

Productgroep Analyse Woningen

Een Productgroep Analyse Aanpak voor de Monitoring en
Sturing in de transitie naar een Circulaire Economie

TNO 2024 R11278 – 28 augustus 2024

Productgroep Analyse Woningen

Een Productgroep Analyse Aanpak voor de Monitoring
en Sturing in de transitie naar een Circulaire Economie

Auteurs	A. Bletsis, J. van Bommel, S. Bours, A. van Hoorn, M. Kamps & J. van Oorschot
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	Productgroep Analyse Woningen
Rapporttekst	TNO Publiek
Aantal pagina's	64 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	Planbureau voor de Leefomgeving
Programmanaam	Werkprogramma Monitoring & Sturing Circulaire Economie
Projectnaam	Productgroep Analyse Woningen
Projectnummer	060.55583

Verantwoording

Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie 2019-2024. Dit werkprogramma is een samenwerkingsverband van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden (CML), het Centraal Planbureau (CPB), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), RVO.nl, Rijkswaterstaat, TNO en de Universiteit Utrecht (UU) onder leiding van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het kabinet streeft naar een volledig circulaire economie in 2050. Het doel van het werkprogramma is om de door het kabinet uitgezette koers naar 2050 te kunnen monitoren en te evalueren en de overheid te voorzien van de kennis die nodig is voor de vormgeving of bijsturing van beleid. Meer informatie over het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie is te vinden op <https://www.pbl.nl/monitoring-circulaire-economie>.



De totstandkoming van het rapport is een samenwerking geweest tussen:

- Jisca van Bommel, Martijn Kamps en Alexander Bletsis, TNO
- Sanne Bours, UU
- Janneke van Oorschot, CML
- Anton van Hoorn, PBL

Wij hebben dankbaar gebruik gemaakt van de begeleiding van:

- Anne Gerdien Prins, PBL (opdrachtgever)
- Kees Schotten, PBL (opdrachtgever)
- Esther 't Hoen, ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
- Lani Kok, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
- Vincent Gruis, TU Delft, voorzitter transitieteam Circulaire Bouweconomie
- Ester van der Voet, CML Leiden (Universiteit Leiden)
- Cecile van Oppen, Copper8
- Niels Ruijter, NVTB
- Trudy Rood, PBL
- Sander Woertman, NEPROM

Naast de begeleidingscommissie hebben de volgende personen bijgedragen aan het rapport: Robert Harmsen & Remi Elzinga (UU); Remko Zuidema, Arjan van Horssen, Ming Chen, Huub Keizers, Erlend Deckers, Kamiel Jansen, Elmer Rietveld, Ton Bastein, Gabriela Gamarra Scavone, Rens Nijman, Romée de Blois, en Raquel Kuperus (TNO), Frieke Heens & Lise de Boer (RIVM), Jip Claassens (Object Vision), Folckert van der Molen (PBL).

De tekst in deze rapportage en achtergrondrapporten is de verantwoordelijkheid van de auteurs. De achtergrond rapporten zijn opgesteld en vrijgegeven door de organisaties zelf.

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.

© 2024 TNO

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
Begrippenlijst	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Aanpak productgroep analyse woningen	12
1.3 Structuur van dit rapport	21
2 Overzicht woningsector	22
2.1 Woningvoorraad, nieuwbouw, herstel & verbouw, verduurzaming	22
2.2 Trends nieuwbouw, herstel- & verbouw, verduurzaming tot 2030	23
2.3 Eigendom en instituties	24
2.4 Huidige materiaalvoorraad, -stromen & -impact	29
3 Circulaire toekomstbeelden naar 2050	33
3.1 Circulaire maatregelen voor reducties in materiaal- gebruik en impact	33
3.2 Toelichting van de circulaire scenario's	36
3.3 Impact op materiaalstromen op verschillende niveaus, bestaande bouw steeds belangrijker	38
3.4 Klimaat- en milieu impact naar 2050 geven een optimistisch beeld, maar nog niet toereikend	42
3.5 Landgebruik naar 2050 vraagt om aandacht: impact op biodiversiteitsverlies buiten zicht	44
4 Kansen en barrières	46
4.1 Spanning tussen meerdere missies	46
4.2 Reductie van CO ₂ -emissies wordt door stakeholders gezien als het voornaamste doel voor circulariteit	47
4.3 Strategieën bevinden zich in verschillende fases van ontwikkeling	48
4.4 Overheden en opdrachtgevers sturen nog onvoldoende op circulariteit	50
4.5 Sturing op (samenhang van) circulaire maatregelen	51
5 Conclusies en aangrijpingspunten voor beleid	53
5.1 Conclusies	53
5.2 Aangrijpingspunten voor beleid	57
Literatuurlijst	61
Ondertekening	64

Samenvatting

Productgroep Analyse aanpak voor de monitoring en sturing in de circulaire economie.

Binnen het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) wordt vanuit het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie (WMSCE) de tweejaarlijkse Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER) gepubliceerd. Uit zowel het NPCE 2023 als de ICER 2023 blijkt dat het nuttig is om verschillende productgroepen apart te analyseren voor het monitoren en sturen van de transitie naar een volledig circulaire economie.

In eerste instantie worden er drie productgroepen uitgewerkt voor de ICER 2025. De productgroep woningen is onderdeel van de eerste lichting productgroep analyses binnen het WMSCE, samen met de productgroepen plastic verpakkingen en drankkartons, en hernieuwbare energietechnologieën. Als resultaat zijn de eerste stappen gezet richting een uniforme aanpak voor analyses naar productgroepen.

Circulariteit in de woningsector als middel voor meerdere maatschappelijke doelen voor 2050. Huisvesting als primaire doel.

Vanuit het vastgestelde beleid van de Rijksoverheid is het de ambitie van de Nederlandse woningsector om in 2050 volledig circulair te zijn, en om in 2030 de helft van deze ambitie gerealiseerd te hebben¹. Dit einddoel wordt door het transitieteam circulaire bouweconomie nader gespecificeerd, namelijk door het vervullen van de Nederlandse sociaaleconomische behoefte aan huisvesting zonder de draagkracht van de aarde te overschrijden in de vorm van uitputting, CO₂-uitstoot, vervuiling, biodiversiteitsverlies en andere milieuschade, en het voorkomen van leveringsrisico's.

Huisvesting is de kern van de productgroep woningen en betreft enerzijds het bouwen van nieuwe woningen (nieuwbouw) en anderzijds de verbetering van bestaande woningen in de woningvoorraad. De komende decennia wordt een toename in de bevolking en het aantal huishoudens verwacht, dit vraagt om de bouw van 900.000 nieuwe woningen tot 2030. De huidige woningvoorraad omvat rond de 8,1 miljoen woningen. De samenstelling van de voorraad kent veel variatie in verschillende gebouwtypen en de periodes waarin deze zijn gebouwd. Hierdoor heeft een groot deel van de voorraad een energielabel D of lager, in vergelijking tot de A en hogere labels van recente nieuwbouw. Vanuit de ambitie om een klimaat neutrale leefomgeving te zijn in 2050, zal een warmtetransitie richting een CO₂-uitstoot arme gebouwvoorraad nodig zijn.

Aanpak voor de productgroep woningen.

Om te komen tot een overzicht van circulariteit binnen de productgroep woningen en mogelijke aangrijpingspunten voor beleid, maken we een synthese van bestaande inzichten, ordenen die opnieuw voor deze vraag, en doen aanvullend onderzoek. We gebruiken hiervoor een 'mixed-methods' benadering om de volgende onderzoeksvraag te beantwoorden:

¹ Verder worden de lange termijn effecten van losmaakbaar bouwen en hergebruik na 2050 niet meegenomen in de huidige analyses. Hoewel losmaakbaar bouwen op korte termijn bijdraagt aan het verminderen van materialen en kosten, is het van belang om ook de implicaties van hergebruik op de lange termijn te onderzoeken, gezien de trage vernieuwing van de woningvoorraad.

Wat is het (verwachte) probleem van het materiaalgebruik in de keten van de productgroep woningen, wat zijn mogelijke (technische) maatregelen/oplossingsroutes en wat zijn richtingen/interventiepunten waar beleid zou kunnen bijsturen?

De productgroep analyse bevat enerzijds een kwantitatief onderzoek naar het materiaalgebruik en impact van de woningsector tot 2050. Hiervoor gebruiken we de vier toekomstbeelden uit de ruimtelijke verkenning van het PBL gepubliceerd in 2023 (Groenland, Regionaal geworteld, Mondiaal ondernemend en Snelle wereld; zie pagina 18 voor een uitleg van de toekomstbeelden) om circulaire scenario's te formuleren waarin verschillende circulaire maatregelen worden toegepast. En anderzijds een kwalitatief onderzoek naar de institutionele setting, en naar de huidige kansen en belemmeringen van circulariteitstrategieën in de transitie naar een circulaire woningsector. Hiervoor gebruiken we de Missie-gedreven Innovatie Systeem (MIS) analyse.

De institutionele en fysieke kenmerken van de sector, en de huisvestingsopgaven bepalen de randvoorwaarden en invulling van circulariteit: materiaalgebruik blijft toenemen.

De woningsector heeft een complex institutioneel landschap met betrokkenheid van Rijksoverheid, provincies en gemeenten. Nieuwbouw wordt vooral gestuurd door woningcorporaties, projectontwikkelaars en aannemers, die grote invloed hebben op de beslissingen. Voor bestaande woningen variëren eigenaarschap en de aard van renovatieprojecten sterk, wat een uniforme aanpak voor (energie)renovatie bemoeilijkt. Deze complexiteit en de vele regelgevingen maken het beleid voor een circulaire woningsector veelzijdig en verspreid over verschillende overheidslagen en sectoren.

Met ongeveer 2,2 gigaton aan materialen is de productgroep woningen een van de grootste materiaalvoorraden in Nederland. Deze voorraad bestaat uit een diverse samenstelling van materialen. Deze materialen kennen complexe (uiteenlopende) productieketens, van grondstof tot verwerking van sloopmateriaal tot recycleert en zijn vaak afhankelijk van import. De constructiematerialen zoals beton, baksteen en keramiek vormen het grootste aandeel in de materiaalvoorraad (in kg), alhoewel metalen, kunststoffen en isolatiematerialen met veel kleinere massa's een relatief grotere impact hebben op klimaat en milieu.

De materiaalinstroom voor nieuwbouw is zeven keer groter dan de uitstroom door sloop, voornamelijk door de bouw van nieuwe woningen buiten bestaande stedelijke gebieden. Bij binnenstedelijke verdichting leidt nieuwbouw vaak tot sloop van bestaande gebouwen. Voor energie-renovaties van bestaande woningen is de materiaalinstroom vergelijkbaar met de uitstroom, echter is het materiaalgebruik zestien keer lager in vergelijking tot nieuwbouw.

Door zowel de nieuwbouwopgave als de voorziene (energie)renovatie van de bestaande woningvoorraad wordt verwacht dat het materiaalgebruik in de woningsector de komende decennia zal toenemen. De materiaalstromen die hiermee gemoeid zijn, veranderen door de decennia heen. In het totale materiaalgebruik wordt na 2030 het aandeel (energie)renovatie steeds groter, mede doordat de nieuwbouwopgave na 2030 steeds kleiner wordt. Ondanks verschuivingen in de aandelen nieuwbouw en (energie)renovatie, blijft een grote netto materiaalvraag aanhouden. Deze kenmerken zijn bepalend voor de invulling van een circulaire bouweconomie voor de productgroep woningen.

Toepassing van circulaire strategieën zorgt voor minder materiaalgebruik toename en andersoortige materiaalstromen in de woningsector richting 2050. Combinaties van circulaire maatregelen maken het verschil, circulariteit voor (energie)renovatie vormt een aandachtspunt.

De (toekomstige) keuzes in de woningsector beïnvloeden de materiaalstromen in termen van hoeveelheid en samenstelling. Het toepassen van circulaire strategieën in de woningsector helpt de toename van materiaalgebruik te verminderen en zorgt voor diversifiëring materiaalstromen richting 2050. Combinaties van circulaire maatregelen zijn hierbij cruciaal, waaronder (energie)renovatie. Hoe de woningvraag zich tot 2050 zal ontwikkelen, is onzeker en afhankelijk van sociaaleconomische factoren. De circulaire scenario's tonen aan dat met innovatieve woonvormen zoals generatie wonen en woningdeling de geprognosticeerde bevolkingsgroei gehuisvest kan worden met minder nieuwbouw. Dit heeft naast circulaire maatregelen een aanzienlijke invloed op het verminderen van materiaalgebruik. Desalniettemin blijft een zekere mate van nieuwbouw in alle scenario's noodzakelijk.

De vier circulaire strategieën uit de NPCE zijn gebruikt: ten eerste, het verkleinen van de materiaalinstroom, 'narrow the loop'. Ten tweede, het verduurzamen van de productie van 'traditionele' primaire grondstoffen of het vervangen door hernieuwbare biobased grondstoffen, substitutie. Ten derde de bestaande woningvoorraad behouden en nieuwe woningen aanpasbaar bouwen en voor toekomstig hergebruik, 'slow the loop'. Ten vierde, kringlopen sluiten via recycling van producten, materialen en grondstoffen ter voorkoming van verlies van bouwmaterialen door stort en verbranding, 'close the loop'. De vier circulaire strategieën zijn gekoppeld aan specifieke circulaire maatregelen, zoals optoppen, prefab bouwen, renovatie en biobased bouwen.

Circulaire nieuwbouwmaatregelen, zoals prefab en biobased bouwen, worden in de scenario's veelvuldig toegepast, met biobased bouwen als meest prominente maatregel. De maatregelen optoppen, transformatie en splitsen hebben de hoogste materiaalreductie per vierkante meter ten opzichte van conventioneel bouwen. De bijdrage van deze maatregelen is het hoogst in scenario's met veel stedelijke verdichting, zoals in 'Groen land'. Desalniettemin blijft de bijdrage in materiaalreductie bescheiden doordat de implementatie van deze maatregelen complex is. Bij energie-renovatie neemt het materiaalgebruik echter toe, vooral in scenario's met lage nieuwbouwaantallen en veel renovatiebehoefte, zoals 'Groen land' en 'Regionaal geworteld' zijn de effecten hiervan zichtbaar. Deze toename in materiaalgebruik door (energie)renovatie vraagt om nader onderzoek, omdat de relatieve besparing ten opzichte van sloop- nieuwbouw onduidelijk is.

Ondanks de toepassing van circulaire maatregelen blijven conventionele materialen zoals beton, baksteen en staal belangrijk, vanwege hun brede toepassing en beperkte alternatieven. Duurzaam geproduceerde conventionele materialen zoals groen keramiek, staal & ijzer en beton, nemen in de scenario's in aandeel toe vanwege toenemende verduurzaming van productieketens. Zo ook wordt in alle scenario's een verschuiving van 'open loop' naar 'closed loop' recycling verwacht, maar de beschikbaarheid van secundaire materialen blijft een punt van zorg. Dit is afhankelijk van de mate van sloop en de ruimtelijke keuzes die gemaakt worden.

Ondanks de toepassing van de circulaire strategieën blijven de klimaat- en milieu impact hoog, wat aangeeft dat extra stappen nodig zijn om deze impact te verminderen.

De uitkomsten van de scenario's variëren sterk door verschillen in verdichting, nieuwbouw, sloop, energie-renovatie en het gebruik van biobased, duurzaam geproduceerde en secundaire materialen. Hoewel deze variabelen verschillen, zijn de verschillen in klimaat- en

milieu-impact tussen de scenario's beperkt. In alle vier scenario's worden besparingen in milieukosten en broeikasgasemissies bereikt in vergelijking met het Basispad.

De milieukosten pieken binnen alle scenario's tussen 2020-2030 vanwege de nieuwbouwopgave en dalen vervolgens naar een waarde van ongeveer € 435 – 522 miljoen per jaar, vergelijkbaar met de referentiewaarde in 2020. Broeikasgasemissies in 2030 zijn vergelijkbaar met die van 2020, met een gemiddelde van 5,4 Mton CO₂ eq. per jaar, en halveren tegen 2050 naar 2,7 – 3,4 Mton CO₂ eq. per jaar. Om de doelen te bereiken, is een verdere reductie nodig. In de scenario's blijft het aandeel van duurzaam geproduceerd primair materiaal klein in vergelijking met niet-duurzaam geproduceerd primair materiaal.

Landgebruik voor biobased bouwmaterialen voor woningen neemt toe.

De vraag naar grond om biobased materialen te verbouwen neemt toe zodra er meer primair biobased materiaal wordt gebruikt. Voor de piek vraag naar biobased materialen in 2030 zal met circa 17.000 km² het landgebruik circa 39% van het totaaloppervlak van Nederland vragen. Hierbij is nog geen rekening gehouden met een toename van biobased materialen in de materialenmix van (energie)renovatie, waardoor in de toekomst vraag naar grond naar verwachting zal blijven toenemen. Het sluiten van kringlopen zorgt voor een reductie in landgebruik, evenals de leveringszekerheid van materialen.

Er is onvoldoende sturing op circulariteit door het gebruik van voornamelijk 'zachte' sturingsmechanismen.

De huidige innovatiesysteem analyse toont aan dat de project gestuurde werking van de woningsector de focus op circulaire initiatieven vaak legt bij projectaanvragen via specificaties zoals een MPG-score of indicatoren zoals 'Het Nieuwe Normaal'. Deze methoden bieden een indicatie van de duurzaamheid van nieuwbouwprojecten, maar schieten tekort in het volledig dekken van circulariteit. CO₂-reductie wordt vaak gezien als een proxy voor circulariteit, echter worden andere belangrijke milieueffecten, zoals biodiversiteitsverlies en vervuiling niet meegenomen in deze benadering. Uit scenario's blijkt dat er telkens afwegingen worden gemaakt tussen materiaalgebruik, klimaatimpact en andere milieueffecten. Een bredere set indicatoren is noodzakelijk om de verschillende aspecten van circulariteit goed te kunnen evalueren.

Naast projectgerichte sturing is er behoefte aan transitiesturing om het volledige potentieel van circulariteit te benutten. Via het transitieteam Circulaire Bouweconomie en Cirkelstad worden reeds uitvoeringsprogramma's, netwerken en leidraden opgezet om richting te geven aan de transitie. Er blijft echter een bepaalde mate van onzekerheid in het behalen van de uitdagende woningbouwopgave tot 2030 en welke rol circulaire maatregelen daarin zullen spelen. Circulariteit is nog geen standaard in woningbouwprojecten, mede door juridische en operationele barrières zoals eigendomsrechten, aansprakelijkheid en besluitvormingsprocessen bij bijvoorbeeld het optoppen van woningen. Circulaire strategieën bevinden zich in verschillende ontwikkelingsfasen en vereisen uiteenlopende aanpakken om versnelling en opschaling mogelijk te maken.

Gecoördineerde actie is nodig, zowel van overheden als andere opdrachtgevers in de bouw, om deze transitie te faciliteren. Hoewel er nog geen duidelijk en eenduidig beeld is van circulariteit binnen de woningsector, blijkt uit de scenario's dat een gelijktijdige inzet op alle circulaire strategieën nodig is om de milieu- en klimaatimpact te verminderen richting 2050. Tegelijkertijd moeten keuzes die leiden tot pad afhankelijkheid en afruil met andere doelen in een circulaire economie zorgvuldig worden overwogen. De Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) draagt bij aan een gecoördineerde strategie voor de circulaire strategie

substitutie, maar voor andere circulaire strategieën, zoals het verkleinen van de materiaalinstroom, is een vergelijkbare aanpak nog nodig.

Aangrijpingspunten voor beleid

Algemene Beleidssuggesties voor een Circulaire Woningsector:

- Benut het bestaande beleid zoals de woon- en bouwagenda (programma nieuwbouw en de warmtetransitie in het programma verduurzaming gebouwde omgeving) en de energietransitie voor de overgang naar een circulaire woningsector.
- Zorg voor betere integratie van circulaire maatregelen in plannen en projecten, ook in reeds vergunde.
- Zorg voor een gecoördineerde aanpak vanuit overheden en marktpartijen.
- Focus op het potentieel voor circulariteit tot 2030 voor maatregelen gericht op woningtekort en verduurzaming van de bestaande voorraad en bereid de markt voor op verdere ontwikkelingen daarna.

Woningtekort:

- Promoot alternatieven voor nieuwbouw zoals transformatie, optoppen, splitsen en levensduurverlenging.
- Overwin juridische en beleidsbarrières die deze maatregelen beperken.
- Gebruik instrumenten zoals de MPG en Het Nieuwe Normaal (HNN) om circulariteit in nieuwbouw te bevorderen.
- Waar nodig, ontwikkel en/of integreer aanvullende indicatoren om circulaire ambities beter te kunnen beoordelen.

Verduurzaming van de Bouwsector:

- Stimuleer het gebruik van biobased en duurzaam geproduceerde materialen.
- Eventuele verbeteringen in de milieukosten en emissies per kilogram geproduceerd materiaal zouden de impact verder kunnen verlagen. Gebruik CO₂-beprijzing en striktere aanbestedingseisen om niet-duurzaam geproduceerde materialen uit te faseren.
- Zorg voor een systematische documentatie van secundaire materiaalstromen om vraag en aanbod beter te kunnen afstemmen.

Warmtetransitie in de Bestaande Bouw:

- Integreer circulariteit in de warmtetransitie, bijvoorbeeld door duurzame isolatiematerialen te promoten.
- Voorkom dat kostenoverwegingen de keuze voor duurzame materialen in grootschalige projecten beïnvloeden, bijvoorbeeld via eisen en/of gunningscriteria.
- Overweeg regelgeving om niet-duurzame materialen te verbieden of te beprizen.

Coördinatie en Sturing:

- Versterk de samenwerking tussen verschillende ministeries en overheden om de circulaire transitie in de woningsector te ondersteunen.
- Creëer duidelijkheid over de invulling en samenhang van gestelde (tussen)doelen.
- Ondersteun een brede, gecoördineerde inzet op alle circulaire strategieën om de milieu- en klimaatimpact te verminderen.

Begrippenlijst

Circulariteit	Voor dit onderzoek wordt circulariteit benaderd als het percentage vermeden primair materiaal van de totale vraag naar materialen in het Basispad scenario. Het gaat om inzet van recycalaat in een gesloten kringloop – dus van sloopmateriaal weer een woning maken of een bestaande woning renoveren. Recycalaat dat wordt ingezet als wegfundering wordt niet meegenomen in de berekening. Daarnaast betreft circulariteit ook het inzetten van andere materialen (zoals het gebruik van biobased materialen en materialen die duurzaam geproduceerd zijn) en het verminderen van materiaalgebruik.
Open loop recycling	Verwijst naar een kringloop van materialen waarbij het vrijgekomen materiaal (recycalaat) wordt gebruikt in een andere sector. Hierdoor ontstaat er materiaalverlies binnen de woningsector.
Closed loop recycling	Verwijst naar een gesloten kringloop van materialen waarbij het vrijgekomen materiaal (recycalaat) wordt gebruikt binnen de woningsector.
Business as usual (BAU)	Het gebruik van traditionele materialen en bouwmethoden voor nieuwbouw en bestaande bouw volgens de hedendaagse praktijk.
Circulaire strategie	Vier strategieën ‘narrow the loop’, ‘slow the loop’, ‘close the loop’ en substitutie, die invulling geven aan het behalen van circulariteit gericht op verschillende ingrepen die het gebruik van materialen in een sector beïnvloeden., ook wel R-strategieën genoemd. Zie verdere uitleg in 1.2.3.
Circulaire maatregel (oplossing)	Een circulaire maatregel is een technisch of economisch concept, proces of product binnen een circulaire strategie, dat ingezet kan worden om meer circulariteit te behalen. Zie verdere uitleg in 1.2.3.
(Energie)renovatie	Verzamelterm voor woningverbetering door middel van renovatie (herstel en verbouw) en verduurzaming van woning door middel van isolerende maatregelen.
MKI	Milieukosten indicator. Zie verdere uitleg in 1.2.4.
MPG	Milieuprestatie gebouwen. Zie verdere uitleg in 1.2.4.
Basispad scenario	Gekwantificeerd toekomstbeeld waarin et huidige trends doorzetten en vastgesteld beleid wordt uitgevoerd. Dit wil zeggen

zonder voorgenomen beleid dat nog in de pijplijn zit, omdat het nog door het parlement bekrachtigd moet worden rondom huisvesting en woningbouw). Zie verdere uitleg in 1.2.5.

Toekomstbeelden	Hoe de wereld er in de toekomst uit <i>kan</i> zien in 2050. De gehanteerde toekomstbeelden zijn omschreven in 1.2.5.
Circulaire scenario's	Een gekwantificeerd toekomstbeeld op basis van de in 1.2.4 beschreven circulariteitsindicatoren.
Aangrijpingspunten voor beleid	Deel van de productketen waarop beleid van invloed is op het (meer/beter) circulair functioneren.
Missie gedreven innovatie systeem	Een innovatiesysteem bestaande uit actoren en instituties (wetten en regels) die actief bijdragen aan innovaties binnen een gestelde missie. Daar behoren zowel actoren uit de fysieke bouwketen als uit de institutionele structuur. Het innovatiesysteem richt zich op het aanpakken van een maatschappelijke uitdaging.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030 (NPCE) geeft invulling aan de transitie naar een circulaire economie in 2050 en vormt het leidend beleidskader in Nederland.

Vanuit het Werkprogramma Monitorings- en Sturing Circulaire Economie (WMSCE) wordt de tweejaarlijkse Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER) gepubliceerd. In de ICER 2023 wordt geconcludeerd dat er grote verschillen zijn tussen productgroepen, en dat het zinvol is om die apart te behandelen. In eerste instantie worden er drie productgroepen uitgewerkt voor de ICER 2025, waaronder de ‘woningen’.

