

# Woningbouw binnen planetaire grenzen

MATERIAALVRAAG, CO<sub>2</sub>-UITSTOOT & MILIEU-IMPACT  
VAN DE NEDERLANDSE WONINGBOUW

Copper



Metabolic  
Consulting

experts in  
sustainability  
nibe

alba  
concepts.



# Colofon

## Partners



**Copper8**  
Sybren Bosch  
Lucie Jansen  
Gwen Aartsma



**Metabolic**  
Nico Schouten  
Mink Rohmer  
Sam van Hooff



**NIBE**  
Laureen van Munster  
Marvin Spitsbaard  
Bas van den Broek  
Petra Schillemans  
Mantijn van Leeuwen



**Alba Concepts**  
Timm Hartmann  
Jip van Grinsven  
Djordy van Laar

## Opdrachtgevers



**TKI Bouw & Techniek**  
*Programma Schoon &  
Emissieloos Bouwen*  
Mario de Rooij



**Gemeente Amersfoort**  
Nelly Swijnenburg  
Margreet de Geus



**Gemeente Amsterdam**  
Jeroen van der Waal  
Chandar van der Zande



**Gemeente Leiden**  
Gerwin van Rossum



**Provincie Fryslân**  
Tjeerd Hazenberg



**Provincie Zuid-Holland**  
Gert-Willem van Mourik  
Pascal van Dam

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>04</b>
<b>01 Aanleiding</b>	<b>07</b>
<b>02 Trends &amp; ontwikkelingen</b>	<b>12</b>
<b>03 Een CO<sub>2</sub>-budget voor de woningbouw</b>	<b>16</b>
<b>04 Materiaalvraag &amp; milieu-impact woningbouw</b>	<b>26</b>
<b>05 Circulaire strategieën</b>	<b>31</b>
<b>06 Impact van het veranderverscenario</b>	<b>51</b>
<b>07 Conclusies</b>	<b>55</b>
<b>08 Adviezen</b>	<b>57</b>
<b>09 Tot slot</b>	<b>72</b>
<b>Bijlage I. Totstandkoming</b>	<b>73</b>
<b>Bijlage II: Methodische keuzes</b>	<b>74</b>
<b>Bijlage III. Bronvermelding</b>	<b>80</b>

*Update:* Deze versie (juni 2023) is een update van de eerdere publicatie (mei 2023). Hierin zijn enkele fouten gecorrigeerd en tekstuele aanscherpingen gedaan.

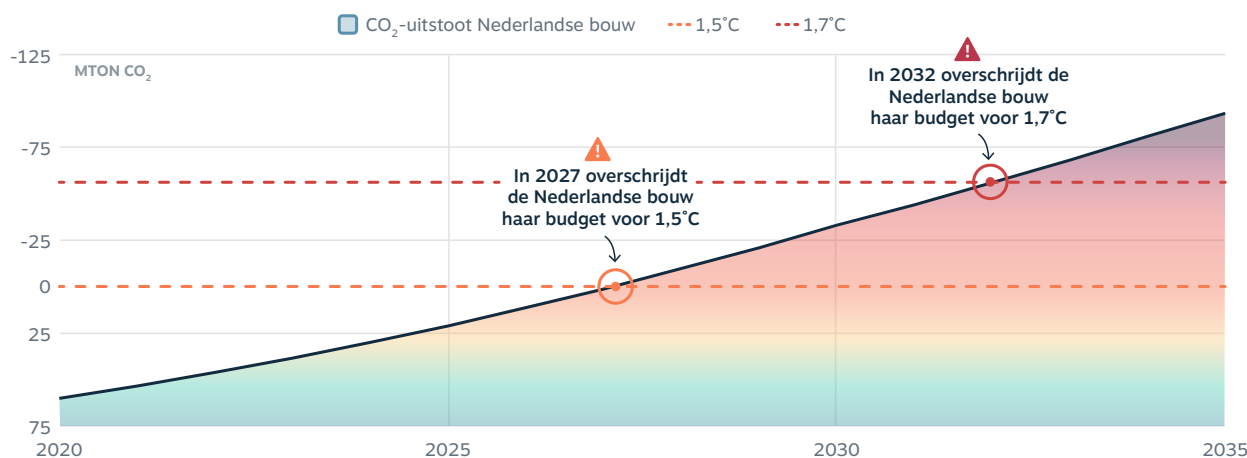
# Samenvatting

De bouwsector is een sector met veel impact, waar de spanningen tussen grote maatschappelijke opgaven voelbaar zijn. Enerzijds heeft Nederland een doelstelling voor de bouw van 100.000 woningen per jaar, om het woningtekort terug te dringen en een fijne woonplek voor iedereen te realiseren. Anderzijds liggen er voor 2030 ambitieuze doelstellingen op klimaat (55-60% CO<sub>2</sub>-reductie), circulaire economie (50% minder materiaalgebonden milieu-impact) en stikstof (50% minder stikstofuitstoot).

Deze verkenning laat zien wat de materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact van de woningbouwopgave tot en met 2030 is. Daarbij is de impact van bouwen conform *business-as-usual* bepaald en zijn zes circulaire strategieën geschetst om de impact te verlagen. De combinatie van deze strategieën leidt tot een veranderscenario, waarmee we verkennen in hoeverre we de huidige woningvraag kunnen realiseren binnen de grenzen van onze planeet.

Om opwarming van de aarde te beperken tot 1,5 °C is er een maximale hoeveelheid CO<sub>2</sub> die wereldwijd nog mag worden uitgestoten: ons CO<sub>2</sub>-budget. Deze maximale uitstoot is een randvoorwaarde om onze wereld gezond, veilig en leefbaar te houden voor onszelf en toekomstige generaties. Met onze huidige manier van bouwen wordt het 'CO<sub>2</sub>-budget

voor de Nederlandse bouw' in 2027 overschreden. Aanvullende nieuwbouw is op dit moment dus niet in lijn met een 1,5 °C-scenario. Wanneer we een bijdrage van de bouwsector aan verdere opwarming tot 1,7 °C accepteren, is het budget van bouwen in 2032 verbruikt: dat levert dus slechts enkele jaren extra uitstootruimte op.



Figuur Het overschrijden van het CO<sub>2</sub>-budget van de Nederlandse bouw in een business-as-usual-scenario

Het denken in budgetten geldt zowel voor de uitstoot van CO<sub>2</sub> als voor de uitstoot van stikstof.

Op dit moment is de stikstofconcentratie op veel plekken in Nederland te hoog door een structureel te hoge uitstoot. Het bepalen van een stikstofbudget voor de bouw – in de gehele keten, inclusief logistiek – kan helpen om effectiever te sturen op het verlagen van de uitstoot. Dit sturen vanuit budgetten – zowel voor CO<sub>2</sub> als voor stikstof – is echter een politieke keuze, die afwijkt van de huidige sturingswijze.


In een *business-as-usual*-scenario neemt de materiaalvraag en milieu-impact van de bouw verder toe als gevolg van de groei in bouwproductie.

Voor de woningbouwopgave leidt dat tot een totale materiaalvraag van 104 Mton. Gewapend beton vormt hiervan het grootste aandeel, zowel op basis van massa (67%) als CO<sub>2</sub>-uitstoot (45%). Beton wordt gevolgd door steenachtige materialen als bakstenen en keramiek, met 9% van de massa en 15% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Op basis van de bredere milieu-impact (MKI in productie- en bouwfase) hebben ook installaties een significant aandeel: 15%.

De mate van impact verschilt sterk afhankelijk van het perspectief. Per vierkante meter scoren grondgebonden woningen – vooral rijtjeswoningen – goed op zowel het materiaalverbruik als de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Wanneer we naar de absolute impact kijken per wooneenheid, scoren appartementen duidelijk beter dan grondgebonden woningen en is vooral de impact van vrijstaande huizen groot door hun grote vloeroppervlak.

Er zijn verschillende strategieën om het materiaalverbruik, de CO<sub>2</sub>-uitstoot en de milieu-impact van de woningopgave te verminderen. Deze verkenning bepaalt de impact van zes strategieën tot en met 2030:

 **Beter benutten** van de bestaande woningvoorraad, waarbij tot en met 2030 zo'n 50.000 woningen kunnen worden gerealiseerd zonder bouwkundige ingrepen;

 **Optoppen & transformeren**, waarbij tot en met 2030 zo'n 100.000 woningen kunnen worden gerealiseerd op of binnen de bestaande gebouwvoorraad;

 **Kleiner bouwen**, waarbij een verschuiving plaatsvindt van grondgebonden woningen naar appartementen en alle woningen zo'n 10% kleiner worden gebouwd;

 **Hoogwaardig hergebruik**, waarbij het aandeel hergebruikte producten en materialen toeneemt tot 9,5%;

 **Biobased bouwen**, waarbij het aandeel biobased woningen stijgt tot 50% (grondgebonden) en 30% (gestapelde bouw);

 **Intensieve industrialisatie**, waarbij de industriële productie van woningen groeit tot 50%.

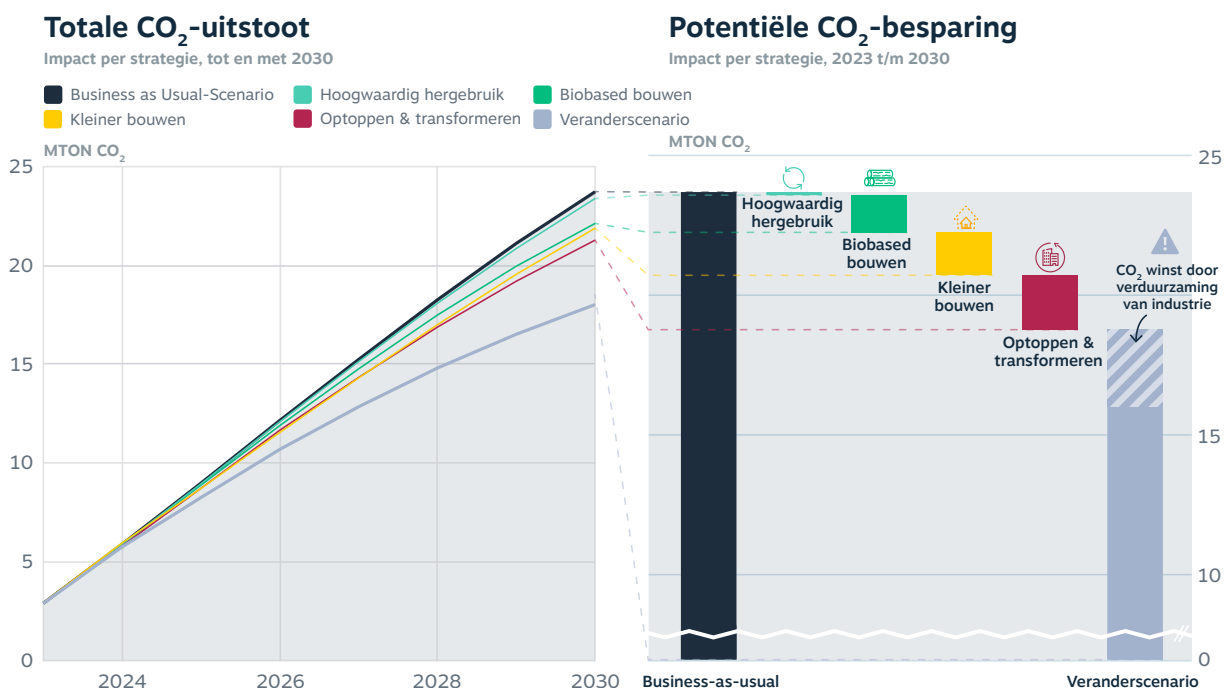
De strategieën **Transformatie en Kleiner bouwen** leveren tot en met 2030 de grootste besparing op, zowel in CO<sub>2</sub>-uitstoot (10% en 8%) als milieu-impact (beide circa 8%). Ook biobased bouwen leidt tot een flinke CO<sub>2</sub>-besparing van 6%, nog zonder het meerekenen van CO<sub>2</sub>-opslag in biobased materialen. Door een tekort aan beschikbare producten, materialen en verwerkingscapaciteit is de bijdrage van hoogwaardig hergebruik beperkt (1,5%). Het toepassen van industriële bouwprocessen leidt nauwelijks tot aantoonbare milieuwinst, maar is een belangrijke versneller om de toepassing van biobased materialen op te schalen. Daarnaast speelt de toeleverende industrie een belangrijke rol: wanneer deze haar verduurzamingstempo verhoogt van jaarlijks 2% naar jaarlijks 5%, leidt dit tot een aanvullende verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 12% voor de bouwsector.

**Het samenbrengen van de zes strategieën tot een 'veranderscenario' leidt tot een totale CO<sub>2</sub>-reductie van 33% tot en met 2030 ten opzichte van *business-as-usual*.** In dit scenario nemen ook het primair materiaalverbruik (38%) en de milieu-impact (29%) tot en met 2030 flink af. Dat is dus onvoldoende om de circulaire ambities in de bouw te realiseren, wanneer we naar de gehele periode tot en met 2030 kijken. Een verdere winst is denkbaar, wanneer we nog sterker inzetten op het beter benutten van de bestaande woningvoorraad.

Dit ‘veranderscenario’ levert – naast winst in materiaalverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot – ook een financiële besparing van €13,6 miljard op tot en met 2030. Procentueel is dit een verlaging van zo’n 8,1% van de totale kosten van de bouwopgave, op basis van de huidige kostenniveaus. Wanneer we de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot in maatschappelijke baten uitdrukken, levert dit aanvullend tot €4,2 miljard op. De strategieën *Kleiner bouwen* en *Intensieve industrialisatie* leveren de grootste bijdrage aan het verlagen van de financiële kosten. De andere strategieën leiden tot lichte meerkosten, waarbij de verwachting is dat deze meerkosten de komende jaren afnemen als gevolg van onder meer een hogere Europese CO<sub>2</sub>-prijs. Nu inzetten op deze circulaire strategieën verlaagt toekomstige financiële risico’s en leidt naar verwachting op termijn tot kostenvoordeel.

Om het woningtekort op te lossen en zo dicht mogelijk bij de doelstellingen op klimaat en circulaire economie te blijven, zijn er vier grote verschuivingen in de bouwsector nodig:

- 1 **Van bouweconomie naar verbouweconomie**, waarbij we veel beter gebruik maken van de bestaande woningvoorraad (*Beter benutten*) en ons richten op het realiseren van meer woningen binnen de bestaande gebouwde omgeving (*Optoppen & transformeren*).
- 2 **Van ambities naar randvoorwaarden**, waarbij strenge eisen aan de duurzaamheidsprestatie vanuit beschikbare ‘budgetten’ randvoorwaardelijk zijn voor eventuele nieuwbouw.



Figuur Totale CO<sub>2</sub>-besparing van circulaire strategieën in het andersscenario

- 3 **Van businesscase naar value case**, waarbij ook financiële baten op lange termijn en maatschappelijke kosten en baten worden meegenomen.
- 4 **Van vrijblijvende inzet naar risicomanagement**, waarbij het niet inzetten op duurzame keuzes als bedrijfs- en sectorrisico’s worden gezien.

Wanneer we maximaal inzetten op de zes strategieën, kunnen we de CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact van de bouwsector in 2030 vrijwel

halveren. Dit kan echter alleen als alle partijen in de bouwsector zich hier vol voor inzetten: geen enkele partij kan dit alleen. Daarbij ligt er een grote rol voor de Rijksoverheid, onder meer in het aanscherpen van bouwwetgeving en het stellen van eisen bij co-financiering van woningbouw. Ook gemeenten spelen een belangrijke rol, zowel in het sturen op het beter benutten van de bestaande bouw als het stimuleren van marktpartijen bij grondverkoop. Institutionele beleggers zijn financieel de meest invloedrijke partij, omdat zij kunnen financieren vanuit een lange-termijn perspectief.

# 01

## Aanleiding

De bouw is een sector met grote impact, waar de spanningen tussen grote maatschappelijke opgaven voelbaar zijn. Het realiseren van de woningbouwopgave op de manier zoals we nu bouwen, kan niet binnen de ecologische grenzen van de planeet. Deze verkenning laat zien wat de huidige impact is en schetst een veranderpad om te kunnen bouwen binnen de grenzen van onze planeet.

Nederland staat voor meerdere, grote opgaven. Allereerst is de woningbouwopgave groot: om het woningtekort op te lossen, wil het kabinet toewerken naar 100.000 nieuwe woningen per jaar tot en met 2030.<sup>1</sup> Tegelijkertijd staan we voor grote duurzaamheidsopgaven. Om verdere opwarming van de aarde te beperken is het doel om de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2030 ruim te hebben gehalveerd. Daarnaast wil Nederland in 2050 volledig circulair zijn en opereren binnen de planetaire grenzen<sup>2</sup> (zie kader op volgende pagina), met als richtinggevende tussendoelstelling 50% minder primair grondstofverbruik in 2030. Nederland kampt bovendien met een stikstofoverschot, wat een negatieve invloed heeft op de biodiversiteit.

Figuur 1

### Beleidsdoelstellingen Rijksoverheid 2030



De bouwsector is verantwoordelijk voor zo'n 50% van het nationale grondstoffenverbruik en 11% van de nationale CO<sub>2</sub>-uitstoot.<sup>3</sup> De grote woningbouwopgave – die een groei van de jaarlijkse bouwproductie betekent – schuurt met ecologische doelstellingen op klimaat, circulaire economie en stikstof. Momenteel worden beleidsdoelstellingen op de verschillende thema's onafhankelijk van elkaar aangestuurd.<sup>4</sup> Het meer gezamenlijk aansturen hiervan helpt bij het realiseren van zowel nationale als Europese beleidsdoelstellingen.

Onze hypothese is dat bouwen conform *business-as-usual* leidt tot het niet halen van doelstellingen op het gebied van klimaat, circulaire economie en stikstof. Met deze verkenning bepalen we de materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact van de woningbouw. Hierbij gaan we uit van de milieu-impact vanuit de productie- en de bouwfase. De inschatting van de woningbouwopgave is samengevat in het kader op pagina 11. Vervolgens schetsen we een veranderpad, waarbij de woningbouwopgave waar mogelijk plaatsvindt binnen de doelstellingen op klimaat en ambities op circulaire economie. Daarbij kijken we ook naar oplossingen om de bestaande woningen beter te benutten, waarmee we nieuwbouw voorkomen.

De Rijksoverheid heeft recent aangekondigd circulair bouwen verder te gaan normeren,<sup>5</sup> onder meer met het aanscherpen van de MPG-norm, het introduceren voor een norm voor de materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot van gebouwen. Een lange-termijnperspectief, inclusief een visie op een toekomstbestendige sector vanuit een integraal duurzaamheidsperspectief, ontbreekt echter.

