Extra wapening, koppelingen, toleranties en transportvoorzieningen kunnen de winst beperken. Het pad moet daarom worden beoordeeld op de werkelijk gerealiseerde materiaalbesparing, bouwafvalreductie, energieprestatie en herbruikbaarheid, en niet alleen op de gekozen bouwmethode. [18]

Marktcapaciteit
Prefab bouwen bestaat al lange tijd en wordt op brede schaal toegepast binnen verschillende delen van de woningbouw. Ook modulaire bouw wordt steeds vaker toegepast en heeft met name potentieel bij tijdelijke woningen. Naar verwachting zullen deze bouwmethoden zich verder ontwikkelen.

Volledige industriële woningbouw is slechts bij een beperkt aantal projecttypen toepasbaar en richt zich voornamelijk op nieuwbouw. Volgens het EIB is ongeveer 15% van het totale toekomstige planaanbod voor nieuwbouwwoningen geschikt voor volledig industriële woningbouw. Deze bouwmethode is nog relatief nieuw en kan technisch verder worden ontwikkeld. Wanneer het ruimtelijk beleid meer wordt gericht op uitleglocaties en laagbouw,

kan het toepassingspotentieel toenemen. De productiecapaciteit voor industriële woningbouw is volgens de Rli groot, maar wordt nog niet volledig benut. Een belangrijke belemmering is het ontbreken van een constante bouwstroom. [18]

Kosten
De mogelijke kostenbesparing van volledig industriële woningbouw bestaat uit verschillende onderdelen, waaronder een lagere arbeidsinzet, tijdsbesparing, lagere faalkosten en relatief lage ontwerpkosten wanneer bestaande ontwerpen kunnen worden herhaald. Daartegenover staan hoge vaste kosten voor de ontwikkeling van woningconcepten, productielijnen, machines en fabrieksgebouwen. De financiële haalbaarheid is daardoor sterk afhankelijk van voldoende productievolume en een continue benutting van de fabriek. Bij vergaande industrialisatie en de verwachte bezettingsgraad kan volgens het EIB een besparing op de totale bouwkosten van maximaal 8% worden behaald. De besparing op arbeid wordt daarbij gedeeltelijk tenietgedaan door hogere overige bouwkosten, met name kapitaalkosten. Bij projecten van minder dan twintig woningen is volledig industrieel bouwen veelal niet rendabel; grotere en repeterende projecten bieden meer mogelijkheden om de vaste kosten over meerdere woningen te verdelen. [18]

Gedrag en acceptatie
Woningcorporaties vormen de belangrijkste opdrachtgevers voor industriële woningbouw. Zij kunnen duidelijke keuzes maken en waar nodig concessies doen aan het ontwerp en uiterlijk van woningen. Private ontwikkelaars stellen vaker projectspecifieke eisen waaraan bestaande industriële bouwconcepten niet altijd kunnen voldoen. Ook gemeentelijke eisen aan onder meer materialisatie, uitstraling en stedenbouwkundige inpassing kunnen de toepassing beperken. Een aanvullend aandachtspunt is de kans op eenvormigheid en onvoldoende ruimtelijke of architectonische kwaliteit. Volgens de Rli kan dit effect worden beperkt door in het ontwerpproces voldoende aandacht te besteden aan stedenbouwkundige inpassing en architectonische kwaliteit [18].

Volume en tempo
In 2021 werden naar schatting ongeveer 5.000 woningen volledig industrieel geproduceerd. Een deel van de beschikbare productiecapaciteit bleef daarbij onbenut. De productie kan worden verhoogd wanneer woningfabrieken een voldoende grote en continue orderstroom krijgen. Tijdens de Woontop van 2024 is het streven vastgelegd dat in 2030 de helft van de nieuwbouwwoningen industrieel wordt gebouwd en conceptueel wordt ontwikkeld. Deze beleidsambitie kan de vraag naar industriële woningbouw stimuleren, maar vormt geen garantie dat dit aandeel daadwerkelijk wordt gerealiseerd [18].

D.7 Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie

Dit pad omvat het verlagen van de emissies bij de productie van cement, beton, staal, glas, keramiek, isolatiematerialen en andere bouwproducten. Belangrijke maatregelen zijn elektrificatie, inzet van hernieuwbare energie, klinkerreductie, alternatieve bindmiddelen, groene waterstof, CCS, meer recyclaat en efficiëntere productieprocessen.
De effecten zijn vooral zichtbaar in A1-A3 en kunnen voor vrijwel alle gebouwen een substantiële reductie opleveren. Het tempo wordt echter bepaald door investeringen, energie- en netinfrastructuur, beschikbaarheid van waterstof en recyclaat, technische normen en beleidszekerheid. Omdat veel bouwmaterialen worden geïmporteerd, is naast Nederlandse vraagsturing ook Europees en internationaal industriebeleid nodig.