De ambitie is dat uiterlijk in 2050 ook de Nederlandse bouwsector volledig circulair is. Het doel voor 2030 is om de helft van de 2050 ambitie gerealiseerd te hebben. Voor 2030 geldt als tussendoel het halveren van het gebruik van primaire abiotische grondstoffen ten opzichte van 2016 (I&W, 2016). We hanteren de definitie voor een volledig circulaire bouweconomie zoals geformuleerd door het Transitieteam Circulaire Bouweconomie (2021):

“Het einddoel in 2050 – een bouweconomie die volledig circulair is – betekent dat we er dan in slagen om te voorzien in de sociaaleconomische behoeften aan huisvesting en infrastructuur zonder daarbij de draagkracht van de aarde te overschrijden in de vorm van uitputting, CO₂- uitstoot, vervuiling, biodiversiteitsverlies en andere milieuschade. Hierbij is er geen sprake van afwenteling in de tijd, naar andere landen of verlies van andere sociaaleconomische waarden, zoals leveringsrisico’s, ten gevolge van de circulaire bouweconomie.”

Voor de bouwsector beperken we ons met de productgroep woningen tot huisvesting. De circulaire ambitie is een grote uitdaging waar Nederland voor staat, maar niet de enige. Naast de reguliere woningverbetering, zijn de woningbouwambitie (circa 900 duizend extra woningen in de periode 2021-2030) en de warmtetransitie (waarbij woningen goed geïsoleerd zijn en emissievrij verwarmd worden in 2050) twee monsteruitdagingen. Het realiseren van de bouwopgave gaat moeizaam. Naast economische omstandigheden, heeft het onder meer last van het stikstofoverschot. Ook de warmtetransitie is nog niet vol op stoom.

De ambitie en noodzaak voor een groter volume aan woningen, voor een betere onderhoudsstaat van de voorraad, en voor de verduurzaming van de voorraad zorgen voor een grote verwachte vraag naar bouwmaterialen (van Oorschot & van der Voet, 2023) als gevolg hiervan kan de vraag naar materialen slechts gedeeltelijk gedekt worden door de vrijkomende materialen uit sloop (Timmermans et al., 2021; Arnoldussen et al., 2022; van Oorschot et al., 2022).

Ook beschikbaarheid van middelen (financiën, personeel en materialen) speelt zowel bij de bouwopgave als de warmtetransitie een belangrijke rol. Als laatste hier genoemd, zonder uitputtend te zijn, is de vraag hoe de toekomst van de bouwsector er uit gaat zien. Dit is het resultaat van verschillende keuzes die deels nog gemaakt moeten worden.

In een context waarin verschillende toekomstbeelden zich kunnen ontploegen, en de andere uitdagingen waar Nederland voor staat, is de exacte invulling van de rol van de overheid bij het realiseren van de circulaire ambitie in de woningsector onzeker. Er zullen nieuwe rollen komen voor bestaande partijen, er zullen nieuwe markten ontstaan met nieuwe partijen, en nieuwe manieren van werken zullen worden ontwikkeld. Dit is een voorwaarde maar tegelijkertijd ook een onzekerheid om de transitie naar een (volledig) circulaire woningsector tot stand te brengen (PBL, 2023; Rood & Evenhuis, 2023; van der Schuit et al., 2023).

1.2 Aanpak productgroep analyse woningen

1.2.1 Onderzoeksvraag

De productgroep woningen is onderdeel van de eerste lichting productgroep analyses binnen het WMSCE. Naast materialen en grondstoffen worden productgroepen als belangrijk schaalniveau voor het monitoren en sturen van de transitie naar een volledig circulaire economie gezien. Samen met de productgroepen plastic verpakkingen en drankkartons, en hernieuwbare energietechnologie zijn de eerste stappen gezet richting een uniforme aanpak voor analyses naar productgroepen.

Om de specifieke eigenschappen van de productgroep woningen in kaart te brengen, beantwoorden we de volgende onderzoeksvraag:

Wat is het (verwachte) probleem van het materiaalgebruik in de keten van productgroep woningen, wat zijn mogelijke (technische) maatregelen/oplossingsroutes en wat zijn richtingen/interventiepunten waar beleid zou kunnen bijsturen?

Om te komen tot een overzicht van de productgroep woningen en aanrijpingspunten voor beleid, maken we een synthese van bestaande inzichten, ordenen die opnieuw voor deze vraag, en doen aanvullend onderzoek. We gebruiken hiervoor een ‘mixed-methods’ benadering. Enerzijds een kwantitatief onderzoek naar het materiaalgebruik en impact van de woningsector tot 2050. En anderzijds een kwalitatief onderzoek naar de institutionele setting, en naar de huidige kansen en belemmeringen van circulariteitstrategieën in de transitie naar een circulaire woningsector.

1.2.2 Afbakening van de productgroep woningen

Dit onderzoek richt zich op materiaalstromen in de woningsector. Hiervoor maken we onderscheid in vier typen woningen (vrijstaand, appartement, rijwoning, twee onder een kap). We kijken enerzijds naar nieuwbouw, en anderzijds naar herstel-, verbouw-, en verduurzaming van bestaande woningen.

Voor deze nieuwbouw, herstel-, verbouw en verduurzaming nemen we alleen de materialen van zogenaamde kale woningen mee. Dat wil zeggen dat we andere woning gerelateerde materiaalstromen die niet nagelvast zitten – zoals vloerbedekking, meubilair et cetera – buiten beschouwing laten. Deze ingrepen richten zich op grootschalig onderhoud, verbouw en renovatie van woningen waarbij verschillende samenstellingen materialen (voor de kale woning) benodigd zijn. Voor de verduurzaming van bestaande woningen kijken we, aanvullend op herstel- en verbouw, naar isolatie-gerelateerd materiaal en niet naar het vervangen van warmte- en koude installaties met duurzamere alternatieven². De materiaalvraag voor installaties³ zijn wel geïnventariseerd voor nieuwbouw, optoppen, splitsen, transformatie en overige renovatiewerkzaamheden. Voor materiaaluitstroom wordt naar sloop-nieuwbouw en naar materialen die vrijkomen als gevolg van herstel- en verbouw gekeken.

We maken een onderscheid tussen de volgende materialen: beton, baksteen en keramiek, overige constructiematerialen (verder onder te verdelen in gips, kalkzandsteen, zand, steen, mortel, bitumen), metalen (verder onder te verdelen in ijzer & staal, aluminium, koper en overige metalen), isolatiemateriaal, hout en overige biobased materialen, kunststoffen, glas en overig (verder onder te verdelen in verf en lijm, papier en elektronica).

1.2.3 Circulaire strategieën

We gebruiken in dit onderzoek de vier circulariteitstrategieën die worden gehanteerd in het Nationaal Programma Circulaire Economie: ‘Narrow the loop’, ‘Slow the loop’, ‘Close the loop’ en Substitutie (NPCE, 2023). Voor de productgroep woningen zijn in dit onderzoek circulaire maatregelen geïnventariseerd op basis van literatuur onderzoek en gekoppeld aan de circulaire strategieën (zie achtergrondrapport WP2). Hieronder volgt een omschrijving van de vier circulaire strategieën en de bijbehorende maatregelen.

‘Narrow the loop’: minder (primaire) materialen en grondstoffen gebruiken door af te zien van produceren of kopen van producten, te delen of efficiënter te maken. In de literatuur worden de volgende opties voor de woningsector omschreven:

- Bestaande bouw: optoppen, splitsen, transformeren, kleiner wonen, woningdelen.
- Nieuwbouw: kleinere woningen bouwen (voor hetzelfde aantal mensen), efficiënter bouwen (prefab), anders bouwen (verschuiven in woningtypen).

‘Slow the loop’: producten en onderdelen langer en intensiever gebruiken door hergebruik en reparatie. In de literatuur worden de volgende opties voor de woningsector omschreven:

- Bestaande bouw: levensduurverlenging, demonteren en hergebruiken van onderdelen van oude woningen.
- Nieuwbouw: losmaakbaar (adaptief) bouwen voor demontage, hergebruik van onderdelen.

² Wegens onvoldoende beschikbare gegevens en beperkingen in de modellering.

³ Bij de materiaalvraag voor installaties voor de circulaire maatregelen optoppen, transformatie en splitsen zijn de input-data aangepast. Vanwege een onrealistisch hoge materiaalvraag voor installaties wordt aangenomen dat dit hetzelfde is als de nieuwbouw van appartementen.

‘Close the loop’: kringloop sluiten door recycling van materialen en grondstoffen en er meer hoogwaardig aanbod van secundaire grondstoffen ontstaat. In de literatuur worden de volgende opties voor de woningsector omschreven:

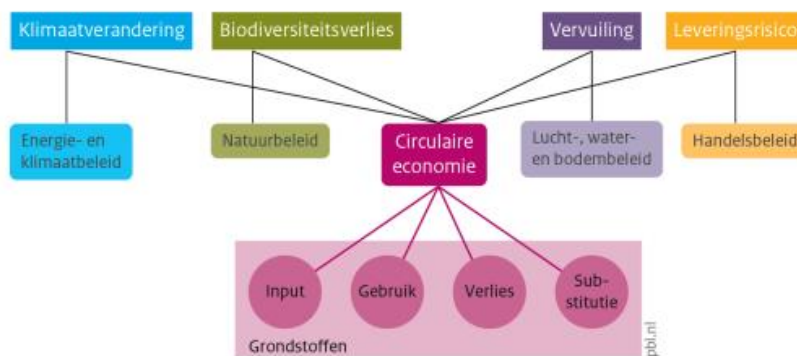
- Bestaande bouw: toepassen van secundair materiaal door middel van circulair slopen.
- Nieuwbouw: ontwerp voor recycling, toepassen secundair materiaal.

Substitutie⁴: niet-duurzaam geproduceerde primaire grondstoffen vervangen door hernieuwbare⁵ grondstoffen of door duurzaam geproduceerde grondstoffen met een lagere milieudruk. In de literatuur worden de volgende opties voor de woningsector omschreven:

- Bestaande bouw: in combinatie met slow the loop, gebruik van biobased of duurzame geproduceerde materialen toepassen.
- Nieuwbouw: in combinatie met ‘narrow the loop’, biobased bouwen of bouwen met duurzaam geproduceerde primaire materialen.
- Duurzaam geproduceerd primair materiaal (bijvoorbeeld groen beton).

1.2.4 Doelen en indicatoren voor circulariteit

Een circulaire economie kan bijdragen aan meerdere doelen, namelijk: klimaatverandering, biodiversiteitsverlies, milieuvervuiling en leveringsrisico’s (Figuur 1.1). Hierdoor bestaat het risico op een afweging tussen de effecten van verschillende circulaire strategieën en de bijbehorende circulaire maatregelen. Bijvoorbeeld, substitutie van traditionele materialen zoals beton door biogene grondstoffen kan schadelijke gevolgen hebben voor de biodiversiteit en het klimaat (Hanemaaijer et al., 2021). Daarom is het belangrijk om de effecten van het toepassen van circulariteitsstrategieën te kwantificeren⁶.



Figuur 1.1: Positionering van circulaire economie ten opzichte van maatschappelijke opgaves en andere beleidsthema’s (Hanemaaijer et al., 2021).

Voor de beoordeling van de effecten richten we ons op de vier doelen van circulariteit (zie hierboven). Deze doelen worden gemeten aan de hand van de volgende indicatoren: materiaalgebruik, klimaat- en milieu-impact en het verlies aan biodiversiteit.

⁴ De definitie voor substitutie wijkt hier af van de NPCE, het toepassen van secundair materiaal is hier bewust uitgehaald omdat dit voor een dubbeling zorgt in de analyse doordat het ook gezien wordt als onderdeel van de close the loop strategie.

⁵ Door regeneratieve biobased materialen toe te passen, wordt CO2 langjarig opgeslagen in de woningen. Hiermee worden woningen een ‘carbon sink’ en daarmee onderdeel van de oplossing van het CO2 probleem. Deze meerwaarde valt binnen dit onderzoek buiten de scope van de klimaat- en milieueffecten.

⁶ Het op een juiste manier meetbaar maken van circulariteit is een beleidsdiscussie op zich. De keuze voor de vier doelen is gebaseerd op het uitgangspunt van PBL. Voor de bouw specifiek doet Het Nieuwe Normaal een breder voorstel. Zie ook: [Het Nieuwe Normaal | Cirkelstad](#).

Materiaalgebruik

Het kwantificeren van materiaalgebruik kan op verschillende manieren om hiermee een accent te leggen op verschillende doorsnedes van de data. In dit onderzoek maken we onderscheid tussen:

- **Materiaalininstroom in Mton/jaar:** absolute hoeveelheid materiaalgebruik.
- **Materiaalininstroom (%):** Verdeling materiaalinstroom (in %) in niet-duurzaam geproduceerd primair materiaal, duurzaam geproduceerd primair materiaal, biobased materiaal en secundair materiaal.
- **Materiaaluitstroom in Mton/jaar:** absolute hoeveelheid materiaaluitstroom.
- **Materiaaluitstroom (%):** Verdeling materiaaluitstroom in secundair materiaal beschikbaar voor instroom, recycling buiten de bouwsector, stort en energiewinning.
- **Woonoppervlak per capita (m²/pp):** het totale beschikbare woonoppervlak in m² gedeeld door de populatie van Nederland. Deze indicator laat zien hoe efficiënt de woonvraag is verdeeld. Dit heeft uiteindelijk invloed op het materiaalgebruik.

Klimaat- en milieu impact

Circulariteit draagt bij aan het verminderen van de woningsector op zowel het klimaat (in het specifiek klimaatverandering en de uitstoot van broeikasgassen) als het milieu (zie BOX 1 voor een duiding van de milieueffecten):

- **Broeikasgasemissies (BKG) in Mton CO₂-equivalent Per Jaar:** 'Global Warming Potential' (GWP) in het Engels. Deze indicator geeft inzicht in de hoeveelheid broeikasgasemissies die afgeleid kan worden uit de jaarlijkse materiaalstroom in de woningsector.
- **Milieukosten Indicator (MKI) in miljoen euro/jaar:** deze indicator weegt meerdere milieueffecten (denk aan o.a. toxiciteit, verzuring en eutrofiëring) tot één score en wordt uitgedrukt in euro's. De MKI wordt ook wel de schaduwkosten van een product genoemd en wordt veelal in aanbestedingen gebruikt om de milieu-impact van producten of projecten te vergelijken. Deze indicator wordt specifiek gebruikt in de bouw om milieueffecten te kwantificeren.

BOX 1: Verschil tussen MKI, MPG en EPG

De Milieuprestatie Gebouwen (MPG) is een beoordeling van de materialen van een gebouw, dit is op basis van Levenscyclus Analyses (LCA's) waarbij in Nederland verplicht de Nationale Milieudatabase (NMD) moet worden gehanteerd. De MPG wordt uitgedrukt in schaduwkosten (MKI) per vierkante meter bruto vloeroppervlak per jaar. De MKI is een één punts-score die bestaat uit 11 relevante milieueffecten, denk hierbij aan klimaatverandering, ozonlaag aantasting, verzuring, humane- en Eco-toxiciteit en de uitputting van grondstoffen. Hiervoor wordt de gehele LCA (module A1 tot D, van de winning van de grondstoffen tot en met de einde levensfase) gehanteerd waarbij de gebouw-gebonden energieverbruik verbruik niet is meegenomen.

De MPG eis richt zich alleen op de milieubelasting van de materialen van een gebouw. Dit is slechts een onderdeel van de totale milieubelasting van een gebouw. De MPG eis houdt geen rekening met de energieprestatie van een gebouw (tijdens de gebruiksfase), oftewel hoeveelheid energie dat een gebouw verbruikt voor verwarming, koeling, ventilatie, verlichting en apparaten telt niet mee.

De energieprestatie gebouwen (EPG) wordt bepaald door middel van de BENG-methode (Bijna Energie Neutraal Gebouw). De BENG bestaat uit drie indicatoren waarop het gebouw wordt beoordeeld, te weten: de energiebehoefte, het primair fossiel energie verbruik en het aandeel hernieuwbaar energie.

De MPG eis en de EPG eis zijn niet altijd met elkaar in balans. Sommige maatregelen die gunstig zijn voor de EPG eis, zijn ongunstig voor de MPG eis en omgekeerd.

Bron: Kamiel Jansen – LCA expert, TNO.

Biodiversiteitsverlies

Er wordt momenteel gewerkt aan de ontwikkeling van robuuste indicatoren die aantonen dat circulariteit bijdraagt aan een vermindering van biodiversiteitsverlies. Desalniettemin, wordt in dit onderzoek landgebruik gehanteerd als proxy en geeft een grove indicatie voor biodiversiteitsverlies als gevolg van landexploitatie ten behoeve van grondstoffen inwinning. Hierbij moet benadrukt worden dat landgebruik niet per definitie zorgt voor biodiversiteitsverlies.

- **Landgebruik in km² per jaar:** een proxy voor biodiversiteitsverlies en legt het accent daarmee vooral op een nadeel van biobased grondstoffen. De indicator geeft inzicht hoeveel km² landoppervlak per jaar nodig is. In dit onderzoek wordt landgebruik beperkt voor de houtinstroom.
- **Landgebruik in 'Pt' per kg:** in sommige grafieken wordt gebruik gemaakt van een indicator die refereert naar landgebruik gerelateerde impact op de bodemkwaliteit door middel van de bodemkwaliteitsindex. Deze index houdt rekening met vier bodemeigenschappen: biotische productie, erosieweerstand, grondwaterregeneratie en mechanische filtratie, en wordt uitgedrukt in punten als dimensieloze eenheid Pt per kilogram materiaal per m². Deze indicator is recent toegevoegd aan de bepalingmethode, en zal in de toekomst gebruikt worden om de MKI te berekenen.

Andere doelen en effecten

Naast de hierboven genoemde indicatoren zijn er ook andere doelen en effecten waar circulaire economie aan bijdraagt. Twee lichten we kort toe: zeer zorgwekkende stoffen en leveringszekerheid. Deze effecten zijn niet systematisch onderdeel geweest van het onderzoek, en zijn niet uitgedrukt in kwantitatieve meetbare indicatoren. Voor de

volledigheid zijn deze hier kwalitatief omschreven en worden waar dat past in dit rapport vermeld.

Zeer zorgwekkende stoffen (ZZS): ZZS zijn in allerlei bouwmaterialen aanwezig, zoals brandvertragers in kunststoffen of isolatie en kwartsstof dat vrijkomt bij verwerken van steenachtig materiaal (de Boer & Heens, 2024). Sommige ZZS zijn al jaren verboden, maar nog in de materiaalvoorraad aanwezig, zoals bijvoorbeeld asbest. Blootstelling aan ZZS kan zowel bij productie (bijvoorbeeld kwartsstof), tijdens gebruik (bijvoorbeeld uitdamping van formaldehyde uit spaanplaat) als bij verwerking (bijvoorbeeld vervuiling aan staalschroot) van het materiaal plaatsvinden. De aanwezigheid van schadelijke stoffen in afvalstromen werkt daarmee ook beperkend voor recycling en hergebruik.

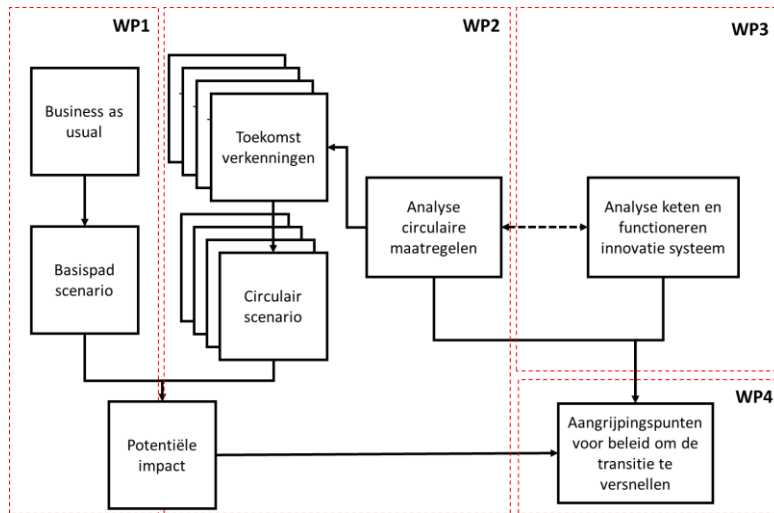
Leveringszekerheid: Sommige grondstoffen die gebruikt worden binnen de bouw, zoals aluminium, koper, grondstoffen voor de productie van staal en glas, vallen onder de Critical Raw Materials Act (CRMA) van de Europese Unie (Europese commissie, z.d.). Deze materialen worden als kritiek beschouwd vanwege de afhankelijkheid van de Europese Unie van derde landen. De circulaire strategieën dragen bij aan het bereiken van leveringszekerheid en het behalen van de doelstellingen van de Europese Unie om meer technische en economische autonomie te bemachtigen voor het delven, verwerken, importeren en recyclen van kritieke grondstoffen, door bijvoorbeeld kritieke grondstoffen met andere niet-kritieke grondstoffen te substitueren en de vraag naar kritieke grondstoffen te verminderen. Doel van leveringszekerheid is om tot een robuuste woningsector te komen.

1.2.5 Methode van het onderzoek

De productgroep analyse is opgebouwd uit vier werkpakketten (WP's) (zie Figuur 1.2). In WP1 is het materiaalgebruik en effecten in de huidige situatie van de productgroep wonen in kaart gebracht. Daarnaast is er in WP1 een Basispad scenario tot 2050 gemaakt op basis van de huidige situatie (BAU, 'business as usual'). In WP2 zijn verschillende circulaire maatregelen geïnventariseerd en vertaald naar vier circulaire scenario's tot 2050. In WP3 is een missie-gedreven innovatie systeem analyse gedaan waaruit huidige kansen en belemmeringen voor de circulaire strategieën volgen. In WP4 zijn de aangrijpingspunten voor beleid geformuleerd. Daarnaast is er nog aanvullend onderzoek verricht naar ZZS, dit onderzoek is parallel aan de productgroep analyse uitgevoerd. In totaal zijn er vier achtergrondrapportages geschreven en deze dienen als bijlage aan dit rapport. Voor WP4 is geen aparte achtergrondrapportage geschreven.

Dit resulteert in de volgende vier achtergrond rapporten:

- Achtergrondrapport WP1: *“Analyse huidige situatie en baseline scenario”* (van Oorschoot & van der Voet, 2024)
- Achtergrondrapport WP2: *“Toekomstbeelden en circulaire maatregelen voor een circulaire woningsector”* (TNO, 2024)
- Achtergrondrapport WP3: *“Transitie naar een circulaire woningsector: een missie-gedreven innovatie systeem analyse”* (Bours & Harmsen, 2024).
- Achtergrondrapport ZZS: *“Zeer zorgwekkende stoffen in de materialen uit de woningbouw: adviezen voor de productgroep analyse woningbouw”* (de Boer & Heens, 2024).



Figuur 1.2: Stroomschema van de Productgroep Analyse Woningen.

Kwantitatief onderzoek naar materiaalgebruik en effecten

De huidige situatie in termen van woningaantallen en materiaalvoorraad en -stromen is in kaart gebracht op basis van bestaande literatuur en bronnen (van Oorscot & van der Voet, 2024). Voor het berekenen van de materiaal gebonden effecten wordt gebruikgemaakt van de Nationale Milieu Database en database van ecoinvent (van Oorscot & van der Voet, 2024). Circulaire maatregelen zijn in kaart gebracht op basis van bestaande literatuur en voorgaand onderzoek, dit geldt ook voor de materiaalintensiteiten van circulaire maatregelen en de geschatte toepassing in termen van aantallen (TNO, 2024).

Voor het formuleren van de scenario's tot 2050 hebben we gewerkt met een Basispad en de vier toekomstbeelden uit de ruimtelijke verkenning van het PBL (PBL, 2023). In deze scenario's worden verschillende beslissingen gemaakt die cruciaal zijn voor de ontwikkeling van Nederland tot 2050. Elk scenario schetst een toekomstvisie die een denkbare normatieve interpretatie van de toekomst vormt. Voor een omschrijving van het Basispad scenario refereren we naar de begrippenlijst. De vier circulaire scenario's kunnen vanuit ruimte en wonen als volgt omschreven worden:

- **Groen land:** er sprake van veel stedelijke verdichting doordat er niet buiten bestaand stedelijk gebied wordt gebouwd. Mensen zien zich als onderdeel van de natuur, gaan kleiner wonen of met meerdere gezinnen. Ze beschouwen vergroening als een collectieve publieke opdracht en sporen de Rijksoverheid aan om daarbij de regie te nemen. Er is prioriteit voor de planeet ('planet').
- **Regionaal geworteld:** Bestaande gebouwde gebieden breiden zich uit met veel variatie tussen regio's. Lokale en regionale gemeenschappen maken de dienst uit. Mensen kennen elkaar, voelen zich onderling verbonden en zijn trots op de buurt, de wijk en het landschap. Hierdoor wonen mensen kleiner en neemt het generatie wonen toe. Er is prioriteit voor de mens ('people').
- **Mondiaal ondernemend:** er is sprake van verdichting van bestaande gebouwde omgeving en verstedelijking buiten bestaande gebouwde omgeving, met name wordt er uitgebreid naar een grote metropoolregio in het midden van het land. De markt staat centraal en de samenleving is individualistisch. Hierdoor gaan mensen ook weer groter wonen. Grote bedrijven nemen het voortouw, prioriteit is het maken van winst. Eigen verantwoordelijkheid staat voorop, ook om te verduurzamen. Er is prioriteit voor winst ('profit').

- **Snelle wereld:** Er is veel willekeurige verstedelijking (stedelijke wildgroei), mede door het afschalen van ruimtelijke ordening en keuze voor bouw op goedkope grond. De samenleving valt uiteen in allerlei leefstijlgroepen ‘bubbels’. Huishoudens worden gemiddeld genomen kleiner. Prioriteit voor ‘people’, ‘planet’, ‘profit’ verschilt per bubbel. Het leven speelt zich grotendeels af in het digitale domein; de fysieke ruimte doet er minder toe.

Voor de inschatting van het materiaalgebruik en de klimaat- en milieu impact van de vier circulaire scenario's zijn circulaire maatregelen toegepast, zoals geformuleerd in 1.2.3, en toegepast in het model. De mate van toepassing van deze maatregelen is gebaseerd op de toepassing van de vier circulaire strategieën in de vier toekomstbeelden, zoals geformuleerd in de ruimtelijke verkenning van PBL (PBL, 2023).