Wij zien deze verkenning als de volgende stap in het concretiseren van de verduurzaming van de Nederlandse woningbouwopgave. Daarbij sluiten we aan op de inzet van diverse initiatieven die al lopen: deze zijn samengevat in onderstaand kader. Ook maken we gebruik van inzichten uit reeds uitgevoerd onderzoek, waaronder de materiaalstromen van de bouw (Economisch Instituut voor de Bouw & Metabolic), het Circularity Gap Report for the Built Environment (Circle Economy & Metabolic),<sup>6</sup> de potentie van biobased bouwen (NIBE),<sup>7</sup> een verkenning van milieuprestaties van nieuwbouwwoningen (W/E)<sup>8</sup> en onderzoek naar de waarde en betaalbaarheid van circulair bouwen (Alba Concepts).<sup>9</sup>

## Initiatieven circulair bouwen

Vijf sectorbrede initiatieven die werken aan een meer circulaire (woning)bouw:

- Met het **Convenant Duurzame Woningbouw** hebben 100+ partijen – gemeenten en marktpartijen – gezamenlijk een basisniveau voor duurzaamheidsambities in de woningbouw ondertekend.
- In de **City Deal Circulair & Conceptueel Bouwen** hebben 120+ partijen gezamenlijk de ambitie uitgesproken om alle projecten van meer dan 50 woningen circulair te ontwikkelen.
- Vanuit Cirkelstad wordt gewerkt aan **Het Nieuwe Normaal** op het gebied van circulair bouwen: een eenduidige taal en indicatorset om circulaire prestaties in de bouw inzichtelijk te maken.
- De TKI Bouw & Techniek heeft een **Meerjaren Missiegedreven Innovatieprogramma Circulaire Bouw** om innovaties op het gebied van circulair bouwen aan te jagen.
- Het **Lente Akkoord 2.0**, een samenwerking van verschillende koepelorganisaties, richt zich op het versnellen van circulair en industrieel bouwen.

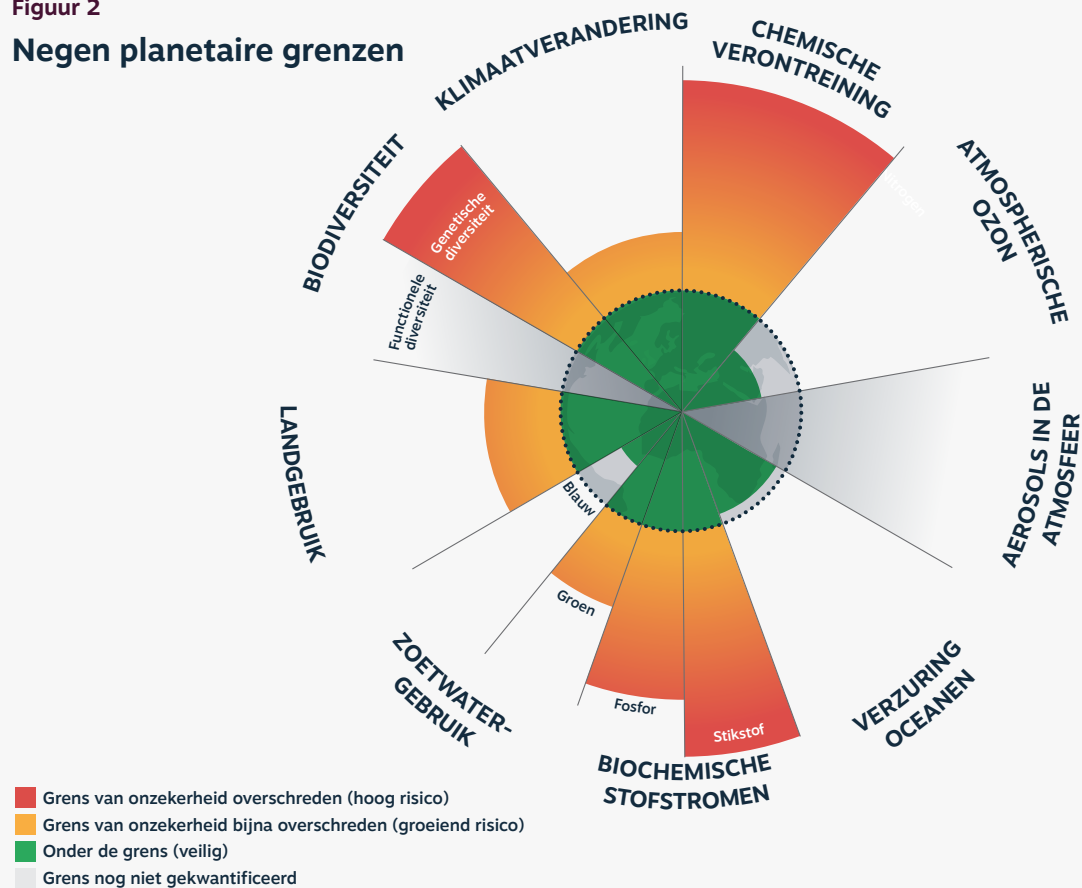


## Planetaire grenzen voor een gezonde en veilige aarde

Duurzame ontwikkeling gaat breder dan alleen het voorkomen van verdere klimaatverandering en biodiversiteitsverlies. Onze aarde kent negen 'planetaire grenzen', die we niet mogen overschrijden om de gezonde en veilige ruimte (safe operating space) voor mensen op aarde te behouden. Als gevolg van economische activiteiten overschrijden we steeds meer van die grenzen echter wel.

Een van de meest bekende grenzen is 'klimaatverandering'. We bevinden ons inmiddels niet meer in het stabiele Holocene – waarin de mensheid zich de afgelopen 10.000 jaar ontwikkeld heeft – maar in het Antropoceen: het tijdperk waarin de mens de meeste invloed heeft op het leven op aarde. Naast het verlagen van onze impact op de planeet moeten we ons dus tegelijkertijd ook aanpassen aan een veranderende omgeving.

**Figuur 2**  
Negen planetaire grenzen



**Bron:** Updated Planetary Boundaries, Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Wang-Erlandsson et al., 2022, Persson et al., 2022 and Steffen et al., 2015.

Naast klimaatverandering zijn er nog acht andere 'planetaire grenzen' die voor grote opgaven zorgen. Recente wetenschappelijke inzichten laten zien dat we zes van de negen grenzen inmiddels overschreden hebben:

1. **Klimaatverandering:** de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer
2. **Beschikbaarheid zoet water:** de hoeveelheid zoet water, die beschikbaar is in de bodem;
3. **Landgebruik:** de hoeveelheid beschikbaar land voor natuur;
4. **Biodiversiteit:** de diversiteit aan soorten binnen ecosystemen, zowel functioneel als genetisch;
5. **Nieuwe entiteiten:** de concentratie van nieuwe, niet door de natuur af te breken stoffen in het ecosysteem;
6. **Biochemische stromen:** de fosfor- en stikstofkringlopen, waarbij kringlopen zijn verstoord en zowel tekorten als overschotten ontstaan.

De gevaren van het overschrijden van deze grenzen, zoals op biodiversiteitsverlies<sup>10</sup> en chemische vervuiling,<sup>11</sup> worden steeds duidelijker. Op ieder van die grenzen moeten we dus – naast het terugdringen van onze impact – tegelijkertijd werken aan herstel.

Daarbij is de bouw een sector met een grote (fossiele) materiaal- en energievraag, die direct en indirect impact heeft op veel van de planetaire grenzen. De bijdrage aan klimaatverandering is het meest duidelijk. Denk echter ook aan chemische materialen die in de bouw worden toegepast, maar vervolgens door de natuur niet meer afgebroken kunnen worden. Of aan de hoeveelheid beschikbaar land voor ecosysteemdiensten, zoals wateropslag of natuur. Om de impact van de bouw te illustreren: vanaf 2020 hebben door de mens gemaakte producten en materialen een grotere massa dan de totale biomassa van de aarde.<sup>12</sup> Gebouwen en infrastructuur zijn daarin dominant.



# Woningbouwopgave: ambities en verwachtingen

Nederland staat voor een steeds groter tekort aan (betaalbare) woningen. Dit komt door een combinatie van kleiner wordende huishoudens, groeiende instroom van migranten en een achterstand in de bouwproductie vanuit de afgelopen jaren. In de Nationale Woon- en Bouwagenda is de ambitie geformuleerd om toe te werken naar 100.000 woningen per jaar tot 2030, met een totale woningbouwproductie van 900.000 woningen tussen 2022 en 2030. In ruim 40 regionale Woondeals zijn verdere aantallen per regio afgesproken.

De daadwerkelijke verwachting van de nieuwbouw is volgens de laatste prognose minder hoog dan de nationale beleidsdoelstelling. Voor deze verkenning gaan we uit van de verwachte nieuwbouwproductie volgens de Primos-prognose,<sup>13</sup> met een inschatting van 742.500 woningen voor de periode 2023 – 2030. Voor de milieu-impact in deze verkenning gaan we uit voor een periode van deze zelfde periode van acht jaar.<sup>14</sup> Door deze verwachte productie te combineren met regionale verwachtingen, historische trends en verwachtingen van experts hebben we een inschatting gemaakt van de totale woningproductie per type woning. Deze is samengevat in figuur 3.

» De methode om te komen tot deze specificatie is nader toegelicht in *Bijlage II*.

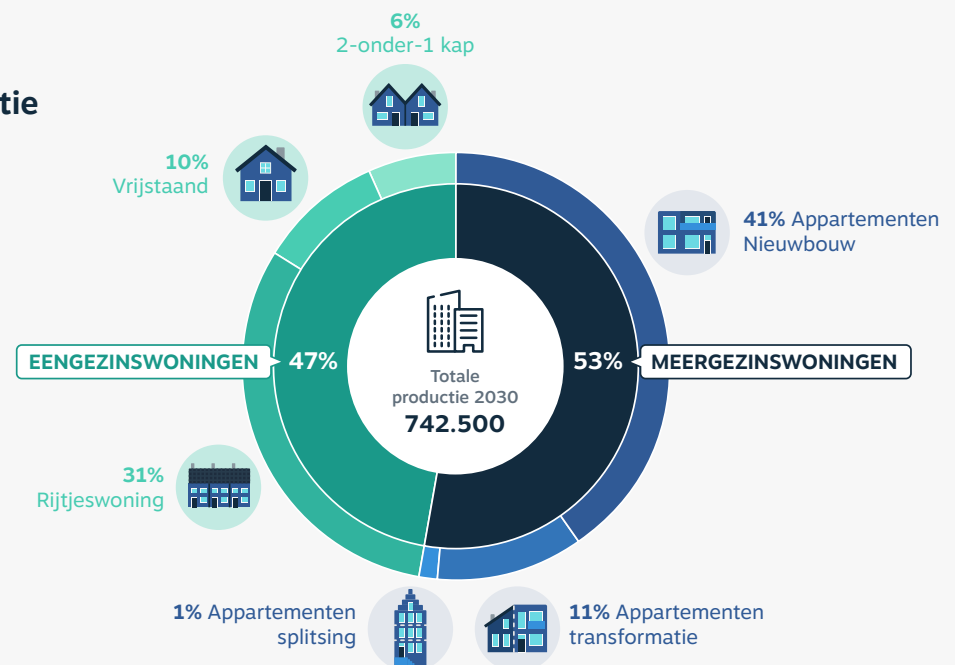
De verwachte nieuwbouwproductie schiet tekort voor het realiseren van de beleidsdoelstelling. Om het woningtekort terug te dringen zonder het aantal nieuwe woningen te verhogen, kan de bestaande

woningvoorraad beter worden benut. Daarmee kunnen aanvullend zo'n **50.000 woningen** worden gerealiseerd (indicatie: 6.000 / jaar): dit is verder uitgewerkt in *strategie 0 (Hoofdstuk 5)*. Hiermee komt het totaal op ruim **790.000 woningen** in een periode van 8 jaar: vrijwel de ambitie van 100.000 per jaar.

Een belangrijke kanttekening bij deze verwachte productiegetallen zijn de huidige marktomstandigheden. Allereerst leiden

onzekerheden rondom vergunningverlening als gevolg van stikstofdeposities tot vertraging. Daarnaast zorgen de sterk gestegen materiaalprijzen en hoge rente ervoor dat businesscases voor ontwikkelaars lastiger haalbaar zijn. Ook zijn potentiële woningkopers door de hoge rente terughoudender in het sluiten van een koopcontract. Desondanks zijn de conclusies van deze verkenning relevant, omdat de woningen naar verwachting wel gerealiseerd gaan worden – en de milieu-impact en het materiaalverbruik op dat moment alsnog plaatsvinden.

**Figuur 3**  
**Verwachte woningbouwproductie tot en met 2030**



# 02

## Trends & ontwikkelingen

In de bouwsector vinden verschillende trends en ontwikkelingen plaats, die de transitie naar een circulaire bouw beïnvloeden. Het grootste deel van die trends en ontwikkelingen werkt versterkend naar een meer duurzame sector; enkele werken belemmerend. Wanneer we deze trends en ontwikkelingen combineren, is de vraag niet of, maar hoe snel verduurzaming van de bouwsector plaatsvindt. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de huidige trends in de bouweconomie en relevante ontwikkelingen op gebied van wet- en regelgeving.

De bouwsector is een sector die historisch sterk vraag- en kostengestuurd werkt. Omdat de bouwsector (tot op heden) vaak niet werkt vanuit standaardproducten en -processen, is deze dus relatief vatbaar voor externe trends en ontwikkelingen. Wij schetsen de belangrijkste trends en ontwikkelingen die invloed hebben op de transitie naar een circulaire bouweconomie.

# Trends in de bouwconomie

Er zijn verschillende maatschappelijke trends die de bouwsector beïnvloeden. Deels raken deze aan de financiële businesscase, daarnaast hebben zij invloed op de toekomstbestendigheid van de bouwsector. Wij zien er zeven.

## 1. Maatschappelijke druk op verduurzaming

De maatschappelijke druk op verduurzaming blijft toenemen vanuit een groeiend besef van urgentie, vooral op het gebied van klimaat.<sup>15</sup> In de druk om verduurzaming gaat het zowel om de energieprestaties van de bestaande bouw als de energie- en milieuprestaties van nieuwbouw. Daarnaast worden andere thema's, zoals locatie en adaptief- en natuurinclusief bouwen, steeds belangrijker.<sup>16</sup>

## 2. Krapte op bouwmarkt

Er zit spanning op de arbeidsmarkt in de bouw, zowel voor praktisch als theoretisch geschoold personeel.<sup>17</sup> Dit komt door een combinatie van afnemend arbeidsaanbod (vergrijzing) en een groeiende arbeidsvraag (o.a. door verduurzaming bestaande gebouwde omgeving). Zowel bij praktisch als theoretisch geschoold personeel is deze uitdaging extra groot voor technische beroepen. Het verduurzamen van de bestaande gebouwde omgeving (o.a. isoleren) vraagt om maatwerk, en daarmee extra arbeid die niet beschikbaar is voor de nieuwbouw. Binnen de

nieuwbouwpoging vraagt het hergebruiken van materialen en onderdelen om extra werk ten opzichte van gestandaardiseerde werkprocessen met nieuwe materialen.

## 3. Dalende materiaalbeschikbaarheid

Beperkingen aan de beschikbaarheid van materiaal worden steeds zichtbaarder. Als gevolg van COVID-19 is duidelijk geworden dat toevoerketens kwetsbaar zijn.<sup>18</sup> In combinatie met de groeiende vraag door een groeiende wereldwijde middenklasse nemen de leveringsrisico's van materialen toe. Dit geldt vooral van materialen die op een wereldmarkt worden verhandeld, zoals staal (t.b.v. constructies) en kritieke metalen (t.b.v. installaties).<sup>19</sup>

## 4. Stijgende materiaalprijzen

De prijzen van materialen stijgen, onder meer als gevolg van de dalende beschikbaarheid (zie **trend #3**) en structureel hogere energieprijzen.<sup>20</sup> Daarbij vinden ook sterke fluctuaties plaats, onder meer bij hout.<sup>21</sup> Zeker voor specifieke kritieke metalen – waarvoor de productie lastiger op te schalen is dan voor 'massamaterialen' als beton en staal – is de verwachting dat deze prijsstijgingen doorzetten. Dit wordt verder versterkt door sterkere Europese prijsstijging van CO<sub>2</sub>-uitstoot (zie **Ontwikkelingen**).

## 5. Groei in toepassing biobased bouwmaterialen

De toepassing van biobased bouwmaterialen neemt toe: zowel van hout als van vezelgewassen voor isolatie. Vanuit de markt ontstaat een steeds breder

aanbod biobased bouwmaterialen, waarbij de focus ligt op het industrieel produceren van biobased – vaak houten – modules. Vanuit het programma *Building Balance* wordt de transitie naar biobased bouwen verder aangejaagd. Ondanks deze inzet en de vele plannen voor de komende jaren is de *huidige* toepassing nog steeds beperkt: van de totale hoeveelheid bouwmaterialen is zo'n 2% van hout en 0,1% overige biobased materialen (massapercentage, o.b.v. cijfers uit 2019)<sup>22</sup>

» *De groei van biobased materiaaltoepassing is verder doorgetrokken in **Strategie 4: Biobased Bouwen**.*



## 6. Toenemende industrialisatie (woning)bouw

Steeds meer partijen werken toe naar industriële productie van woningen. De belangrijkste aanleidingen daarvoor zijn de mogelijkheden voor snellere en goedkopere productie, de krapte op de arbeidsmarkt (zie **trend #2**) en de lagere stikstofuitstoot op de bouwplaats. Als onderdeel van deze verschuiving investeren veel partijen in een eigen woningconcept, soms in combinatie met een eigen fabriek. Het aantal industrieel geproduceerde woningen is de afgelopen jaren gestegen van een kleine 4.500 (2018 - 7%) tot ruim 10.000 (2022 - 14%).<sup>24</sup>

» *Deze trend is verder doorgetrokken in **Strategie 5: Intensieve industrialisatie**.*

## 7. Hogere financieringskosten

De financieringskosten van bouwprojecten nemen toe door de snel stijgende rente. Dat leidt tot een terugtrekkende beweging van zowel investeerders als van potentiële huizenkopers. Op dit moment is nog niet te voorspellen hoe dit de woningvraag en -productie op langere termijn gaat beïnvloeden. Wel kan deze ontwikkeling in het voordeel van industriële woonconcepten werken, vanwege de beter voorspelbare productieprijs.<sup>23</sup>



## Ontwikkelingen op wet- en regelgeving

Naast maatschappelijke trends zijn er veel ontwikkelingen in wet- en regelgeving, zowel nationaal als Europees. Door aanscherping van bestaande wetgeving en introductie van nieuwe wetgeving wordt steeds sterker gestuurd op duurzaamheid, zowel specifiek voor de bouw als generiek voor het gehele bedrijfsleven. Daarmee wordt de druk om te verduurzamen ook op de bouwsector groter.