Marktcapaciteit
De volumekans is groot omdat beton, staal, glas, baksteen en isolatie in vrijwel alle gebouwen voorkomen. Het Bouwmaterialenakkoord laat zien dat beton en staal al verder in de opschalingsfase zitten, terwijl veel andere ketens nog in voorbereiding of opbouwfase zijn. Voor beton noemt Betonhuis 25–30% CO_2-reductie in 2030 ten opzichte van 2022 als ambitie, en de staalroute noemt 60–80% reductie ten opzichte van 1990 als streefbeeld. Dit zijn sectorale ambities, geen gegarandeerde realisaties.

Kosten
Kostenontwikkeling wordt bepaald door kapitaalinvesteringen, energieprijzen, beschikbaarheid van secundaire grondstoffen, certificering en schaal. Cement&BetonCentrum stelt dat voor de roadmap naar 2030 geen baanbrekende innovaties nodig zijn, omdat maatregelen al getest zijn en richting grootschalige implementatie gaan. Dat verlaagt het technologierisico, maar niet automatisch het investeringsrisico. Het Bouwmaterialenakkoord noemt beperkte innovatiemiddelen, harmonisatieproblemen en kwaliteitsborging als knelpunten.

Gedrag en acceptatie
Opdrachtgevers, constructeurs en kwaliteitsborgers zijn cruciaal. Rli constateert dat een groot deel van de bouwketen de omslag nog niet maakt en wacht op meer sturing en duidelijkheid. Zonder vraag ontstaan onvoldoende schaalvoordelen. Bij beton en staal worden koploper-peloton-aanpakken en geharmoniseerde uitvraag genoemd als manier om acceptatie te vergroten.

Volume en tempo
Dit pad heeft het grootste structurele marktvolume vóór en ná 2030, omdat alle nieuwbouw en renovatie materiaal vraagt. Het tempo tot 2030 wordt echter begrensd door fabriekssystemen, normen, productdata, investeringsbeslissingen en net- en energie-infrastructuur.

D.8 Safe by Design / vermijding ZZS

Safe by Design betekent dat veiligheid voor mens en milieu al bij het ontwerp en de ontwikkeling van materialen en producten wordt meegenomen. Binnen dit rapport wordt het verduurzamingspad afgebakend tot het voorkomen of vervangen van zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) in bouwmaterialen en bouwproducten. Voorbeelden van relevante zorgstoffen zijn brandvertragers, kleurstoffen en weekmakers. Wanneer dergelijke stoffen in producten aanwezig blijven, kunnen zij tijdens onderhoud, sloop, hergebruik en recycling opnieuw vrijkomen of in volgende materiaalcycli terechtkomen. Producten zonder zorgstoffen kunnen na hun gebruiksfase veiliger als product of grondstof worden ingezet. RIVM beschouwt SSbD daarom als een belangrijk uitgangspunt voor een veilige circulaire economie.

De relatie met de wlc-gwp is voornamelijk indirect. Het vermijden van ZZS kan hergebruik en hoogwaardige recycling mogelijk maken en voorkomen dat materiaalstromen vanwege verontreiniging moeten worden vernietigd. De klimaatwinst ontstaat echter pas wanneer hierdoor daadwerkelijk nieuwe materiaalproductie wordt vermeden. Eventuele baten van toekomstig hergebruik en recycling worden in de wlc-gwp vooral zichtbaar in module D1 en zijn daardoor afhankelijk van de gekozen beleidsvariant. Het vervangen van een ZZS leidt bovendien niet automatisch tot een lagere klimaatimpact. Een alternatief kan meer materiaal of energie vragen of gevolgen hebben voor de levensduur en technische prestaties. De gezondheids- en milieurisico’s van stoffen zelf worden niet uitgedrukt in de wlc-gwp. Veilige materiaalkeuzes en klimaatimpact moeten daarom naast elkaar worden beoordeeld. Dit sluit aan bij het Europese SSbD-kader, waarin veiligheid, klimaat en overige milieueffecten over de gehele levenscyclus gezamenlijk worden beschouwd. [19]

Marktcapaciteit
De kennis voor het identificeren en vervangen van ZZS ligt vooral bij producenten van chemische stoffen en bouwproducten, gespecialiseerde laboratoria en kennisinstellingen. De Europese REACH-regelgeving, de Nederlandse ZZS-lijst en de SCIP-database bieden een basis voor het identificeren en communiceren van zorgstoffen. De Nederlandse ZZS-lijst is breder dan de Europese kandidaatslijst voor *Substances of Very High Concern*. Daardoor geeft alleen een controle van de SCIP-database geen volledig beeld van alle mogelijk relevante ZZS [20].