In Groen land wordt elke circulaire strategie toegepast, met een focus op ‘narrow the loop’, ‘slow the loop’ en substitutie vanwege een sterke beweging richting minder consumptie en behoud van bestaande producten. In Regionaal geworteld wordt elke circulaire strategie gematigd uitgevoerd met een focus op lokale situaties en ketens, vanwege de regionale versnippering. Terwijl in Mondiaal Ondernemend de voorkeur het sterkst uitgaat naar het gebruik van duurzaam geproduceerde, biobased en gerecyclede materialen (oftewel een combinatie van ‘close the loop’ en substitutie) gebruikmakend van sterke internationale ketens. In Snelle wereld wordt met name gekeken naar substitutie, alhoewel andere circulaire strategieën niet achterwege gelaten worden. De focus ligt in dit toekomstbeeld meer bij de virtuele (digitale) leefomgeving, waardoor de fysieke functioneler wordt ingericht.

Voor de inschatting van materiaalstromen in de scenario's nemen we het volgende aan:

- In het Basispad blijven de bouwmethoden, materialenmix en de verdeling tussen de woningtypen ongewijzigd ten opzichte van de ‘business as usual’ (zie hoofdstuk 2).
- De mate van toepassing en het materiaalgebruik van circulaire maatregelen per woningtype zijn gebaseerd op beschikbare bronnen zoals wetenschappelijke en grijze literatuur, en beschikbare data van organisaties. Vervolgens wordt voor de vier toekomstbeelden de implementatie van circulaire maatregelen en verdeling tussen de woningtypen per scenario gedifferentieerd afhankelijk van de mate van uitvoering van de circulaire strategieën in de ruimtelijke verkenning van het PBL.

De scenario's gaan uit van het WLO (Welvaart en Leefomgeving, 2015) Hoog-scenario, wat betreft aannamen over bevolkingsgroei en huishoudens tot 2050 (CPB, 2015). De prognose voor woonvraagontwikkeling in de vier toekomstbeelden is in een vorig onderzoek berekend met TIGRISXL (Significance, z.d.). Wat betreft ruimtelijke keuzes, de hoeveelheid nieuwbouw en sloop in vierkante meter woonoppervlak maken we gebruik van de Ruimtescanner (PBL, z.d.), waarbij zijn voor dit onderzoek variaties op de eerdere vier verkenningen uitgevoerd (PBL, 2023). Voor het bepalen van de aantallen en het materiaalverbruik voor energierenovatie maken we gebruik van het HESTIA model (van der Molen et al., 2023) en hoeveelheden (energie)renovatie uit beschikbare literatuur (Arnoldussen et al., 2022).

Kwalitatief onderzoek naar het innovatie systeem, kansen en barrières

In dit deel van het onderzoek identificeren we de kansen en barrières die de transitie naar een circulaire woningsector op dit moment stimuleren en belemmeren. Op basis van deze analyse naar de barrières kunnen aangrijpingspunten voor beleid geformuleerd worden om zo de transitie te versnellen. De analyse voor de huidige situatie is uitgevoerd aan de hand van het Missie-gedreven Innovatiesysteem (MIS) raamwerk (Elzinga et al., 2023). Met behulp van de MIS-analyse is de huidige staat van de transitie in kaart gebracht (een 'snapshot'). Daarbij ligt de focus op het innovatiesysteem van actoren en instituties die de ontwikkeling en diffusie van de vier circulariteitstrategieën beïnvloeden. De MIS analyse aanpak kent een drietal stappen:

1. Probleem-oplossingen diagnose;
2. Structurele analyse;
3. Functionele analyse & barrière analyse.

Voor dit deel van de analyse heeft een desktopstudie van 108 nieuwsartikelen, overheidsrapporten en industriedocumenten plaatsgevonden, en zijn 16 interviews en drie workshops gehouden met actoren uit de bouwketen en experts om de analyse uit te breiden en te verdiepen.

Om naast barrières van circulaire strategieën ook mogelijke kansen en barrières in de toekomst te identificeren hebben we op basis van de toekomstverkenningen van het PBL gekeken naar mogelijke ontwikkelingen zodra er van toekomstbeeld gewisseld wordt. Dit hebben we gedaan tijdens een workshop met experts uit het WMSCE met behulp van 'strategic foresight'. Dit is een methode die door de Europese Commissie⁷ wordt gebruikt om te anticiperen op mogelijke toekomstige ontwikkelingen.

Beperkingen onderzoek

Een 'mixed-methods' aanpak, ondanks de expertise van de onderzoekers, kent ook beperkingen. Het is belangrijk om de belangrijkste uit te lichten. Namelijk de complexiteit in de integratie van data uit verschillende bronnen. Dit kan leiden tot inconsistenties en interpretatieproblemen.

Het onderzoek maakt gebruik van veel verschillende informatiebronnen. Rapportages, databases, interviews en opbrengsten uit workshops. De kwaliteit en beschikbaarheid van data vormt een uitdaging. Voor zowel de bronnen zelf als de interpretatie geldt dat er een bepaalde mate van subjectiviteit mee gemoeid is:

- Kwalitatief: selectie van geïnterviewden, de bias van geïnterviewden en het verwerken en analyseren van de resultaten door de onderzoekers zelf.
- Kwantitatief: selectie en veelzijdigheid van bronnen, gemaakte aannames en keuzes in de modellering.

Ondanks dat de resultaten een representatief beeld geven van de richting en orde grootte, hebben de beperkingen invloed op de nauwkeurigheid van de uitkomsten. Logischerwijs kunnen afwijkingen tussen de uitkomsten van verschillende vergelijkbare rapporten geconstateerd worden.

⁷ Zie Bijvoorbeeld: [Strategic foresight \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/economy_finance/strategic-foresight_en)

1.3 Structuur van dit rapport

In dit hoofd rapport zijn de belangrijkste resultaten en boodschappen uit de werkpakketten waar mogelijk geïntegreerd en hebben we bewust gekozen om het onderzoek alleen op hoofdlijnen te presenteren. Voor details verwijzen we de lezer naar de achtergrondrapporten (zie Methode van het onderzoek 1.2.5).

- In hoofdstuk 2 gaan we in op de kenmerken van de huidige woningsector. We benoemen globale eigenschappen van de voorraad en gaan in op de institutionele arrangementen, de fysieke keten, de materiaal- voorraad en stromen, de klimaat- en milieu impact en landgebruik.
- In hoofdstuk 3 wordt invulling gegeven aan een circulaire woningsector. We gaan in op de kenmerken van circulaire maatregelen voor nieuwbouw en bestaande bouw. Vervolgens lichten we de vijf scenario's toe en geven we de hoofdboodschappen uit de scenarioanalyse in termen van materiaalgebruik, klimaat- en milieu impact en landgebruik.
- In hoofdstuk 4 worden de kansen en barrières geschetst. Allereerst wordt ingegaan op de complexiteit van de transitie naar een circulaire woningsector. Ten tweede worden kansen en barrières per circulaire strategie geschetst. Het hoofdstuk wordt afgerond met een doorkijk naar mogelijke kansen en barrières richting de toekomst.
- Tot slot, in hoofdstuk 5 komen we met conclusies en aangrijpingspunten voor beleid.

2 Overzicht woningsector

In dit hoofdstuk wordt een overzicht van de huidige woningsector gegeven. Om een volledig inzicht te krijgen in de huidige situatie kijken we naar de samenstelling van de huidige voorraad, het institutionele veld, de fysieke (materiaal en bouw) ketens, en de institutionele context met daarin de huidige (beleids-)kaders voor een circulaire woningsector. Op basis van deze eigenschappen bekijken we materiaalstromen en impact van de huidige situatie.

2.1 Woningvoorraad, nieuwbouw, herstel & verbouw, verduurzaming

Volgens CBS statline (z.d.) is in de periode 2019-2022 de woningvoorraad toegenomen van 7,8 naar 8,1 miljoen. Gemiddeld bestaat een huishouden in Nederland uit 2,2 personen. Van de bestaande voorraad is 42% rijtjeswoning, 36% appartement en 22% vrijstaand of twee-onder-een-kap.

In de periode 2019-2022 werden per jaar gemiddeld 72 duizend nieuwe woningen gebouwd en nog eens 27 duizend niet-nieuwbouwwoningen aan het totaal toegevoegd. Dit laatste cijfer betreft circa 10 duizend transformaties (van niet-woonfunctie naar woonfunctie), optop-woningen en ruim 3000 woningsplitsingen. Naast de toevoegingen worden er gemiddeld ook ruim 11 duizend woningen per jaar gesloopt en nog eens 10 duizend woningen aan het woningbestand onttrokken. Bijvoorbeeld doordat woningen worden samengevoegd tot één of omdat een woning een niet-woonfunctie krijgt.

In aantallen wooneenheden is 60% van de nieuwbouw op dit moment een appartement en de overige 40% een eengezinswoning. Van die laatste groep is twee derde een rijtjeswoning (hoek- of tussenwoning).

Er zijn weinig cijfers beschikbaar over de actuele aantallen verduurzaamde woningen. Het onderzoek van EIB & Metabolic (Arnoldussen et al., 2022) geeft een raming van € 11,5 miljard voor herstel- en verbouwwerkzaamheden in 2019, naar schatting heeft de helft een verduurzamingscomponent. De omvang van (energie)renovatie wordt uitgedrukt in financiële cijfers (euro's), met name vanwege het wisselend karakter van de werkzaamheden. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de energetische kwaliteit van het huidige woningbestand op basis van energie labels, waaruit blijkt dat de opgave voor het verduurzamen van woningen naar een minimum van D substantieel is en verdeeld langs verschillende type woningeigenaren. Het meest substantiële deel van de woningen is in particulier bezit (circa 1,49 miljoen woningen).

Tabel 2.1: Energie labels en eigendom in 2023 verdeeld in percentages en aantallen in miljoenen (Dashboard Klimaatbeleid, 2023).

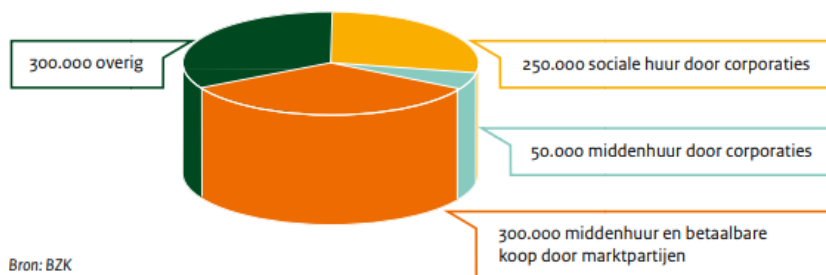
	Eigenaar/bewoners		Corporatiebezit		Investeerders	
	percentage	aantal	percentage	aantal	percentage	aantal
A en beter	24.6%	1,14	32.5%	0,76	31.5%	0,36
B	15.8%	0,73	19.8%	0,46	12.1%	0,14
C	27.4%	1,26	27.7%	0,65	19.9%	0,23
D	11.9%	0,55	11%	0,26	12.3%	0,14
E	7.9%	0,36	5.2%	0,12	9.2%	0,10
F	6.3%	0,29	2.2%	0,05	6.1%	0,07
G	6.2%	0,29	1.5%	0,03	8.8%	0,10

2.2 Trends nieuwbouw, herstel- & verbouw, verduurzaming tot 2030

Nieuwbouw

Het huidige woningtekort is vertaald in een programma Woningbouw van 900 duizend extra woningen in de periode 2021-2030 (BZK, 2022a). In de Woon- en Bouwagenda betreft de genoemde lage schatting 759 duizend woningen, de hoge schatting ruim een miljoen woningen. Dit betekent dat op korte termijn ook kansen liggen voor implementatie van circulaire maatregelen. In de periode 2021-2023 zijn er in totaal 178.253 woningen gerealiseerd, waardoor er nog ongeveer 800.000 in de planning staan. Echter wordt er de komende twee jaar (2024-2025) een dip verwacht in het aantal te bouwen woningen wegens de economische omstandigheden (BZK, 2024).

In deze agenda nemen de woningcorporaties ongeveer een derde van de opgave op zich en hebben daarmee een belangrijke rol om invulling te geven aan circulaire woningbouw (Figuur 2.1). Dit maakt dat een groot deel van het verwachte materiaalgebruik afkomstig is van deze groep eigenaren.



Figuur 2.1: Verdeling van de bouwopgave naar segment (BZK, 2022b).

Bestaande bouw: (energie)renovatie

Onder (energie)renovatie wordt verstaan: alle verduurzaming, herstel- en verbouw-werkzaamheden. In het Klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt over de ambitie voor de gebouwde omgeving. Daaruit volgt onder andere dat ongeveer 1,5 miljoen bestaande woningen verduurzaamd moeten worden. Deze ambities zijn ondergebracht in het programma verduurzaming gebouwde omgeving. Dergelijke maatregelen hebben invloed op de materiaalinstroom van de bestaande bouw, met name voor de isolatie. In de bestaande bouw hebben de woningcorporaties een aanzienlijke rol binnen (energie)renovaties, aangezien ze voor 2028 hun E, F & G label woningen verduurzaamd moeten hebben. Van de 1,5 miljoen woningen zullen de woningcorporaties hiervan minimaal 200 duizend voor hun rekening nemen.

De voornaamste materiaalstromen voor (energie)renovatie vinden hun oorsprong in grootschalige renovatieprojecten, onderhoudswerkzaamheden en verbeteringen aan zowel huur- als koopwoningen. Gegeven het hierboven genoemde is, volgens EIB en Metabolic, de verwachting dat de productie hiervan in 2030 zal oplopen tot € 20 miljard per jaar (Arnoldussen et al., 2022).

2.3 Eigendom en instituties

Naast woningcorporaties is het eigendom van woningen verdeeld tussen meerdere type eigenaren. Daarnaast zijn er verschillen in de manier waarop bestaande bouw en nieuwbouw zijn georganiseerd. In deze sectie lichten we de belangrijkste kenmerken van de woningsector toe. Hierbij kijken we naar verspreiding van eigendom, de institutionele context en gaan dieper in op de huidige beleidskaders waarbinnen de woningsector en circulariteit gepositioneerd zijn.

Het institutionele veld voor bestaande woningen is rijk geschakeerd

Van het huidige woningbestand is 57% koopwoning, 29% corporatiewoningen, en de overige 14% is in bezit van private verhuurders, zowel institutionele beleggers als (kleine) particuliere verhuurders. Als laatste noemen we hier twee specifieke type woningen, de zorgwoningen (ruim 120 duizend) en de vakantiewoningen (circa 85 duizend) om de diversiteit van het Nederlands woningbestand te illustreren.

Een van de wezenlijke kenmerken van de woningvoorraad is de diversiteit in het eigendom van woningen. De meest homogene groep woningeigenaren betreft de woningcorporaties. Omdat het aantal woningcorporaties (276) relatief klein is en ze sterk georganiseerd zijn, fungeren ze vaak als de startmotor om nieuw beleid in de woningsector op stoom te krijgen. Een voorbeeld hiervan is de voortrekkersrol die corporaties spelen in de warmtetransitie. Corporaties en gemeenten zitten vaak aan dezelfde tafel en landelijk speelt brancheorganisatie AEDES een belangrijke rol.

Omdat corporaties een groot aantal woningen beheren (ongeveer een derde van de totale woningvoorraad), worden verduurzamings- en renovatiewerkzaamheden in de regel uitbesteed aan grotere aannemers. De huurder speelt een belangrijke rol in verduurzamingsplannen van de corporaties omdat wettelijk geregeld is dat minimaal 70% van de huurders van een project akkoord moet zijn met de plannen.

Eigenaren/bewoners zijn de grootste groep en vertegenwoordigen ruim de helft van de woningvoorraad. Vanwege de grootte en het particuliere bezit is deze groep lastig om beleidsmatig te vangen. Renovatie en verduurzaming van de woning wordt door deze groep heel divers aangevlogen. Soms gaat dat in een collectief, via de VvE (zie ook onder),

geïnitieerd door de buurtbewoners zelf of vanuit een gemeente, soms door het inhuren van een kleinere aannemer of klusjesman, soms door de doe-het-zelver, en soms gebeurt er helemaal niets om verschillende redenen. Hoe kleinschaliger de aanpak, hoe meer reguliere bouwmarkten in beeld komen als de leverancier van grondstoffen, materialen, en producten, en de plaatselijke gemeentewerf voor het afvoeren van het bouwafval. De bouwketen voor deze groep is zeer divers.

Dit geldt ook voor de private verhuurders. Dit is beleidsmatig ook een lastige groep, al biedt de schaal waarop grote institutionele beleggers opereren kansen. De kleine particuliere verhuurder kent ook meerdere gezichten: van verhuurders die zorg dragen voor hun eigendom tot verhuurders gefocust op kortetermijnwinst (ook wel huisjesmelkers genoemd).

Een aparte groep vormt de VvE (vereniging van eigenaren), vooral te vinden bij appartementen. Voor beheer en onderhoud geldt dat ze wettelijk verplicht zijn een meerjarenonderhoudsplan te hebben, echter geldt voor verduurzaming dat “de slak in de VvE het tempo bepaalt”. Dit blijkt vooral (maar niet exclusief) lastig in zogenaamde gespikkelde VvE's waar corporaties en eigenaar/bewoners samen in een vereniging zitten. Nederland kent ca. 125 duizend VvE's (waarvan ca. de helft gespikkeld) met in totaal ca. een miljoen woonadressen. In 2022 was het aandeel VvE's met vier woningen of minder circa 50% van het totale aantal VvE's (CBS, 2023). Desalniettemin is er een grote diversiteit aan de groottes van VvE's, wat het lastig maakt om VvE's onder één beleidsparaplus te vangen.

Nieuwbouw wordt gedreven door woningcorporaties en projectontwikkelaars

Als we kijken naar de nieuwbouwprojecten van de afgelopen jaren, dan is grofweg 10% particulier opdrachtgeverschap (projecten van één woning), 55% projecten van twee tot vijftig woningen en het restant projecten van meer dan vijftig woningen. Belangrijke opdrachtgevers voor de grotere projecten zijn de woningbouwcorporaties en de grote projectontwikkelaars. Architecten en adviesbureaus spelen voor hen een rol in de ontwerpfase, een fase waarin ook gemeenten hun ambities op tafel kunnen leggen vanuit grondverkoopcontracten, en bestemmings- en omgevingsplannen. Grotere aannemers, onderaannemers, installateurs en leveranciers zijn betrokken bij het bouwproces, en pas als de meeste knopen (lees: ontwerp- en materiaalkeuzes) doorgehakt zijn komt de toekomstige particulier koper of huurder in beeld. De keuzes die in het ontwerp worden gemaakt zijn bepalend, vanuit latere woonwensen kunnen daar nauwelijks veranderingen in plaats vinden.

De woningsector wordt gekenmerkt door een complexe institutionele context

Een wezenlijk kenmerk van de woningsector is de manier waarop de actoren aan elkaar gebonden zijn door de spelregels. De institutionele context⁸ reguleert de materialenstromen in de bouw direct en indirect. Direct door wet- en regelgeving en voorschriften, en indirect door ruimtelijke ordening, financiering, en ketenaansprakelijkheid in de bouwkolom⁹.

In de verschillende fasen van de levenscyclus van een gebouw, en dus de materialeninzet, zijn meerdere partijen betrokken (Figuur 2.2) van ontwikkeling en ontwerp tot toelevering van bouwmaterialen en (gespecialiseerde) uitvoering. De overheid heeft een sterk regulerende werking, zowel direct via het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl; voorheen Bouwbesluit) en andere regelgeving voor gebouwen, producten en materialen, als indirect

⁸ Zie ook de publicatie van het CPB: Het bouwproces van nieuwe woningen (Michielsen et al., 2019).

⁹ Met de bouwkolom worden alle partijen bedoeld die achtereenvolgens betrokken zijn bij de totstandkoming van een project, in dit geval de bouw, renovatie, transformatie of sloop van een woning. Deze groep bestaat onder andere uit: opdrachtgevers, ontwikkelaars, architecten, (ingenieurs-)adviesbureaus en adviseurs, aannemers en toeleveranciers.

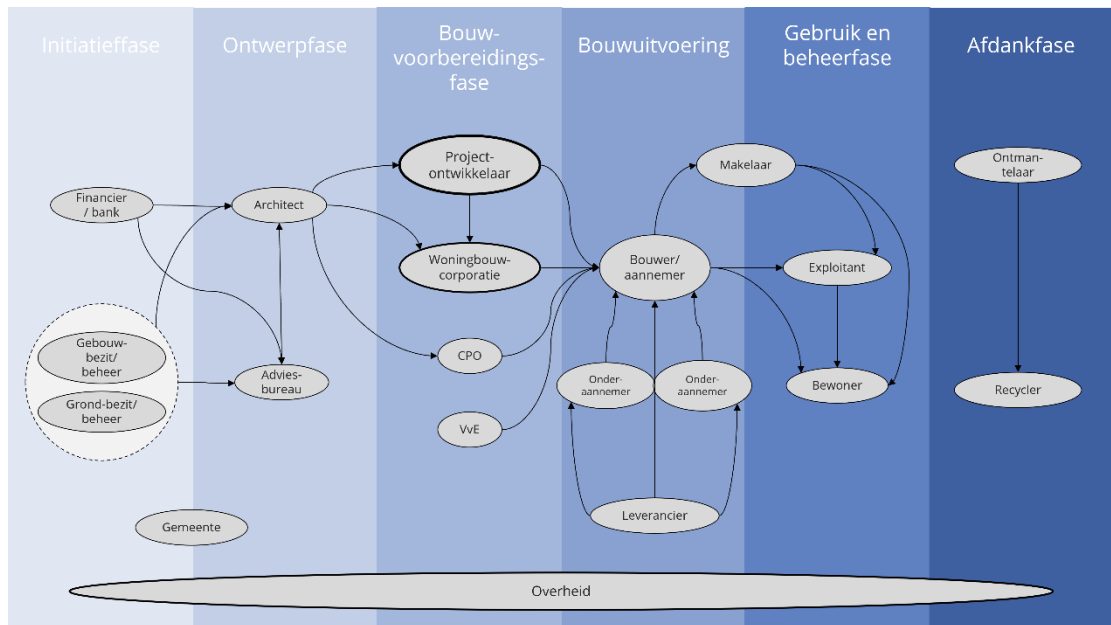
via de ruimtelijke ordening en de grondmarkt. De gecombineerde set aan wetten, regels en normen, maken de bouw een van de strengst gereguleerde sectoren. Hier dient onderscheid gemaakt te worden tussen de bouw en bouwindustrie. Het meeste beleid voor de bouw kwam van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en kende weinig directe invloed vanuit de Europese Unie. Vanaf het kabinet-Schoof zal het nieuwe ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening een rol gaan spelen in beleid dat voor de bouw gevormd wordt. Het meeste beleid met betrekking tot de bouwindustrie, welke de productie en inwinning van bouwproducten, materialen en grondstoffen behelst, kwam van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (oud) (sinds kabinet-Schoof zal het ministerie van Klimaat en Groene Groei hier een grotere rol in spelen). De bouwindustrie daarentegen wordt wél vanuit de Europese Unie gereguleerd, zoals via de Kaderrichtlijn Afvalstoffen waarin mogelijk recyclingdoelstellingen worden geëist van Europese landen. Daarnaast spelen investeerders, zoals pensioenfondsen en banken middels beleggingen en hypotheek een belangrijke rol in de (circulaire) keuzes die gemaakt worden en kunnen zij bepalend zijn voor de eisen waar nieuwbouwwoningen en renovaties aan bestaande woningen aan moeten voldoen.

BOX2: Verantwoordelijke ministeries zijn ten tijde van publicatie veranderd

Sinds juli 2024 is het nieuwe kabinet-Schoof beëdigd. Daarin zijn een aantal nieuwe ministeries die voor de woningsector van belang, zoals het Ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) en het Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (VRO). Deze ministeries hebben echter ten tijde van de data collectie van dit onderzoek nog geen actief beleid gevoerd. Daardoor kan een daadwerkelijke evaluatie van het sturingspotentieel en de interacties met andere ministeries nog niet plaatsvinden. Wel is duidelijk dat deze twee nieuwe ministeries van belang zullen zijn voor de woningsector. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat is veranderd naar het Ministerie van Economische Zaken.

De organisatie van de bouwsector en de conjunctuurgevoeligheid maken de bouwsector als geheel risicomijdend, met een focus op kostenbeheersing – meer dan op het opschalen van innovatie. Door deze behoudende onderdelen van de bouw- en vastgoedsector wordt opschaling van innovaties in de bouwindustrie afgeremd (Bours & Harmsen, 2024). Marges zijn klein, en elke afzonderlijke partij probeert surplusen (marge, winst) naar zich toe te trekken. De personele kosten en de kosten van uitbesteed werk (zoals van onderaannemers) bedragen in de bouw 51% van de netto-omzet. Dat is het hoogste van alle sectoren in Nederland (Buijs & Wolf, 2021). De grote, kapitaalcrachtige partijen hebben het grootste marktaandeel en daardoor de meeste invloed in de sector: in 2019/2020 werd ongeveer 45% van de woningen gebouwd door de 20 grootste bouwbedrijven. De grote bedrijven betrekken kleinere bedrijven bij hun projecten. Wetgeving⁷⁰ reguleert de afhankelijkheid en aansprakelijkheid van alle partijen onderling.

⁷⁰ Per 1 januari 2024 is bij inwerkingtreding van de Wet Kwaliteitsborging (WKb) het Burgerlijk Wetboek (BW) fundamenteel veranderd qua verantwoordelijkheden van de aannemer richting opdrachtgever. Vanuit na 1 januari ondertekende bouwcontracten is het uitgangspunt van caveat-emptor veranderd in caveat-vendor als contract basis. Dit maakt dat de verantwoordelijkheid en bewijslast bij fouten primair bij de aannemer ligt en ook na oplevering doorloopt tot 10 a 20 jaar erna. Daarnaast worden aannemers geacht de projectdocumenten aan te leveren aan opdrachtgever en voor de gemeente zoals daadwerkelijk gerealiseerd (as-built). Deze verantwoordelijkheden van aannemers zijn daarin op een lijn gekomen van die van de toelevering in dezelfde bouw. Dit vraagt nog tijd om geheel zichtbaar te worden in de sector, maar de consequentie daarvan wordt volgens experts ingeschat als mogelijk meer risicomijdend gedrag van aannemers voor onbekende materialen en producten.