Op nationaal niveau zien we vier belangrijke ontwikkelingen, die zijn toegelicht in de Kamerbrief:

- 1. Aanscherping MPG-prestatie**, waarbij de huidige grenswaarden van de MPG worden aangescherpt voor zowel de woning- als utiliteitsbouw;
- 2. Introductie CO<sub>2</sub>-eis**, waarbij een eis wordt geïntroduceerd rondom de maximale CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de productie en bouw van een woning- of utiliteitsgebouw;
- 3. Stimulering biobased bouwen**, waar de nadruk ligt op onder meer het opzetten van ketens voor vezelgewassen in Nederland en het creëren van condities veel aandacht krijgt;
- 4. Verbetering Milieuprestatiestelsel**, om te kunnen komen tot betere sturing op de milieuprestatie van gebouwen tijdens zowel ontwerp als realisatie.

Op Europees niveau zien we drie belangrijke ontwikkelingen, die ook de bouwsector gaan raken:

- 1. Uitbreiding Europees emissiehandelssysteem** (EU ETS) met nieuwe sectoren (o.a. de gebruiksfase van gebouwen) en het introduceren van een grensheffing voor CO<sub>2</sub>-intensieve materialen (CBAM) voor onder andere veelgebruikte bouwmaterialen als staal en beton. Hierdoor zal de Europese CO<sub>2</sub>-prijs (EU ETS), momenteel zo'n €95,- / ton (status: april 2023),<sup>25</sup> naar verwachting flink verder stijgen;
- 2. Uitbreiding Level(s)-raamwerk** voor duurzaamheid in de gebouwde omgeving,<sup>26</sup> inclusief de introductie van een (Europees) *Global Warming Potential (GWP)* meetinstrument voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot over de gehele levensduur;
- 3. Introductie rapportageverplichtingen** op duurzaamheid (o.a. CSRD), waarbij bedrijven reductiedoelstellingen moeten formuleren voor hun eigen operatie en de waardeketen en hierover moeten rapporteren. Het niet rapporteren over voortgang of gebrek aan verbetering worden daarmee een bestuurlijk risico. Voor investeerders geldt tevens dat zij te maken krijgen met de Europese Taxonomie, die bepaalt wanneer investeringen 'duurzaam' zijn.



Wanneer we deze trends en ontwikkelingen zien, is dus niet de vraag of, maar in welk tempo verduurzaming van de bouw gaat plaatsvinden. Sneller handelen zorgt niet alleen voor meer CO<sub>2</sub>-reductie, maar maakt het naar verwachting tevens eenvoudiger om nieuwe, wettelijke grenswaarden

te halen en aan rapportageverplichtingen te voldoen. Daarbij zijn er veel win-winsituaties te realiseren: denk aan een lagere stikstofuitstoot, lagere milieu-impact of gezondheidsvoordelen voor bewoners.

# 03

## Een CO<sub>2</sub>-budget voor de woningbouw



Wanneer we ernstige klimaatverandering willen voorkomen, is er een maximale hoeveelheid CO<sub>2</sub> die wereldwijd mag worden uitgestoten. Dit zogenoemde 'CO<sub>2</sub>-budget' laat zien hoe groot onze maximale toekomstige uitstoot is. In dit hoofdstuk gaan we dieper in op het CO<sub>2</sub>-budget en bepalen we een budget voor de Nederlandse nieuwbouwpoging. Deze emissieruimte vormt vervolgens de basis van de verdere analyse, als randvoorwaarde om te bouwen binnen de grenzen van de planeet. Deze manier van denken in 'budgetten' is ook een manier om naar de stikstofuitstoot in de bouw te kijken.



Het klimaat op aarde verandert steeds sneller. Ook de gevolgen, zoals extreme droogte, overstromingen en het verlies aan biodiversiteit, worden steeds duidelijker. Het IPCC - het wetenschappelijk klimaatpanel van de VN - heeft scenario's ontwikkeld waarin duidelijk wordt hoe sterk de aarde opwarmt bij welke CO<sub>2</sub>-concentraties in de atmosfeer. Op basis daarvan is bepaald wat de maximale, wereldwijde CO<sub>2</sub>-uitstoot mag zijn om opwarming van de aarde te beperken tot 1,5 °C, 1,7 °C en 2,0 °C: het *carbon budget*. Het overschrijden van dit budget leidt tot verdere opwarming, die gevaarlijk is voor een gezond en veilig menselijk leven op aarde.

Dit wereldwijde *carbon budget* is een totale, maximale CO<sub>2</sub>-uitstoot vanaf een bepaald moment in de tijd. Daarbij hangt de grootte van het carbon budget af van de maximale wereldwijde temperatuurstijging die we accepteren: 1,5 °C, 1,7 °C of 2,0 °C. Bij het bepalen van dit budget hanteert het IPCC een 'kans op het voorkomen van overschrijding' van deze temperatuur.<sup>27</sup> Deze budgetten zijn verder toegelicht in het kader.

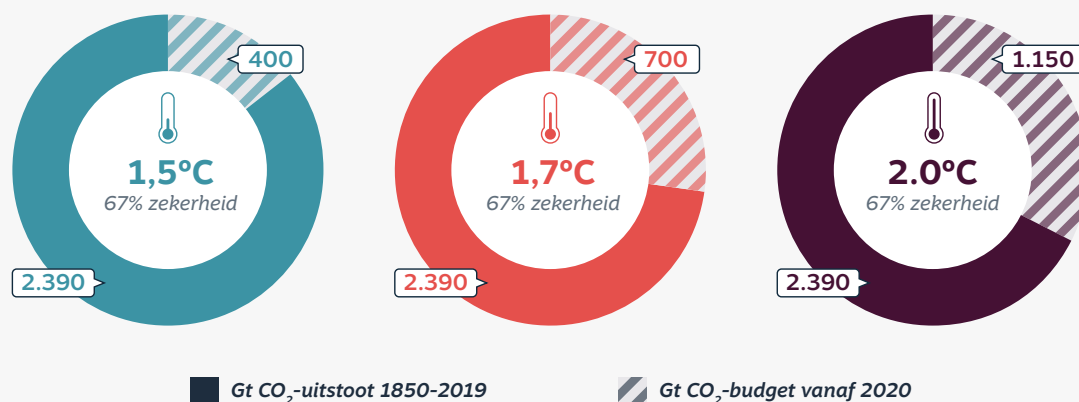
## Historische CO<sub>2</sub>-uitstoot en uitstootruimte

In de periode 1850 – 2019 is er wereldwijd zo'n 2390 Gton CO<sub>2</sub> uitgestoten. Om opwarming van de aarde te beperken tot 1,5°C (met 67% zekerheid), is het wereldwijde CO<sub>2</sub>-budget vanaf 2020 nog 400 Gton. Voor het beperken van de opwarming tot 1,7 °C is dit 900 Gton, voor het beperken tot 2,0 °C is dit 1150 Gton. Dit

budget heeft alleen betrekking op de CO<sub>2</sub>-uitstoot en houdt rekening met een (beperkte) bijdrage van andere vbroeikasgassen. Met een jaarlijkse wereldwijde uitstoot van zo'n 42 Mton<sup>28</sup> waarvan zo'n 37 Mton als gevolg van energieverbruik,<sup>29</sup> daalt dit budget snel.

Figuur 4

### Wereldwijde CO<sub>2</sub>-budget vanaf januari 2020



## Bepaling CO<sub>2</sub>-budget Nederlandse bouw

Het wereldwijde CO<sub>2</sub>-budget is niet op een eenduidige manier te vertalen naar budgetten per land of per sector. Bij verdeling naar landen kan dit bijvoorbeeld op basis van historische uitstoot, inwoneraantal of bruto nationaal product (BNP). Deze keuze is zeer bepalend voor het beschikbare CO<sub>2</sub>-budget. Op basis van historische uitstoot en de financiële mogelijkheden stelt een verkenning van New Climate dat Nederland haar 'eerlijke' CO<sub>2</sub>-budget zelfs al heeft verbruikt.<sup>30</sup>

Om een CO<sub>2</sub>-budget voor de Nederlandse bouwsector te bepalen, is een aantal keuzes gemaakt. Er zijn drie budgetten bepaald: voor 1,5 °C, 1,7 °C en 2,0 °C. Voor de kans op het voorkomen van overschrijding is gekozen voor 67%, omdat dit minder risico's creëert dan een kans van 50%.

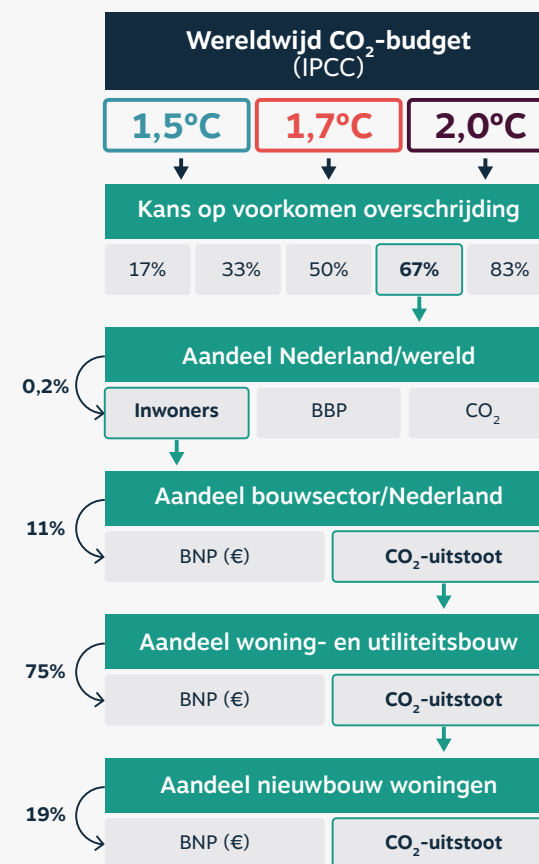
De toekenning van een budget aan Nederland is gedaan op basis van inwoneraantallen, in lijn met eerdere CO<sub>2</sub>-budgetberekeningen voor de Nederlandse bouw.<sup>31</sup> Voor deze toekenning zijn ook andere keuzes mogelijk: een toekenning op basis van BNP zou bijvoorbeeld tot een hoger budget leiden, een toekenning inclusief historische uitstoot tot een lager budget. Voor het moment van toekenning is gekozen voor het kalenderjaar 2020, als ingangsmoment van de reductiedoelstellingen onder het Klimaatakkoord van Parijs.

Het budget is daarna als volgt bepaald:

- Het resterende Nederlandse budget is bepaald door het totale Nederlandse budget (vanaf 2020) te verminderen met de Nederlandse CO<sub>2</sub>-uitstoot over de periode 2020 – 2022: zo'n 484 Mton op basis van de meest actuele inschattingen<sup>32,33</sup>.
- Het budget voor de bouwsector is vervolgens toegekend op basis van economische omvang van de sector: zo'n 11%, op basis van een West-Europees gemiddelde,<sup>34</sup> wat in lijn is met andere inschattingen.<sup>35</sup>
- Binnen de bouwsector is op basis van CO<sub>2</sub>-uitstoot het aandeel voor de woning- en utiliteitsbouw (B&U) bepaald: 75%, ten opzichte van de grond-, weg- en waterbouw (25%). Hierbij is voortgebouwd op een eerdere indicatieve verdeling, die op hoofdlijnen overeenkomst met analyses van het Economisch Instituut voor de Bouw (EIB) en Metabolic. Daarbij wordt rekening gehouden met een jaarlijkse CO<sub>2</sub>-reductie van 2% door de industrie, wat in lijn is met de afspraken in het Klimaatakkoord, maar hoger is dan de verbetering van de afgelopen jaren.<sup>32</sup>
- Op basis van de gemodelleerde bouwopgave tot en met 2050 is zo'n 19% hiervan beschikbaar voor de nieuwbouw van woningen.<sup>31</sup>

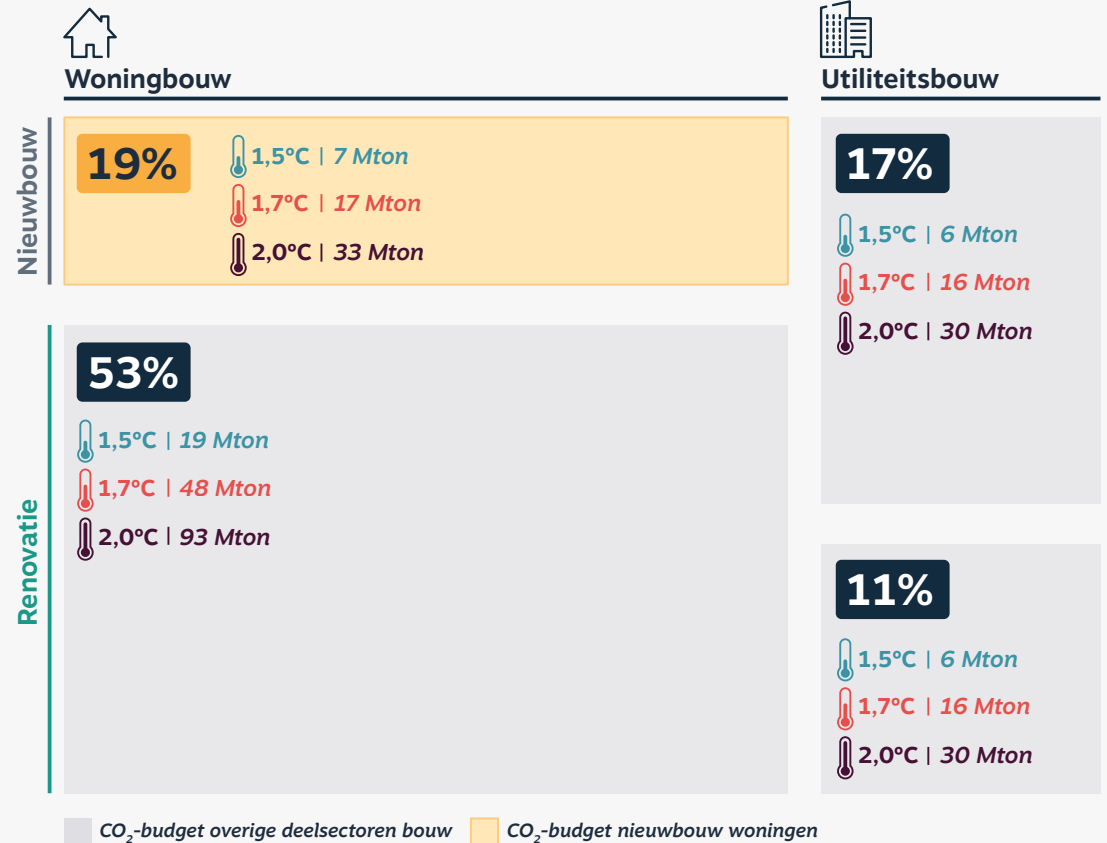
Figuur 5

### Toewijzing van het wereldwijde CO<sub>2</sub>-budget aan de Nederlandse woningbouwsector



Figuur 6

## Verdeling CO<sub>2</sub>-budget over de bouwsector

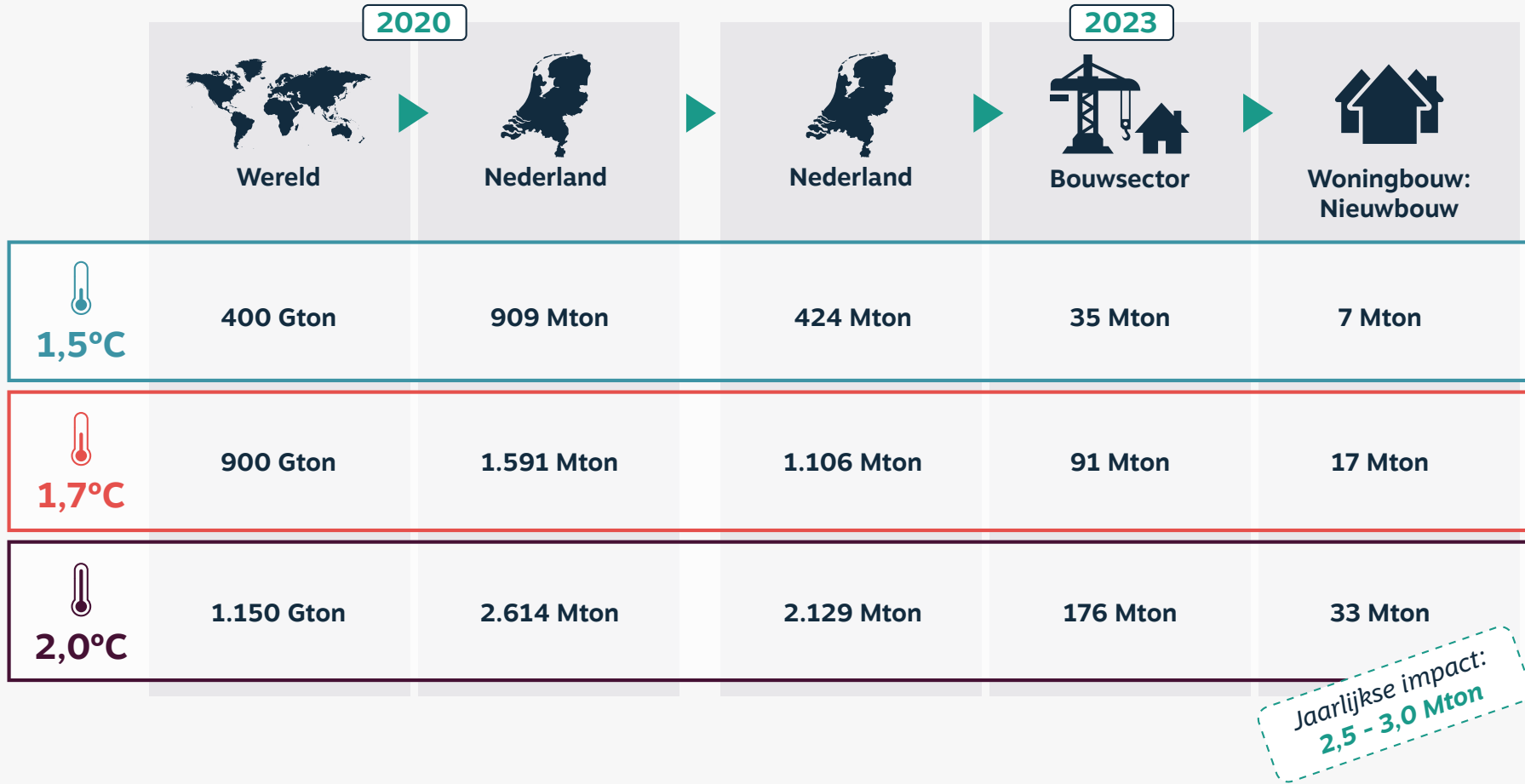


### Woningbouw in relatie tot andere delen bouwsector

De nieuwbouw van woningen is slechts een deel van de impact van de bouwsector. De percentuele verdeling tussen de verschillende bouwtypen (woning-utiliteit) en soorten werkzaamheden (nieuwbouw-renovatie) is gedaan voor de totale Nederlandse bouwopgave tot en met 2050. Wanneer we kijken naar de periode 2023-2030 wordt het relatieve aandeel van de woningbouw hoger. Eventuele extra CO<sub>2</sub>-uitstootruimte voor die nieuwbouwopgave gaat daarmee echter ten koste van de uitstootruimte voor renovatie van de bestaande bouw.