De marktcapaciteit wordt vooral beperkt door onvolledige informatie over de samenstelling van producten. Informatie kan ontbreken, verloren gaan in de keten of vanwege bedrijfsvertrouwelijkheid slechts beperkt beschikbaar zijn. Dit probleem is het grootst bij materialen uit bestaande gebouwen. Digitale product- en materiaalpaspoorten kunnen de traceerbaarheid verbeteren. De nieuwe Europese Bouwproductenverordening creëert hiervoor een basis door stapsgewijs digitale productpaspoorten voor bouwproducten te introduceren, met onder meer prestatie-, veiligheids- en gebruiksinformatie 13.

Kosten
Het vermijden van ZZS kan extra kosten veroorzaken voor onderzoek, productontwikkeling, laboratoriumtesten, herformulering, certificering en documentatie. Een vervangende stof of materiaaloplossing moet dezelfde functionele prestaties leveren, bijvoorbeeld op het gebied van brandveiligheid, vochtbestendigheid, sterkte en levensduur. Wanneer geen direct toepasbaar alternatief beschikbaar is, kan ook aanpassing van het product- of gebouwontwerp nodig zijn.

Daartegenover staan mogelijke vermeden kosten voor beschermingsmaatregelen, materiaalonderzoek bij sloop, gescheiden inzameling, reiniging en gecontroleerde afvalverwerking. Ook neemt het risico af dat materialen later niet meer mogen worden hergebruikt of gerecycled. De kosten en baten zijn sterk product- en toepassingsafhankelijk. Een algemeen percentage voor de meer- of minderkosten van ZZS-vrije bouwproducten is daarom niet beschikbaar.

Gedrag en acceptatie
De bouwketen is sterk gefragmenteerd. De producent kent de samenstelling van het product, terwijl ontwerpers, aannemers, gebouweigenaren en afvalverwerkers pas later beslissingen nemen over toepassing, onderhoud, demontage en verwerking. Hierdoor is geen enkele partij zelfstandig in staat om ZZS uit de materiaalketen te weren. Daarnaast sturen opdrachtgevers en inkopers vaak primair op prijs, technische prestaties en bekende productoplossingen.

Acceptatie kan worden vergroot door bij aanbestedingen expliciet op vermijding van ZZS te sturen, gestandaardiseerde leveranciersverklaringen te gebruiken en stofinformatie vast te leggen in product- en materiaalpaspoorten. Bij vervanging moet worden voorkomen dat een ZZS wordt vervangen door een stof die later eveneens problematisch blijkt te zijn. Dit vraagt om een integrale beoordeling van veiligheid, technische prestaties, levensduur, circulariteit en klimaatimpact. Het Europese SSbD-kader biedt hiervoor een systematische aanpak [21]

Volume en tempo
Bij nieuwe en opnieuw ontwikkelde bouwproducten kan vermijding van ZZS binnen één productontwikkelings- en toelatingscyclus effect hebben. Het tempo wordt echter begrensd door onderzoek naar alternatieven, aanpassing van productieprocessen, certificering en technische normen. Voor reeds toegepaste materialen kan Safe by Design niet met terugwerkende kracht worden toegepast. Daar blijven inventarisatie, selectieve demontage en veilige verwerking noodzakelijk.

Tot 2030 en 2035 ligt het effect daarom vooral bij nieuw geproduceerde bouwproducten en materialen die tijdens renovatie worden vervangen. De grootste bijdrage aan veilige hergebruik- en recyclingstromen wordt pas op langere termijn zichtbaar, wanneer deze materialen uit gebouwen vrijkomen. Het directe effect op de wlc-gwp blijft naar verwachting beperkt en kan zowel positief als negatief zijn. Voor het beleidsdoel van een volledig circulaire economie in 2050 is dit verduurzamingspad echter essentieel, omdat zorgstoffen anders toekomstige kringlopen kunnen blokkeren.

D.9 Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw

Eigen energieopwekking betreft vooral zonnepanelen op daken en gevels en, waar passend, PVT-systemen of lokale collectieve opwek. De opgewekte energie kan direct in het gebouw worden gebruikt, waardoor de afname van elektriciteit uit het net en de emissies in B6 afnemen. De productie, vervanging en verwerking van de installaties veroorzaken tegelijkertijd extra materiaalgebonden emissies.

De uiteindelijke klimaatwinst hangt af van het aandeel eigen gebruik, de ontwikkeling van de elektriciteitsmix en de levensduur van de installatie. Naarmate de netstroom verder verduurzaamt, neemt de vermeden emissie per opgewekte of teruggeleverde kilowattuur af. In de voorziene wlc-gwp-methodiek wordt teruglevering bovendien begrensd tot compensatie van het eigen gebruik, waardoor module D2 voor veel berekeningen beperkt of niet relevant is.