Figuur 2.2: Bouwketen en institutionele veld in woningsector (Bours & Harmsen, 2024).

Beleid voor een circulaire woningsector is veelzijdig en verspreid tussen overheidslagen

Het huidige beleid voor circulaire woningbouw ontvouwt zich vanuit alle overheidslagen. Zo schrijven gemeenten doelstellingen voor met houtbouw en provincies denken na over de invulling van de Nationale Woon- en Bouwagenda. Vanuit de huidige nationale beleidskaders van de Nationale Woon- en Bouwagenda wordt ingezet op het inbedden van circulariteit (BZK, 2022a).

Het behouden van de bestaande voorraad – middels het programma verduurzaming gebouwde omgeving – binnen de ‘slow the loop’ strategie. Behoud zorgt er immers voor dat er geen vervanging (sloop-nieuwbouw) nodig is. Daarnaast streeft het programma Woningbouw ernaar om jaarlijks 15.000 wooneenheden te realiseren via optoppen, transformatie, en woningsplitsing. Dit zijn maatregelen welke passen binnen de ‘narrow the loop’ strategie. Hoewel andere circulaire strategieën niet expliciet worden genoemd in de beleidsdocumenten van deze maatschappelijke woonopgaven, worden de thema’s circulair en natuur inclusief vaak genoemd en zijn er doelstellingen daarop ingesteld in samenhang met het nationale circulair beleid. Concrete voorbeelden zijn de MPG-norm die naar beneden wordt bijgesteld, de Europese ‘fit for 55’ doelstelling in 2030, de opschalingsambities van biobased materialen en de inzet op ontwikkelingen rondom industrialisatie.

Het nationale circulaire beleid volgt uit het grondstoffenakkoord, het klimaatakkoord, diverse afspraken met de sector zoals het betonakkoord en bouwakkoord staal, de City Deals en diverse programma’s⁷⁷ gefinancierd vanuit de sector en het Nationaal Groeifonds. Daarnaast wordt het beleid (thematisch) nader uitgewerkt in meerdere kamerbrieven. De Transitieagenda Circulaire Bouweconomie (Transitieteam CBE, 2018) structureert de doelen en strategie om tot een circulaire bouweconomie te komen in 2050. In de routekaart van het transitieteam circulaire bouweconomie, wordt voor 2030 een afwijkend tussendoel van 50% reductie gebruik primaire grondstoffen ten opzichte van 2016 geformuleerd. Met de

⁷⁷ Bijvoorbeeld het programma Toekomstbestendige Leefomgeving getrokken door het TKI Bouw en Techniek in samenwerking met de bouwsector.

milieukosten-methodiek als sturingsmechanisme adviseert het transitieteam om de benodigde reductie in milieu-impact door een halvering van de milieukostenindicator (MKI 50%/MPG 0.3 in 2030) te behalen door in te zetten op hergebruik, herbruikbaarheid (losmaakbaarheid), en hernieuwbare materialen (transitieteam CBE, 2022). Ook is een City Deal gesloten over Circulair en Conceptueel Bouwen (CityDeal CCB, 2021).

Naast deze verschillende vormen van visies, routekaarten en afspraken, is er ook een nationaal programma. In het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030 zijn voor de bouw doelen geformuleerd en specifiek beleid ontwikkeld. Voor woningen, kantoren en bedrijfshallen gaat het om aanscherpen van de normering van de milieuprestatie-eis gebouwen (MPG) en stimulerende maatregelen zoals vraagstimulatie, kennisoverdracht en betere benutting van de bestaande woningvoorraad zoals transformatie door woningsplitsing en woningdelen (I&W, 2023; Copper8 et al., 2023).

Ook Europa heeft recentelijk een raamwerk voor indicatoren voor de circulaire bouw ontwikkeld (Level(s)) en regisseert diverse programma's voor kennisontwikkeling, regelgeving voor (ge-)bouw(energie) en financiering (denk hierbij aan EFSI, LIFE etc.). Daarbinnen wordt er gepleit voor een 'Whole Life Carbon' (WLC) beredenering om in de gebouwde omgeving onder andere afval en circulariteit mee te nemen over de gehele levenscyclus van het product, bouwproject of gebouw. Vanuit de besluitvorming zijn in april 2024 verschillende Europese richtlijnen geformuleerd rondom een verbetering van energieprestaties van woningen en de duurzaamheidsrapporteringen (EPBD (EPBD rond EPBD 4 en EU Groene Taxonomie) (zie Europese Unie, 2024; Europese Commissie, z.d., b). Hier dienen nationale overheden binnen 24 maanden beleid over geïmplementeerd te hebben. Ook wordt er gestreefd naar een niet-toxische leefomgeving, zowel in Nederland als de Europese Unie. Om te zorgen voor een veilige circulaire bouwconomie moeten er stappen genomen worden om problemen in de toekomst te voorkomen, en in de goede omgang met de erfenis uit het verleden (bijvoorbeeld asbesthoudende materialen middels REACH⁷² wetgeving van de Europese Unie).

Nationale Aanpak Biobased Bouwen als blauwdruk voor de circulaire transitie in de woningsector

Een bijzondere, vermeldenswaardige vorm van beleid is de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) (Rijksoverheid, 2023). Dit thematische beleid is specifiek bedoeld voor het bevorderen voor de circulaire strategie substitutie. Voor de andere circulaire strategieën, anders dan substitutie, bestaat een dergelijke samenhangende aanpak niet.

Het vertrekpunt van het NABB is het besef dat in de hele (land)bouwketen innovaties en veranderingen in rollen en gewoonten nodig zijn om tot de opschaling van biobased bouwmaterialen te faciliteren. Binnen het programma worden meerdere ketens van hernieuwbare bouwmaterialen op gang gebracht, met aandacht voor de kweek van gewassen, verwerking tot product, inzet van het product, tot en met de uiteindelijke klant.

Deze ketenbenadering sluit aan bij zowel de kenmerken van de sector, als bij de ervaren praktische barrières. Het NABB kent weliswaar een concrete, getalsmatige ambitie (zoals bijvoorbeeld minimaal 30% biobased materialen gebruikt worden in 30% van de nieuwbouwwoningen), maar laat voldoende ruimte om bij te sturen waar nodig.

⁷² Regulation on the registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals (REACH)

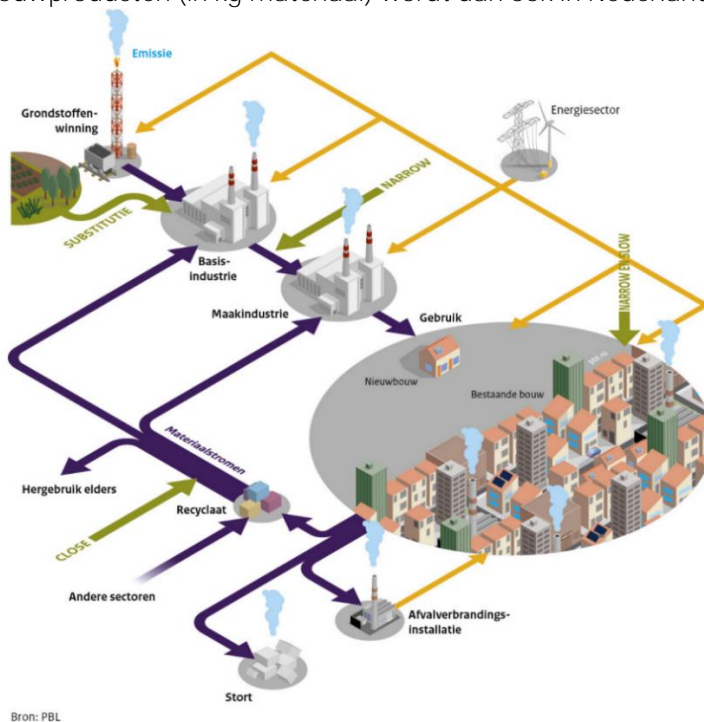
2.4 Huidige materiaalvoorraad, -stromen & -impact

Woningvoorraad kenmerkt zich op gebouw en materiaal niveau

De totale hoeveelheid materialen in de bestaande woningvoorraad bedroeg ca. 2.2 gigaton in 2020. Het gewichtsaandeel beton is 69%, terwijl baksteen, ijzer & staal, en hout respectievelijk 5%, 4% en 2% in kilogrammen voor hun rekening nemen. De resterende 18% betreft materialen met een lagere massa, of materialen die in kleinere volumes worden toegepast (bv. glas, isolatie, koper, kunststof, keramiek). Van de materiaalvoorraad bevindt 27% zich in appartementen, 36% in vrijstaande of twee-onder-een-kap woningen en 36% in rijtjeswoningen. Deze percentages zijn anders dan de percentages gebaseerd op de aantallen (zie 2.1). Dit wordt verklaard doordat appartementen gemiddeld een klein- en tegelijk vrijstaande woningen juist een groot- gebruiksooppervlak hebben. Qua materiaalintensiteit per m² scoort een appartement gemiddeld juist hoger dan eengezinswoningen omdat, vooral bij constructies met meer dan 4 woonlagen, een zwaardere constructie noodzakelijk is.

Materiaalstromen volgen verschillende routes tot het bouwwerk, blijven lang onderdeel van de voorraad en worden vaak buiten de woningbouw gerecycled

De materiaalstroom (Figuur 2.3) begint traditioneel bij primaire winning van grondstoffen in bossen, akkerland, mijnen, groeven en (vroegere) rivier en zee beddingen. Al dan niet na industriële bewerking worden vanuit die grondstoffen de materialen en bouwproducten gevormd die via (groot)handelsstromen in de sector terecht komen. De markt voor deze producten werkt overigens internationaal, met prijs als maatgevend mechanisme. Evenwel, doordat een groot deel van de producten zwaar en volumineus is, is lange afstand transport niet altijd aantrekkelijk. Dergelijke grondstoffen, met name voor beton en baksteen, worden grotendeels in Nederland gewonnen. Meer dan de helft van de in Nederland gebruikte bouwproducten (in kg materiaal) wordt dan ook in Nederland geproduceerd (Figuur 2.4).



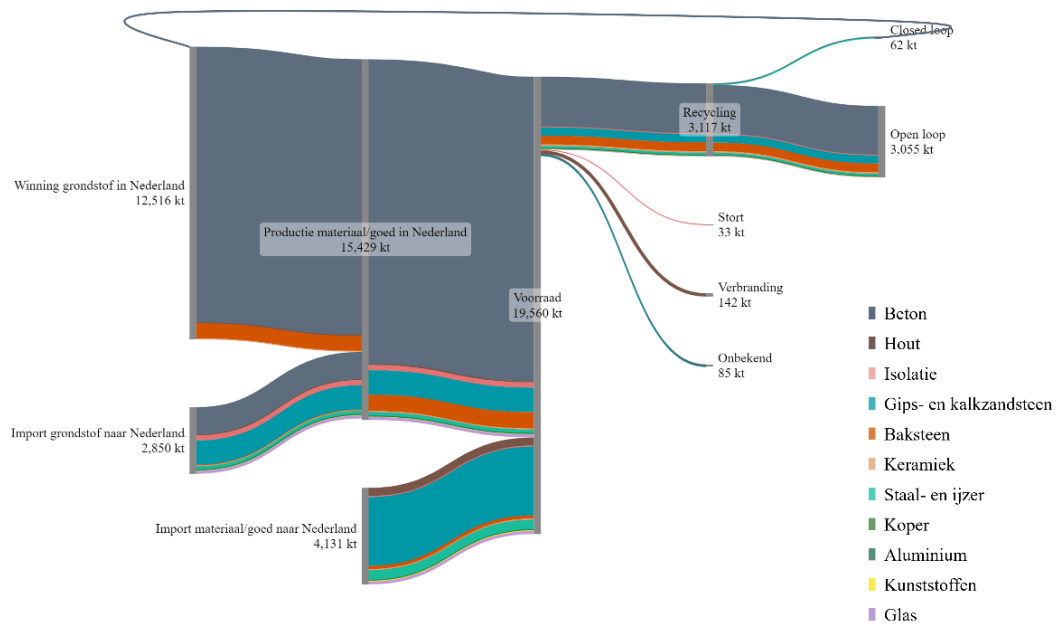
Figuur 2.3: Fysieke keten van de woningsector (Schuit et al., 2023).

In de bouw komen materialen en producten samen tot de woning en is de logistiek van materiaalstromen afhankelijk van de locatie waar de woning wordt gebouwd. Zeker bij binnenstedelijk bouwen, is het aanvoeren, opslaan en in het werk brengen van materialen en producten een logistieke uitdaging. Vanwege deze uitdaging groeit de belangstelling voor onder andere geprefabriceerde en modulaire bouw, en bouwhubs voor de efficiënte aan- en afvoer van materialen. Op de bouwplaats wordt overigens gewerkt om de hoeveelheid en soort afval te beheersen, bijvoorbeeld door verpakkingen te scheiden, en om emissies te beperken, bijvoorbeeld door elektrificatie van het materieel.

Ook bij bestaande bouw zijn er materiaalstromen. Onderhoud, vernieuwing en aanpassingen aan de woning vragen om bijvoorbeeld nieuwe ramen, beplating en aanvullende isolerende materialen. Ook worden er veel andere ingrepen gedaan zoals aanpassingen aan keukens en badkamers op basis van een veranderende gebruikswensen die zorgen voor een relatief kortere levensduur dan die van de woning als geheel.

De materiaalvoorraad in woningen in Nederland groeit. De materiaalinstroom voor nieuwbouw is dan ook ongeveer zeven keer groter dan de uitstroom door sloop, zie Figuur 2.4. De samenstelling van het vrijgekomen materiaal komt voor een groot deel overeen met de instroom, maar is vele malen minder in omvang. De grootste materiaal in- en uitstromen qua massa bestaan uit traditionele bouwmaterialen: beton, baksteen, overige constructiematerialen (kalkzandsteen, gips, bitumen, overig steen), staal en ijzer. De instroom voor herstel & verbouw, en verduurzaming is op dit moment veel (zeven keer) kleiner dan de instroom voor nieuwbouw. Qua klimaat en milieu impact is de verdeling vaak omgekeerd dan qua massa; juist lichtere (installatie)producten hebben vaak zwaardere milieu en klimaat impact door toepassing van metalen en kunststoffen.

De uitstroom van materiaal gaat grotendeels verloren voor de woningbouw, maar vind wel elders een toepassing. Slechts een klein deel komt terug als secundair materiaal, 'close loop recycling', zie Figuur 2.4. De rest gaat voor het overgrote deel naar recycling in de grond-, weg- en waterbouw (GWW), 'open loop recycling'. Daarnaast gaat nog wat materiaal verloren in verbranding (al dan niet voor energie). Stort vindt nauwelijks plaats – kortom, de sector heeft weinig blijvend afval. In Figuur 2.4. worden de materiaalstromen in de woningsector voor 2020 weergegeven. Het is een impressie van de huidige situatie. Door fluctuaties in het volume nieuwbouw, herstel- en verbouw, en verduurzaming zullen de cijfers van jaar op jaar verschillen.



Figuur 2.4: Materiaalstromen woningsector in 2020. De analyse is onder andere gebaseerd op een recente ketenanalyse van bouwmaterialen van het PBL (Schuit et al., 2023), details zijn beschikbaar in de achtergrond rapportage van WP1 (van Oorschot & van der Voet, 2024).

De Nederlandse woningsector is afhankelijk van import

De import van bouwmaterialen bestaat deels uit grondstof, samengestelde materialen en deels (half-)producten en is geïnventariseerd door Schuit et al. (2023). Geïmporteerde grondstoffen voor beton en keramisch materiaal komen vaak uit Duitsland, België en Luxemburg. Ook voor grondstoffen voor gipsproducten, staal en ijzer, koper en aluminium is Nederland afhankelijk van import. Voor de productie van kunststoffen wordt olie geïmporteed. In de huidige situatie bestaan isolatiematerialen grotendeels uit kunststoffen. Van de glasinstream is 49% lokaal geproduceerd glas, maar grondstoffen voor glas worden geïmporteed. Nederland exporteert ook grondstoffen en bouwmaterialen, zoals zand en grind, staal en bakstenen. Voor de import- (en export) cijfers geldt dat deze aan veranderingen onderhevig zijn.

Een voorbeeld hiervan is de sluiting van ENCI¹³ Pietersberg in 2020 waardoor Nederland voor portlandcement (traditioneel cement op basis van kalksteen en zandige klei) geheel afhankelijk is geworden van het buitenland. Op het gebied van hoogovencement, een mengsel van portlandcement en hoogovenslakken (een bijproduct in de staalproductie), is Nederland juist een grote speler in zowel productie als verbruik. Desalniettemin voor hoogovencement blijft portlandcement een belangrijk basismateriaal, waardoor de afhankelijkheid van import blijft aanhouden.

Materiaalimpact- broeikasgasemissies

Naast analyse op materiaalniveau analyseren we de impact van de woningbouwactiviteiten op broeikasemissies. De totale jaarlijkse broeikasgasemissies berekend uit de materiaalinzet bij nieuw- en verbouwwerkzaamheden was 6,2 Mton CO₂ eq. in 2020. Hiervan was 86% gerelateerd aan nieuwbouw, 8% aan verduurzaming van bestaande woningen en 6% aan herstel- en verbouw van bestaande woningen. In de nieuwbouw (en herstel- en verbouw)

¹³ Eerste Nederlandse Cement Industrie.

leveren beton, ijzer & staal, aluminium en isolatiemateriaal in de huidige situatie de grootste bijdrage aan de emissies, voor verduurzaming zijn dit glas, ijzer & staal, en aluminium.

Materiaalimpact- 'closed loop' instroom

Op basis van de cijfers voor 2020, was van de totale instroom 2,1% biobased, 0,3% secundair materiaal en nog niet of slechts marginaal sprake van duurzaam geproduceerde primaire grondstoffen. Dit betekent dat 97,6% van de instroom niet-duurzaam geproduceerd materiaal betrof.

Materiaalimpact- 'open loop' uitstroom

Van de uitstroom in 2020 werd slechts 1,9% circulair benut als secundair materiaal in de instroom. Het gros van de uitstroom werd buiten de woningsector hergebruikt of recycle (92,8%), veelal als wegfundering. Van het restant werd 1% gestort en 4,3% ingezet voor energiewinning.

Van het materiaal dat 'closed-loop' werd gerecycled bestond 82% uit beton, gevolgd door gips en kalkzandsteen (14%) en staal en ijzer (4%).

Materiaalimpact- milieukosten

De totale milieukosten voor nieuwbouw, herstel- en verbouw bedroegen in 2020 € 553 miljoen (72% nieuwbouw, 28% herstel- en verbouw). De materialen beton (24%), ijzer & staal (16%), aluminium & koper (10%), isolatiemateriaal (16%), en overige constructiematerialen (16%, voornamelijk kalkzandsteen en gips) bepalen het gros van de milieukosten.

Materiaalimpact- landgebruik

De inzet van hout in de bouw leidde, op basis van de 2020 instroom, tot 4353 km² landgebruik. Ook voor andere primaire materialen geldt landgebruik zoals de winning van zand en erts voor metalen. In alle gevallen kan dit leiden tot biodiversiteitsverlies.

3 Circulaire toekomstbeelden naar 2050

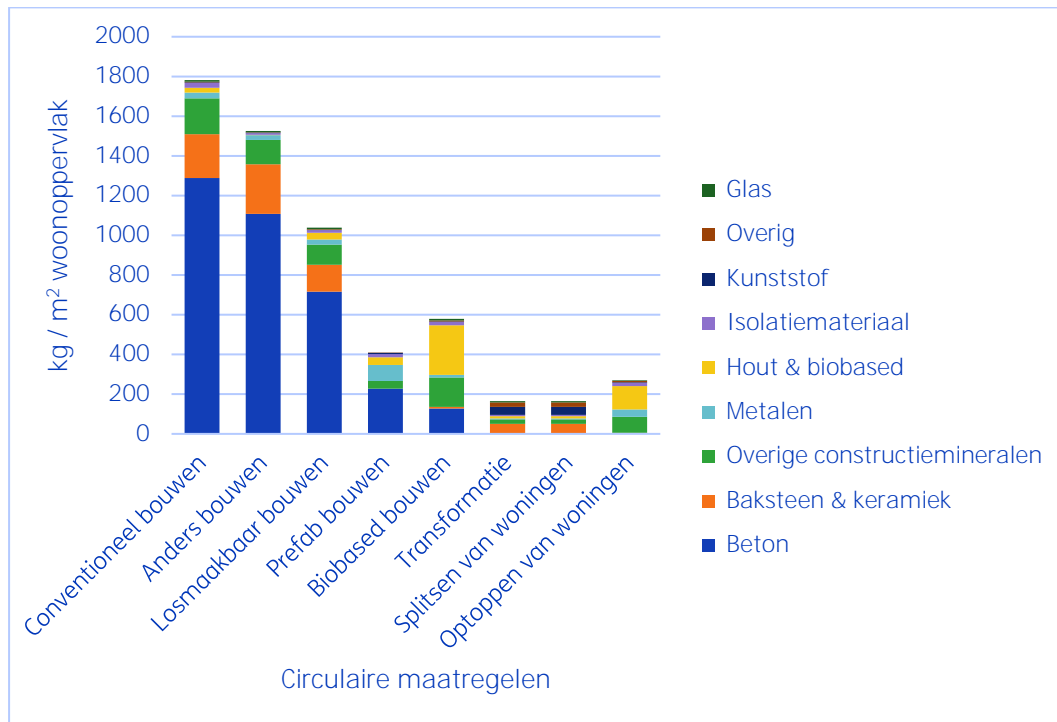
In dit hoofdstuk worden de geïnventariseerde circulaire maatregelen verder uitgewerkt in termen van materiaal gebruik en impact. Vervolgens worden vijf scenario's zijnde het Basispad en de vier (ruimtelijke) toekomstbeelden (Groen land, Regionaal geworteld, Mondiaal ondernemend en Snelle wereld) nader geanalyseerd tussen 2019 en 2050. In de scenarioanalyse ligt de focus op de ontwikkeling van de woningvoorraad als gevolg van nieuwbouw en bestaande bouw, de toepassing van circulaire strategieën en bijbehorende circulaire maatregelen, en de achterliggende aannames. Vervolgens kijken we naar het materiaalgebruik en -impact van de vijf scenario's. Met behulp van de scenario's kan inzicht verkregen worden in het materiaalgebruik in de woningsector tot 2050. afhankelijk van verschillende (circulaire) keuzes en duiden op waar mogelijke problemen kunnen ontstaan rondom het materiaalgebruik en -impact.

3.1 Circulaire maatregelen voor reducties in materiaal- gebruik en impact

Per circulaire strategie zijn passende circulaire maatregelen geïdentificeerd (zie 1.2.3) die voortkomen uit sociale en technologische trends zoals industrialisatie van bouwprocessen ondersteund door digitalisering, nieuwe ontwerppraktijken en businessmodellen voor circulaire product-dienst-systemen, verduurzaming van productieketens, en materiaalinnovaties zoals de (her)opkomst van biobased materialen. Deze circulaire maatregelen beïnvloeden de impact, de vraag en het gebruik van grondstoffen in de woningsector.

Nieuwbouw

De circulaire maatregelen voor nieuwbouw zijn in dit onderzoek uitgedrukt in materiaalintensiteiten (in kilogram per gebruiksoppervlak, zie Figuur 3.1) of percentages van materiaalstromen. Bijvoorbeeld het recyclen van materialen als een percentage van de in- en/of uitstroom en het kleiner wonen als een percentage van het gebruikelijke gebruiksoppervlak. De materiaalintensiteiten en -samenstellingen verschillen per maatregel en per woningtype, in Figuur 3.1 zijn gemiddelden weergegeven. Over het algemeen levert elke circulaire maatregel een besparing op in materiaalgebruik vergeleken met 'conventionele bouw'.



Figuur 3.1: Materiaalintensiteiten van circulaire maatregelen gerelateerd aan nieuwbouw uitgedrukt in kg / m² gebruiksoppervlak verdeeld over verschillende materiaaltypen. De gepresenteerde getallen zijn het gemiddelde van verschillende woningtypen. Maatregelen zoals kleiner wonen zijn vervolgens percentages van deze materiaalintensiteiten uit WP2 (TNO, 2024).

Het splitsen van woningen, transformeren van bedrijventerreinen naar woningen en het optoppen leveren de meeste materiaalbesparing op. Anders bouwen (meer appartementenbouw (onder vijf woonlagen)) en losmaakbare woningen leveren per saldo het minst op aan materiaalbesparing. Echter, losmaakbaar bouwen levert op de lange termijn mogelijk meer circulaire winst op, omdat in dergelijke constructies herbruikbaarheid van componenten beter faciliteert. Over de breedte varieert de materiaalintensiteit van circulaire maatregelen sterk¹⁴. Onder de streep behouden ‘traditionele’ grondstoffen en materialen zoals beton, constructiematerialen (gips), metalen en isolatiemateriaal een belangrijk aandeel in de materiaalmix. Met uitzondering van maatregelen voor nieuwbouw (transformatie, splitsten en optoppen) waarbij meer wooneenheden worden gecreëerd zonder de bouw van geheel nieuwe woningen. Het aandeel hout en biobased materialen neemt toe in meerdere circulaire maatregelen, zoals prefab bouwen en optoppen.