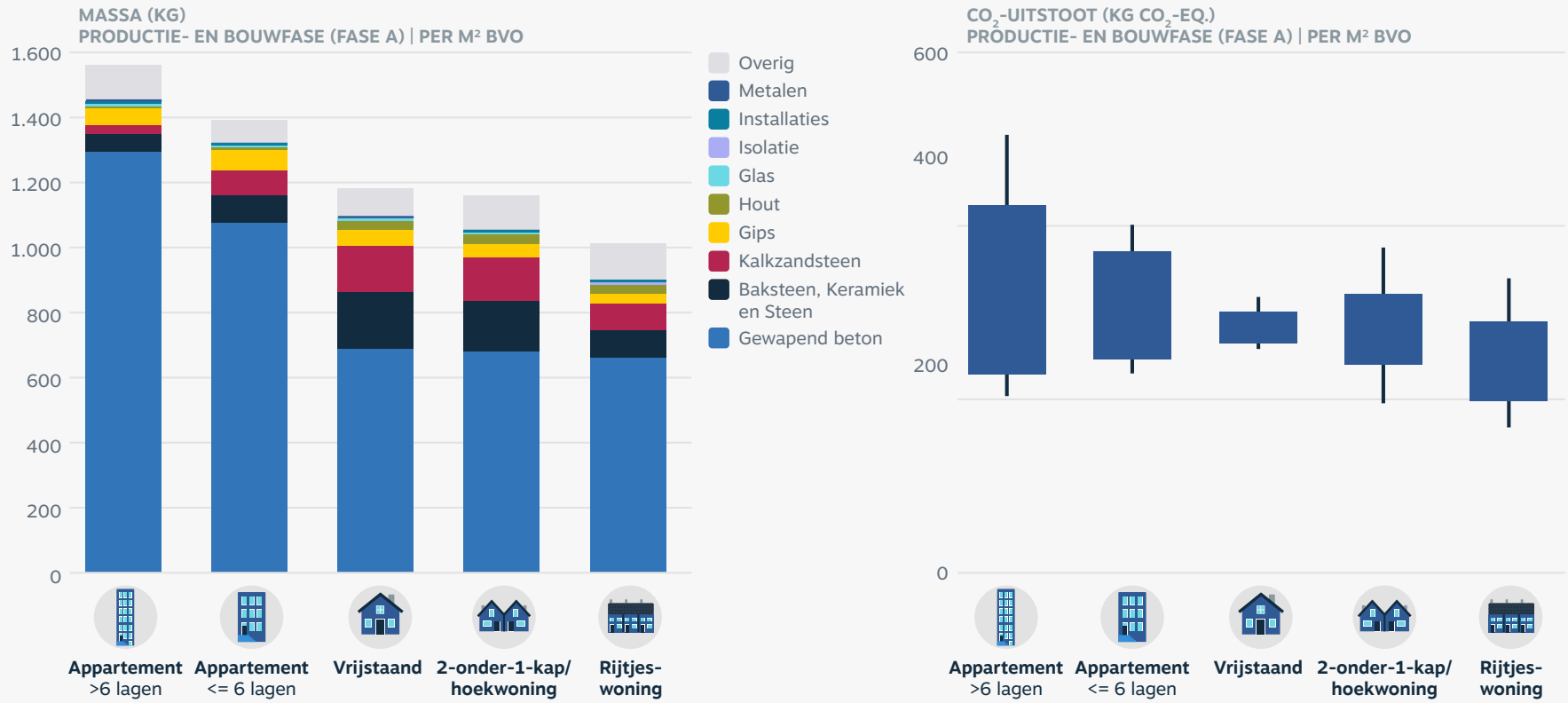
Figuur 7

Toewijzing van het wereldwijde CO<sub>2</sub>-budget aan de Nederlandse woningbouwsector



**Figuur 8**

**Materiaalverbruik en materiaalgebonden CO<sub>2</sub>-uitstoot van business-as-usual woningbouw**



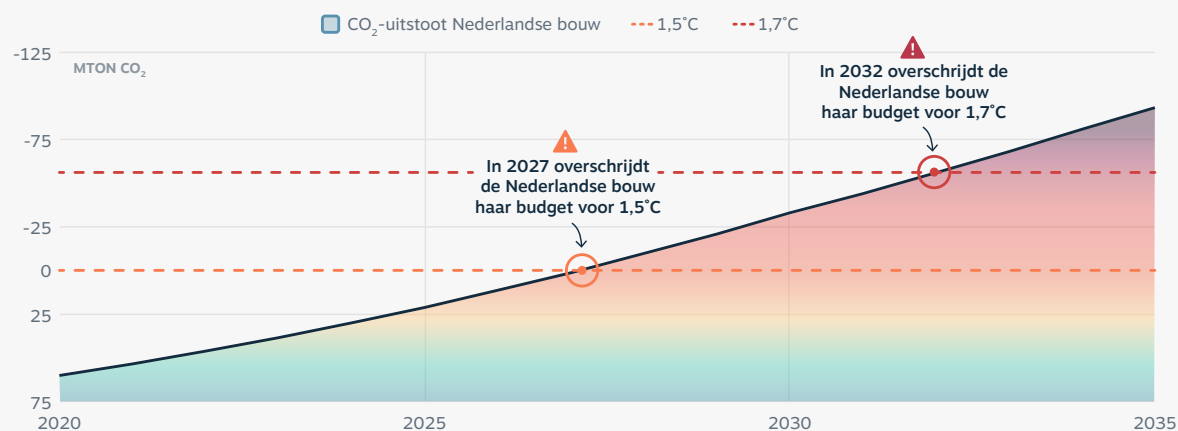
## Overschrijden CO<sub>2</sub>-budget

Wanneer we blijven bouwen zoals we dat nu doen (*business-as-usual*), schiet de Nederlandse bouwsector (als geheel) in 2027 door haar CO<sub>2</sub>-budget voor 1,5 °C. Wanneer we een grotere

bijdrage van de Nederlandse woningbouw aan de opwarming van de aarde toestaan, bereiken we het CO<sub>2</sub>-budget in 2032 (voor 1,7 °C) en 2039 (voor 2,0 °C).

**Figuur 9**

**Het CO<sub>2</sub>-budget van de Nederlandse woningbouw wordt overschreden bij bouwen conform *business-as-usual***



## CO<sub>2</sub>-budget in relatie tot nationaal klimaatbeleid

Het denken in CO<sub>2</sub>-budgetten past niet in het huidige Nederlandse klimaatbeleid. Daarin gaan we uit van reductiedoelen per jaar, met als streefdoel 60% CO<sub>2</sub>-reductie in 2030 (ten opzichte van 1990). Het hogere streefdoel moet ertoe leiden dat het daadwerkelijke doel – 55% reductie in 2030 – gehaald worden.<sup>36</sup> Ten opzichte van 1990 (221 Mton) betekent dat dus een verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot tot 88 Mton (60%-streefdoel) of 99 Mton (55%-resultaatdoel). Uiterlijk in 2050 moet Nederland klimaatneutraal zijn.

Wanneer we op basis van dit nationale beleidsdoel een CO<sub>2</sub>-budget berekenen – met een lineaire afname van de CO<sub>2</sub>-uitstoot tussen 2023 – 2030 (tot 60% reductie) en 2030 – 2050 (tot 0 uitstoot), ontstaat een CO<sub>2</sub>-budget van 1815 Mton. Dit is in lijn met het Nederlandse CO<sub>2</sub>-budget dat beschikbaar is binnen het scenario voor 2,0°C. Een belangrijke kanttekening is dat het IPCC rekent met budgetten in CO<sub>2</sub> en het Nederlands klimaatbeleid in budgetten met CO<sub>2</sub>-equivalenten, waarbij ook de uitstoot van andere broeikasgassen wordt omgerekend naar CO<sub>2</sub>-uitstoot. In Nederland bedraagt de CO<sub>2</sub>-uitstoot ongeveer 85% van de totale uitstoot in CO<sub>2</sub>-equivalenten,<sup>37</sup> onder andere door uitstoot van andere broeikasgassen als methaan uit de landbouw. Op basis van de IPCC-benadering creëert dat dus zo'n 15% extra budget voor Nederland.

Het wel of niet bepalen van een budget voor een specifieke sector is uiteindelijk een politieke keuze, waar momenteel nog geen beleid op is gemaakt. In lijn met klimaatwetenschap en de afspraken uit het Parijsakkoord is het hanteren van zo'n budget echter de meest voor de hand liggende manier om te sturen op het verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

## Toepassing CO<sub>2</sub>-budget

Het voorkomen van ernstige klimaatverandering is uiteindelijk een wereldwijd probleem, geen probleem van een land of een sector. Het bepalen van een CO<sub>2</sub>-budget voor de Nederlandse bouwsector is een manier om als sector verantwoordelijkheid te nemen voor de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot. Het daadwerkelijk monitoren van het 'opdraken' van dit budget per sector is in de praktijk ook nog erg lastig, bijvoorbeeld omdat bij de productie van materialen (voorbeeld: staal) niet altijd vooraf duidelijk is in welke sector dit wordt toegepast. Ook worden (bouw)materialen zowel geïmporteerd als geëxporteerd: door het ontbreken van specifieke gegevens is het onmogelijk om te bepalen welk aandeel van de productie in het buitenland plaatsvindt.

### Impact bouw in relatie tot impact andere sectoren

Iedere sector – ook de bouw – is zowel verantwoordelijk voor haar eigen uitstoot (scope 1), de uitstoot van haar energieverbruik (scope 2) en haar uitstoot in de keten (scope 3). Het overgrote deel van de impact van de bouw vindt plaats in scope 3. Dat betekent dat de 'winst' in de bouwsector voor een belangrijk deel ook in andere sectoren plaatsvindt. Bij het bepalen van een CO<sub>2</sub>-budget voor een specifieke sector ontstaat dus overlap met beschikbare budgetten van verschillende sectoren. Een voorbeeld: de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor transport naar een bouwproject leidt tot ketenimpact voor een bouwproject (scope 3), maar is ook 'eigen' impact vanuit de transportsector (scope 1). Het denken in budgetten is dus ook een manier om ketenpartners te sturen om hun verantwoordelijkheid te nemen.

## Stikstof: budget overschreden

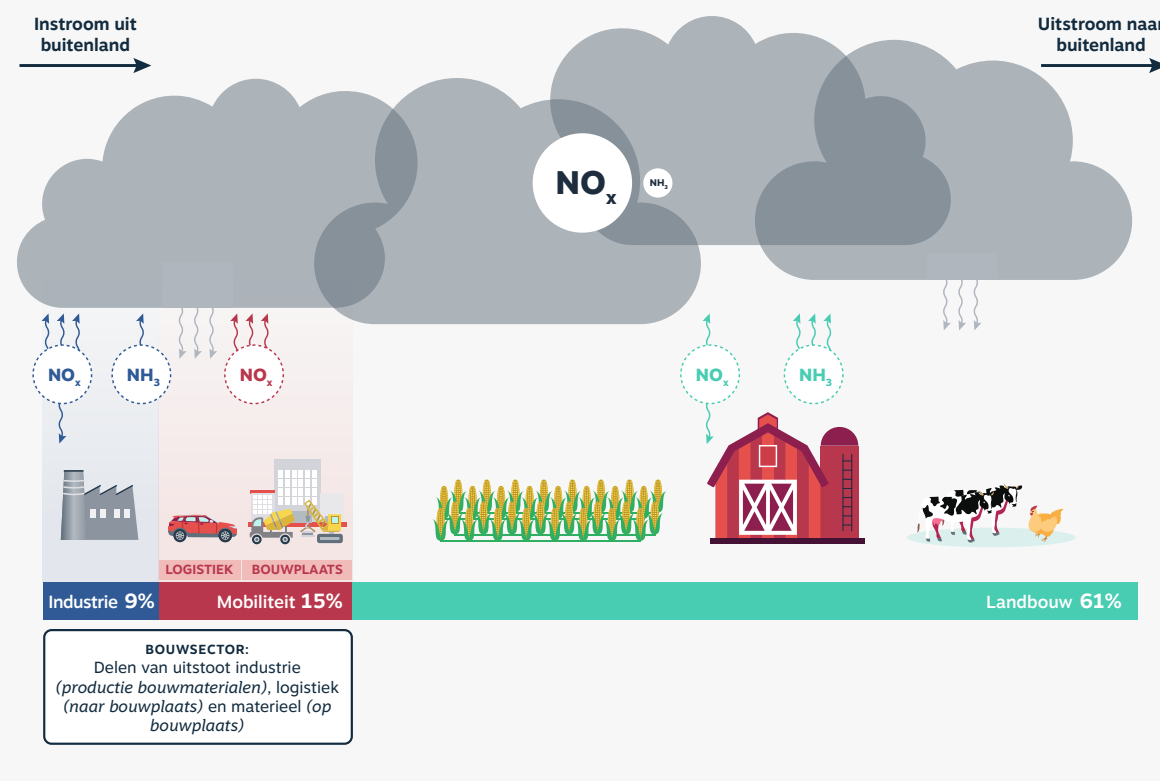
De stikstofconcentratie in de natuur is vergelijkbaar met de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer. Net als een CO<sub>2</sub>-concentratie die niet mag worden overschreden om ernstige klimaatverandering te voorkomen, is er een stikstofconcentratie die niet mag worden overschreden om verlies van biodiversiteit te voorkomen. Waar **Hoofdstuk 3** een maximaal CO<sub>2</sub>-budget introduceert, is het 'stikstofbudget' reeds overschreden.

De overschrijding van dit 'budget' is reden geweest voor de Raad van State om verdere stikstofuitstoot niet toe te staan. Uitstoot is op basis van de huidige uitspraak pas weer toegestaan wanneer de Kritische Depositiewaarde (KDW) – de meeteenheid voor de concentratie in de natuur – zich onder bepaalde grenswaarden bevindt. Deze KDW's zijn, samen met stikstofreductiedoelen, vastgelegd in de *Wet Stikstofreductie en Natuurverbetering*.<sup>38</sup> Daarmee moet de stikstofconcentratie in Natura 2000-gebieden weer worden teruggebracht tot onder de Europese grenswaarden.

Stikstofuitstoot is te verdelen in twee typen uitstoot, met hun uitstoot in stikstofequivalenten:

- Stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), als gevolg van verbranding van fossiele brandstoffen: zo'n 40% van de nationale uitstoot;
- Ammoniak (NH<sub>3</sub>), als gevolg van onder meer landbouw en sommige industriële processen: zo'n 60% van de nationale uitstoot.

**Figuur 10**  
Nederlandse stikstofuitstoot, inclusief bijdrage van de bouwsector





## Stikstofemissies in de bouwsector

Stikstofemissies vinden in de bouwsector op drie plekken in de keten plaats:

- Tijdens **werkzaamheden op de bouwplaats** (materieel), waar ook voornamelijk NO<sub>x</sub> vrijkomt;
- Tijdens de **productiefase** (fabrieken), waar zowel NO<sub>x</sub> als NH<sub>3</sub> vrij kunnen komen;
- Tijdens de **logistieke bewegingen** (transport), waar voornamelijk NO<sub>x</sub> vrijkomt.

Net als bij de CO<sub>2</sub>-uitstoot is de stikstofuitstoot van de bouw verdeeld over verschillende (deel)sectoren, die ieder een bijdrage leveren. De bouw is met de productie van bouwmaterialen verantwoordelijk voor een (klein) deel van de uitstoot van de industrie (9%) en het wegverkeer (15%). De complexiteit van het bepalen van de precieze stikstofuitstoot in de bouw staat toegelicht in het kader.

Beide berekeningen geven geen expliciet inzicht in de stikstofuitstoot over de gehele bouwketen. Eerste verkenningen laten wel zien dat een aantal bouwkundige keuzes kunnen leiden tot flinke verlaging van de stikstofuitstoot, doordat minder of lichter materieel gebruikt kan worden:

- Meer inzet op optoppen en transformeren (**strategie 1**) leidt tot minder nieuwe bouwprojecten in buitengebieden, waardoor er minder projecten zijn waar stikstof wordt uitgestoten.
- Meer biobased bouwen (**strategie 4**) maakt dat op de bouwplaats gewerkt kan worden met

lichter materieel (o.a. hijskranen). Hierdoor is de stap naar zero-emissiematerieel eenvoudiger te maken.

- Meer industriële productie (**strategie 5**) leidt tot minder logistieke bewegingen naar de bouwplaats, tot minder benodigd materieel op de bouwplaats en tot minder vervoersbewegingen van personen.

### Voorstel: denken vanuit 'stikstofbudget'

In lijn met het voorstel voor een CO<sub>2</sub>-budget voor de bouw, zou een stikstofbudget voor de bouw een manier kunnen zijn om effectief te sturen op het verlagen van de uitstoot. Ook TNO heeft dit werken met een budget eerder voorgesteld.<sup>40</sup> Door een budget te bepalen voor de gehele keten kan ieder bouwproject keuzes maken waar zij deze uitstoot accepteren en waar zij wil sturen op reductie. Omdat de natuur een bepaalde mate van stikstof opneemt, zou enige stikstofuitstoot acceptabel moeten zijn. In tegenstelling tot een CO<sub>2</sub>-budget, wat absoluut geldt naar de toekomst, zou een stikstofbudget dus jaarlijks kunnen gelden wanneer de uitstoot en opname door de natuur in balans zijn.