Marktcapaciteit
Leveranciers- en installatiecapaciteit is aanwezig, maar groei vertraagt door minder aantrekkelijke businesscases en netcongestie. RVO verwacht dat jaarlijkse groei de komende drie jaar verder kan afnemen naar circa 2,6 GWp per jaar, mede door netcongestie en financiële factoren. Grote dakprojecten op bedrijfsdaken kennen extra risico’s door aansluiting, SDE-vrijval en afschakeling bij negatieve prijzen. [22]

Kosten
PV-kosten zijn sterk gedaald: Milieu Centraal noemt bijvoorbeeld circa €3.200 voor 8 panelen met 3.000 kWh jaaropwek, en stelt dat prijzen in tien jaar circa 42% zijn gedaald. Na beëindiging van salderen verschuift de waarde naar eigen verbruik: hoe meer zonnestroom direct wordt gebruikt, hoe beter de businesscase. [22] [23]

Gedrag en acceptatie
Huishoudens, VvE’s en vastgoedeigenaren accepteren PV breed, maar onzekerheid over terugleververgoedingen, terugleverkosten, netcapaciteit en dakconstructie remt investeringen. Versnellers zijn oost-west-opstellingen, sturing op eigen verbruik, combinatie met warmtepomp of EV-laden en actieve afschakeling bij negatieve prijzen [22] [24].

Volume en tempo
Dit pad heeft het snelste effect: na installatie daalt de netafname direct. Het effect is vooral zichtbaar in de elektriciteitssector en in de energierekening, en minder in de directe gebouwde-omgeving-emissies als de woning zelf al geen elektriciteitsopwekking met fossiele brandstof had [22] [24].

D.10 Energieopslag bij gebouwen

Energieopslag kan het eigen gebruik van lokaal opgewekte energie vergroten en piekbelasting beperken. Het gaat onder meer om batterijen, warmtebuffers, elektrische boilers en warmte-koudeopslag. Opslag kan de combinatie van zonnepanelen, warmtepompen en laadinfrastructuur verbeteren en kan een rol spelen bij netcongestie.

Daar staat extra materiaalgebruik tegenover, inclusief vervanging tijdens de gebouwlevensduur. Vooral batterijen kunnen een aanzienlijke impact hebben in A1-A3 en B4. De bijdrage aan de wlc-gwp hangt daarom sterk af van het gebruiksprofiel, de laadstrategie, de levensduur, het rendement en de CO_2-intensiteit van de opgeslagen elektriciteit. Opslag is alleen een verduurzamingspad wanneer de operationele en systeemwinst groter is dan de aanvullende materiaalgebonden impact.

Marktcapaciteit
Mondiaal dalen kosten snel: BNEF meldt dat lithium-ionpackprijzen in 2025 zijn gedaald naar $108/kWh, en stationaire opslag naar $70/kWh, gedreven door overcapaciteit, LFP en concurrentie. In Nederland ligt de beperking minder bij celproductie dan bij netaansluiting, transporttarieven, vergunningen, sturing en businesscase. [25]

Kosten
De hardwarekosten dalen, maar gebouwbatterijen blijven economisch afhankelijk van waardestapeling: eigen verbruik, piekshaving, dynamische prijzen, noodstroom, netdiensten en vermeden aansluitverzwaring. Voor huishoudens is de businesscase vaak zwakker dan voor bedrijven met piekbelasting of netbeperkingen. RVO noemt dat ondernemers met netcongestie hun bestaande aansluiting slimmer kunnen gebruiken en dat batterijen bij opwek van zon en wind zullen groeien.

Gedrag en acceptatie
Bedrijven accepteren opslag vooral wanneer het groei, elektrificatie of laadinfrastructuur mogelijk maakt ondanks netcongestie. Huishoudens zien het vooral als middel om meer eigen zonnestroom te gebruiken. Barrières zijn brandveiligheid, ruimte, garantie, softwaresturing, onduidelijke contracten en onzekerheid over inkomsten uit flexibiliteit.

D.11 Beperken van de energievraag

Het beperken van de energievraag betekent dat minder energie nodig is om een gebouw te verwarmen, koelen, ventileren, verlichten en van warm tapwater te voorzien. Dit kan door bouwkundige en installatietechnische maatregelen, zoals een goed geïsoleerde en luchtdichte gebouwschil, efficiënte beglazing, zonwering, passief ontwerp, warmteterugwinning en energiezuinige installaties.

Een lagere energievraag werkt vooral door in een vermindering van de operationele emissies in module B6. De hiervoor benodigde isolatiematerialen, beglazing en installaties kunnen tegelijkertijd leiden tot aanvullende materiaalgebonden emissies in voornamelijk A1-A3 en,

door reparatie, vervanging en renovatie, in B3-B5. Voor de wlc-gwp moet daarom zowel de afname van het operationele energiegebruik als de materiaalgebonden impact van de toegepaste maatregelen in beeld worden gebracht. De berekening van module B6 is gebaseerd op gestandaardiseerde gebruiksomstandigheden. Het werkelijke gebruik van het gebouw is echter wel bepalend voor de daadwerkelijk gerealiseerde energiebesparing en broeikasgasemissies. Hierdoor kan de praktijkprestatie afwijken van de berekende wlc-gwp.