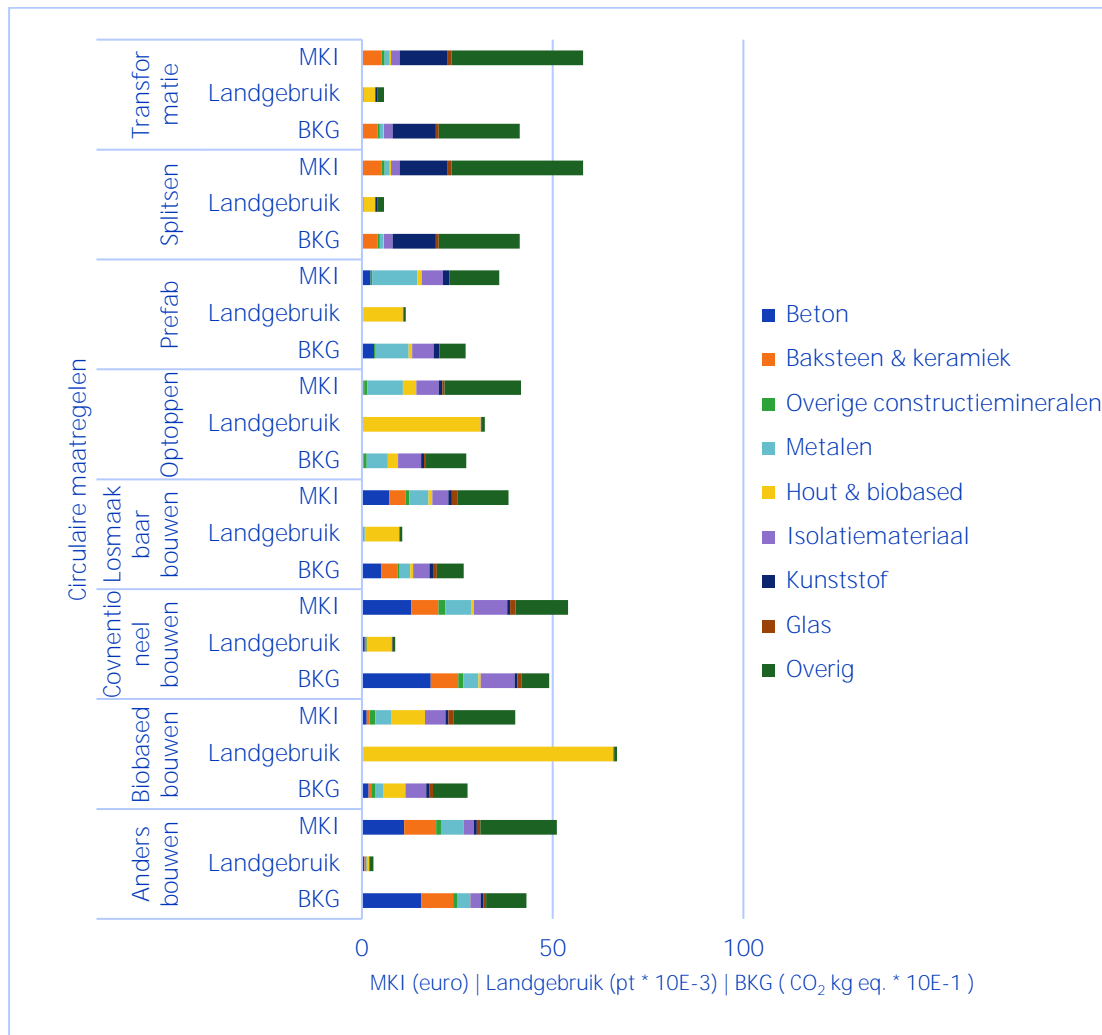
De effecten van de individuele circulaire maatregelen zijn afhankelijk van het type materiaal, de herkomst¹⁵ en de omvang van deze materialen. Effecten worden uitgedrukt met verschillende indicatoren die doelen van circulaire bouweconomie vertegenwoordigen (zie 1.2.4) en zijn weergegeven in Figuur 3.2.

Isolatiemateriaal heeft een relatief klein aandeel in de materiaalintensiteit, gemiddeld 1%. Echter is de impact van isolatiemateriaal aanzienlijk, namelijk gemiddeld 10% van de

¹⁴ De circulaire maatregelen hebben een gemiddelde van 593 kg / m²gebruiksoppervlak (G.O.) met een standaarddeviatie van 512 kg / m² G.O. Anders bouwen heeft een materiaalintensiteit van 1525,5 kg / m² G.O. en splitsen en transformatie een materiaalintensiteit van 164,9 kg / m² G.O.

¹⁵ De herkomst van materialen kan zijn primair, secundair of duurzaam geproduceerd bijvoorbeeld energie opgewekt uit hernieuwbare bronnen.

milieukosten (MKI) en 14% van de broeikasgasemissies (BKG). Hetzelfde geldt voor technische installaties, verf, kitten en lijmen¹⁶ (categorie “overig”), zoals bij transformatie, splitsen en optoppen.



Figuur 3.2: Weergave van de effecten van circulaire maatregelen gerelateerd aan nieuwbouw onderverdeeld in de indicatoren milieukosten, landgebruik en broeikasgassen per m² woonoppervlak. In deze grafiek is voor landgebruik de eenheid 'Pt' gebruikt in plaats van km². De indicatoren landgebruik en BKG zijn geschaald naar de numerieke orde van MKI (TNO, 2024).

Bestaande bouw

De materiaalvraag voor (energie)renovatie is lager dan de meeste nieuwbouw maatregelen per wooneenheid en de materiaalintensiteit van (energie)renovatie van bestaande woningen varieert afhankelijk van het type werkzaamheden. Hierbij wordt gekeken naar groot onderhoud van huurwoningen, uitbreiding, verbouw of renovatie koopwoningen, grote verbeteringen van huurwoningen en (bijbehorende) energierenovatie. Voor isolerende werkzaamheden is gekeken naar ramen, spouwmuren, vloeren en daken.

¹⁶ Technische installaties vallen onder de verzamel term ‘overige’ samen met samen met verf, kitten en lijmen en papier en representeren 19% van de materiaalintensiteit (kg / m²G.O).

Beton, baksteen & keramiek en overige constructiematerialen beslaan het grootste deel van de materiaalstaat wanneer renovaties plaatsvinden. Er wordt veel gebruik gemaakt van hout en andere biobased materialen (12%) en isolatiemateriaal (4%), dit is logisch vanwege de aard van de werkzaamheden.

Isolatiematerialen hebben een hoge impact en wegen relatief zwaar op de totale impact van de materialen, circa 10% van de totale milieukosten (MKI) en 11% van de broeikasgasemissies (BKG). Binnen de scope van dit onderzoek zijn voor renovatie technische installaties de pv-panelen en passieve componenten meegenomen, en niet de cv-installaties. Desalniettemin vormt dit, met 42% van de milieukosten en 36% van de broeikasgasemissies, een aanzienlijke impact op de totale effecten terwijl het slechts 2% van de materiaalintensiteit vertegenwoordigt. Hout & biobased heeft minimale milieukosten en broeikasgasemissies (beide -1%, biogene emissies (CO₂ opname en afgifte door hout) zijn niet meegenomen), maar vertegenwoordigt het merendeel van landgebruik (96%).

Recyclen en hergebruik

Recyclen en hergebruik wordt niet direct uitgedrukt in materiaalgebruik. Dit is afhankelijk van de beschikbare materiaaluitstroom. Materialen zijn in meer of mindere mate geschikt voor 'closed loop' recyclen. Dit heeft te maken met de eigenschappen van de materialen zelf, en de mate waarop materialen gescheiden worden. Het sluiten van de kringloop is gebaat enerzijds bij een zuivere scheiding van grondstoffen, materialen en producten zodra woningen (of delen ervan) worden gesloopt, en anderzijds bij het zodanig verwijderen van materialen en producten dat de functie wordt behouden. Deze vorm van circulair slopen wordt ook wel oogsten genoemd. In dit onderzoek worden deze maatregelen samengevat onder 'secundaire instroom'.

3.2 Toelichting van de circulaire scenario's

Met de toepassing van een enkele maatregel of een enkele circulaire strategie blijft een circulaire woningsector met significant lagere materiaalvraag en impact op klimaat en milieu buiten bereik (Bron: WP2). Om te onderzoeken hoe combinaties van circulaire maatregelen (geformuleerd in 3.1), samen met visies voor de inrichting van Nederland (PBL, 2023), bijdragen aan de circulariteit in de woningsector, hebben we gewerkt met vijf scenario's (zie 1.2.5 voor een korte omschrijving).

De veronderstelde bevolkingsgroei is in de vijf scenario's nagenoeg gelijk, uitgangspunt zijn hierbij de volgende inwonersaantallen: 19 miljoen in 2030, 20 miljoen in 2040 en bijna 21 miljoen in 2050. Als gevolg hiervan vindt in elk scenario verstedelijking plaats vanwege een toenemende huisvestingsbehoefte. Echter, de manier waarop wordt gehuisvest verschilt tussen de scenario's en heeft invloed op enerzijds het aantal gerealiseerde nieuwbouwwoningen en anderzijds de locatie. Een factor die bepalend is in het aantal nieuwbouw woningen zijn normatieve verschillen op huisvesting en ruimtelijke ordening tussen de veronderstelde toekomstbeelden waar de scenario's op gebaseerd zijn.

Nieuwbouw

In Figuur 3.3 wordt de ontwikkeling van de woningvoorraad en de toepassing van de verschillende circulaire maatregelen tussen 2019 en 2050 per scenario weergegeven. In het Basispad worden in de periode 2019-2050 2,5 miljoen woningen gebouwd. Het aantal gebouwde woningen zijn het grootst in Snelle wereld en Mondiaal ondernemend (rond de 2,9 en 2,7 miljoen respectievelijk) en het kleinst in Groenland en Regionaal geworteld (rond

de 2,4 en 2 miljoen respectievelijk). De meeste woningen worden gebouwd¹⁷ in de periode 2019-2030, om de toekomstige vraag naar woonruimte te vervullen. In deze periode kunnen daardoor ook de meeste circulaire maatregelen worden toegepast. De grote verschillen tussen de nieuwbouwaantallen van de scenario's vormen zich pas in de periode na 2030.

Voor zowel Groen land als Regionaal geworteld zorgen alternatieve visies op huisvesting uiteindelijk voor een aanzienlijke afname in het aantal benodigde nieuwbouwwoningen ten opzichte van het Basispad. Voor Groen land komt dit door een toename in het delen van een woning met meerdere huishoudens, voor Regionaal geworteld komt dit door een toename in generatie wonen. Beide zijn gemodelleerd als coëfficiënt die het aantal huishoudens per woning bepalen. Doordat het totaal woonoppervlak kleiner is, varieert als gevolg hiervan het woonoppervlak per capita tussen de scenario's met een aantal procentpunten.

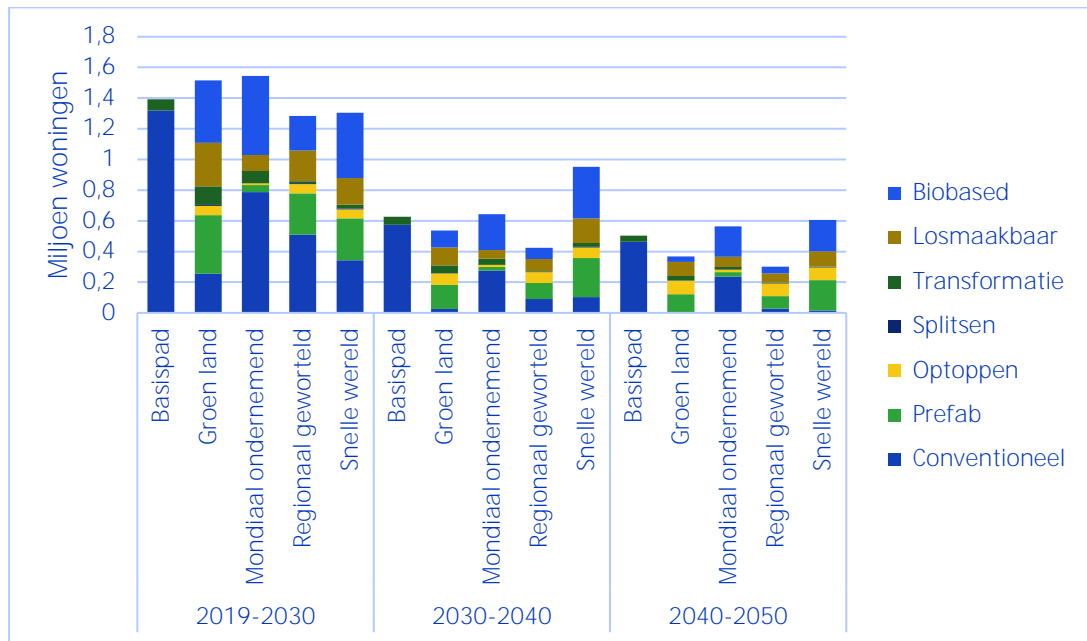
Daarnaast hebben visies op ruimtelijke ordening effect op de verdeling tussen woningtype en de hoeveelheid sloop-nieuwbouw dat plaatsvindt in de toekomstbeelden. Bijvoorbeeld, het aandeel appartementen neemt toe in alle toekomstbeelden behalve Regionaal geworteld. De meeste woningen worden gesloopt in Groen land vanwege een verbod op verstedelijking buiten bestaand bebouwd gebied waardoor alleen de bestaande gebouwde omgeving kan worden verdicht. In de rest van de toekomstbeelden, worden minder woningen gesloopt dan in het Basispad. In Regionaal geworteld is de woningsloop minimaal (gemiddeld minder dan 1000 per jaar), dit heeft enerzijds te maken met de lage nieuwbouwaantallen en anderzijds met de hoge mate waarop verstedelijking plaatsvindt buiten het bestaande gebouwde gebied. Ook deze dynamiek heeft invloed op het woonoppervlak per capita en uiteindelijk de materiaalstromen.

Met het narratief van de scenario's in het achterhoofd neemt het aandeel van de meeste circulaire maatregelen toe per decennium en wordt er minder conventioneel gebouwd. In Groen land wordt in 2040-2050 afgezien van conventioneel bouwen (0%). Daarentegen blijft conventioneel bouwen in Mondiaal ondernemend (met 0,24 miljoen woningen, circa 42%) een belangrijk aandeel van de gebruikte bouwmethoden.

In de circulaire scenario's worden prefab, losmaakbaar en (met name) biobased het meeste toegepast – in aantallen – in de periode 2019-2030. Dezelfde mate van toepassing van deze circulaire maatregelen blijft doorzetten naar 2030-2040 en 2040-2050. Tussen 2030-2040 neemt de toepassing¹⁸ van transformatie en optoppen toe (het meest bij Groen land en het minst bij Mondiaal ondernemend). Na 2040 neemt transformatie weer af, mede door een afname in de nieuwbouwaantallen en beschikbare bedrijfsterreinen. Het splitsen van woningen wordt in alle toekomstbeelden relatief weinig toegepast.

¹⁷ In de scenario's zijn deze aantallen hoger dan de beleidsplannen in de Nationale woon- en bouwagenda (zie sectie 2.2).

¹⁸ Dit verwijst naar de mate van toepassing in de scenario's. De potentie van circulaire maatregelen is het hoogst zodra het aantal beschikbare woningen en de vraag naar woonoppervlak het grootst is.



Figuur 3.3: Verdeling aandeel conventionele bouw en het circulaire maatregelen voor het Basispad en de vier circulaire scenario's (TNO, 2024).

Bestaande bouw

Voor de verduurzaming van de bestaande woningvoorraad geven isolerende werkzaamheden een stabiel beeld tussen de vijf scenario's, met minimale schommeling in de hoeveelheden verduurzaming. Dit heeft te maken met de omvang van de bestaande voorraad. Ontwikkelingen in ruimtelijke zin hebben weinig invloed⁷⁹ op de hoeveelheid verduurzaming van bestaande woningen.

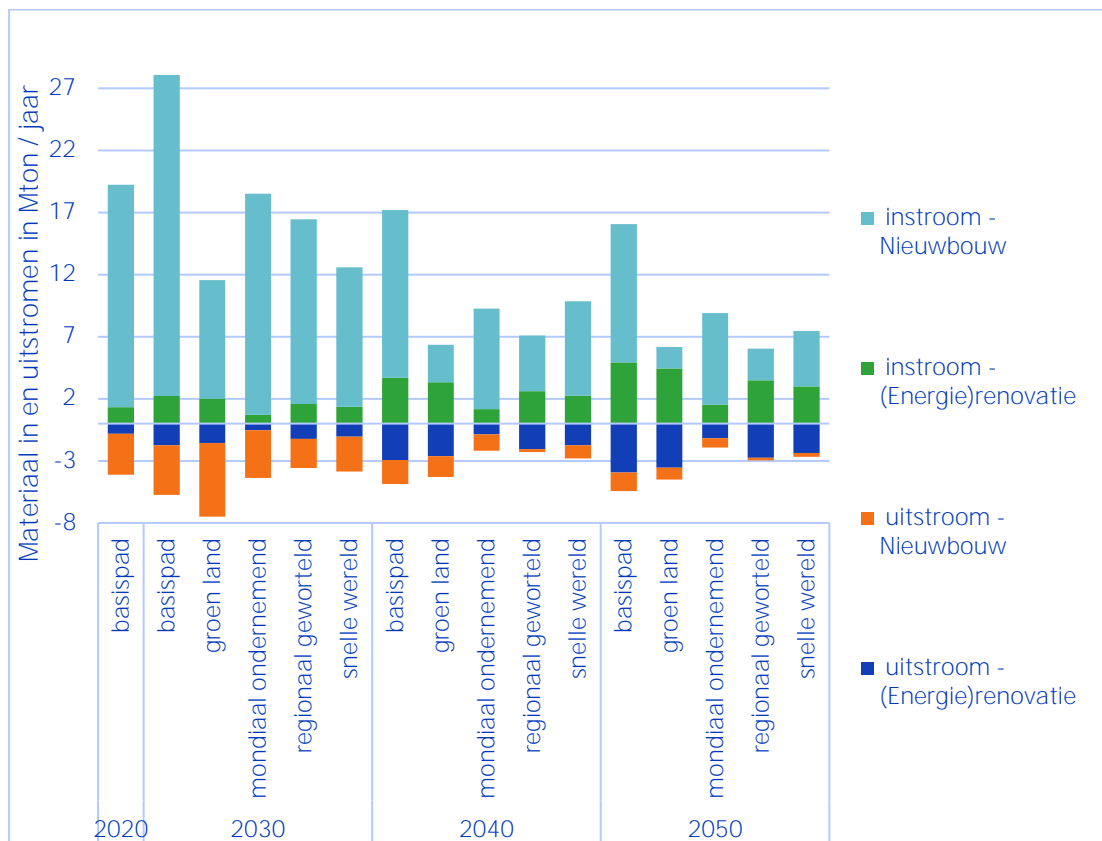
In alle vijf de scenario's is (energie)renovatie van bestaande bouw meegenomen. De omvang van herstel en verbouw is per toekomstbeeld gedifferentieerd op basis van de schattingen uit het EIB en Metabolic onderzoek (Arnoldussen et al., 2022). Aangezien renovatie als (functionele-)levensduurverlengde maatregel past binnen de circulaire strategie 'slow the loop', is de omvang van deze maatregel geschaald naar de verwachte intensiteit binnen de toekomstbeelden. Hierdoor valt voor alle vier de toekomstbeelden de omvang van (energie)renovatie lager uit ten opzichte van het Basispad, ondanks dat materiaalstromen van isolerende maatregelen op basis van het HESTIA model er nog bij opgeteld worden.

3.3 Impact op materiaalstromen op verschillende niveaus, bestaande bouw steeds belangrijker

De scenario's laten sterke onderlinge verschillen in materiaalvraag en uitstroom zien. In 2019-2030 is er een duidelijke piek in het aantal gerealiseerde woningen, deze trend is duidelijk terug te zien in de materiaalinstroom. In tegenstelling tot nieuwbouw neemt

⁷⁹ voor de in materiaalstromen van (energie)renovatie hebben we naast de isolatie maatregelen gemodelleerd in HESTIA herstel- en verbouw data gebruikt van EIB & Metabolic om te variëren in materiaalintensiteit tussen de (van der Molen et al., 2023; Arnoldussen et al., 2022).

(energie)renovatie de komende decennia toe, weliswaar variërend in omvang vanwege verschillende mate van uitvoering van de circulaire strategie ‘slow the loop’. Ook deze trend is terug te zien in de materiaalinstroom en -uitstroom (Figuur 3.4). Hieruit volgt dat het materiaalgebruik van (energie)renovatie een steeds belangrijkere rol krijgt in de circulaire woningsector. Zo blijft bijvoorbeeld de materiaalinstroom van Groen land enigszins constant in de periode 2030-2050, terwijl de nieuwbouwaantallen afnemen (Figuur 3.3). Het aandeel van (energie)renovatie overstijgt op den duur nieuwbouw in Groen land (vanaf 2030-2040) en Regionaal geworteld (vanaf 2040-2050).



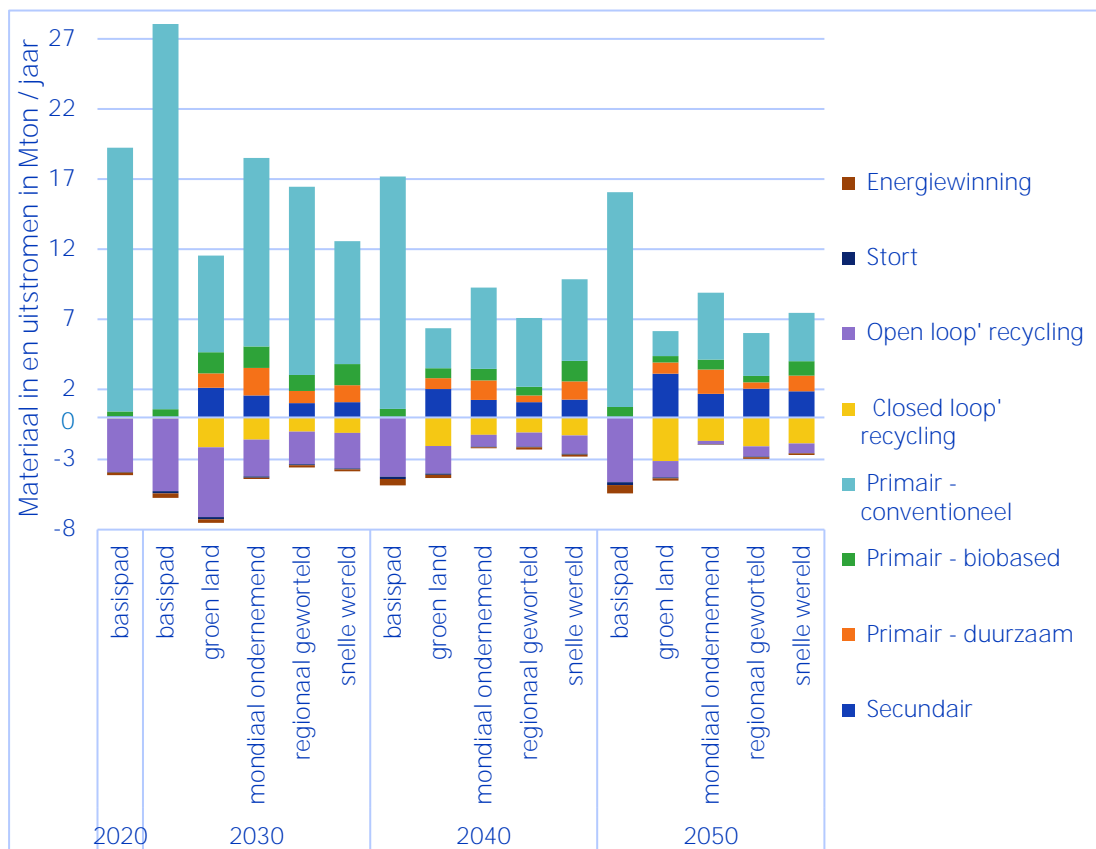
Figuur 3.4: Verdeling van de materiaal in- en uitstroom in Mton / jaar tussen nieuwbouw en (energie)renovatie (TNO, 2024).

Desalniettemin zijn circulaire maatregelen voor nieuwbouw complementair en op zichzelf effectief. Dat wil zeggen: de combinatie van verschillende circulaire maatregelen voor nieuwbouw heeft in alle scenario's een aanzienlijke invloed op de materiaalinstroom. Dit is met name te zien bij Groen land; in dit toekomstbeeld worden (op Mondiaal ondernemend na) de meeste woningen gerealiseerd in 2019-2030, maar is de materiaalvraag lager dan in de andere scenario's. Over de gehele periode van 2019 tot 2050 heeft Snelle wereld het hoogste aantal gerealiseerde nieuwbouw (grootste verschil in 2040-2050), echter is het totale materiaalgebruik lager dan bij Mondiaal ondernemend vanwege een toename in prefab, losmaakbaar en biobased bouwen en het optoppen van woningen.

Naast circulaire maatregelen op woningniveau, worden er ook op andere plekken in de keten keuzes gemaakt die de instroom en uitstroom van materialen beïnvloeden – zowel in omvang als bestemming van de uitstroom. Bijvoorbeeld het circulair slopen en recycleren van materialen binnen de woningsector, en het duurzamer produceren van materialen zoals

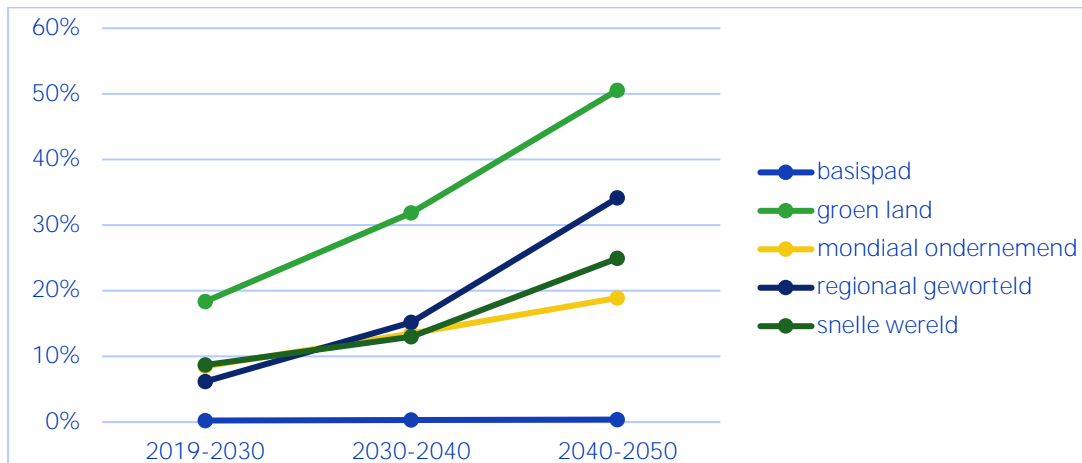
beton, keramiek en staal. Het aandeel duurzaam geproduceerde materialen neemt voor alle toekomstbeelden toe over tijd. Daarnaast neemt in alle vier de toekomstbeelden de instroom van biobased materialen af, dit heeft naast de afname in nieuwbouwaantallen na 2030 te maken met het gebruik van gerecycled hout in (energie)renovatie. Deze materiaalstroom maakt onderdeel uit van de secundaire instroom (Figuur 3.5).