### Bepalen stikstofuitstoot uitdagend

Om te kunnen sturen op de reductie van stikstofuitstoot, is het nodig om deze te bepalen. Als gevolg van ontbrekende data, ruwe aannames en uitvoeringskeuzes op de bouwplaats is deze echter onmogelijk vooraf rekenkundig te bepalen. Er zijn twee methoden waarop (een deel van) de stikstofuitstoot bepaald kan worden:

- De **MPG-berekening**, waarbij de milieueffecten als gevolg van stikstofuitstoot (o.a. verzuring, vermesting, toxiciteit) in alle stappen van de productieketen kunnen worden bepaald door de optelsom van individuele LCA-berekeningen van producten. Hier zitten echter ook de effecten van buitenlandse stikstofemissies in de keten in, terwijl transport en materieel vaak niet of nauwelijks worden meegerekend;
- De **Aerius-berekening**, waarbij de stikstofneerslag rondom de bouwplaats kan worden berekend op basis van aannames over de gebruikte materieelsoorten en brandstoftypes. Hier zit impact in de productiefase echter niet in meegenomen.

# 04

## Materiaalvraag & milieu-impact woningbouw

Om de woningbouwopgave te realiseren is veel materiaal nodig. Deze materiaalvraag leidt tot een flinke CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact. Dit hoofdstuk schetst de impact van de woningbouw, wanneer we deze *business-as-usual* realiseren. Allereerst gaan we in op de totale materiaalvraag, de bijbehorende CO<sub>2</sub>-uitstoot en de milieu-impact. Vervolgens kijken we naar de materiaalvraag en milieu-impact per wooneenheid en per vierkante meter vloeroppervlak.

De bouwsector is verantwoordelijk voor zo'n 50% van het materiaalgebruik in Nederland. Deze materiaalvraag leidt tot een flinke milieu-impact. De ambitie om in 2050 'volledig circulair' te zijn, is oorspronkelijk in 2030 geconcretiseerd naar '50% minder primair materiaalverbruik'.<sup>41</sup> Omdat dit lastig te bepalen is en geen doel op zich hoeft te zijn, wordt deze steeds vaker ingevuld als het minimaliseren van de materiaalgebonden milieu-impact.<sup>42</sup> Het terugdringen van het primair materiaalverbruik is daarvoor een middel.

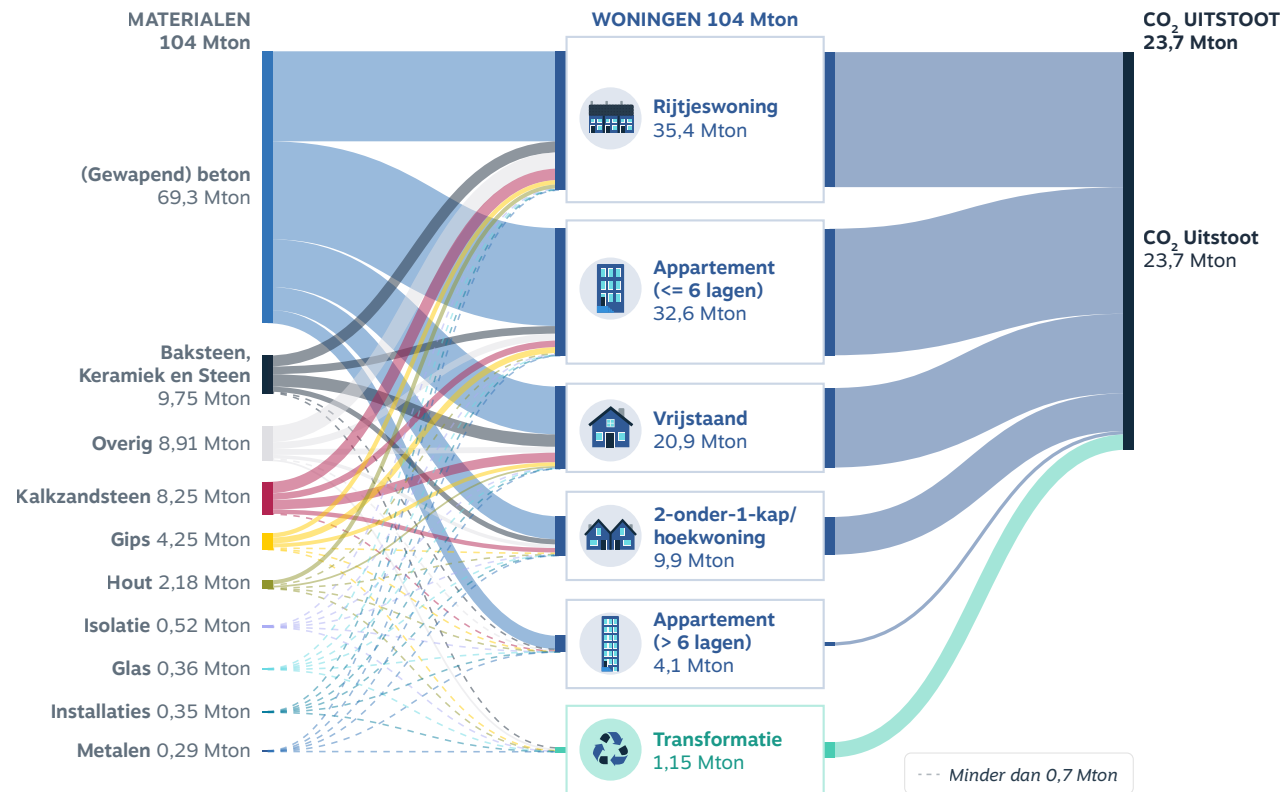
De woningbouwopgave leidt tot en met 2030 tot zo'n 104 Mton materiaalverbruik en een CO<sub>2</sub>-uitstoot van zo'n 23,7 Mton CO<sub>2</sub>. Gewapend beton levert daar met 67% (gewicht) en 45% (CO<sub>2</sub>-impact) de grootste bijdrage aan. Ook de daarop volgende stromen zijn materialen met een hoge milieu-impact: naast beton onder meer baksteen en keramiek (9%) en kalkzandsteen (9%). Daarbij presteren per vierkante meter rijtjeswoningen het beste, en per wooneenheid hoogbouw-appartementen. Deze resultaten en conclusies zijn gebaseerd op MPG-berekeningen: zie het kader hiernaast.

### Berekeningsmethodiek: MPG

De milieu-impact van gebouwen wordt bepaald met de Milieu Prestatie Gebouwen (MPG). Deze MPG bestaat uit een totale hoeveelheid milieukosten, uitgedrukt in de Milieu Kosten Indicator (MKI). Deze MKI wordt vervolgens gedeeld door het aantal vierkante meters van de wooneenheid en de levensduur (vaste rekenwaarde: 75 jaar). Het bepalen van de MKI wordt gedaan door de individuele milieu-impact van alle toegepaste bouwproducten op te tellen. Die milieu-impact van een bouwproduct wordt bepaald met een levenscyclusanalyse (LCA), waarin de impact van 11 milieu-effecten wordt berekend. De impact op deze 11 effecten wordt vervolgens per product gecombineerd tot één waarde: de milieukosten (€<sub>MKI</sub> of MKI). De MKI van een gebouw bestaat daarmee uit de optelsom van de individuele milieu-effecten van alle bouwproducten.

# Materiaalvraag & CO<sub>2</sub>-uitstoot per woningtype: *business-as-usual*

Figuur 11



## Resultaten

- De totale materiaalvraag van de nieuwbouw is zo'n 104 Mton, waarvan het merendeel gewapend beton is (67%).
- Ook de daarop volgende stromen zijn materialen met een hoge milieu-impact: naast beton onder meer baksteen en keramiek (9%) en kalkzandsteen (9%).
- De CO<sub>2</sub>-uitstoot van de Nederlandse woningbouw tot en met 2030 is zo'n 23,7 Mton: vergelijkbaar met 70.000 vluchten naar de ruimte.
- De hoeveelheid hout in *business-as-usual* is beperkt: zo'n 2,1 Mton.

## Conclusies

- De realisatie van rijtjeswoningen hebben de grootste materiaalvraag (34%) en CO<sub>2</sub>-uitstoot (33%), gevolgd door appartementen (tot en met 6 lagen).
- Ondanks het beperkte percentage van het totaal aantal gebouwde woningen (10%), hebben vrijstaande woningen een relatief grote materiaalvraag (20%) en CO<sub>2</sub>-uitstoot (19%).

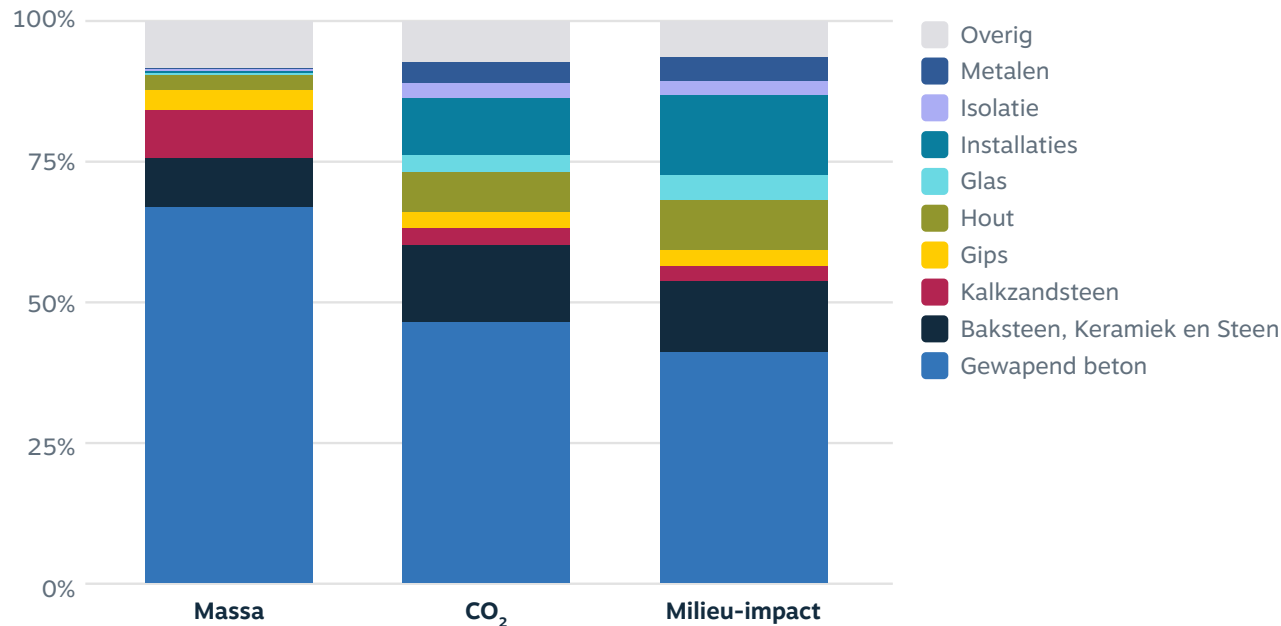
## Toelichting

- De linkerzijde laat de verschillende materiaalstromen zien, die nodig zijn voor de realisatie van de verwachte woningbouwproductie tot en met 2030.
- De middelste kolom laat de vijf dominante woningtypes zien.
- De rechterzijde laat vervolgens de CO<sub>2</sub>-uitstoot (van de bouw- en productiefase) zien. Deze is gebaseerd op de CO<sub>2</sub>-uitstoot van Modules A1-A5 uit MPG-berekeningen.

# Materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact: relatieve bijdragen

**Figuur 12**

## Relatieve massa, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact per materiaaltipe



## Resultaten

- Beton is dominant in alle verdelingsmethodes: de bijdrage van beton is het grootste in de massa (67%), gevolgd door de CO<sub>2</sub>-impact (45%) en milieu-impact (40%);
- Hout is in de massa relatief klein als gevolg van het lichte gewicht, maar daardoor in de CO<sub>2</sub>-impact (zonder het meerekenen van CO<sub>2</sub>-opslag) en de milieu-impact *relatief* sterker;
- Installaties zijn in de totale massa vrijwel niet zichtbaar (0,3%), maar hebben een flinke bijdrage vanuit zowel de CO<sub>2</sub>-uitstoot (10%) als de milieu-impact (15%).

## Conclusies

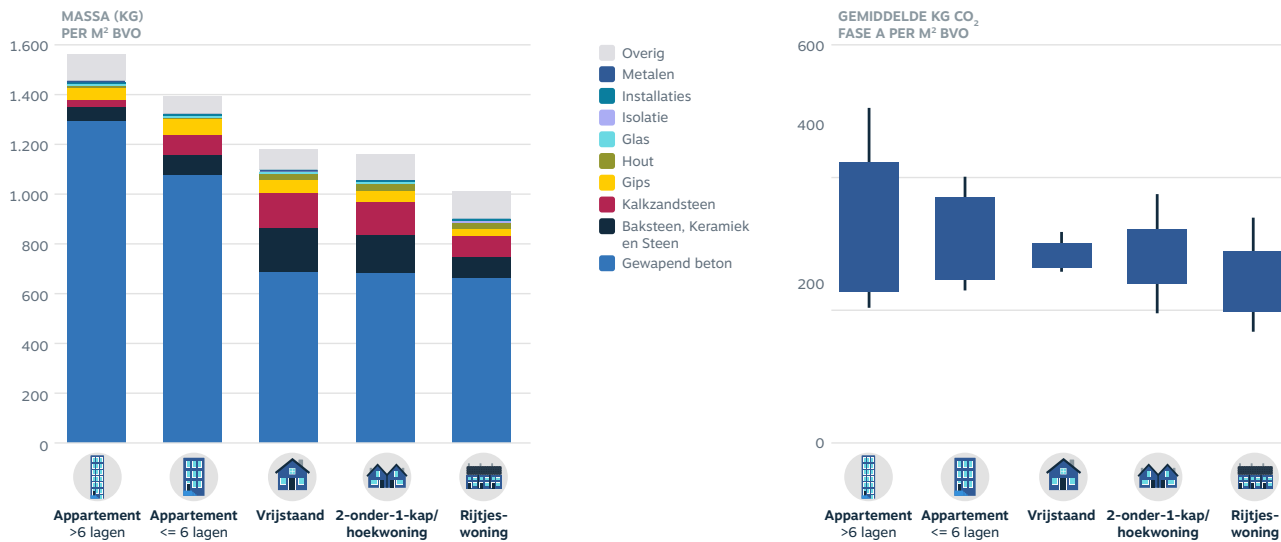
- Sturing op minder CO<sub>2</sub>-uitstoot (in ton CO<sub>2</sub>) of minder milieu-impact (in MKI) leidt voor vrijwel alle bouwmaterialen tot vergelijkbare effecten. Alleen in het geval van installaties is de relatieve milieu-impact flink groter dan de relatieve CO<sub>2</sub>-uitstoot.
- Bij sturing op minder primair materiaalverbruik (in massa) gaat vrijwel alle aandacht uit naar gewapend beton, waarmee onvoldoende aandacht is voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact van andere bouwmaterialen.

## Toelichting

- Alle kolommen laten het relatieve aandeel van de verschillende materialen zien: op massa (linker kolom), op CO<sub>2</sub>-uitstoot (middelste kolom) en op de totale milieu-impact, uitgedrukt in MKI (rechter kolom).
- Bij het bepalen van de milieu-impact is alleen gekeken naar de milieu-impact in de bouw en productie (fasen A1-A5 van een MPG-berekening).
- Bij de CO<sub>2</sub>-uitstoot is de CO<sub>2</sub>-opslag van hout **niet** meegerekend. Gezien de beperkte hoeveelheid hout in dit *business-as-usual*-scenario is de impact daarvan naar verwachting beperkt.

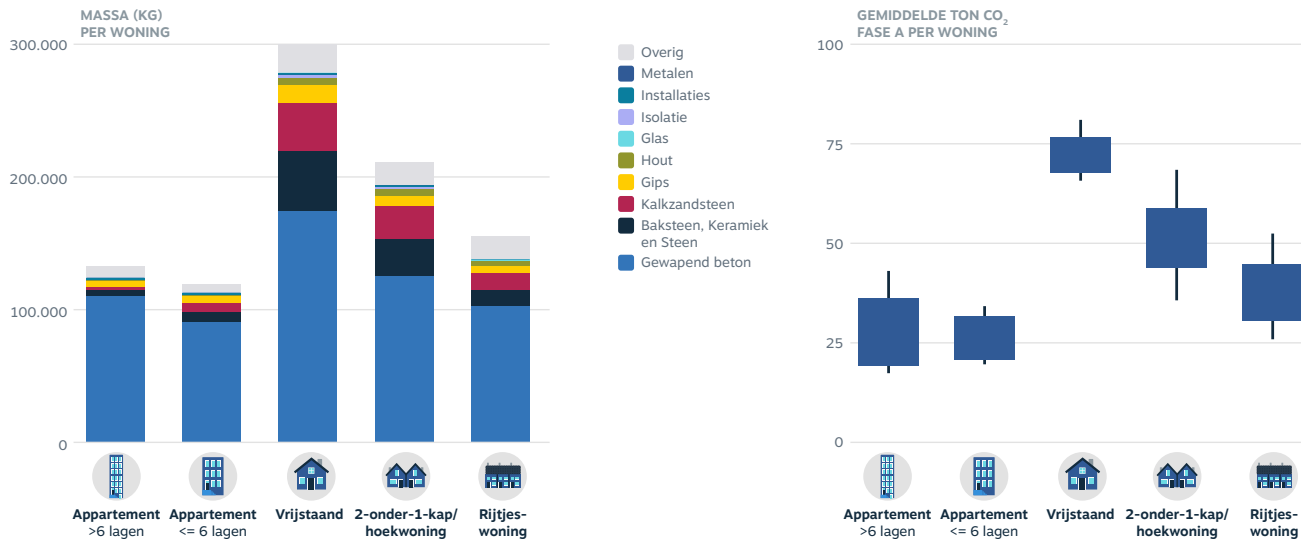
**Figuur 13**

### Materiaalverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot per vierkante meter vloeroppervlak



**Figuur 14**

### Materiaalverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot per wooneenheid



## Resultaten


- Per *vierkante meter* hebben grondgebonden woningen een lager materiaalverbruik en betere CO<sub>2</sub>-prestatie. Appartementen scoren hier minder goed, onder meer door de zwaardere draagconstructie en fundering.
- Per *wooneenheid* hebben grondgebonden woningen een hoger materiaalverbruik en slechtere CO<sub>2</sub>-prestatie. Appartementen scoren daar juist beter, doordat zij gebouwoonderdelen delen. Vrijstaande woningen zijn een uitschieter, vooral door het gemiddeld hoge aantal vierkante meters (173 m<sup>2</sup>).

## Conclusies

- De bouw van laagbouwtypologieën (vrijstaand, 2-onder-1 kap en rijteswoningen) heeft per wooneenheid een fors hogere CO<sub>2</sub>-uitstoot, ondanks dat dit niet zo lijkt bij berekeningen per vierkante meter (o.a. MPG, Paris Proof protocol).
- Een vrijstaande woning (het slechtst scorende profiel) heeft per wooneenheid een bijna 65% hogere CO<sub>2</sub>-impact dan een hoogbouwappartement (best scorende profiel).