Bij nieuwbouw kan de energievraag vanaf de eerste ontwerpfase integraal worden beperkt. Anders dan bij renovatie is het gebouw nog niet begrensd door een bestaande draagstructuur, gevelindeling, installatie-infrastructuur of beschikbare ruimte. Daardoor kunnen de gebouwvorm, compactheid, oriëntatie, verhouding tussen glas en dichte gevel, thermische zonering en plaatsing van functies gezamenlijk worden geoptimaliseerd. De BENG-systematiek sluit hierbij aan: BENG 1 begrenst de behoefte aan verwarming en koeling, BENG 2 het primair fossiele energiegebruik en BENG 3 het aandeel hernieuwbare energie.

Bron: https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/beng/indicatoren

Marktcapaciteit
Energievraagbeperkende technieken maken inmiddels deel uit van de reguliere Nederlandse nieuwbouwpraktijk. Dat volgt allereerst uit het toepassingsbereik van BENG: vergunningaanvragen voor nieuwbouw waarop de eisen van toepassing zijn, moeten sinds 1 januari 2021 aantoonbaar voldoen aan de drie energieprestatie-indicatoren [Bron; https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/beng/indicatoren] .De regelgeving stelt daarnaast afzonderlijke eisen aan thermische isolatie, luchtdichtheid en technische bouwsystemen, juist om te voorkomen dat een ontoereikende gebouwschil uitsluitend met installaties of energieopwekking wordt gecompenseerd.

Omdat de meeste energievraagbeperkende technieken al regulier beschikbaar zijn, liggen de voornaamste opschalingsrisico's naar verwachting vooral bij uitvoeringskwaliteit, systeemintegratie en de beschikbaarheid van voldoende gekwalificeerde vakmensen, luchtdichte aansluitingen, koudebrugarme detaillering, correcte montage van glas en gevelsystemen, dimensionering en inregeling van technische systemen vragen om goede afstemming tussen ontwerpers, bouwers, installateurs, kwaliteitsborgers en energieprestatieadviseurs.

Voor de bouw als geheel verwacht het EIB dat in de periode 2026–2029 75.000 nieuwe voltijds arbeidskrachten nodig zijn; circa 25.000 daarvan zouden via zij-instroom moeten worden georganiseerd. [bron; https://www.eib.nl/publicaties/trends-op-de-bouwarbeidsmarkt-2025-2029]

De algemene spanning op de bouwarbeidsmarkt ondersteunt dit beeld, maar geeft geen specifieke raming voor energievraagbeperkende maatregelen.

Kosten:
De kosten van energievraagbeperking in nieuwbouw moeten op gebouwniveau en over de levensduur worden beschouwd. Hogere initiële investeringen in gebouwschil, beglazing, kierdichting, zonwering, energie-efficiënte installaties en regeltechniek kunnen worden afgewogen tegen een lagere energiebehoefte, lagere operationele energiekosten, beperktere benodigde installatievermogens en mogelijke optimalisatie van het totale energiesysteem. De uitkomst is afhankelijk van gebouwtype, gebruiksfunctie, compactheid, energieconcept, energieprijzen, onderhoud, vervanging en de gekozen beschouwingsperiode.

Deze benadering sluit aan bij de kostenoptimaliteitsmethodiek van de EPBD en de Nederlandse BENG-studies. Kostenoptimaliteit betekent daarbij niet dat elk bouwdeel afzonderlijk tot het technisch maximaal haalbare niveau wordt verbeterd. Het gaat om de combinatie van maatregelen die voor het totale gebouw een passende balans oplevert tussen energieprestatie en levenscycluskosten. Een verdere verhoging van de isolatiewaarde kan bijvoorbeeld een afnemende energetische meeropbrengst hebben, terwijl optimalisatie van gebouwvorm, glasverhouding, zonwering, luchtdichtheid of installatiedimensionering elders in het ontwerp effectiever kan zijn. De precieze optimale combinatie moet daarom projectspecifiek worden bepaald en periodiek worden herijkt bij gewijzigde prijzen, technieken en energieprestatie-eisen.

Gedrag en acceptatie:
Ook bij energiezuinige nieuwbouw blijft het feitelijke gebruik van invloed op het energieverbruik. De NTA 8800 en BENG-berekening gebruiken gestandaardiseerde gebruiksprofielen om gebouwen onderling vergelijkbaar te maken. Het werkelijke energiegebruik kan daarvan afwijken door bezetting, openingstijden, ingestelde temperaturen, gebruik van zonwering, ventilatie, warmtapwater en verlichting, interne warmtelasten, weersomstandigheden en beheer van technische installaties.