De mate waarop met recycleren de vraag naar materialen kan worden voldaan is afhankelijk van de materiaaluitstroom, oftewel de hoeveelheid (circulaire) sloop dat plaatsvindt als gevolg van nieuwbouw en (energie)renovatie. De vraag naar nieuwbouwwoningen overtreft het aanbod van gesloopte woningen in alle scenario's, zowel in aantallen als in materiaalmassa. Wat aantoont dat gegeven de afname in de bouw van nieuwe woningen en een toename in (energie)renovatie, een blijvende netto vraag naar materialen zal aanhouden. Dit onderschrijft het belang van biobased en duurzaam geproduceerde materialen als belangrijk aandeel van de instroom.



Figuur 3.5: Materiaal in en uitstromen voor het Basispad en de vier circulaire scenario's voor zowel bestaande bouw als nieuwbouw in Mton / jaar (TNO, 2024).

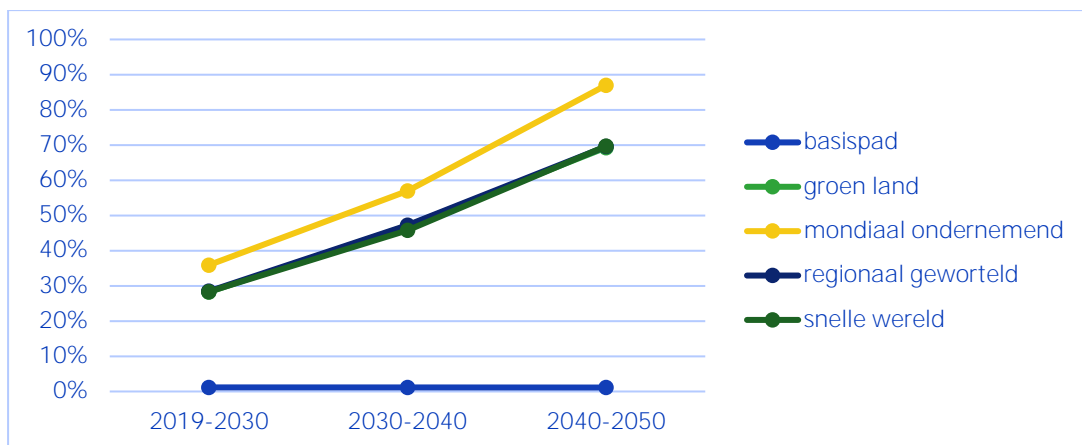
Het aandeel secundaire materialen varieert sterk per scenario, wat wijst op de invloed van de hoeveelheid sloop en (energie)renovatie, en de mate van uitvoering van 'closed loop' recycleren. Van de vijf scenario's heeft Groen land met 51% in 2040-2050 het grootste aandeel secundaire materialen van de materiaalinstroom, afkomstig met name uit (energie)renovatie. Opgevolgd door Regionaal geworteld (34%), Snelle wereld (25%) en Mondiaal ondernemend (19%) respectievelijk (Figuur 3.6).



Figuur 3.6: Aandeel secundaire materialen van de totale materiaalinstroom (TNO, 2024).

De discrepantie tussen het aandeel secundaire materialen van de in- en uitstroom heeft grotendeels te maken met de omvang van de in- en uitstroom zelf. Mondiaal ondernemend heeft een grote mismatch tussen de in- en uitstroom van nieuwbouw, en een lage omvang van (energie)renovatie ten opzichte van nieuwbouw. Hierdoor kan slechts 19% van de totale vraag voorzien worden met secundaire materialen, in tegenstelling tot Groen land waar deze verschillen kleiner zijn (de omvang nieuwbouw versus de omvang (energie)renovatie enerzijds en de mismatch tussen de materiaal in- en uitstroom anderzijds). De omvang van de secundaire instroom wordt bepaald door de omvang van de materiaaluitstroom en mate van uitvoering van ‘closed loop’ recycleren. In tegenstelling tot het relatief lage aandeel secundair materiaal in de instroom heeft mondiaal ondernemend de hoogste mate van uitvoering ‘closed loop’ recycleren van de totale uitstroom (Figuur 3.7). De andere circulaire scenario’s laten een vergelijkbare trend zien.

Alhoewel door een flinke inzet op circulaire maatregelen de primaire materiaalvraag aanzienlijk kan afnemen richting 2050, is het volledig sluiten van kringlopen tot 2050 niet haalbaar. Voor veel materialen zal Nederland daarom afhankelijk blijven van materiaalimport, wat risico’s met betrekking tot leveringszekerheid met zich meebrengt. Om deze afhankelijkheid te beperken blijft het opschalen van de lokale bouwmaterialen industrie, zowel voor primaire als secundaire productie, belangrijk.



Figuur 3.7: Aandeel ‘closed loop’ recycleren van de totale materiaaluitstroom (TNO, 2024).

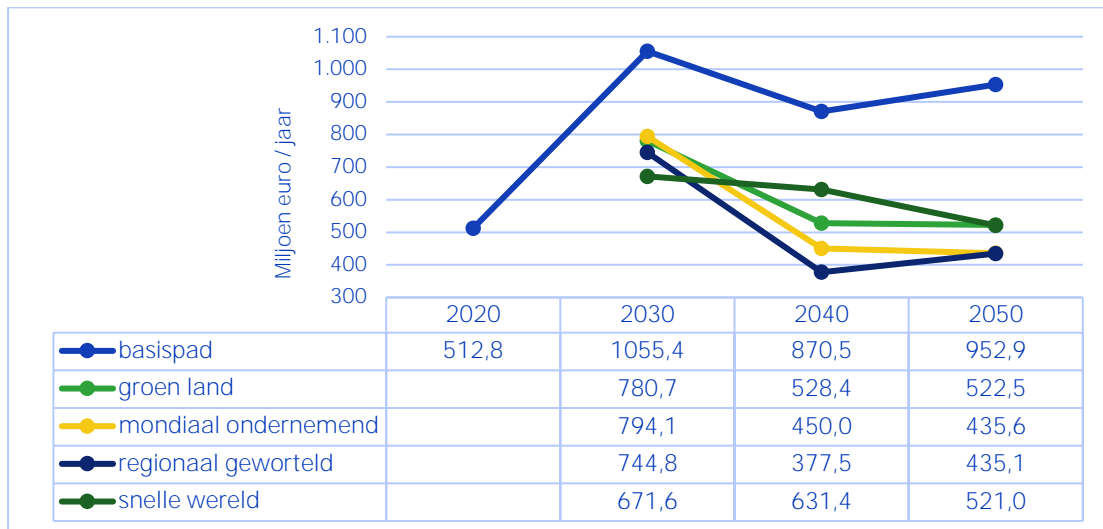
3.4 Klimaat- en milieu impact naar 2050 geven een optimistisch beeld, maar nog niet toereikend

De materiaalstromen van de vijf scenario's geven inzicht in de herkomst, omgang en omvang van materialen in de komende decennia als gevolg van veranderingen in de materialenmix door de implementatie van circulaire maatregelen, de toename van (energie)renovatie, de afname van nieuwbouw en keuzes rondom huisvesting en ruimtelijke ordening. Deze dynamiek heeft uiteindelijk invloed op de klimaat- en milieu- impact van het materiaalgebruik in de woningsector (Figuur 3.8 en Figuur 3.9).

Binnen de huidige geformuleerde scenario's lijken aanzienlijke besparingen in milieukosten mogelijk. Ook in de scenario's waar veel gebouwd wordt de komende decennia. De milieukosten voor nieuwbouw nemen de komende decennia af door een afnemend aantal nieuwbouwwoningen en een toenemende hoeveelheid circulaire nieuwbouw maatregelen. De milieukosten van (energie)renovatie nemen toe de komende decennia door een groeiende renovatie opgave, waardoor het materiaalgebruik toeneemt. In Groen land, Regionaal geworteld en het Basispad is het aandeel van (energie)renovatie in 2040-2050 meer dan 50% van de totale milieukosten. Ondanks het hoge percentage 'closed loop' recycleren dat mogelijk is bij (energie)renovatie, drukt de toename van materiaalgebruik als gevolg van (energie)renovatie op de totale milieukosten.

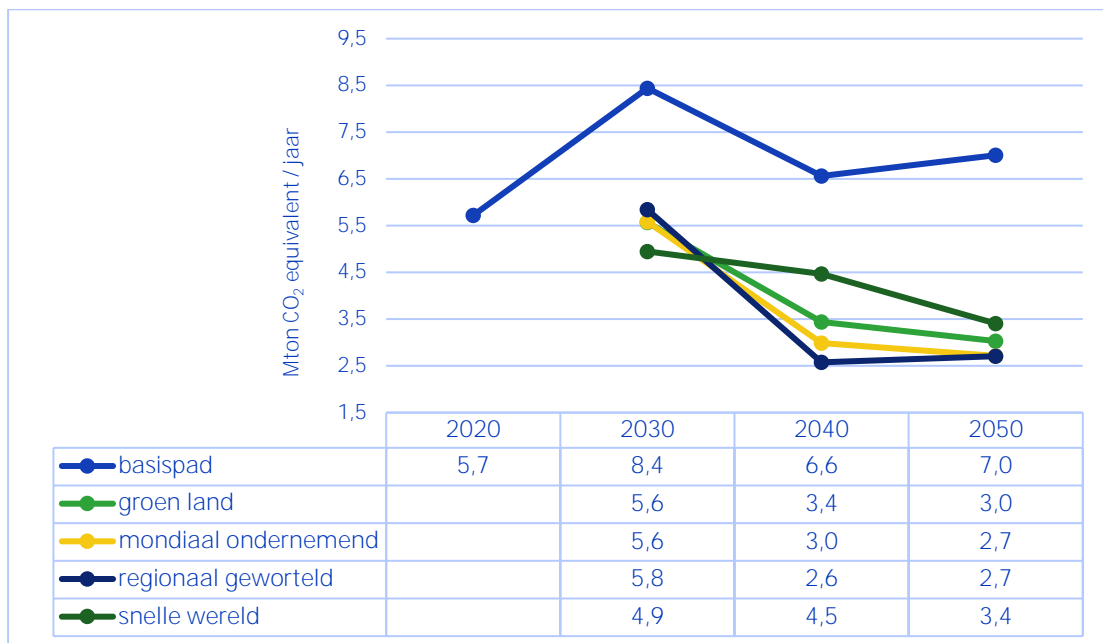
Bij Snelle wereld en Mondiaal ondernemend blijft het aandeel materialen voor nieuwbouw groter dan voor (energie)renovatie. In deze toekomstbeelden drukken de hoge nieuwbouwcijfers en het woonoppervlak per capita op de totale milieukosten, het effect van circulaire maatregelen is hier duidelijk zichtbaar. Bijvoorbeeld de toename in biobased, secundair en duurzaam geproduceerde materialen, en de afname in conventionele materialen als gevolg van onder andere meer substitutie. In beide toekomstbeelden zijn de milieukosten relatief laag ten opzichte van Groen land en Regionaal geworteld vanwege de geringe omvang van (energie)renovatie.

Er is een robuuste reductie in milieukosten ondanks verschillen tussen de gemaakte keuzes en uitkomsten van de toekomstbeelden. In de vier toekomstbeelden nemen de milieukosten de komende decennia af. Snelle wereld laat een geringere afname zien; de milieukosten nemen in dit toekomstbeeld minder snel af vanwege de hoge nieuwbouwaantallen en toename in (energie)renovatie. Voor Regionaal geworteld zijn de milieukosten hoger in de periode 2040-2050 dan in 2030-2040 vanwege een toename in (energie)renovatie en forse daling in het aantal gerealiseerde nieuwbouwwoningen. Een halvering van de milieukosten in 2030 en een volledige reductie tot 0 in 2050 blijft echter achterwege, daarmee worden in deze scenario's de doelstellingen (MKI naar 0) binnen de uitgangspunten van deze scenario's nog niet gehaald, evenals het tussendoel 50% reductie in 2030.



Figuur 3.8: jaarlijkse milieukosten (MKI) voor het Basispad en de vier circulaire scenario's (TNO, 2024).

Broeikasgasemissies en milieukosten laten een vergelijkbare trend zien richting 2050. We kunnen een aantal dingen constateren. Alle vier de circulaire scenario's laten een daling zien ten opzichte van het Basispad scenario. De BKG van de vier circulaire scenario's zijn in 2019-2030 vergelijkbaar met de situatie van het Basispad in 2020. Groen land heeft een lagere (cumulatieve) BKG ten opzichte van Snelle wereld. Mondiaal ondernemend en Regionaal geworteld komen met verschillende routes uit op de laagste BKG van 2,7 Mton CO₂ equivalent per jaar. De afname over tijd is groter voor de BKG dan voor de MKI. Dit komt door het verschil in impact per kilogram materiaal tussen de MKI en BKG. Zo heeft BKG relatief een grotere impact per kilogram beton, staal & ijzer dan de MKI van deze materialen. Omdat deze materialen een groot deel van de impact in 2020 vormen en de vraag richting 2050 afneemt in de circulaire scenario's, is de daling voor de BKG sterker.

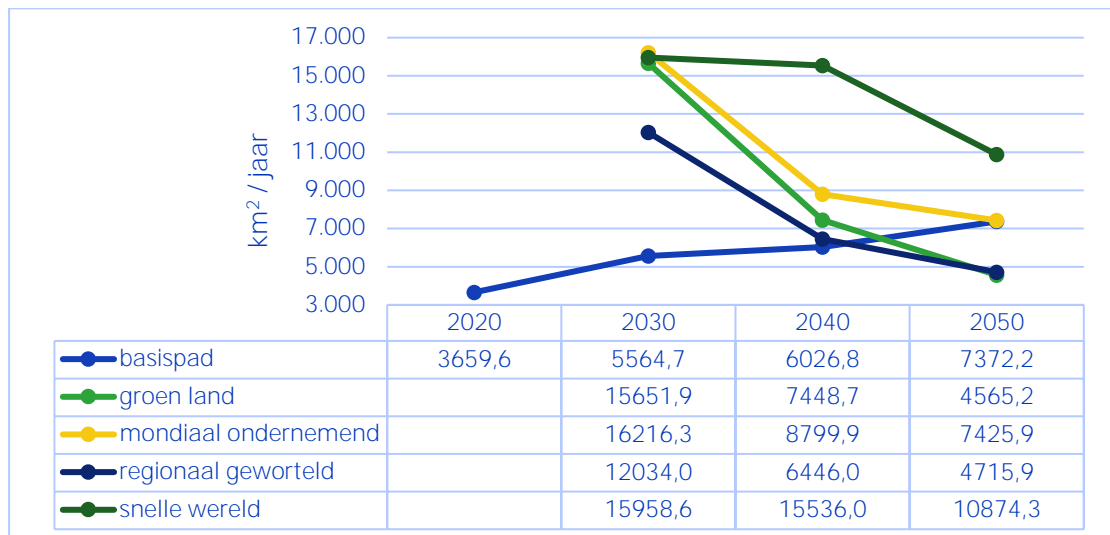


Figuur 3.9: Jaarlijkse broeikasgasemissies (BKG) voor het Basispad en de vier circulaire scenario's (TNO, 2024).

3.5 Landgebruik naar 2050 vraagt om aandacht; impact op biodiversiteitsverlies buiten zicht

De primaire invloed op landgebruik is gerelateerd aan het aandeel biobased materialen van nieuwbouw (met van maatregelen zoals name prefab, optoppen en biobased bouwen) en het aandeel biobased materialen van (energie)renovatie. Vanwege het aandeel biobased materialen in de nieuwbouwvraag neemt het landgebruik scherp toe in 2019-2030. Het gebruik van biobased materialen is in Regionaal geworteld laag waardoor landgebruik circa 4000 km²/jaar lager is. Vanwege het aandeel biobased materialen in (energie)renovatie en afwezigheid van recylen neemt landgebruik in het Basispad toe tot 2050.

In de periode 2030-2040 vertonen de toekomstscenario's een dalende trend in landgebruik, met uitzondering van Snelle wereld, waar een groter aandeel hout in het materiaalgebruik voor slechts een kleine daling zorgt. Landgebruik verschilt enkele duizenden km²/jaar ten opzichte van het Basispad (voor Regionaal geworteld zelfs enkele honderden). Voor Snelle wereld daalt het landgebruik lichtelijk vanwege aanhoudende nieuwbouw, vergelijkbaar met milieukosten en broeikasgasemissies. In 2040-2050 daalt het landgebruik van Groen land en Regionaal geworteld onder het Basispad. Dit heeft te maken met de lage nieuwbouwaantallen en het hoge percentage 'closed loop' recylen van hout voor (energie)renovatie. Vanwege de aanhoudende biobased nieuwbouw in Mondiaal ondernemend en Snelle wereld is het landgebruik gelijk of hoger ten opzichte van het Basispad.



Figuur 3.10: Totale landgebruik voor het Basispad en de vier circulaire scenario's (TNO, 2024).

Naast biobased materialen gaat voor alle materialen de winning van primaire grondstoffen gepaard met landgebruik. Het aandeel van deze materialen is echter klein ten opzichte van het landgebruik voor de productie van hernieuwbare grondstoffen en lastig uit te drukken in km². Doordat het aandeel 'closed loop' recylen toeneemt, is de verwachting dat landgebruik voor deze materialen afneemt. Deze trend is wel vastgesteld voor het gebruik van hout in (energie)renovatie.

Voor de piekvraag naar biobased materialen betreft het landgebruik circa 39% van het totaaloppervlak van Nederland. Er is in de circulaire scenario's geen rekening gehouden met een toename van aanvullende biobased materialen (naast hout) in de materialenmix van nieuwbouw en (energie)renovatie, waardoor in de toekomst landgebruik mogelijk zal blijven toenemen. Zoals bijvoorbeeld de opschaling van biobased isolatiemateriaal en composieten als gevolg van de Nationale Aanpak Biobased Bouwen.

Volgens het CBS wordt op dit moment 54% van de totale oppervlakte in Nederland gebruikt voor landbouw (CBS, 2020) en lijkt de opgave theoretisch haalbaar te zijn. Desondanks is de verwachting dat er een blijvende afhankelijkheid op het buitenland zal aanhouden, onder andere voor materialen zoals hout, doordat landbouwgrond ook voor de voedselvoorziening nodig zal blijven. Grip op biodiversiteit valt alleen voor de binnenlandse en Europese productie binnen de invloedssfeer van Nederlandse overheid. Voor de Nederlandse materiaalvraag afkomstig van buiten Europa zal het effect op het (mondiale) biodiversiteitsverlies onzeker blijven.

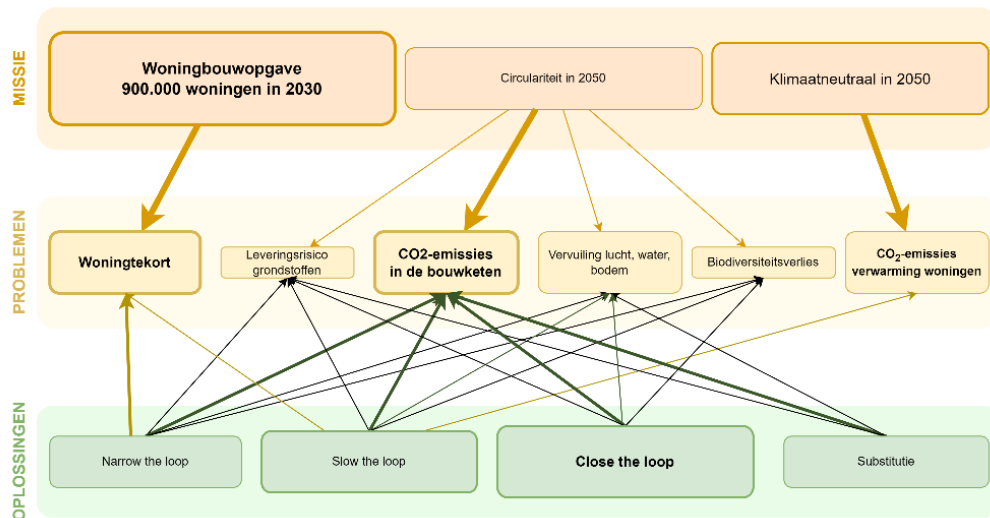
4 Kansen en barrières

In dit hoofdstuk worden op basis van de MIS-analyse kansen en barrières toegelicht. We nemen als vertrekpunt de missies van de woningsector, waaruit verschillende barrières en kansen zich voortdoen. Vervolgens analyseren we de toepassing van de vier circulaire strategieën in de woningsector en reflecteren we op de sturing vanuit overheden en opdrachtgevers. Tenslotte grijpen we terug naar de toekomstbeelden waarbij we reflecteren op de geïdentificeerde barrières en kansen voor circulaire maatregelen op basis van de uitkomsten van de ‘foresight’ workshop.

4.1 Spanning tussen meerdere missies

In de woningsector zijn naast de circulaire missie, twee andere missies die het toekomstbeeld voor de woningsector en daarmee de huidige sturing op het systeem mede bepalen. Enerzijds zorgt het huidige woningtekort in Nederland voor een bouwopgave van 900 duizend woningen in de periode tot 2030 (zie 2.2). Anderzijds liggen er de ambities uit het Klimaatakkoord gericht op de transitie naar een duurzame woningvoorraad. Dit houdt in dat woningen in 2050 goed geïsoleerd zijn en emissievrij verwarmd worden. De bouwopgave en de verduurzaming van de voorraad worden volgens verschillende geïnterviewden geprioriteerd binnen de sector en kunnen daarmee aandacht wegnemen van circulariteitsambities. Dat komt door een veronderstelde afruil tussen de bouwopgave en warmtetransitie aan de ene kant en circulariteit aan de andere kant, die zorgt voor een (ondervonden) extra complexiteit en daarmee vertraging van de circulaire transitie.

De bouwopgave en de verduurzaming van de voorraad kunnen wel in synergie met de circulaire strategieën werken, bijvoorbeeld door het krachtig inzetten op circulaire maatregelen, zoals in Hoofdstuk 3 geïdentificeerd: woning splitsen, transformatie en optoppen om bij te dragen aan de bouwopgave, of het losmaakbaar bouwen en inzet van secundair of biobased materiaal om de voorraad te verduurzamen. Dit houdt in dat samenwerking tussen deze doelen mogelijk is, maar dat de focus op circulariteit ook kan knellen met de *‘voornaamste missie in de woningsector, namelijk betaalbaar huisvesten’* (Interview bouwmaterialenleverancier). Daarmee zorgt de huidige indeling, maar ook een mogelijke samenwerking van doelen voor extra spanning en complexiteit tussen missies binnen de sector (Figuur 4.1).



Figuur 4.1: Schematische weergave van de relatie tussen beleidsdoelen, uitwerkingen van beleid, en circulariteitstrategieën²⁰ (Bours & Harmsen, 2024).

4.2 Reductie van CO₂-emissies wordt door stakeholders gezien als het voornaamste doel voor circulariteit

Binnen de woningsector is steeds meer aandacht voor de circulaire transitie. De activiteiten van het transitieteam laten zien dat de legitimiteit en populariteit voor een circulaire woningsector groeit, maar door verschillende bouwers en corporaties wordt circulariteit gezien als ‘relatief nieuw’ en een ‘vaag en moeilijk tastbaar begrip’ (Interview bouwer). Het is voor verschillende partijen nog onduidelijk wat volledig circulair in 2050 voor de woningsector precies betekent. Sommige geïnterviewden zouden graag een reductie van broeikasgasemissies en specifiek van CO₂-uitstoot als proxy zien voor CE. Daarmee blijven de andere problemen, zoals biodiversiteitsverlies, leveringsrisico’s en vervuiling onderbelicht, maar de CO₂-reductie die met circulaire strategieën gerealiseerd kan worden zorgt er wel voor dat ‘mensen snappen waar circulariteit impact heeft [...] en waarom ze circulariteit zouden moeten toepassen’ (Interview Bouwer). Een aantal geïnterviewden stelt dat circulariteit niet het doel op zich moet zijn, maar dat het gaat om het reduceren van klimaat- en milieuimpact en dan vooral CO₂. Andere maatschappelijke problemen waar circulariteit een bijdrage aan kan leveren, zoals het verminderen van leveringsrisico’s, vervuiling en biodiversiteitsverlies, worden niet of minder vaak benoemd door de geïnterviewden.

²⁰ De dikte van de pijlen en de grootte van de tekstvakken geven aan welke onderdelen of relaties door de actoren uit het innovatiesysteem belangrijk worden bevonden.

4.3 Strategieën bevinden zich in verschillende fases van ontwikkeling

Circulaire werkwijzen zijn niet onbekend voor de bouw. Zo probeert de bouw sinds jaar en dag een zuinige constructie te ontwerpen, en een dak te realiseren dat zo lang mogelijk meegaat. Ook gaat de inzet van hout en riet millennia terug. Toch is er meer dan voldoende ruimte om meer te doen op het gebied van circulariteit.

De vier circulaire strategieën (zie 1.2.3) bevinden zich allemaal in een andere fase van ontwikkeling, alhoewel de meeste maatregelen zich in de ‘take-off’ fase bevinden (Figuur 4.2). Dat oplossingen in de ‘take-off’ fase zitten betekent dat er geëxperimenteerd is, dat er werkende prototypes zijn en dat de eerste commerciële toepassingen reeds hebben plaatsgevonden. Dit wordt in de volgende paragrafen verder uitgelegd. Daardoor is het nu zaak om voor die oplossingen naar de versnellingsfase door te groeien waarin ze op grotere schaal in de markt toegepast worden. Om hier te komen is het, onder andere, noodzakelijk dat kennis van succesverhalen gedeeld en omarmd worden, zodat er voldoende middelen ter beschikking komen en er gunstige marktomstandigheden ontstaan voor de doorontwikkeling. De verandering in de verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid van bouwbedrijven vanuit de Wet kwaliteitsborging kan een mogelijke bedreiging vormen voor de toepassing van innovaties en secundaire materialen (Interview kennisinstelling). De verschillende strategieën worden hieronder in meer detail toegelicht.