## Toelichting

- De impact van deze bouwtypen is bepaald op basis van 65+ MPG-berekeningen, verdeeld over deze verschillende bouwtypen.
- De materiaalvraag (kolommen, links) en CO<sub>2</sub>-uitstoot (staven, rechts) zijn getoond per bouwtype. De boxen (rechter grafiek) geven de 50%-bandbreedte aan; de lijntjes de buitenste 25%.
- De materiaalvraag en CO<sub>2</sub>-uitstoot hebben betrekking op de productie- en bouwfase: fase A1 – A5 uit een MPG-berekening



# 05

## Circulaire strategieën

Er zijn verschillende strategieën om de impact van de nieuwbouwoopgave te verlagen. In dit hoofdstuk verkennen we in hoeverre ieder van de vijf strategieën bijdraagt aan bouwen binnen de grenzen van de planeet. Iedere strategie levert een bijdrage, maar geen van deze strategieën alleen is voldoende om op een toekomstbestendige manier te bouwen.

Er zijn verschillende strategieën om het materiaalverbruik en de milieu-impact van de bouw te verlagen. In deze verkenning schetsen wij er zes, waarbij iedere strategie op een eigen manier de impact van de nieuwbouwoopgave verkleint. De volgorde van de strategieën is gebaseerd op *Carbon Based Design*, waarbij de strategieën met de meeste impact eerst genoemd zijn.<sup>35</sup>

Binnen ieder van de strategieën bepalen we vervolgens een *realistische extreem*. Deze is realistisch vanuit wat er kan in de markt (technologie, beschikbaarheid materialen) en extreem vanuit de ambitie: “het kan als we het willen”. Daarbij gebruiken we *Strategie 0* (‘Beter benutten’) in deze verkenning om het verschil tussen de geplande bouwoopgave en woningvraag op te vullen.



Beter  
Benutten

**0. Beter benutten:** Effectiever gebruiken van de bestaande woningvoorraad, zonder dat hiervoor bouwkundige ingrepen nodig zijn. Denk daarbij aan samenwonen en splitsen.



Optoppen &  
transformeren

**1. Optoppen & transformeren:** Optoppen & transformeren van zo veel mogelijk geschikte bestaande gebouwen. Bij het optoppen zijn dit zowel woongebouwen (veelal laagbouw appartementen) als utiliteitsgebouwen. Bij het transformeren gaat het om leegstaande kantoorruimte.



Kleinere  
Woningen

**2. Kleinere bouwen:** Verlagen van het aantal vierkante meters, waarbij het aantal woningen gelijk blijft. Hierbij gaan we uit van een extra verschuiving van grondgebonden woningen naar appartementen en het verkleinen van de gemiddelde vloeroppervlaktes met 10%.



Hoogwaardig  
Hergebruik

**3. Hoogwaardig hergebruik:** Toepassen van vrijkomende onderdelen en materialen uit geplande sloop van woon- en kantoorgebouwen. Daarbij gaat het om zowel hergebruik van producten (o.a. kanaalplaatvloeren, balken, kozijnen) als recycling van materialen (o.a. beton).



Biobased  
Bouwen

**4. Biobased bouwen:** Inzetten op biobased bouw materiaal, zowel voor de draagconstructie als de afbouw. Daarbij worden in alle typologieën abiotische materialen (o.a. beton en staal), waar mogelijk vervangen door biobased alternatieven (zoals CLT en houtwol).



Intensieve  
Industrialisatie

**5. Intensieve industrialisatie:** Grootschalig fabrieksmatig produceren van woningen, waarbij een verschuiving plaatsvindt van de bouwplaats naar de fabriek. Daarbij verschuiven we alleen de productie van de woningen, niet de materialisatie.





## Strategie 0 | Beter Benutten

**Met het beter benutten van de bestaande woningvoorraad – woningdelen – verkleinen we het aantal benodigde woningen, zonder dat hier (grote) bouwkundige ingrepen voor nodig zijn. Hiermee voorkomen we dat er nieuwe woningen worden gerealiseerd, en daarmee materialen en CO<sub>2</sub>-uitstoot.**

Er zijn verschillende vormen van woningdelen. Denk aan kamerverhuur (inwonen), aan samenwonen (*friends*-contracten of kamergewijze verhuur), woningsplitsing of aan wonen in bijgebouwen als aanleunwoningen of tuinhuisjes. Omdat Nederlanders met 53 m<sup>2</sup> per persoon<sup>43</sup> relatief groot vergeleken met bijvoorbeeld Duitsland (46 m<sup>2</sup>), lijkt de potentie voor woningdelen in Nederland relatief groot.

### Uitgangspunten

- 5.000 extra woonruimtes per jaar door meer samenwonen in dezelfde woning (hospita + friends-wonen), voornamelijk in steden;<sup>14</sup>

- 1.000 extra woonruimtes per jaar (indicatie) door meer samenwonen op dezelfde kavel (aanleunwoningen en tuinhuisjes), vooral in het landelijk gebied;<sup>14</sup>
- Er wordt uitgegaan van een gemiddelde voor het hele land – er vindt géén differentiatie plaats op basis van locatie of samenstelling (zie ook methode).

Let op: extra woningbouw als gevolg van betere doorstroming valt buiten de scope van deze strategie: daarvoor moeten immers ook nieuwe (vaak kleinere) woningen worden gerealiseerd. Het realiseren van deze nieuwe, kleinere woningen is onderdeel van **strategie 2: kleiner bouwen**.

### Belangrijke partijen

#### Rijksoverheid

Als wetgever bepaalt de Rijksoverheid hoe bestaande gebouwen gebruikt mogen worden. Woningdelen is fiscaal onaantrekkelijk en in

sommige gevallen verboden. Het Rijk kan fiscale prikkels bieden en juridische randvoorwaarden aanpassen om de huidige voorraad optimaal te benutten.

#### Gemeenten

Als vergunningverlener en regelgever hebben gemeenten veel invloed op het gebruik van de woningvoorraad. Vanuit deze rollen maken zij verschillende woonvormen mogelijk. Hiermee bepalen zij mede de mogelijkheden voor het beter benutten van de huidige voorraad.

#### Woningcorporaties & (commerciële) vastgoedeigenaren

Vastgoedeigenaren bepalen op welke manier hun gebouwen benut worden. Zo staan niet alle woningcorporaties en commerciële vastgoedeigenaren woningdelen toe. Hierdoor spelen zij een cruciale rol als het gaat om het beter benutten van de huidige voorraad. Ook private vastgoedeigenaren en particulieren kunnen lege kamers verhuren aan studenten, jongeren en andere woningzoekenden.





## Strategie 1 | Optoppen & transformeren

Met het optoppen van zo veel mogelijk geschikte bestaande gebouwen en het transformeren van leegstaande kantoorruimte vullen we de bestaande woningvraag zo goed mogelijk in binnen de bestaande gebouwde omgeving. Hiermee voorkomen we vraag naar voornamelijk beton en staal voor nieuwe draagconstructies.

Zowel optoppen als transformeren vindt op dit moment al plaats. Met transformatie zijn de afgelopen jaren zo'n 9.000 woningen per jaar gerealiseerd,<sup>44</sup> wat heeft geleid tot een afname in leegstand van kantoren. Desondanks is de leegstand van kantoren nog steeds relatief hoog (9,6%, januari 2022).<sup>45</sup> Optoppen gebeurt nog beperkt, maar biedt veel kansen in vooral de grote steden. Binnenstedelijke verdichting is beleidsinzet van de Rijksoverheid vanuit de Ladder Duurzame Verstedelijking.

### Uitgangspunten

Voor de transformatie van bestaande gebouwen zijn de volgende aannames gehanteerd:

- Van de jaarlijkse toevoeging aan de Nederlandse woningvoorraad wordt 9.500 (11%) gerealiseerd met transformatie;<sup>46</sup>
- Het aantal woningen uit transformatie groeit van 9.000 per jaar (2023) tot 28.000 per jaar (2030);
- Bij transformatie wordt uitgegaan van vervanging van gevel, installaties en inrichting. De draagconstructie blijft intact.

Voor het optoppen van bestaande gebouwen zijn de volgende aannames gehanteerd:

- Het aantal woningen door middel van optoppen groeit van 0 (2023) tot 20.000 (2030), met een totaal van 95.000 (tot en met 2030).
- Bij optoppen wordt uitgegaan van een appartement met een staalconstructie (voor krachtafdracht naar de bestaande gebouwen), houten vloeren en HSB-wanden.



CO<sub>2</sub>

-9,8%



Materiaal

-19,4%



Financieel

-1,5%



Milieu-impact

-8,3%

#### **Materiaalverbruik:**

52.800 kton beton

2.800 kton metalen

2.800 kton hout



## Strategie 1 | Optoppen & transformeren

### Materiaalverbruik & CO<sub>2</sub>-uitstoot

Bij een vergelijking op basis van **massa** met het *business-as-usual*-scenario valt het volgende op:

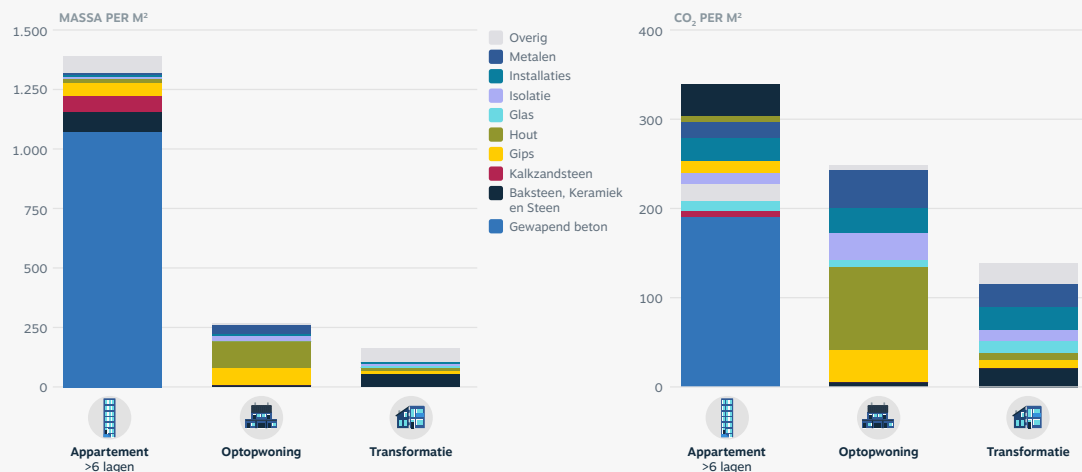
- Het optoppen en transformeren van de bestaande woningvoorraad kan leiden tot 19,4% minder materiaal, 9,8% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot en 8,3% minder milieu-impact.
- Op woningniveau verlaagt het optoppen van een bestaande woning de materiaalvraag met 80%, ten opzichte van een nieuwbouwappartement.
- Op woningniveau bespaart een transformatie ruim 88% van de massa, in vergelijking met een nieuw appartement. Dit komt doordat de draagconstructie en de fundering van het bestaande gebouw worden benut.

Bij een vergelijking op basis van **CO<sub>2</sub>-uitstoot** valt het volgende op:

- Op woningniveau bespaart een transformatie 56% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, ten opzichte van een nieuwbouwappartement.
- Op woningniveau leidt het optoppen tot 26% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot, ten opzichte van een nieuwbouwappartement.

Figuur 15

### Vergelijking materiaalgebruik en CO<sub>2</sub>-impact bij verschillende transformatie strategieën





## Strategie 1 | Optoppen & transformeren

### Kosten & baten

#### **Financiële kosten & baten**

Optoppen is per vierkante m<sup>2</sup> BVO een relatief dure manier van bouwen: er wordt relatief veel materiaal toegepast ten opzichte van de extra m<sup>2</sup> die gecreëerd worden door het aanbrengen van het dak en isolatie. Daarnaast zijn de aanpassingen aan bestaande stijpunten dure ingrepen.

Transformatie is financieel gezien een aantrekkelijker optie: de investeringskosten liggen in veel gevallen lager dan nieuwbouw – indicatief zo'n 10%. Onzekere factoren, zoals asbest en aanpassingen aan de bestaande draagconstructie, kunnen ervoor zorgen dat projecten financieel gezien een uitdaging vormen.

De procentuele toeslag van deze strategie op investeringskosten voor de totale woningbouwopgave bedraagt 1,5% ten opzichte van *business-as-usual*.

#### **Maatschappelijke baten**

Deze strategie heeft een positief effect op de maatschappelijke baten. De baten tot 2030 zijn nagenoeg gelijk aan de meerkosten namelijk 1,1% ten opzichte van het *business-as-usual* scenario.

### Belangrijke partijen

- **Woningcorporatie & (commerciële) vastgoedeigenaren.** Als eigenaren beslissen vastgoedeigenaren in hoeverre optoppen of transformatie plaatsvindt. Ook zijn zij verantwoordelijk voor uitvoering van de werkzaamheden en het doorlopen van procedures, zoals het verkrijgen van de juiste vergunningen.
- **Gemeenten.** Als opsteller van bestemmingsplannen bepaalt de gemeente kaders voor de bestaande bouw en de mogelijkheden deze aan te passen. Meer flexibiliteit in bestaande bestemmingsplannen en bijbehorende regels biedt extra ruimte om optoppen en transformeren mogelijk te maken.
- **Uitvoerende partijen.** Uitvoerende partijen, zoals architecten, conceptontwikkelaars en bouwers, kunnen gaan inzetten op optoppen en transformatie. Daarbij kunnen zij bijvoorbeeld werken aan de ontwikkeling van standaard-modules hiervoor.





## Strategie 2 | Kleiner bouwen

Het kleiner bouwen van woningen die nog gebouwd moeten worden, verlaagt direct de benodigde hoeveelheid materiaal, de CO<sub>2</sub>-uitstoot en de milieu-impact. Enerzijds verschuiven we grondgebonden woningen naar appartementen. Daarnaast verkleinen we de gemiddelde oppervlakte van woningen. Hiermee verlagen we de vraag naar vrijwel alle materialen.

De afgelopen decennia is de ruimtevrage van Nederlanders voor een woning sterk toegenomen, gemiddeld met meer dan 21% sinds 1950.<sup>47</sup> Tegelijkertijd neemt de gemiddelde gezinsgrootte af. Ter illustratie: er zijn momenteel ruim een miljoen meer eengezinswoningen dan gezinnen.<sup>48</sup> De afmetingen van woningen verschillen sterk per regio, en zijn vaak kleiner in de stad en groter op het platteland.<sup>43</sup> In deze strategie verkleinen we alle woningen gemiddeld met 10%. In absolute zin heeft deze strategie bij grote woningen daarmee meer impact dan bij kleine woningen (vaak appartementen).

### Uitgangspunten

Voor het modelleren van deze strategie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Volledige toepassing van strategie vanaf alle woningen die in 2025 worden opgeleverd.
- Verschuiving van 25% van grondgebonden woningen (evenredig verdeeld over alle types) naar appartementen, zowel laagbouw (90%) als hoogbouw (10%).
- Het verkleinen van bestaande woningtypologieën met 10%, met een specificatie per type onderdeel:
  - » 10% verkleining van elementen die direct verband houden met BVO (vloeren, daken etc)
  - » 5% verkleining van elementen met niet 1-op-1 verband BVO (gevel, hoofdconstructie, kozijnen)
  - » Gelijk houden van elementen die per woning nodig zijn (Installaties, deuren, toiletten)



CO<sub>2</sub>

-7,5%



Materiaal

-8,1%



Financieel

-7,3%



Milieu-impact

-8,2%

**Materiaalverbruik:**  
65.300 kton beton  
3.000 kton metalen  
1.500 kton hout



## Strategie 2 | Kleiner bouwen

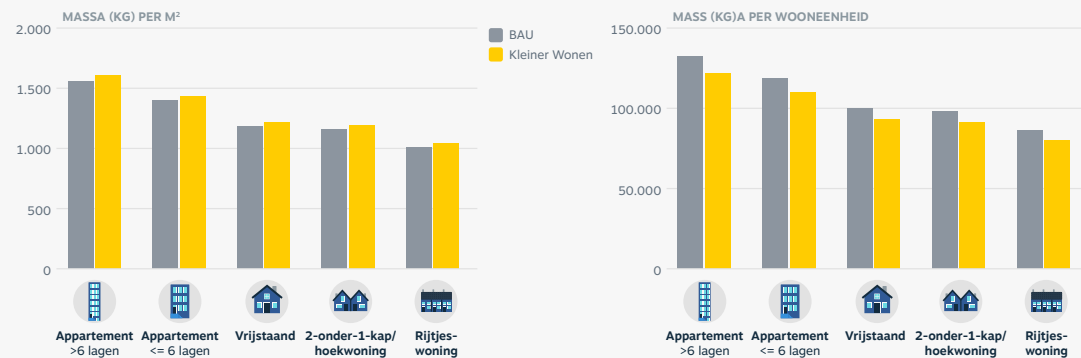
### Materiaalverbruik & milieu-impact

Bij een vergelijking met het *business-as-usual*-scenario valt het volgende op:

- Per vierkante meter neemt de massa en de CO<sub>2</sub>-impact van woningen toe: dit komt doordat bepaalde functies zoals fundering, installaties en ramen niet met 10% afnemen;
- Per wooneenheid nemen de massa en CO<sub>2</sub>-impact echter wel af, met een gemiddelde van 7% (massa) en 6% (CO<sub>2</sub>-impact);
- De reductie van zowel materiaalgebruik als CO<sub>2</sub>-impact is gelijkmatig verdeeld over de verschillende gebouwtypologieën.