Belangrijk is dat ontwerp, bediening en beheer aansluiten op realistische gebruikssituaties en dat comfort, gezondheid en energieprestatie gelijktijdig worden geborgd. Bij goed geïsoleerde en luchtdichte gebouwen verdienen ventilatie en zomercomfort bijzondere aandacht, omdat onvoldoende ventileren de binnenluchtkwaliteit kan verslechteren en actieve koeling de elektriciteitsvraag kan verhogen.

Volume en tempo:
Het toepassingsvolume van energievraagbeperking in nieuwbouw volgt in beginsel de nieuwbouwproductie waarop de energieprestatie-eisen van toepassing zijn. BENG borgt daardoor een brede basisvraag naar energiezuinige ontwerp-, schil- en installatieoplossingen. In 2025 zijn volgens CBS 69.200 nieuwbouwwoningen opgeleverd en zijn vergunningen afgegeven voor circa 86.000 nieuwbouwwoningen. Het aantal opleveringen lag voor het derde achtereenvolgende jaar lager dan in 2022; vergunningverlening vertaalt zich bovendien niet rechtstreeks of onmiddellijk in productie. [Bron; https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2026/05/derde-jaar-op-rij-met-minder-woningen-erbij]

Voor het verduurzamingspad betekent dit dat toepassing op grote schaal technisch al mogelijk is, maar dat het feitelijke volume meebeweegt met de bouwproductie. Een voorspelbaar aanscherpingspad naar klimaatneutrale gebouwen, tijdige actualisatie van referentiegebouwen en kostenoptimaliteitsstudies, voldoende uitvoeringscapaciteit en betrouwbare product- en opleverdata zijn voorwaarden om energievraagbeperking in woningbouw en utiliteitsbouw te effectueren.

Bijlage E

Relatie beleidsdoelen en verduurzamingspaden

De relatie tussen de beleidsdoelen en de verduurzamingspaden is op basis van expertise van de onderzoekers beoordeeld. Hierbij is gekeken naar een verwachte onderscheidende relatie per verduurzamingspad en beleidsdoel. Daarna zijn de geselecteerde verduurzamingspaden in de context van de beleidsdoelen nader beschouwd en de effecten beschreven.

Hierna is een korte motivatie gegeven van de relaties.

Tabel E.1: Relatie tussen verduurzamingspaden en beleidsdoel: Klimaatwet 55% reductie 2030

Verduurzamingspad	Klimaatwet 55% reductie 2030	
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	●	Vermijden van productie in Nederland is directe impact
Biobased bouwen	●	Stimuleren van biobased productie in Nederland is directe bijdrage
Lichter bouwen	●	Hoofdzakelijk gericht op dragende delen, nog relatief relevante productie in Nederland. Vermijden van productie in Nederland is directe impact, vermijden van transport is directe impact
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	–	Indirecte impact
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	–	Indirecte impact en beperkt binnen NL emissies
Industrieel, modulair en prefab bouwen	–	Indirecte impact
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	●	Verduurzamen van productie in Nederland is directe impact
Safe by Design / vermijding ZZS	–	Indirecte impact
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	●	Directe impact op operationele emissies
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	●	Directe impact op operationele emissies
Beperken van de energievraag	●	Directe impact op operationele emissies

Tabel E.2: Relatie tussen verduurzamingspaden en beleidsdoel: Klimaatwet klimaatneutraal 2050

Verduurzamingspad	Klimaatwet klimaat-neutraal 2050	
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	●	Vermijden van productie in Nederland is directe impact
Biobased bouwen	●	Stimuleren van biobased productie in Nederland is directe bijdrage
Lichter bouwen	●	Hoofdzakelijk gericht op dragende delen, nog relatief relevante productie in Nederland. Vermijden van productie in Nederland is directe impact, vermijden van transport is directe impact
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	–	Indirecte impact
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	–	Indirecte impact en beperkt binnen NL emissies
Industrieel, modulair en prefab bouwen	–	Indirecte impact
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	●	Verduurzamen van productie in Nederland is directe impact
Safe by Design / vermijding ZZS	–	Indirecte impact
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	●	Directe impact op operationele emissies
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	●	Directe impact op operationele emissies
Beperken van de energievraag	●	Directe impact op operationele emissies

Tabel E.3: Relatie tussen verduurzamingspaden en beleidsdoel: wlc-gwp klimaatneutraal 2050