‘Narrow the loop’ (Verminderen van primair grondstoffengebruik)

Er is een groeiend vertrouwen in en inzet op circulaire maatregelen gericht op het efficiënter bouwen en efficiënter omgaan met ruimte. De behoefte voor het creëren van extra woonruimte lijkt vooral belangrijk voor de periode tot 2030 vanwege de grote woningvraag tot die tijd. Desondanks is besluitvorming en het beleid rondom deze ‘narrow the loop’ maatregelen ingewikkeld, bijvoorbeeld de juridische aspecten die komen kijken bij het eigendomsrecht van een gebouw dat opgetopt dient te worden. Dit dient op korte termijn vorm te krijgen om nog impact te kunnen maken. Als na 2030 de behoefte aan nieuwe woningen afneemt, wordt ook het potentieel voor optoppen, splitsen en transformeren kleiner. In de circulaire scenario’s uit het vorige hoofdstuk is de mate van toepassing van deze maatregelen het hoogst in de periode na 2030, waardoor de uiteindelijke potentie van deze circulaire maatregelen in de circulaire scenario’s lager uitvalt. Dit duidt op de noodzaak voor het versnellen van de grootschalige toepassing van deze maatregelen.

‘Slow the loop’ (Levensduurverlenging)

Ook is er meer draagvlak voor het renoveren van bestaande woningen ten behoeve van levensduurverlenging, omdat dit vaak samenhangt met het verduurzamen van de voorraad. Prijs speelt echter op dit moment nog een cruciale rol bij de keuze tussen renovatie of sloop voor nieuwbouw. Daarnaast is het vaak niet helder voor opdrachtgevers hoe de keuze voor vervangen of renoveren uitwerkt in milieu- en CO₂-impact. De acceptatie en de toepassing van hergebruikte elementen zoals deuren en toiletten uit woningen groeit, alhoewel er ook knelpunten zijn die versnelling in de transitie belemmeren. Knelpunten voor het demonteren en hergebruiken van elementen uit woningen hebben te maken met onzekerheid over de kwaliteit van de elementen (hoe moeten die getoetst en geborgd worden?), de mogelijk hogere kosten, en het afstemmen (in tijd en ruimte) van het aanbod aan gebruikte elementen en de vraag ernaar. Daarnaast belemmeren het “oude denken” (veel bewoners willen nieuw) en een groei-economie de opschaling van meer hergebruik. Tegelijkertijd, zolang de instroom en daarmee de vraag naar materialen groter is dan de uitstroom (en dus

het aanbod secundaire materialen) zijn kringlopen niet te sluiten via alleen secundair materiaalgebruik.

‘Close the loop’ (hoogwaardige verwerking)

Recycling van materialen gebeurt momenteel volop, zie Figuur 2.3). Als men over circulaire economie praat, gaat het al snel over secundaire materialen. Bijna alle materialen die vrijkomen worden al gerecycled (zie 2.4), maar het grootste gedeelte verdwijnt buiten de keten van de woningsector als funderingsmateriaal onder wegen. Er vinden wel experimenten plaats om beton te breken zodat het weer opgewerkt kan worden tot nieuw beton, echter is de toepassing van deze technologie nog niet ver genoeg ontwikkeld en daardoor duurder dan de prijs die voor primair beton betaald moet worden om als standaard toegepast te worden (Interview woningcorporatie). Daarnaast ontbreken wetten en regels om de kringloop in de woningsector te sluiten zoals een recyclingpercentage of het toepassen van recycelaat binnen de sector. Hier wordt op Europees niveau in het kader van de Kaderrichtlijn Afvalstoffen wel over gepraat.

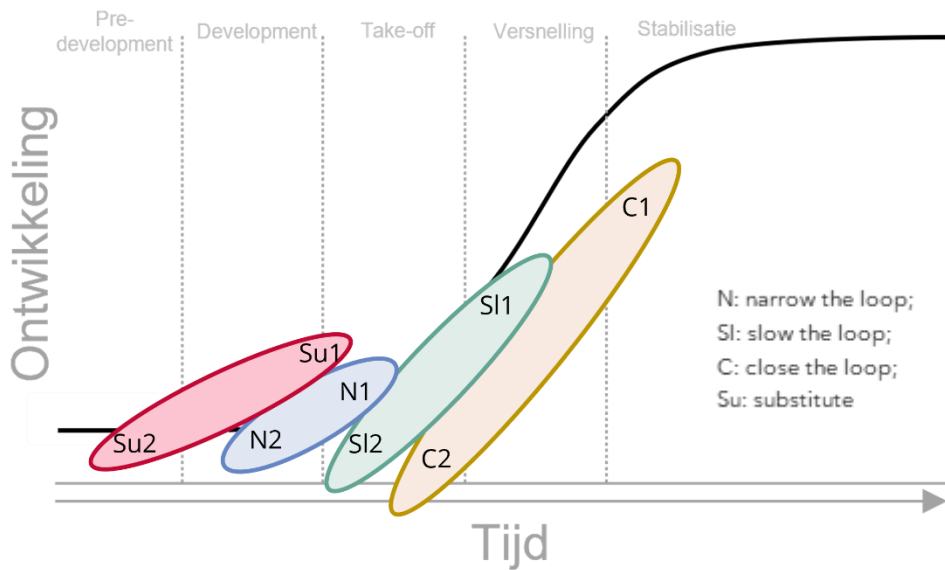
Voor het hergebruiken van materialen gelden dezelfde barrières als voor het hergebruiken van objecten. De bereidheid van opdrachtgevers om deze materialen te gebruiken wordt beïnvloed door de hogere prijs van secundair materiaal, de onbekendheid met de materialen, en de (gebrekkige) garanties met betrekking tot functionaliteit, duurzaamheid en veiligheid van secundair materiaal, met risicomijdend gedrag als logische consequentie.

Substitutie van grondstoffen door biobased materiaal²⁷

Substitutie van primaire grondstoffen door duurzame biograndstoffen kent een sterke lobby en krijgt veel steun vanuit de industrie en ministeries zoals in het Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB). Er wordt gewerkt aan een lange termijnvisie via de NABB en er vinden volop experimenten plaats met biobased grondstoffen en houttoepassingen, zoals gehele woningen uit hout gebouwd.

Toch vinden toepassingen nog veelal incidenteel plaats. Onbekendheid van de materiaaltoepassingen, de (op het moment) hogere kosten en onzekerheid met betrekking tot kwaliteitsgaranties (zoals de brandklasse en of het FSC hout is) maken veel opdrachtgevers huiverig, wat duidt op vergelijkbare barrières als met het toepassen van secundaire materialen en objecten. Ten slotte bestaan er zorgen dat sommige sturingsmechanismen die biobased materialen stimuleren tot ongewenste effecten leiden waarmee de behaalde milieuwinst teniet wordt gedaan. Een voorbeeld van een mogelijk ongewenst effect is de eis van een minimumpercentage biograndstoffen wat kan leiden tot onnodig dikke wanden.

²⁷ Onder substitutie verstaan we hier alleen het vervangen van primair fossiel materiaal door hernieuwbare grondstoffen (biobased materiaal). Substitutie van primair materiaal door inzet van secundair materiaal zien we voor de MIS analyse als een onderdeel van de Close the loop strategie, omdat de knelpunten van recycleren en het toepassen van recycelaat met elkaar verbonden zijn



Figuur 4.2: Schematische weergave van de fase van ontwikkeling van de vier circulaire strategieën (1 = bestaande bouw, 2 = nieuwbouw) (Bours & Harmsen, 2024).

4.4 Overheden en opdrachtgevers sturen nog onvoldoende op circulariteit

Vooraf (decentrale) overheden (zoals ministeries BZK, EZ, I&W, VRO en KGG, provincies en gemeenten) en opdrachtgevers van bouw- of renovatieprojecten (zoals woningcorporaties, projectontwikkelaars en beleggers) kunnen de circulaire transitie richting geven. Zij zijn namelijk de actoren die keuzes voor het uiteindelijke bouwwerk kunnen maken die een bijdrage kunnen leveren aan de circulariteit in de woningsector.

In de praktijk worden (circulaire) keuzes hoofdzakelijk gedreven door de prijs, beschikbaarheid en bekendheid van circulaire maatregelen. Wanneer circulaire toepassingen goedkoper zijn, zijn opdrachtgevers eerder bereid over te stappen. In de regel krijgen keuzes voor traditionele maatregelen echter de voorkeur omdat circulaire oplossing vaak duurder zijn of omdat de voordelen pas op lange termijn tot uiting komen (zoals bij modulair ontwerpen pas na 70-100 jaar). De nationale overheid bepaalt via wetten en regels op nieuwbouw- en renovatieprojecten, zoals met het Besluit bouwwerken leefomgeving, de materiaalinzet in de bouw en de richting van ontwikkelingen daarin. In deze wetten en regelgeving zijn – zeker voor bestaande bouw – echter nog weinig sturende mechanismen voor circulariteit aanwezig. VvE's zijn bijvoorbeeld wettelijk verplicht om een meerjarenonderhoudsplan te hebben, maar daarin worden geen eisen gesteld voor circulariteit. Daarnaast wordt er weinig gedaan om het aanbod van secundaire of biobased bouwmaterialen te stimuleren en uit te breiden voor particuliere woningeigenaren die hun woning willen verduurzamen, met uitzondering van de ISDE-regeling voor biobased isolatiemateriaal. Initiatieven bestaan wel, maar zijn kleinschalig, zoals 'de Circulaire Bouwmarkt' is een mooi voorbeeld van het recirculeren van secundaire materialen, maar voorziet slechts in fractioneel deel van de totale materiaalinzet.

De maatregel die momenteel de circulariteit van nieuwbouwwoningen stimuleert is de milieuprestatie gebouwen (MPG). Dit is tevens één van de indicatoren in Het Nieuwe

Normaal (HNN) wat een standaard voor circulair bouwen vanuit verschillende aspecten biedt. HNN wordt door meerdere geïnterviewden aangedragen als een goede stap om circulair bouwen te bevorderen. De berekende MPG-score wordt ingezet om ‘tijdens het gunningsproces te kunnen sturen op duurzamer en meer circulair ontwerpen van gebouwen. De MPG-score van een gebouw is de som van de schaduwkosten van alle toegepaste materialen gedeeld door de oppervlakte: hoe lager de MPG-score, hoe duurzamer het materiaalgebruik in een gebouw’ (Arnoldussen et al., 2023, p. 15). Er zijn echter een aantal problemen met het gebruik van de MPG (Copper8, 2022; Overheid, 2024). Hieronder een niet uitputtend overzicht met problemen van de MPG:

Ten eerste heeft de grootte van een woning een sterke invloed op de score: woningen met een groter oppervlak krijgen een betere score dan woningen met een klein oppervlak. Ten tweede wordt toekomstig hergebruik niet meegenomen in de berekening. Ten derde wordt de opslag van CO₂ in hout niet goed meegenomen in de MPG waardoor biobased toepassingen minder scoren op dit punt dan zou kunnen. Ten slotte scoort de MPG vooral de MKI, en zijn de effecten op biodiversiteit, en waardebehoud van bestaande woningen niet vertegenwoordigd. Mede vanwege deze problemen concluderen experts dat de huidige MPG nog onvoldoende stuurt of kan sturen op circulariteit.

Vanuit de sector is er niet een gedeeld, eenduidig beeld van wat de rol van de overheid zou moeten zijn (Barendregt et al., 2023). Zowel in beleid, als in de bouwsector zelf wordt gekeken naar de rol van de overheid. Er is meer beleid nodig om de transitie naar een circulaire woningbouw op gang te brengen, gaande te houden, en naar een nieuwe situatie in 2050 te brengen. Bovendien is er al veel beleid voor de woningsector (zie bijv. sectie 2.3).

4.5 Sturing op (samenhang van) circulaire maatregelen

Transitiebeleid richt zich op lange termijn ontwikkelingen en kan effectief inspelen op kansen en barrières. De richting en snelheid van de transitie is echter afhankelijk van verschillende factoren, zoals veranderingen in inzichten, voorkeuren en technieken. De vier toekomstbeelden in dit rapport illustreren mogelijke toekomsten. Het is onwaarschijnlijk dat de samenleving lineair naar één toekomstbeeld beweegt, maar daarin zijn de keuzes voor een bepaald pad die vandaag gemaakt worden wel van belang voor het potentieel dat op de lange termijn behaald kan worden. Er bestaat een bepaalde pad afhankelijkheid voor gekozen circulaire maatregelen en strategieën wanneer ze ‘verkozen worden’ ten opzichte van anderen. Circulaire maatregelen kunnen dus variëren in voorkeur en uitvoering over tijd, zodra beleid wijzigt of andere maatschappelijke voorkeuren zich voordoen. Daarom is het belangrijk om de gevoeligheid van circulaire strategieën voor veranderingen te beoordelen, oftewel te kijken hoe flexibel ze zijn. Dit bepaalt mede welke sturing nodig is voor de succesvolle implementatie richting 2050, zoals een regionale versus een geïndustrialiseerde aanpak.

De transitie naar een circulaire woningsector vraagt om coördinatie en voorspelbaarheid van beleid. Zodra een barrière wordt weggenomen, en een andere barrière ontstaat vanwege wijzigingen in regelgeving en procedures kan de voortgang teniet gedaan worden. Tegelijkertijd vraagt het om een flexibele aanpak, waarbij bijvoorbeeld aandacht wordt besteed aan de implementatie van de meest robuuste circulaire maatregelen en deze te combineren met complementaire circulaire maatregelen. Er zijn namelijk circulaire maatregelen die in synergie kunnen opereren, waarbij afhankelijkheden (en effecten) niet

altijd wederzijds zijn. Bijvoorbeeld, het splitsen van woningen leidt tot kleinere woningen, maar kleiner wonen kan ook door nieuwbouw van kleinere woonruimtes. Uit hoofdstuk 3 blijkt dat het splitsen van woningen een gering aandeel heeft in de toekomstbeelden, terwijl het woonoppervlak per capita in twee van de vier toekomstbeelden afneemt. Het faciliteren van kleiner wonen in brede zin biedt daardoor flexibiliteit.

Andere complementaire en versterkende maatregelen zijn:

- Renovatie en splitsing van bestaande woningen met duurzame of hernieuwbare materialen.
- Transformatie van utiliteitsgebouwen tot woningen met duurzame materialen.
- Prefab woningen uit standaard modules die herbruikbaar zijn.

Het succes van deze combinaties hangt af van de mate waarop wordt ingespeeld op de kansen en barrières die in eerdere secties van dit hoofdstuk zijn geïdentificeerd.

5 Conclusies en aangrijpingspunten voor beleid

In dit onderzoek hebben we het materiaalgebruik, de materiaalvoorraden, de fysieke ketens en de instituties van de productgroep woningen in kaart gebracht, en kansen en barrières geïdentificeerd in de context van de transitie richting een volledig circulaire economie in 2050. Hiervoor hebben we de volgende onderzoeksvraag gehanteerd:

Wat is het (verwachte) probleem van het materiaalgebruik in de keten van productgroep woningen, wat zijn mogelijke (technische) maatregelen/oplossingsroutes en wat zijn richtingen/interventiepunten waar beleid zou kunnen bijsturen?

Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag hebben we de kenmerken van de woningsector in kaart gebracht. Zowel in termen van de woningvoorraad, de materialen en instituties, als de gerelateerde opgaven en de achterliggende ketens die het materiaalgebruik bepalen. Op basis van de vier circulaire strategieën ('narrow the loop', 'slow the loop', 'close the loop' en substitutie) kijken we naar verschillende circulaire maatregelen voor woningen. Vervolgens verkennen we het materiaalgebruik richting de toekomst tot 2050 met behulp van scenario's. Daarnaast identificeren we de voornaamste kansen en barrières in het huidige systeem in de transitie naar een circulaire woningsector. Uit deze inzichten trekken we conclusies en komen we tot aangrijpingspunten voor beleid.

5.1 Conclusies

Invulling van een circulaire woningsector in 2050 is nog onduidelijk.

Het einddoel voor 2050 is in de transitieagenda circulaire bouweconomie door het transitieteam gespecificeerd als het vervullen van de Nederlandse sociaaleconomische behoefte van huisvesting zonder de aan Nederland toebedeelde draagkracht van de aarde te overschrijden in de vorm van uitputting van natuurlijke bronnen, CO₂-uitstoot, vervuiling, biodiversiteitsverlies en andere milieuschade, en het voorkomen van leveringsrisico's. Deze formulering zorgt ervoor dat het toekomstbeeld open blijft, zoals ook in dit onderzoek geïllustreerd met de vier mogelijke toekomstbeelden. Hierdoor kunnen verschillende circulaire strategieën en maatregelen zich verbinden aan het doel, maar zorgt een gebrek aan sturing er ook voor dat er onzekerheid is voor opdrachtnemers waar ze zich op moeten focussen, bijvoorbeeld de reductie primaire grondstoffen of het onderhouden van de voorraad gericht op een langere levensduur.

Circulariteit in de woningsector raakt meerdere maatschappelijke doelen en uitdagingen voor 2050; afruil ligt op de loer.

De woningsector kenmerkt zich door verschillende maatschappelijke uitdagingen, zoals het woningtekort en de warmtetransitie. Op beide uitdagingen worden flinke ambities

uitgesproken en wordt er ook binnen de bouwsector veel belang aan gehecht. Circulariteit kan een middel zijn om aan deze uitdagingen bij te dragen bijvoorbeeld via energierenovaties die tevens als levensduurverlenging van de woning dienen of door bestaande appartementen op te toppen en zo extra woonruimte te creëren. Echter, werken de maatschappelijke uitdagingen niet altijd hand in hand met circulaire principes doordat deze in eerste instantie gepaard gaan met een toename in materiaalgebruik. Zo kan het energiezuinig maken van een woning met het toevoegen van isolatiemateriaal een negatieve impact hebben op het klimaat en milieu. Deze impact kan aanzienlijk worden gereduceerd door het gebruik van biobased of gerecycled isolatiemateriaal. Dit vraagt om een betere synergie tussen deze doelen en een inbedding van circulariteit in de maatschappelijke opgaven.

De inbedding van circulariteit in de woningsector wordt sterk bepaald door de institutionele context.

De institutionele keten, samen met een veelvoud van regelgevingen en (vergunningen-) procedures, maakt dat de woningsector complex is. Beleid voor een circulaire woningsector is hierdoor veelzijdig en verspreid tussen meerdere overheidslagen en deelsectoren. Het institutionele veld met verschillende actoren is kenmerkend voor de woningsector. Allereerst geven naast de Rijksoverheid, ook provincies en gemeenten invulling aan de woon- en bouwagenda. Nieuwbouw wordt gedreven door woningcorporaties, grote projectontwikkelaars en aannemers. Zij hebben daardoor veel invloed op de keuzes die gemaakt worden in nieuwbouwprojecten. Voor de bestaande woningen is er een veelzijdigheid van eigenaren, gebruikssituaties zoals huurders of eigenaar-bewoners, en type renovatiewerkzaamheden, waardoor energierenovatie geen eenduidige aanpak kent.

De eigenschappen van woningen en materiaalketens maken het sluitend krijgen van materiaalkringlopen en het verminderen van de klimaat- en milieu impact uitdagend.

De huidige woningvoorraad behelst rond de 8,1 miljoen woningen. De samenstelling van de voorraad kent veel variatie door verschillende gebouwtypen en bouwperiodes. Veel van de woningen zijn decennia geleden gebouwd en hebben een energielabel D of lager, dit in vergelijking tot de A en hoger labels van recente nieuwbouw. Naast het verduurzamen van bestaande woningvoorraad, komen er volgens de doelstellingen 900.000 nieuwe woningen bij tot 2030 en is de verwachting dat het aantal huishoudens ook na 2030 blijft toenemen.

Met circa 2.2 gigaton aan materiaal vormt de productgroep woningen een van de grootste materiaalvoorraden in Nederland. Door de lange levensduren heeft de woningsector een zeer lage en onderling diverse omloopsnelheid. Naast dat de materialen voor lange tijd gevangen zijn in verschillende type woningen, kent de samenstelling van deze materiaalvoorraad veel variatie: constructiematerialen, metalen, biogene materialen en isolatiematerialen zijn in verschillende hoeveelheden aanwezig. De fysieke productieketens zijn veelzijdig. Deze ketens zijn in veel gevallen afhankelijk van import uit het buitenland en volgen afhankelijk van het materiaal verschillende productiestappen en logistieke processen tot de bouwplaats, en van de bouwplaats tot verwerking van sloopmateriaal. De constructiematerialen met name beton, baksteen en keramiek hebben in massa het grootste aandeel, alhoewel metalen, kunststoffen en isolatiematerialen met veel kleinere massa's een relatief grotere impact hebben op klimaat en milieu. Het sluiten van de kringloop van de productgroep woningen betreft het coördineren en sluiten van meerdere materiaalkringlopen tegelijkertijd.

Onder huidig beleid blijft materiaalimpact aanhouden en circulariteit in de woningsector richting 2050 uit zicht; de vier circulaire strategieën bieden perspectief.

De materiaalinstroom van nieuwbouw is in het Basispad scenario gemiddeld een factor 7 groter dan de materiaaluitstroom, doordat er meer nieuwbouw is dan sloop-nieuwbouw, als gevolg van een groeiend aantal huishoudens, en doordat op zichzelf staande sloop zelden voorkomt. Daarbij komt dat recycling- en hergebruikpercentages in de woningsector zelf laag zijn. Zelfs bij een theoretisch volledig hergebruik binnen de sector van de sloopmaterialen kunnen materiaal- in- en uitstroom niet volledig worden gesloten. De totale materiaalvraag neemt wel af over de komende decennia, met name door minder nieuwbouw, maar omdat ook de sloop vermindert blijft het sluiten van kringlopen lastig. Energierenovatie vormt een steeds groter aandeel in het materiaalgebruik. De doelen met betrekking tot het verminderen van materiaalimpact worden in het Basispad scenario niet gehaald. De vier circulaire strategieën geven handvaten om dichter bij circulaire economie voor woningen te komen om zodoende de huisvestingsopgave met minder materiaalgebruik en -impact te realiseren.

Vier circulaire strategieën zijn in deze studie geanalyseerd en toegepast in de context van woningen. Ten eerste, het verkleinen van de materiaalinstroom door het maken van andere keuzes, 'narrow the loop'. Ten tweede, het verduurzamen van de productie van 'traditionele' primaire grondstoffen of het vervangen door hernieuwbare biobased grondstoffen, substitutie. Ten derde de bestaande woningvoorraad behouden, nieuwe woningen modulair ontwerpen en bouwen voor aanpasbaarheid en hergebruik in de toekomst, 'slow the loop'. Ten vierde, kringlopen sluiten via recycling van materialen en grondstoffen ter voorkoming van verlies van bouwmaterialen door stort en verbranding, 'close the loop'. Deze strategieën hebben betrekking tot zowel de institutionele als fysieke keten van de productgroep woningen.

De vier circulaire scenario's laten zien dat zowel keuzes rondom huisvesting, ruimtelijke ordening en de combinatie van circulariteitsmaatregelen het materiaalgebruik beïnvloeden.

Er is geen eenduidig beeld wat circulaire economie voor woningen moet inhouden. Er zijn meerdere uiteenlopende toekomstbeelden denkbaar, waarin op verschillende manieren invulling wordt gegeven aan de vier circulaire strategieën. Om inzicht te krijgen in de reikwijdte van de circulaire strategieën, zijn circulaire maatregelen gevarieerd toegepast in de vier toekomstbeelden voor de ruimtelijke inrichting van Nederland.

De circulaire scenario's waar woningen door meerdere huishoudens of generaties gedeeld worden laten een lagere woningvraag zien. Hierdoor is de materiaalvraag voor nieuwbouw lager. Ook verdichting verlaagt de materiaalvraag voor nieuwbouw door het grotere aandeel appartementen ten opzichte van eengezinswoningen. Alhoewel verdichting de materiaalvraag vermindert, zorgt dit ook voor meer sloop-nieuwbouw. Hierdoor kan de vermindering deels tenietgedaan worden doordat er meer materiaal nodig is ten opzichte van de netto toename van het totale woonoppervlak. Wanneer materialen afkomstig uit de sloop worden hergebruikt en gerecycled vormt dit geen probleem; echter, in huidige praktijk gaat het vaak nog om 'open loop' recycling. Ook al neemt in alle circulaire scenario's het aandeel 'closed loop' recycling toe, blijft de instroom in het meest gunstige scenario – zijnde Groen land – minstens voor de helft afhankelijk van primaire materiaalinstroom. De materiaaluitstroom afkomstig van (energie)renovatie draagt bij aan het behalen van een hoger aandeel secundair materiaalgebruik.

Maatregelen binnen de 'narrow the loop' strategie, zoals optoppen, splitsen en transformatie, zijn het meest effectief in reductie van de materiaalvraag, omdat deze maatregelen de bestaande bouwvoorraad benutten om meer woonoppervlak te realiseren, in tegenstelling tot sloop-nieuwbouw. Echter, de reikwijdte van deze maatregelen

is in de scenario's beperkt, en daardoor is het effect vergelijkbaar met andere maatregelen of zelfs lager. Er is daarom een combinatie van maatregelen nodig. De combinatie van circulaire maatregelen resulteert in elk circulair scenario tot aanzienlijke reducties in de primaire materiaalvraag ten opzichte van het Basispad.

(Energie)renovatie gaat richting 2050 een steeds belangrijkere rol spelen in de circulariteitstransitie.

Voor het behouden en verduurzamen van de bestaande voorraad ('slow the loop') door middel van (energie)renovatie is er geen sprake van vermindering in het materiaalgebruik, deze materiaalstroom neemt de komende decennia toe in alle scenario's. In de toekomstbeelden Groen Land en Regionaal geworteld vertegenwoordigt (energie)renovatie op den duur zelfs de grootste materiaalvraag. Dit komt door de lage nieuwbouwaantallen enerzijds en het belang voor (energie)renovatie vanwege de inzet van 'slow the loop' anderzijds. Vanuit dit onderzoek valt echter nog niet te concluderen wat de relatieve materiaalbesparing is ten opzichte van sloop-nieuwbouw. Het energiezuinig maken van woningen in komende decennia biedt een kans om dit te combineren met circulaire maatregelen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van biobased of gerecycled isolatiemateriaal.