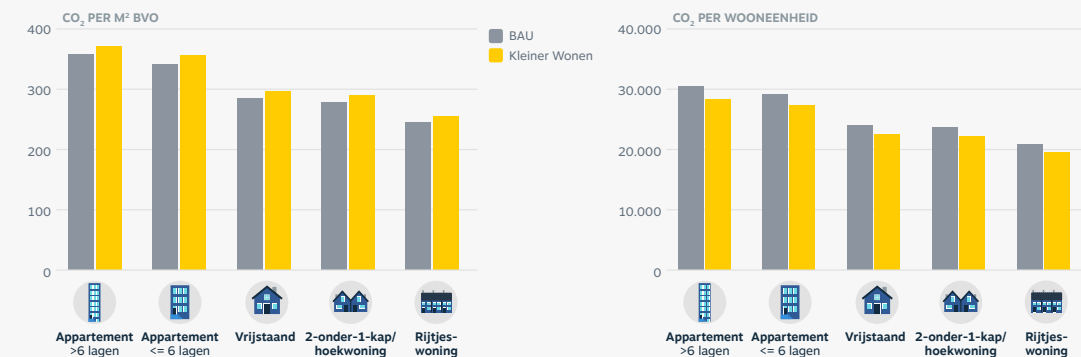
Figuur 16

### Vergelijking materiaalverbruik: per m<sup>2</sup> en per wooneenheid



Figuur 17

### Vergelijking CO<sub>2</sub>-uitstoot: per m<sup>2</sup> en per wooneenheid





## Strategie 2 | Kleiner bouwen

### Kosten & baten

#### **Financiële kosten & baten**

Kleiner bouwen draagt sterk bij aan het verlagen van de investeringskosten: deze nemen circa 7% af. De kosten per m<sup>2</sup> vloeroppervlakte nemen wel toe. Dit komt omdat er meer materiaal wordt toegepast ten opzichte van de meters die gebouwd worden. Tot en met 2030 leidt dit tot een indicatieve besparing van 7,3% voor de gehele bouwopgave.

#### **Maatschappelijke baten**

Kleiner wonen heeft van de individuele strategieën een groot effect op de maatschappelijke baten op basis van de CO<sub>2</sub>-reductie. Ten opzichte van het *business-as-usual* scenario is dit circa 0,8%.

### Belangrijke partijen

- **Woningcorporaties & commerciële vastgoedeigenaren.** Als opdrachtgever bepalen woningcorporaties welk type woning met welk oppervlakte wordt gebouwd. Woningcorporaties kunnen kiezen om kleiner te bouwen, en daarmee een betere doorstroming te creëren vanuit huurders die momenteel in relatief grote woningen zitten.
- **Gemeenten (met grondpositie).** In de bestemmingsplannen van gemeentes (met grondpositie) kan expliciet worden opgenomen welk type woning(en) gebouwd moet gaan worden. Hiermee heeft de gemeente invloed op de grootte van de woningen.
- **Ontwikkelaars.** Ontwikkelaars bepalen bij een ontwikkeling aan welke eisen nieuw te bouwen woningen moeten voldoen. Door in hun specificaties bewust te kijken naar de afmetingen van woningen, kunnen zij keuzes maken in het uiteindelijke formaat en daarmee de impact van woningen.





## Strategie 3 | Hoogwaardig Hergebruik

Met hoogwaardig hergebruik passen we vrijkomende materialen uit sloop van woning- en kantoorgebouwen maximaal toe in nieuwe gebouwen. Daarmee vervangen we nieuwe bouwproducten door hergebruikte bouwproducten. Ook recycleren we vrijkomende materialen voor gebruik in nieuwe bouwproducten.

Het meer hoogwaardig hergebruiken van onderdelen of materialen uit de bestaande bouw verlaagt de vraag naar nieuwe materialen. Bij hergebruik van onderdelen gaat dit onder meer over kanaalplaatvloeren, stalen balken of kozijnen. Bij hergebruik van materialen gaat het veelal om betongranulaat of cement.

In de praktijk is hergebruik echter uitdagend.<sup>49</sup> Bestaande gebouwen zijn vaak niet ontworpen voor demontage, waarmee het zonder schade losmaken van onderdelen voor toekomstig hergebruik lastig is en meer tijd kost. Ook zullen hergebruikte onderdelen vanaf het begin van het ontwerp meegenomen moeten worden, om deze in te passen in een nieuw gebouw. Als gevolg van deze uitdagingen wordt niet al het vrijkomende materiaal daadwerkelijk opnieuw ingezet.

### Uitgangspunten

Voor deze strategie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd, op basis van gesprekken met experts:<sup>50</sup>

- We werken op basis van de huidige capaciteit voor de verwerking van vrijkomende producten en materialen;
- Voor hergebruik van onderdelen gaan we uit van een groei tot 2% van de materiaalvraag van de nieuwbouw (in 2030). Daarbij gaat het over kanaalplaatvloeren, binnen- en buitenkozijnen, isolatiemateriaal (steenwol / EPS) en gevelbekleding.
- Voor recycling van materialen gaan we uit van een groei van de huidige potentie (0,5%) tot 9,5% (in 2030). Daarbij gaat het om beton (*freement*). Hoewel er in de sector ook andere initiatieven zijn voor recycling van materialen, zoals isolatie, baksteen en kalkzandsteen, is beton veruit de meest impactvolle en grootschalig gerecyclede stroom. Om deze reden is in de scope van dit onderzoek alleen beton recycling meegenomen.



CO<sub>2</sub>

-1,5%



Materiaal

-4%



Financieel

-0,1%



Milieu-impact

-1,5%

#### Materiaalverbruik:

65.900 kton beton

3.200 kton metalen

2.100 kton hout



## Strategie 3 | Hoogwaardig Hergebruik

### Materiaalverbruik & CO<sub>2</sub>-uitstoot

Bij een vergelijking op basis van **massa** met het *business-as-usual*-scenario valt het volgende op:

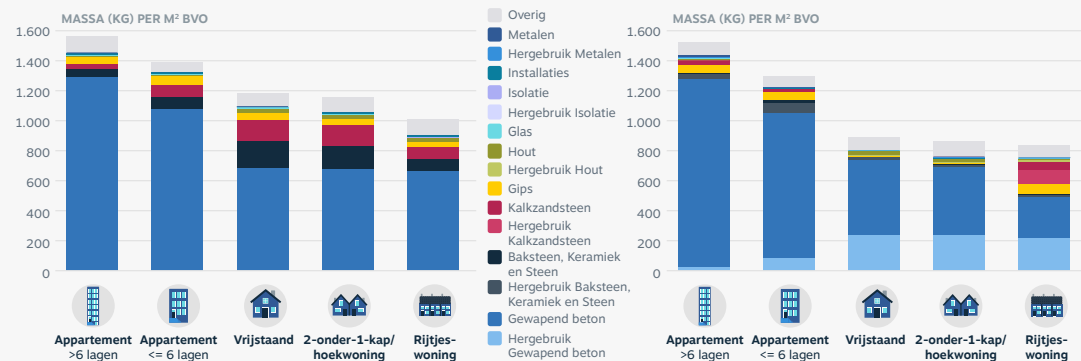
- Het toepassen van secundair materiaal zorgt voor 18% minder primair materiaalverbruik.
- De grootste percentuele afname (29%) is te zien bij rijtjeswoningen.
- Het materiaal dat het meest vervangen wordt, is gewapend beton.

Bij een vergelijking op basis van **CO<sub>2</sub>-uitstoot** met het *business-as-usual*-scenario valt het volgende op:

- De CO<sub>2</sub>-uitstoot daalt over de verschillende gebouwtypes met gemiddeld 40%.
- Per typologie is de grootste afname te zien bij de grondgebonden typologieën: rijtjeswoningen, 2-onder-1-kap-woningen en vrijstaande woningen.
- Hoewel op gebouwniveau het toepassen van hergebruikt / gerecycled materiaal een groot verschil maakt, is de toevoer een limiterende factor. Om deze reden is de totale impact van de gehele strategie aanzienlijk kleiner dan het verschil in de CO<sub>2</sub>-waarden op gebouwniveau.

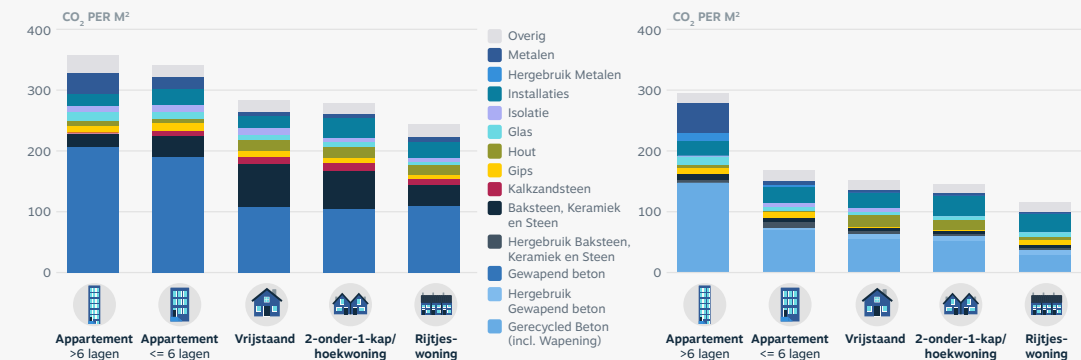
Figuur 18

### Vergelijking materiaalverbruik: BAU vs Hoogwaardig Hergebruik



Figuur 19

### Vergelijking CO<sub>2</sub>-uitstoot: BAU vs Hoogwaardig Hergebruik







## Strategie 3 | Hoogwaardig Hergebruik

### Kosten & baten

#### **Financiële kosten & baten**

De financiële impact van hoogwaardig hergebruik ten opzichte van het *business-as-usual* scenario is beperkt. Aanschafkosten van materialen zijn vergelijkbaar en soms zelfs lager dan in *business-as-usual*. De geringe financiële toeslag zit met name op het toepassen van secundaire grondstoffen, die nu nog een hogere investering kennen. De toeslag ligt voor de hele woningbouwopgave op zo'n 0,1% ten opzichte van *business-as-usual*.

#### **Maatschappelijke baten**

De maatschappelijke baten op basis van de CO<sub>2</sub>-reductie vertegenwoordigen een vergelijkbaar bedrag als de kosten. Tot 2030 is dit circa 0,1%. Als CO<sub>2</sub>-beprijzing daadwerkelijk doorgevoerd kan worden, is hoogwaardig hergebruik kostenneutraal ten opzichte van *business-as-usual*.

### Belangrijke partijen

- **Uitvoerende partijen.** Als uitvoerders zijn slopers ('demonteersers') essentieel als het gaat om hoogwaardig hergebruik van producten en materialen. Dit vraagt allereerst om nette demontage van producten en onderdelen, zodat deze opnieuw gebruikt kunnen worden. Voor recycling op materiaalniveau is ook goede scheiding van afvalstromen van belang.
- **Ontwikkelaars, woningcorporaties & commerciële vastgoedeigenaren.** Als opdrachtgevers kunnen ontwikkelaars en woningcorporaties (mede) bepalen welke materialen uit sloop zij opnieuw willen gebruiken in de bouw van woningen. Door de koppeling van sloop- en bouwprojecten kan direct en meer hoogwaardig hergebruik plaatsvinden. Ook kunnen zij hergebruik onderdeel maken van hun renovatie- en bouwplannen en opdrachtnemers hierin uitdagen.

- **Rijksoverheid.** Verschillende fiscale regels maken hergebruik van materialen onaantrekkelijk, zoals de dubbele BTW die voor woningcorporaties een belemmering voor hergebruik vormt.<sup>51</sup> Ook kunnen bestaande certificeringssystemen in de weg zitten. De Rijksoverheid kan door middel van lastenverschuiving en het aanjagen van nieuwe certificeringsprocedures hergebruik van materialen stimuleren.



## Strategie 4 | Biobased Bouwen

Met biobased bouwen kiezen we voor toepassing van biobased materialen op alle mogelijke gebouwonderdelen. Daarbij gaat het zowel om draagconstructie, dak, wanden en vloeren. Daarmee vervangen we 'primaire' materialen (o.a. beton en staal) met hernieuwbare materialen. Ook slaan biobased materialen CO<sub>2</sub> op.

Biobased bouwen is in opkomst. Denk onder meer aan houtskeletbouw (HSB) en *cross-laminated timber* (CLT) voor de draagconstructie en wanden. Daarnaast kunnen vezelgewassen gebruikt worden als isolatie en plaatmateriaal: denk aan olifantsgras, hennep of vlas. In deze strategie kijken we naar woningen waar beide soorten biobased materiaal in verwerkt zijn. Biobased bouwen heeft aanvullende baten, zoals sneller kunnen bouwen als gevolg van lichter materieel en gezondheidswinst voor bewoners door het ontbreken van giftige stoffen.<sup>53</sup> Bij het bouwen met biobased materialen is gebruik van hout uit duurzaam beheerde bossen een randvoorwaarde.

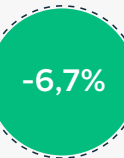
### Uitgangspunten

Voor deze strategie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd, op basis van gesprekken met experts:<sup>54</sup>

- Een sterke groei van de toepassing van biobased materialen, van +/- 3% op dit moment naar 50% (grondgebonden woningen) en 30% (gestapelde woningen) in 2030.
- Het percentage betreft woningen die voor zover mogelijk in biobased materialen zijn uitgevoerd. Dit betreft:
  - » Grondgebonden woningen: lichtere betonfundering, houten balklaag vloeren, HSB-gevels met biobased isolatie.
  - » Appartementen (tot 6 lagen): lichtere betonfundering, CLT-vloeren en -wanden, HSB-gevels met biobased isolatie.
  - » Appartementen (vanaf 6 lagen): betonfundering, hybride constructie met hout-beton-vloeren, houten en stalen liggers en balken.
- Er is voldoende biobased materialen beschikbaar, zoals toegelicht in het kader op pagina 51



CO<sub>2</sub>



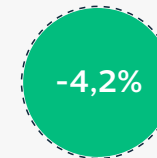
Materiaal



Financieel



Milieu-impact



#### Materiaalverbruik:

58.800 kton beton

2.700 kton metalen

3.900 kton hout



## Strategie 4 | Biobased Bouwen

### Materiaalverbruik & milieu-impact

Bij een vergelijking op basis van **massa** met het *business-as-usual*-scenario valt het volgende op:

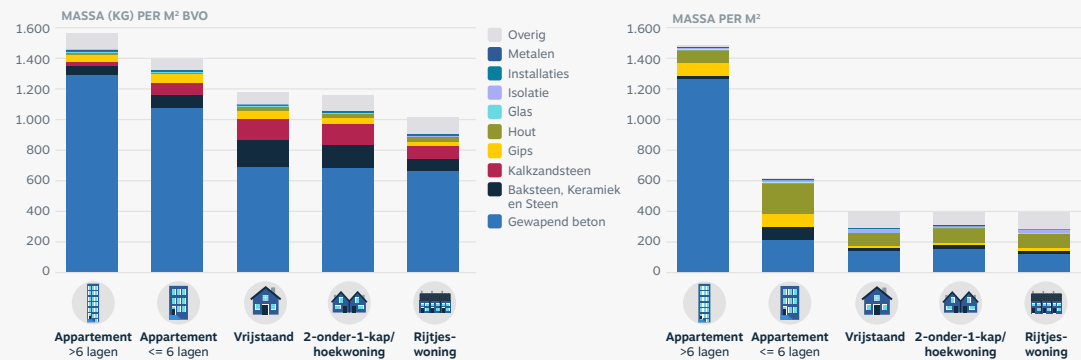
- Doordat biobased materialen ruim vijf maal zo licht zijn als abiotische materialen (o.a. beton), wordt er gemiddeld 50% minder materiaal gebruikt op basis van gewicht;
- De afname in primair materiaal is bij grondgebonden woningen het sterkste (65%), en bij hoogbouwappartementen het minste (7%)

Bij een vergelijking op basis van **CO<sub>2</sub>-uitstoot** met het *business-as-usual*-scenario valt het volgende op:

- Biobased bouwen leidt tot een reductie van ruim 36% in de CO<sub>2</sub>-uitstoot per m<sup>2</sup> bvo, zonder dat CO<sub>2</sub>-opslag in biobased materialen wordt meegerekend. Wanneer deze opslag wel wordt meegerekend, leidt biobased bouwen tot een CO<sub>2</sub>-besparing van 77%.
- De grootste CO<sub>2</sub>-besparing vindt plaats bij rijtjeswoningen (48%).

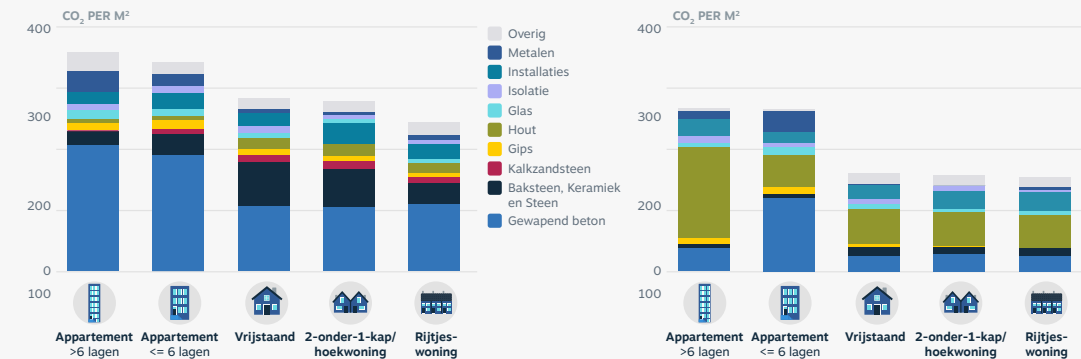
Figuur 20

### Vergelijking materiaalverbruik: BAU vs Biobased Bouwen



Figuur 21

### Vergelijking CO<sub>2</sub>-uitstoot: BAU vs Biobased Bouwen





## Strategie 4 | Biobased Bouwen

### Kosten & baten

#### **Financiële kosten & baten**

Op dit moment is volledig biobased bouwen nog duurder dan traditioneel bouwen. De verwachting is wel dat biobased bouwen de komende jaren prijstechnisch interessanter wordt, mede door schaalvergroting. Op basis van huidige cijfers leidt biobased bouwen tot een toeslag van circa 3,4%, met de verwachting dat dit tot 2030 afneemt. De combinatie van biobased met industrialisatie kan wel nu al tot flink kostenvoordeel leiden, zoals te zien is in het Veranderscenario (**Hoofdstuk 6**)

#### **Maatschappelijke baten**

Vanuit de maatschappelijke baten heeft biobased bouwen veel voordeel ten opzichte van *business-as-usual*. Door de lagere CO<sub>2</sub>-impact liggen de maatschappelijke baten – als gevolg van vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot – op bijna 1%. Wanneer ook CO<sub>2</sub>-opslag wordt meegerekend, nemen deze maatschappelijke baten nog meer toe.

### Belangrijke partijen

- **Verzekeraars.** Verzekeraars van woningen moeten risico's inschatten. Toepassing van biobased bouwmaterialen leidt als gevolg van onbekendheid voor hen tot nieuwe risico's. Met een actieve houding kunnen verzekeraars barrières wegnemen en opschaling mogelijk maken.
- **Boeren.** Als agrariëer kunnen boeren ruimte maken voor de teelt van vezelgewassen. Verschillende van deze gewassen, waaronder hennep, vlas en lisdodde, kunnen in Nederland verbouwd worden. Boeren kunnen daarmee een bijdrage leveren aan het produceren van bouwmaterialen.
- **Ontwikkelaars, woningcorporaties en commerciële vastgoedeigenaren.** Ontwikkelaars, woningcorporaties en commerciële vastgoedeigenaren bepalen als opdrachtgevers (mede) welke materialen gebruikt worden in de bouw van nieuwe woningen. Ze zijn vaak vroeg betrokken bij de planvorming en spelen daarmee een belangrijke rol in het verhogen van de vraag naar biobased materialen.n.