Verduurzamingspad	wlc-gwp klimaatneutraal 2050	
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	●	Vermijden van productie in Nederland en de keten is directe impact
Biobased bouwen	●	Stimuleren van biobased productie in Nederland en de keten is directe bijdrage
Lichter bouwen	●	Vermijden van productie in Nederland en de keten is directe impact, vermijden van transport is directe impact
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	●	Vermijden van productie in de keten is directe impact
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	●	Indirecte impact
Industrieel, modulair en prefab bouwen	–	Indirecte impact
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	●	Verduurzamen van productie in Nederland en de keten is directe impact
Safe by Design / vermijding ZZS	–	Indirecte impact
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	●	Directe impact op operationele emissies
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	●	Directe impact op operationele emissies
Beperken van de energievraag	●	Directe impact op operationele emissies

Tabel E.4: Relatie tussen verduurzamingspaden en beleidsdoel: NPCE 15% minder grondstoffen 2035

Verduurzamingspad	NPCE 15% minder grondstoffen 2035	
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	●	Hergebruik is een directe vermindering van gebruik van primaire grondstoffen
Biobased bouwen	-	Biobased bouwen heeft geen directe relatie tot minder grondstoffen gebruik daar waar wel van toepassing is dit onderdeel van lichter bouwen
Lichter bouwen	●	Lichter bouwen is een direct vermindering van het gebruik van materialen, gezien het hoge gehalte primair in materialen draagt het direct bij
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	●	een direct vermindering van het gebruik van materialen, gezien het hoge gehalte primair in materialen draagt het direct bij
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	●	Meer secundair is direct minder primair

Verduurzamingspad	NPCE 15% minder grondstoffen 2035	
Industrieel, modulair en prefab bouwen	●	heeft geen directe relatie tot minder grondstoffen gebruik daar waar wel van toepassing is dit onderdeel van lichter bouwen. Er kan een klein effect optreden als er minder bouw en constructieafval optreed, maar dit effectzal minimaal zijn.
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	–	Geen directe relatie met minder grondstoffen, primair gericht op energie
Safe by Design / vermijding ZZS	–	Geen directe relatie met minder grondstoffen, primair gericht op substitutie
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen
Beperken van de energievraag	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen

Tabel E.5: Relatie tussen verduurzamingspaden en beleidsdoel: NPCE 55% biotisch/secundair 2035

Verduurzamingspad	NPCE 55% biotisch/ secundair 2035	
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	●	Direct aandeel secundaire toepassing
Biobased bouwen	●	Direct aandeel biotisch
Lichter bouwen	●	Vaak biobased en/of duurzame concepten
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	●	Ontwerpoptimalisaties kunnen sturen op doel
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	●	Direct aandeel secundair
Industrieel, modulair en prefab bouwen	●	Vaak biobased en/of duurzame concepten
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	–	Geen directe relatie, primair gericht op energie
Safe by Design / vermijding ZZS	–	Geen directe relatie, primair gericht op substitutie
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen
Beperken van de energievraag	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen

Tabel E.6: Relatie tussen verduurzamingspaden en beleidsdoel: NPCE 82% recycling 2035

Verduurzamingspad	NPCE 82% recycling 2035	
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	●	Directe relatie met doel
Biobased bouwen	–	Geen directe koppeling met recycling, dan onderdeel van verhogen van de inzet van secundaire materialen
Lichter bouwen	–	Geen directe koppeling met recycling, dan onderdeel van verhogen van de inzet van secundaire materialen
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	–	Geen directe koppeling met recycling, dan onderdeel van verhogen van de inzet van secundaire materialen
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	●	Directe relatie met doel
Industrieel, modulair en prefab bouwen	●	Verhoogde losmaakbaarheid, relatie met recycling
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	●	Gericht op toekomstige recycling
Safe by Design / vermijding ZZS	●	ZZS directe invloed op mogelijkheden voor recycling
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen
Beperken van de energievraag	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen

Tabel E.7: Relatie tussen verduurzamingspaden en beleidsdoel: NPCE volledig circulair 2050

Verduurzamingspad	NPCE volledig circulair 2050	
Hergebruik van bouwmaterialen en -elementen	●	Directe relatie met circulair
Biobased bouwen	●	Directe relatie met circulair
Lichter bouwen	●	Bijdrage aan minder materiaal in kringloop per m2
Materiaalefficiëntie door ontwerpoptimalisatie	●	Bijdrage aan minder materiaal in kringloop per m2
Verhogen van de inzet van secundaire materialen	●	Directe relatie met circulair
Industrieel, modulair en prefab bouwen	●	Directe relatie met circulair
Verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie	–	Indirect, stuurt primair op de impact
Safe by Design / vermijding ZZS	●	Directe beperkende factor / aandachtspunt voor circulaire kringlopen
Eigen energieopwekking op of nabij het gebouw	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen
Energieopslag en batterijopslag bij gebouwen	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen
Beperken van de energievraag	–	Alleen beschouwd bij klimaatdoelen

Bijlage F

Externe ontwikkelingen en beleidskaders

Externe ontwikkelingen en beleidskaders zijn geen zelfstandige verduurzamingspaden. Zij bepalen wel de context, haalbaarheid en uiteindelijke omvang van de effecten. Deze ontwikkelingen en beleidskaders worden in deze bijlage nader toegelicht.