Het benodigde land dat nodig is voor de productie van biobased materialen neemt toe richting 2030. Naar mate biobased materialen langer in de kringloop blijven, neemt de hoeveelheid land gebruikt voor de productie van bouwmaterialen af.

Landgebruik neemt toe zodra er meer primair biobased materiaal wordt gebruikt. Binnen de scenario's is dit gerelateerd aan het gebruik van hout, waarvan maatregelen zoals biobased bouwen, optoppen, prefab bouwen en (energie)renovatie een groot aandeel hebben. Op basis van de nieuwbouwaantallen wordt er een scherpe piek voorzien in vraag naar biobased materialen in het komende decennium tot 2030. Biobased materiaalproductie zal gemiddeld 17.000 km² per jaar aan landgebruik vragen (circa 39% van het totaaloppervlak van Nederland). Voor het overgrote deel van hout is Nederland afhankelijk van import, deze afhankelijkheid neemt toe in alle scenario's. De impact op landgebruik is niet per definitie nadelig maar hangt af van de manier van (hout-)productie en de effecten daarvan op biodiversiteit. Na 2030 neemt landgebruik weer af, dit heeft te maken met een afname in de nieuwbouw aantallen. In scenario's met veel (energie)renovatie neemt landgebruik af doordat het aandeel secundair hout toeneemt. Hieruit volgt dat landgebruik kan afnemen zodra 'closed loop' recyclen en de herbruikbaarheid van hout en andere biobased materialen toenemen.

CE maatregelen dragen substantieel bij aan vermindering primaire materiaalvraag en vermindering van klimaat- en milieu impact, maar meer is nodig.

Ondanks de vermindering in het materiaalgebruik, en de toename van biobased, secundaire en duurzaam geproduceerde materiaalstromen, worden de beleidsdoelstellingen met betrekking tot milieukosten en broeikasgasemissies in de gebruikte circulaire scenario's niet bereikt. Vanwege het toenemende materiaalgebruik voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw pieken de milieukosten in 2030 en dalen vervolgens naar een waarde in de buurt van de referentiewaarde van het Basispad in 2020 (gemiddeld € 435 - 522 miljoen per jaar). De broeikasgasemissies zijn in 2030 gelijk aan de referentiewaarde van het Basispad in 2020 (gemiddeld 5,7 Mton CO₂ eq. per jaar) en leiden tot een halvering ten opzichte van 2020 in 2050 (gemiddeld 2,7 - 3,4 Mton CO₂ eq. per jaar).

Om in de buurt te komen van "de doelstellingen" (de gestelde doelen rondom het verlagen van materiaalimpact van de huisvestingsopgave; namelijk het verminderen van primair materiaalgebruik, klimaat en milieu impact en biodiversiteitsverlies) zijn er extra reducties

nodig. Een mogelijke aanpak om dat te bereiken is door de circulaire maatregelen te combineren. Bijvoorbeeld het realiseren van nieuwe woningen door het optoppen van woningen met biobased materialen, het woonoppervlak per capita verkleinen en de productie van de benodigde materialen verder te verduurzamen. Daarnaast is het zaak om nu circulaire maatregelen te implementeren die veelal na 2050 beginnen door te werken. De effecten van sommige maatregelen worden namelijk pas zichtbaar wanneer het gebouw wordt ontmanteld of aangepast, bijvoorbeeld adaptief en losmaakbaar bouwen.

Onvoldoende sturing op circulariteit met alleen ‘zachte’ sturingsmechanismen.

Uit de huidige innovatiesysteem analyse blijkt dat de huidige sturing op meer circulaire initiatieven voornamelijk plaatsvindt in project uitvragen via eisensets, zoals een MPG score of via indicatoren in Het Nieuwe Normaal. Deze sturing voor nieuwe woningprojecten moet een indicatie bieden hoe duurzaam de projectopzet voor nieuwe woningen is. Daarbinnen speelt circulariteit een rol, en is CO₂ de meest meetbare indicator. Samenhangend met een gebrek aan duidelijkheid van de invulling van circulariteit in 2050, is er ook een gebrek aan duidelijkheid omtrent de meetbaarheid en het gebruik van een proxy voor circulariteit. Vanuit de sector wordt CO₂ reductie door sommige geïnterviewden gezien als een goede proxy voor circulariteit, echter, blijven dan andere milieueffecten zoals biodiversiteitsverlies en vervuiling onderbelicht. Uit de scenario's wordt duidelijk dat er afruil is tussen maatregelen en impact op materiaalgebruik, klimaat, milieu en mogelijk biodiversiteit. Daarnaast zal een bredere set indicatoren voor circulariteit benodigd zijn om de verschillende doelen van het concept te kunnen dekken.

Naast sturing in projecten zal het ook over de transitiesturing moeten gaan om volle potentie te benutten.

De grootste woningbouwopgave is tot 2030, de vraag is in hoeverre circulaire maatregelen in dit tijdsbestek kunnen worden toegepast. Circulariteit in woningen is nog geen gemeengoed in bouwprojecten. Naast het gebrek aan ‘harde’ sturingsmechanismen zijn er nog veel ervaren barrières om met circulaire maatregelen aan de slag te gaan, zoals bijvoorbeeld juridische aspecten bij het optoppen van woningen (zoals bijvoorbeeld eigendoms-, aansprakelijkheids- en besluitvormingsaspecten). Daarnaast zitten circulaire strategieën in verschillende fase van ontwikkeling en vragen om verschillende aanpakken om tot versnelling en opschaling te komen.

Dit vraagt gecoördineerde actie waarvoor sturing van overheden en opdrachtgevers nodig is, zowel in projecten als in de transitie. Ondanks dat er nog geen eenduidig beeld is rondom circulariteit voor de productgroep woningen, blijkt uit de scenario's dat de transitie vraagt om inzet op alle circulaire strategieën tegelijkertijd en het daarin combineren van maatregelen om de impact op klimaat en milieu richting 2050 te verminderen. Tegelijkertijd blijkt het nodig te zijn om nauw te letten op keuzes die leiden tot pad afhankelijkheid en afruil met andere doelen waaraan een circulaire economie aan bijdraagt. Hoewel de Nationale Aanpak Biobased Bouwen misschien niet volledig tegemoetkomt aan het geconstateerde coördinatie tekort, neemt het voor deze fase van de transitie daar wel een hele grote stap in. Voor de andere circulaire strategieën, anders dan substitutie, bestaat een dergelijke samenhangende aanpak niet.

5.2 Aangrijpingspunten voor beleid

Beleid maken voor het realiseren van een circulaire woningsector is niet eenvoudig. Omdat een circulaire woningsector geen doel op zich is maar een middel om maatschappelijk problemen (mede) te helpen oplossen, is het voor circulariteitsbeleid essentieel om (tijdig) aansluiting te vinden bij andere beleidsterreinen die ook als doel hebben een

maatschappelijk probleem op te lossen. In deze analyse beperken we ons tot drie maatschappelijke uitdagingen: het woningtekort, de verduurzaming van de bouwsector en synergie met warmtetransitie van bestaande bouw. Daarbinnen worden aangrijpingspunten geformuleerd hoe beleid bepaalde functies die momenteel slecht scoren kan aanpakken. Andere problemen (biodiversiteitsverlies en leveringszekerheid) laten we hier buiten beschouwing, waarmee niet gezegd dat niet ook op deze beleidsterreinen (tijdig) aansluiting gevonden moet worden.

Aangrijpingspunten voor het versnellen van de transitie

Het bestaande beleid benutten voor de transitie naar een circulaire woningsector vraagt om visie en het maken van juiste keuzes in plannen en projecten, ook al zijn deze reeds vergund. Uit de scenario's is het duidelijk dat circulaire strategieën een sleutelrol spelen bij het sturen van materiaalstromen. Enerzijds door strategische beslissingen in huisvesting, ruimtelijke ordening en anderzijds de toepassing van circulaire maatregelen. De invloed van huisvestingskeuzes en ruimtelijke ordening op de materiaalstromen benadrukt het belang van een geïntegreerde benadering bij beleid en planning.

Het potentieel voor circulariteit tot 2030 is enorm, alsook de ambities voor circulariteit. Echter, een potentieel identificeren is één, datzelfde potentieel oogsten is van een andere orde. In welke mate de huidige beleidskaders de juiste sturing aan kunnen geven en hier voldoende flexibiliteit voor bieden zal doorslaggevend zijn. Naar verwachting zullen de (beleids-)keuzes en voorbereidingen die gemaakt worden in de tijdsperiode tot 2030 bepalend zijn voor de mate waarmee na 2030 al het potentieel kan worden benut (c.q. een circulaire invulling krijgen).

Voor 2030 is de 'window of opportunity' aan het sluiten. Waar de komende jaren nog meters gemaakt kunnen worden, moet die kans gegrepen worden, niet alleen om tot een lagere cumulatieve impact van effecten te komen, maar ook om de route uit te stippen en te bewandelen naar een volwassen markt voor circulariteitsoplossingen na 2030. Op dit moment bevinden de circulaire strategieën zich in de 'take-off' fase van de transitie, en is uiteindelijk versnelling en opschaling nodig. De periode tot 2030 wordt dan vooral benut om het laaghangende fruit te plukken, te experimenteren en met de juiste prikkels de hele markt in transitie te krijgen voor de periode na 2030.

Het is dus zaak om, waar het nog kan, terug te gaan naar de tekentafel om te kijken of de traditioneel ingestoken bouwplannen nog ingeruild kunnen worden voor een circulair alternatief met misschien ook wel de zo gewenste kostenbesparing. Dit vraagt allereerst van de Rijksoverheid, provincies en gemeenten om wijzigingen te maken of te faciliteren. Ten tweede vraagt dit van projectontwikkelaars en aannemers om ontwerpen en plannen te herzien en eventuele consequenties in planning en gemaakte afspraken met projectpartners te heroverwegen. Dit is een omvangrijke taak en zal nationaal gecoördineerd moeten worden om volume te creëren, waarvoor sturing nodig is vanuit de overheden en opdrachtgevers in de bouw zoals woningcorporaties.

Aangrijpingspunten voor het woningtekort

Terwijl het afzien van nieuwbouwen of minder nieuwbouw door maximaal in te zetten op transformeren, optoppen, (bouwkundig) splitsen en levensduurverlenging de preferente oplossing vanuit circulair perspectief is (want veel minder materiaalverbruik en hoger nut en waardebehoud van materialen), is het beleid juist voor die oplossingen nog het minst ontwikkeld. Echter bestaan er nog veel juridische en beleid gerelateerde barrières die opschalen van deze strategieën bemoeilijkt. Voor transformatie wordt in het kader van het Nationaal Transformatieplan gesteld dat een groot deel van het laaghangend fruit (vooral

lege kantoorpanden) inmiddels geogst is en dat beleidsintensivering noodzakelijk is om het huidige aantal transformaties per jaar in stand te houden, laat staan te laten groeien.

Per saldo wordt nieuwbouw door velen als de standaardoplossing gezien om het woningtekort op te lossen en krijgt dit daarom de meeste beleidsaandacht. Door deze focus en de urgentie om het woningtekort op te lossen, kan het substantiële potentieel dat splitsen, optoppen en transformatie op dit moment biedt snel verdampen als tot 2030 vooral wordt ingezet op nieuwbouw. Om dit te voorkomen zou een integrale en breed gedragen aanpak zoals de Nationale Aanpak Biobased Bouwen kunnen helpen, al moet zo'n aanpak wel snel handen en voeten krijgen om impact te genereren.

Het huidige circulariteitsinstrumentarium speelt qua zwaartepunt goed in op de focus op nieuwbouw. De MPG en Het Nieuwe Normaal (HNN) zijn zinvolle instrumenten die hun bijdrage aan de transitie zullen leveren. Doorontwikkeling van deze instrumenten zoals het verder aanscherpen van de MPG, het toevoegen van nieuwe materialen aan de Nationale Milieu-Database en het faciliteren van kwaliteitsgaranties, het hoger leggen van de lat van de HNN indicatoren, en het ontwikkelen van nu nog ontbrekende indicatoren zijn daarbij een vereiste, ook om te voorkomen dat in toekomstige projecten vanwege besluitvorming op basis van prijs circulaire ambities worden afgeschaald. Daarnaast biedt de 'Whole Life Carbon' indicator vanuit het Europese Level(s) schaal potentieel om de CO₂-uitstoot en circulariteit over de gehele levenscyclus van het gebouw mee te nemen.

Ook het idee van kleiner bouwen sluit in potentie uitstekend aan op circulariteitsdenken. Dit geldt echter alleen als het gemiddeld woonoppervlak per inwoner kleiner wordt, niet als het alleen als oplossing voor huishoudensverdunding door onder andere vergrijzing wordt gezien. In dat geval kan het gemiddeld woonoppervlak per inwoner namelijk ook stijgen en leidt het per saldo alleen maar tot extra vraag naar nieuwbouwwoningen en materialen.

Aangrijpingspunten voor de verduurzaming van de bouwsector

Beleid gericht op verduurzaming van de bouwsector en circulariteitsbeleid sluiten in principe uitstekend op elkaar aan. Voor het realiseren van de klimaatdoelen is het noodzakelijk om de productie van materialen te verduurzamen. Deze verduurzaming van de productie kan aangevuld worden met een reductie van de vraag naar primair materiaal (door inzet van secundair materiaal) en materiaal substitutie (toepassing van biobased materialen). Voor verduurzaming van de productie is CO₂ beprijzing (emissiehandel) het al bestaande instrument. Door generieke aanscherping van de aanbestedingseisen in grote nieuwbouw- en renovatieprojecten kan de woningsector vanuit de vraagkant een extra impuls geven, bijvoorbeeld door niet-duurzaam geproduceerde materialen geleidelijk uit te faseren richting een situatie waarin alleen biobased, secundaire en duurzaam geproduceerde materialen worden toegepast. Voor de secundaire materialen en deelproducten (dan wel gebouwelementen die hergebruikt kunnen worden) is het belangrijk dat beschikbare outputstromen (of outputstromen waarvan bekend is dat ze snel beschikbaar zullen komen vanuit sloop- of renovatieprojecten) qua samenstelling en kwaliteit, volume/gewicht en locatie eenduidig en systematisch gedocumenteerd worden om te kunnen makelen en schakelen tussen vraag en aanbod.

Aangrijpingspunten voor de warmtetransitie bestaande bouw

Warmtetransitie- en circulariteitsbeleid sluiten niet per se goed op elkaar aan. Wanneer het verbeteren van de energetische prestatie van een woning in combinatie met renovatiewerkzaamheden wordt uitgevoerd met levensduurverlenging als resultaat, dan is er gedeeltelijk sprake van aansluiting. Per saldo geldt echter dat voor een betere energieprestatie (isolatie)materialen aan de woning worden toegevoegd.

Hoewel de focus van het circulariteitsbeleid op dit moment voornamelijk op nieuwbouw ligt, geldt dat, met de warmtetransitie die op stoom komt, de bestaande bouw alleen maar belangrijker wordt. Voor grootschalige projecten kan een HNN voor bestaande bouw helpen om ook hier richting te geven aan een circulaire woningsector: Outputstromen moeten in beeld gebracht worden en aan inputstromen moeten circulariteitseisen meegegeven worden.

In een markt die van oudsher stuurt op de laagste prijs bestaat echter het risico dat voornamelijk gekozen wordt voor materialen die vanuit circulariteitsgedachte juist ongewenst zijn. Wat gaat er bijvoorbeeld gebeuren met de verduurzaming van de ruim 200 duizend EFG-woningen van de corporaties dat voor 2028 afgerond moet zijn? Omdat veel corporaties ervoor kiezen de kosten voor de verduurzaming niet of marginaal door te vertalen in een huurverhoging om de 70% bewonersgoedkeuring te behalen, is er een nog sterkere incentive om de investeringskosten te drukken. Als de contracten met de aannemer al gesloten zijn, zal de manoeuvreerruimte voor circulariteitspecificaties in de opdracht beperkt, zo niet afwezig zijn. Toch zou het een gemiste kans zijn om deze 200 duizend woningen niet te na-isoleren met het meest duurzame materiaal dat beschikbaar is op de markt.

Waar in grootschalige projecten in sommige situaties nog ruimte gevonden kan worden voor circulaire ambities, is de markt voor particuliere woningeigenaren wellicht vooral gebaat bij het verbieden of sterk beprijsen van bepaalde materialen (zoals PUR). Dat hier vooralsnog op twee gedachten gehinkt wordt zie je bij de ISDE-subsidie. Ook voor niet-duurzame materialen kun je op dit moment subsidie aanvragen. Dit is begrijpelijk omdat men de warmtetransitie een duw in de rug wil geven, maar minder begrijpelijk met de circulariteitsambitie in gedachten. Voor het gebruik van biobased isolatiemateriaal geeft de ISDE weliswaar een bonus subsidie, maar of deze hoog genoeg is om veel mensen over de streep te trekken is twijfelachtig.

Aangrijpingspunt coördinatie en sturing circulariteit woningsector

Op dit moment komt sturing van verschillende kanten; naast bewegingen vanuit de sector zelf en decentrale overheden zijn er veel verschillende ministeries betrokken bij de transitie in de woningsector. De voornaamste verantwoordelijkheid voor de circulaire economie ligt bij het Ministerie van I&W, terwijl dit ministerie niet per se de meeste betrokkenheid heeft met de woningsector. Verder vervullen het Ministerie van BZK, SZW, EZ, VRO, KGG en LVVN ook belangrijke rollen voor de (toekomstige) invulling van de woningsector. Om de transitie in deze sector in goede banen te leiden is een goede coördinatie benodigd tussen al deze partijen. Een voorbeeld is het scheppen van duidelijkheid over hoe de verschillende gestelde (tussen)doelen ingevuld worden en hoe ze tot elkaar verhouden.

Literatuurlijst

Arnoldussen, J., Endhoven, T., Kok, J., Groot, P., Blok, M. & Kamps, M. (2022),
Materiaalstromen, milieu- impact en CO₂- emissies in 2019, 2030 en 2050. Amsterdam:
Economisch instituut voor de Bouw & Metabolic

Arnoldussen, J., Endhoven, T., en Lange, M., de. (2023). Analyse aanscherping MPG-norm:
verkenning van de gevolgen van het aanscherpen van de MPG-norm. Amsterdam:
Economisch instituut voor de Bouw

Barendregt, E., Gerritse, E., Raak, van R., Zelfde J. van 't & Ooms, J. (2023). Toekomstbeelden
Bouw. Rotterdam: Rebel, Drift & TAUWBarendrecht & Raak ...

Boer, L. de, Heens, F. (2024). Zeer zorgwekkende stoffen in de materialen uit de
woningbouw: adviezen voor de productgroep analyse woningbouw. Bilthoven: Rijksinstituut
voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Bours, S.A.M.J.V. & Harmsen, R. (2024). Transitie naar een circulaire woningsector: een
missie-gedreven innovatie systeem analyse. Utrecht: Copernicus instituut, Universiteit
Utrecht

Buijs, M. & Wolf, C. (2021). Stand van de Bouw: de bouwsector in economisch perspectief.
Amsterdam: ABN AMRO

BZK. (2022a). Nationale Woon- en Bouwagenda. Den Haag: Ministerie Binnenlandse Zaken
en koninkrijksrelaties (Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening).

BZK. (2022b). Programma Woningbouw. Den Haag: Ministerie Binnenlandse Zaken en
koninkrijksrelaties (Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening).

BZK. (2024). Nieuwsbericht: aantal nieuwe woningen 2023 op peil. Te vinden op: [Aantal
nieuwe woningen 2023 op peil | Nieuwsbericht | Home | Volkshuisvesting Nederland](#)

CBS. (2020). Nederland in cijfers: Hoe wordt de Nederlandse bodem gebruikt?. Te vinden op:
[Hoe wordt de Nederlandse bodem gebruikt? - Nederland in cijfers 2020 | CBS](#)

CBS Statline. (z.d.). Voorraad woningen; woningtype, oppervlakteklasse, regio. Te vinden op:
[StatLine - Voorraad woningen: woningtype, oppervlakteklasse, regio \(cbs.nl\)](#)

CBS. (2023). Aantallen en Kenmerken van Verenigingen van Eigenaren. Te vinden op:
[Aantallen en kenmerken van Verenigingen van Eigenaren 2022 | CBS](#)

Citydeal Circulair en Conceptueel Bouwen. (2021). Programma conceptuele bouw en
industriële productie: de woningbouw betaalbaar en duurzaam versnellen. Den Haag:
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

Copper 8. (2022). Doorontwikkeling MPG: Drie adviezen voor aanscherping van beleid. Te vinden op: [Doorontwikkeling MPG: Drie adviezen voor aanscherping van beleid - Copper8](#)

Copper 8, Metabolic, NIBE & Alba Concepts. (2023). Woningbouw binnen planetaire grenzen: materiaalvraag, CO₂-uitstoot & milieu-impact van de Nederlandse Woningbouw.

CPB. (2015). WLO: Welvaart en Leefomgeving 2015. Te vinden op: [Welvaart en Leefomgeving 2015 \(wlo2015.nl\)](#)

Dashboard Klimaatbeleid. (2023). Dashboard voor het klimaatbeleid in de gebouwde omgeving. Te vinden op: [Mosaic - Gebouwde omgeving \(dashboardklimaatbeleid.nl\)](#), geraadpleegd in 2023.

Elzinga, R., Janssen, M. J., Wesseling, J., Negro, S. O., & Hekkert, M. P. (2023). Assessing mission-specific innovation systems: towards an analytical framework. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 48, 100745.

Europese commissie. (z.d.). European Critical raw Materials Act: sustainable supply of raw materials. Te vinden op: [European Critical Raw Materials Act - European Commission \(europa.eu\)](#)

Europese commissie. (z.d.). EU taxonomy for sustainable activities. Te vinden op: [EU taxonomy for sustainable activities - European Commission \(europa.eu\)](#)

Europese Unie. (2024). Richtlijn (EU) 2024/1275 van het Europees Parlement en de Raad van 24 april 2024 betreffende de energieprestatie van gebouwen. Te vinden op: [Richtlijn - EU - 2024/1275 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

Hanemaaijer, A., Kishna, M., Koch, J., Prins, A. & Wilting, H. (2021), Mogelijke doelen voor een circulaire economie, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

I&W. (2016). Nederland Circulair in 2050. Rijksbreed programma Circulaire Economie. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, en Ministerie van Economische Zaken & Klimaat

I&W. (2023). Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030. Den Haag: ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Michielsen, T., Groot, S. & Veenstra, J. (2019). WONINGAANBOD – het bouwproces van nieuwe woningen: Een kwalitatieve economische blik. Den Haag: CPB

Molen, F. van, Poorthuis, W., Zwamborn, A., Tigchelaar, C., Niessink, R. & Rovers, V. (2023). Functioneel Ontwerp Hestia 1.0, Den Haag: PBL

Oorschot, J. van, Voet, E. van der, Blok, M., Schouten, N., Witteveen, P., Rijken, B., Hoorn, A. van.(2022). Scenariostudie materiaal-voorraad, vraag en secundair aanbod in gebouwen: Onderdeel van het werkprogramma Monitoring & Sturing Circulaire Economie. Leiden: CML Leiden Universiteit

Oorschot, J. van, & Voet, E. van der. (2023). Scenario's voor materiaalvoorraden en stromen in gebouwen: update recycling, aanvulling milieu-impact & uitbreiding naar verbouwwerkzaamheden. Leiden: CML Leiden Universiteit

Oorschot, J. van & Voet, E. van der. (2024). Analyse huidige situatie en baseline scenario. Leiden: CML Leiden Universiteit

Overheid. (2024). Consultatie: wijziging Besluit bouwwerken leefomgeving, aanscherping en uitbreiding van de milieuprestatie-eis. Te vinden op: [Overheid.nl | Consultatie Wijziging Besluit bouwwerken leefomgeving, aanscherping en uitbreiding van de milieuprestatie-eis \(internetconsultatie.nl\)](https://overheid.nl/consultatie/wijziging-besluit-bouwwerken-leefomgeving-aanscherping-en-uitbreiding-van-de-milieuprestatie-eis)

PBL (2023), Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Ruimtelijke Verkenning 2023, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

PBL. (z.d.). RS: RuimteScanner. Te vinden op: [RS: RuimteScanner | Planbureau voor de Leefomgeving \(pbl.nl\)](https://rs.planbureau.nl/)

Rijksoverheid. (2023). Nationale Aanpak biobased Bouwen: van boerenland tot bouw materiaal. Den Haag: Ministeries van Binnenlandse Zaken en koninkrijksrelaties, Infrastructuur en Waterstaat, Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Economische Zaken en Klimaat.

Rood, T. & Evenhuis, E. (2023), Ruimte voor circulaire economie. Verkenning van de ruimtelijke voorwaarden voor een circulaire economie, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Schuit, J. van der, Hoorn, A. van, Sorel, N. & Rood, T. (2023), Kenmerken, voorraad en materiaalketens van de bouw, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

Significance. (z.d.). TIGRIS XL land use transport interaction model. Te vinden op: [TIGRIS XL Land Use Transport Interaction model – Significance](https://www.significance.nl/tigris-xl-land-use-transport-interaction-model-significance)

Timmermans, M., Weijer, J. van de & Thijssen, I. (2021). Beschikbaarheid en gebruik secundaire bouwmaterialen en producten; verkenning. Hoofdstuk 1 t/m 5. Den Haag: RVO

TNO (2024). Toekomstbeelden en circulaire maatregelen voor een circulaire woningsector. Utrecht: TNO

Transitieteam Circulaire Bouweconomie (2018). Transitieagenda: samen bouwen aan de circulaire bouweconomie voor Nederland in 2050

Transitieteam Circulaire Bouweconomie (2021), Einddoel 2050 Transitieagenda Circulaire Bouweconomie.

Transitieteam Circulaire Bouweconomie (2022). Doelenstrategie: naar een circulaire bouweconomie in 2050. Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Ondertekening

TNO) Energy & Materials Transition) Utrecht, 28 augustus 2024

Gerard van der Laan
Research Manager

Arjan van Horssen
Project Manager

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
www.tno.nl

TNO innovation
for life