F.1 Nieuwbouwvolume en gebouwtypologieën

Het nieuwbouwvolume en de verdeling over woning- en gebouwtypen bepalen de totale emissies van de bouwsector. Een dalende wlc-gwp per vierkante meter kan samengaan met stijgende totale emissies wanneer meer of grotere gebouwen worden gerealiseerd. Appartementen, grondgebonden woningen en utiliteitsgebouwen verschillen bovendien in materiaalgebruik, installaties en operationele energievraag.

Dit is geen zelfstandig verduurzamingspad, maar een belangrijke factor voor de monitoring van de routekaart. Naast de prestatie per vierkante meter moet daarom ook het totale gebouwde oppervlak en de absolute uitstoot van de nieuwbouw worden gevolgd.

F.2 Woningbouwprogrammering, ruimtelijke ordening en transformatiebeleid

Woningbouwprogrammering bepaalt in hoeverre de toekomstige ruimtebehoefte wordt ingevuld met nieuwbouw, transformatie, splitsing, optoppen of betere benutting van bestaande gebouwen. Het benutten van bestaande constructies kan veel nieuwe materiaalproductie en bijbehorende emissies vermijden.

Dit beleid werkt vooral op macroniveau en wordt maar gedeeltelijk zichtbaar in een wlc-gwp-eis voor nieuwbouw. Een afzonderlijke monitoring is nodig om de vermeden nieuwbouw, de resterende materiaalvraag en de gevolgen voor beschikbare hergebruik- en recyclingstromen vast te stellen.

F.3 ETS, CBAM en Europees industriebeleid

Het Europese emissiehandelssysteem (ETS) beprijst industriële CO_2-emissies. Het Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) beoogt daarnaast het concurrentieverschil tussen Europese producenten en bepaalde geïmporteerde koolstofintensieve producten te beperken. Deze instrumenten beïnvloeden de kosten en emissie-intensiteit van onder meer staal, cement en aluminium.

Deze ontwikkelingen kunnen de beschikbaarheid en prijs van CO_2-arme producten sterk beïnvloeden en daardoor doorwerken in A1-A3. Zij staan grotendeels buiten de wlc-gwp-methodiek, maar bepalen wel hoe snel industriële verduurzaming plaatsvindt en welke alternatieven economisch aantrekkelijk worden.

F.4 RED III, ETS II en energie- en warmtebeleid

RED III stimuleert de toepassing van hernieuwbare energie, terwijl ETS II vanaf de invoering een CO_2-prijs legt op brandstoffen voor onder meer gebouwen. Samen met nationaal energie- en warmtebeleid beïnvloeden deze instrumenten de verduurzaming van elektriciteit, warmte en gebouwgebonden energiegebruik.

De effecten werken voornamelijk door in B6 en zijn grotendeels onafhankelijk van de gekozen wlc-gwp-variant. Wel bepaalt de methodische behandeling van toekomstige emissies hoeveel waarde aan deze verwachte verduurzaming wordt toegekend.

F.5 EU-taxonomie en duurzame financiering

De EU-taxonomie bepaalt onder welke voorwaarden economische activiteiten als ecologisch duurzaam kunnen worden aangemerkt. Voor gebouwen kan dit invloed hebben op financiering, investeringsbeslissingen en de vraag naar aantoonbaar duurzame gebouwprestaties.

De taxonomie verlaagt de wlc-gwp niet rechtstreeks, maar kan wel de markt voor gebouwen met lage materiaal- en operationele emissies vergroten. Consistente rekenregels zijn daarbij belangrijk. Wanneer verschillende wlc-gwp-varianten voor hetzelfde gebouw sterk verschillende uitkomsten geven, kan onduidelijkheid ontstaan bij financiers en investeerders.

F.6 ESPR en CPR

De Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) en de Construction Products Regulation (CPR) versterken de beschikbaarheid en vergelijkbaarheid van productinformatie. De CPR vormt een belangrijke basis voor geharmoniseerde milieudata van bouwproducten. De ESPR ondersteunt onder meer digitale productpaspoorten, materiaalinformatie en eisen aan duurzaamheid en circulariteit.

Deze kaders zijn geen zelfstandig verduurzamingspad, maar maken betere wlc-gwp-berekeningen, hergebruik en hoogwaardige recycling mogelijk. Betrouwbare productdata, informatie over materiaalsamenstelling en traceerbaarheid zijn noodzakelijk om prestaties te vergelijken en materialen later veilig terug te brengen in een volgende cyclus.

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
www.tno.nl

TNO innovation for life