## Biobased materialen: beschikbaarheid & CO<sub>2</sub>-opslag

Bij het bepalen van de beschikbaarheid van biobased materiaal is het belangrijk om onderscheid te maken tussen hout (o.a. voor de draagconstructie) en vezelgewassen (o.a. voor isolatie en plaatmateriaal). Daarbij gaat deze verkenning uit van de beschikbaarheid binnen Europa, om te voorkomen dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het transport hoger is dan de totale CO<sub>2</sub>-winst: intercontinentale scheepvaart is een belangrijke bron van (ongeregistreerde) emissies, waar het lastig is effectief te sturen op reductie.

### Beschikbaarheid

In Europese productiebossen groeit momenteel meer hout dan er wordt geoogst. Met een jaarlijkse groei van zo'n 1 miljard m<sup>3</sup> en een oogst van 600 miljoen m<sup>3</sup> is er dus potentie voor meer oogst. Met een indicatieve vraag van 25 m<sup>3</sup> hout voor een woning (o.b.v. houtskeletbouw) leidt het realiseren van 30% van de jaarlijkse Europese woningvraag in hout – zo'n 300.000 woningen – dus maar tot 15 miljoen m<sup>3</sup> extra vraag.

Nederland heeft zelf een beperkt aantal productiebossen. In 2021 is er zo'n 785.000 m<sup>3</sup> industrieel rondhout geoogst, waarvan 33% in

zagerijen is verwerkt. De rest van het hout gaat onder meer naar plaatmateriaal, papier en karton (30%) en houtvezelproductie voor rokerijen en dierhouderijen (21%). Voor primaire houtproducten is Nederland daarmee op dit moment voor nog geen 5% zelfvoorzienend. In de Nationale Bossenstrategie streven Rijk en decentrale overheden samen naar zo'n 10% meer bos in 2030, waarbij ook een lichte groei in de houtoogst wordt voorzien.

Ter illustratie: wanneer we de Nederlandse productie van gezaagd naaldhout tot planken en balken – zo'n 100.000 m<sup>3</sup> – volledig zouden gebruiken voor de woningbouw, kunnen daarmee zo'n 4.000 woningen in houtskeletbouw (+/- 25 m<sup>3</sup> hout) of 2.000 woningen in CLT (+/- 50 m<sup>3</sup> hout) worden gerealiseerd.

Wanneer we kijken naar vezelgewassen, is de huidige productie ook beperkt. Tegelijkertijd ligt daar voor Nederland wel een grote potentie vanwege het grote areaal aan landbouwgrond. Afhankelijk van het soort grond gaat het onder meer om vlas, hennep, lisdodde of miscanthus (olifantsgras). De overstap naar vezelgewassen kan een toekomstig verdienmodel worden voor

boeren, die moeten omschakelen als gevolg van aangescherpte stikstofregels of grondwaterstanden in veenweidegebieden. Ook kan de teelt van vezelgewassen bijdragen aan CO<sub>2</sub>-opslag: tussen de 1,40 kg CO<sub>2</sub> (hennep, vlas, stro) en 1,70 kg CO<sub>2</sub> (miscanthus, zonnekroon) per kg droge grondstof.

### CO<sub>2</sub>-opslag

Hout en vezelgewassen kunnen een belangrijke rol spelen in het opslaan van CO<sub>2</sub>. Tijdens hun groei nemen zij immers CO<sub>2</sub> op uit de atmosfeer, die langjarig wordt vastgelegd in gebouwen. Na oogst kunnen op dezelfde plek weer nieuwe bomen of gewassen groeien, die opnieuw CO<sub>2</sub> vastleggen. Randvoorwaarden hiervoor zijn een duurzaam beheerd bos (in het geval van hout) en het langjarig behouden van de biobased producten in gebouwen.

Met de biobased strategie kan de Nederlandse nieuwbouw van woningen tot en met 2030 in totaal ruim 7000 kiloton CO<sub>2</sub> vastleggen. Het grootste deel hiervan wordt vastgelegd in hout (6.800 kiloton), het resterende deel in vezelgewassen (200 kiloton).

## Biobased materialen: beschikbaarheid & CO<sub>2</sub>-opslag

Figuur 22

CO<sub>2</sub>-opslag in biobased bouwmaterialen tot en met 2030, in het scenario Biobased Bouwen

**BIOGENE OPSLAG**  
7.000 Kton CO<sub>2</sub>

**Hout**  
6.800 Kton CO<sub>2</sub>

**Biobased isolatie**  
200 Kton CO<sub>2</sub>

**WONINGEN 7.000 Kton CO<sub>2</sub>**



**Rijteswoning**  
2.670 Kton CO<sub>2</sub>



**Appartement (<= 6 lagen)**  
2.210 Kton CO<sub>2</sub>



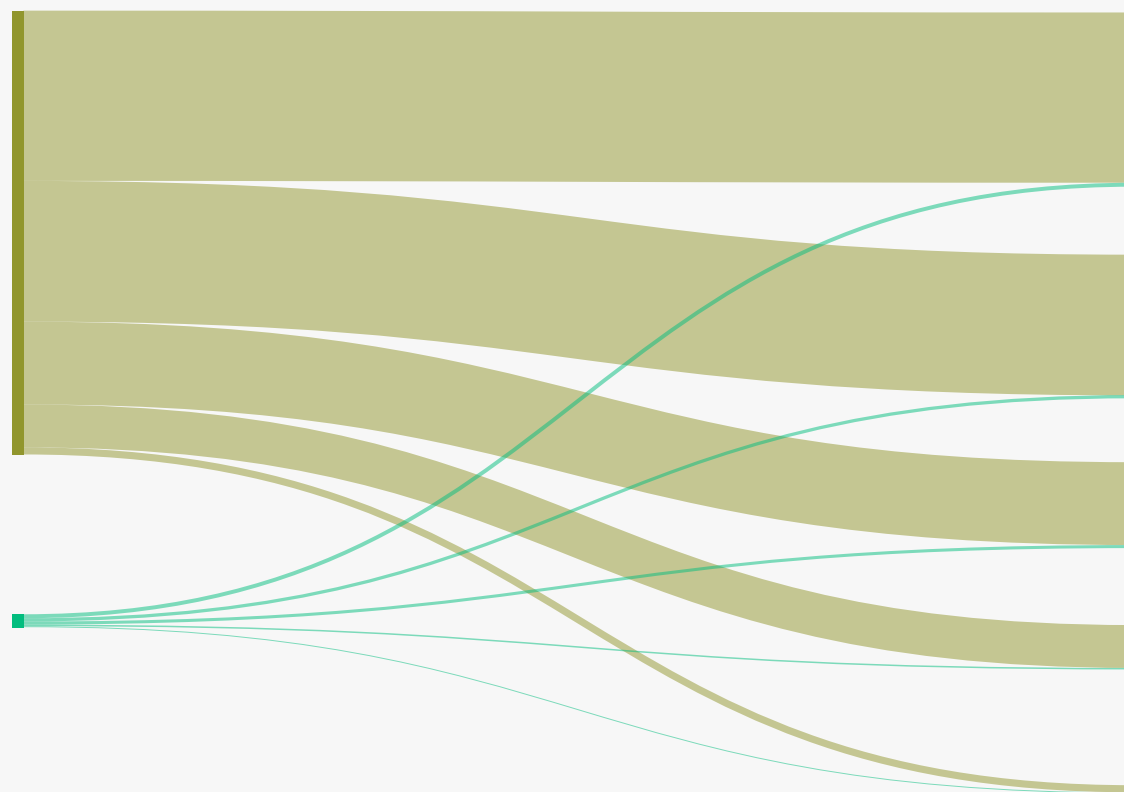
**Vrijstaand**  
1.320 Kton CO<sub>2</sub>



**2-onder-1-kap/  
hoekwoning**  
681 Kton CO<sub>2</sub>



**Appartement (> 6 lagen)**  
127 Kton CO<sub>2</sub>





## Strategie 5 | Intensieve Industrialisatie

Met industrialisatie van de woningbouw verschuift de productie van de bouwplaats naar de fabriek. Hierbij worden onderdelen van woningen – en soms hele modules – in een fabriek geproduceerd. Industriële woonconcepten bestaan vaak uit een gestandaardiseerde basis, waarvan de onderdelen projectspecifiek tot een uniek ontwerp en gebouw kunnen worden gecombineerd. In deze strategie verkennen we een sterke inzet op industrialisatie.

Steeds meer partijen zetten in op deze industriële productie. Doordat de modules vooraf gefabriceerd zijn, hoeven deze op de bouwplaats alleen nog maar te worden geassembleerd. Hierdoor wordt de bouwtijd verkort, zijn er minder logistieke bewegingen nodig (o.a. i.r.t. stikstofuitstoot), is er minder bouwafval en is het bouwproces minder foutgevoelig. In deze verkenning wordt echter alleen de milieu-impact in de productie- en bouwfase (MPG module A1-A5) meegenomen.

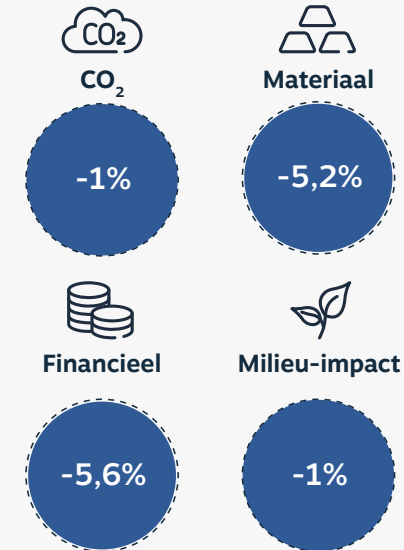
### Uitgangspunten

Voor deze strategie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Groei van industriële productie van huidig aandeel (14%, 2022) tot 50% in 2030, op basis van de ambitie van het Ministerie van BZK<sup>22</sup>
- Een opschaling van de huidige productiecapaciteit, op basis van de verhoudingen in materialisaties van de huidige productie: hybride beton-hout-concepten (ruim 50%), vrijwel volledig beton (ruim 20%), HSB (15%), hybride beton-staal (5%) en CLT (4%).<sup>23,62</sup>

Voor het modelleren van industriële woningen vergelijken we de impact op zowel grondgebonden woningen als appartementen tot 6 lagen. Daarbij is de volgende materialisatie gehanteerd:

- **Draagconstructie:** hybride, beton-staal;
- **Gevel:** gebruik van hout in plaats van baksteen of baksteenstrips;
- **Interne wanden:** HSB in plaats van kalkzandsteen of gasbetonblokken.



**Materialverbruik:**  
62.200 kton beton  
3.500 kton metalen  
2.300 kton hout



## Strategie 5 | Intensieve Industrialisatie

### Materiaalverbruik & milieu-impact

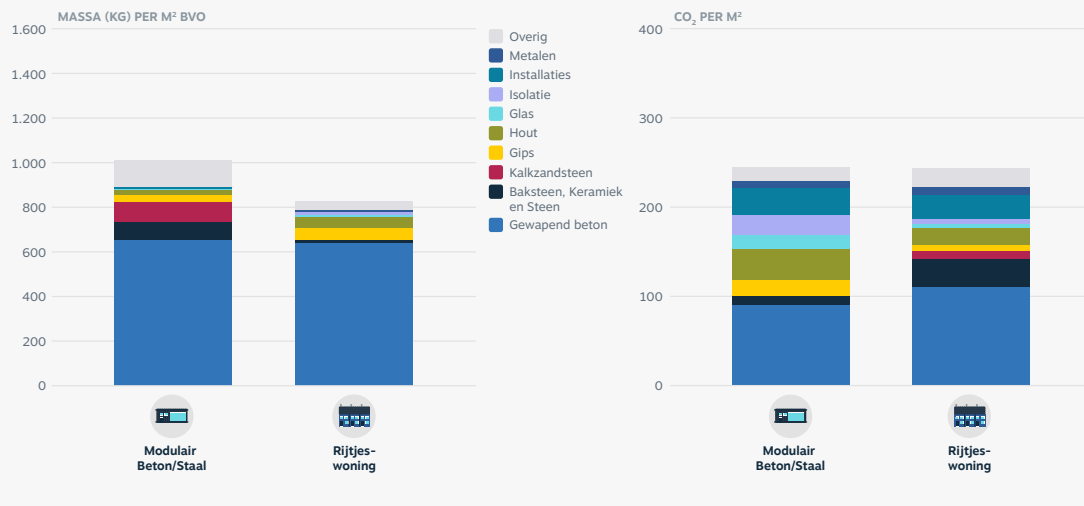
Bij de vergelijking met *business-as-usual* vallen de volgende zaken op:

- Wat betreft **massa** zit er een groot verschil zit tussen de massa van een BAU woning en het industrieel produceren. Hierbij is de industriële variant 18% lichter dan de BAU-variant. Dit komt voornamelijk door het lichter uitvoeren van gevelafwerkingen (hout) en interne binnenwanden (HSB);
- Op het gebied van **impactreductie** valt op dat de CO<sub>2</sub>-reductie slechts 3% is, mede als gevolg door een (lichte) verschuiving naar meer biobased materialen in de mix met industriële productie.

*Let op: deze relatief lage winst komt door het beperkte inzicht in de milieu-impact van traditionele bouw. Voordelen van industriële bouw – onder meer het voorkomen van bouwafval en het verminderen van de transportuitstoot – zijn bij traditionele gebouwen niet goed meegerekend. De winst daarvan komt bij industrieel geproduceerde concepten dus rekenkundig niet terug. Wel is een eerste ruwe inschatting dat industrieel geproduceerde concepten leiden tot zo'n 50% minder stikstofuitstoot op de bouwplaats, per vierkante meter BVO.<sup>63</sup>*

Figuur 23

### Vergelijking materiaalvraag en CO<sub>2</sub>-uitstoot: BAU vs industriële woning



De milieuwinst kan veel groter worden bij meer toepassing van biobased materialen (zie [Strategie 4](#)). Industrialisatie is een belangrijke versneller van biobased bouwen, omdat door de geconditioneerde omgeving

biobased producten eenvoudiger en met beter kwaliteitsborging kunnen worden toegepast. De combinatie van deze strategieën is opgenomen in het Veranderscenario (zie [Hoofdstuk 6](#)).





## Strategie 5 | Intensieve Industrialisatie

### Kosten & baten

#### **Financiële kosten & baten**

Als gevolg van herhaalbare oplossingen is industrieel bouwen goedkoper dan traditioneel bouwen. De grootste financiële winst zit in de bouwfase. Allereerst door gestandaardiseerde producten en processen, daarnaast door een kortere bouwtijd die leidt tot een flinke besparing op de bouwplaatskosten. Ook zijn door de herhaalbaarheid de kosten voor adviseurs lager dan bij traditionele bouw.<sup>64</sup> Tot en met 2030 kan inzet van industrialisatie leiden tot een besparing van 5,6% ten opzichte van *business-as-usual*.

#### **Maatschappelijke baten**

De maatschappelijke baten van uitsluitend industrialisatie als gevolg van de vermeden uitstoot zijn verwaarloosbaar, omdat de winst in CO<sub>2</sub>-uitstoot zeer beperkt is. Ook hiervoor geldt dat deze er in de praktijk naar verwachting wel is, maar rekenkundig op dit moment nog niet goed bepaald kan worden.

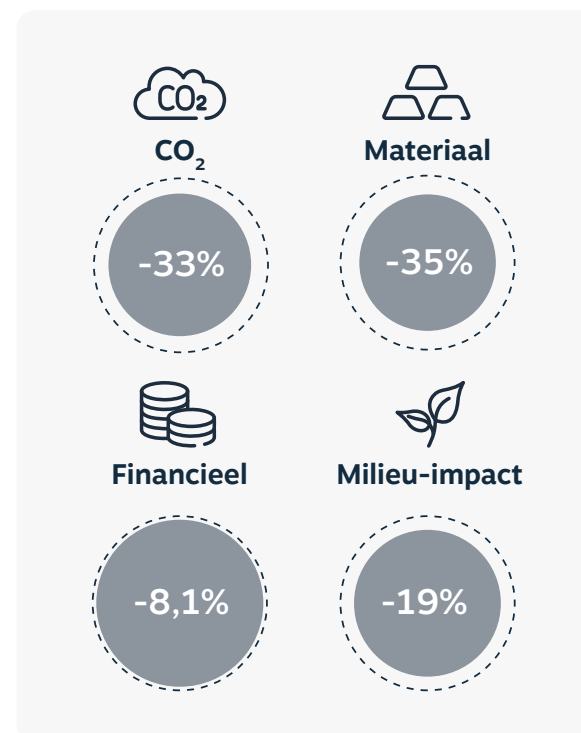
### Belangrijke partijen

- **Ontwikkelaars, woningcorporaties en commerciële vastgoedeigenaren.** Als opdrachtgever bij het ontwikkelen van nieuwbouw bepalen ontwikkelaars, woningcorporaties en commerciële vastgoedeigenaren vaak (mede) de specificaties waaraan de woningen moeten voldoen. Door in deze specificaties ruimte te bieden aan industrieel geproduceerde concepten, kunnen deze eenvoudiger worden toegepast.
- **Rijksoverheid.** Vanuit een stimulerende rol stuurt de overheid de bouwsector en de manier van bouwen. Om impact te realiseren, moet de focus liggen op industriële concepten die tevens bijdragen aan een lagere milieu-impact.
- **Gemeenten.** Als kadersteller voor lokale gebiedsontwikkeling bepalen gemeenten de stedenbouwkundige en ruimtelijke kaders. Daarbinnen is het belangrijk om enige mate van flexibiliteit te bieden, waarmee er geen randvoorwaarden zijn die toepassing van industriële concepten belemmeren. Denk bijvoorbeeld aan bouwhoogtes (Bestemmingsplan) en een functionele omschrijving van de uitstraling (Stedenbouwkundig Plan).

# 06

## Impact van het verander-scenario

Om te bouwen binnen de grenzen van de planeet, is een combinatie van alle strategieën nodig. In dit hoofdstuk schetsen we een verander-scenario voor de bouwsector, waarbij we de individuele strategieën combineren. Met deze gecombineerde inzet kunnen we de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de bouw tot en met 2030 met 33% verminderen. Het primair grondstofverbruik tot 2030 neemt met 35% af.



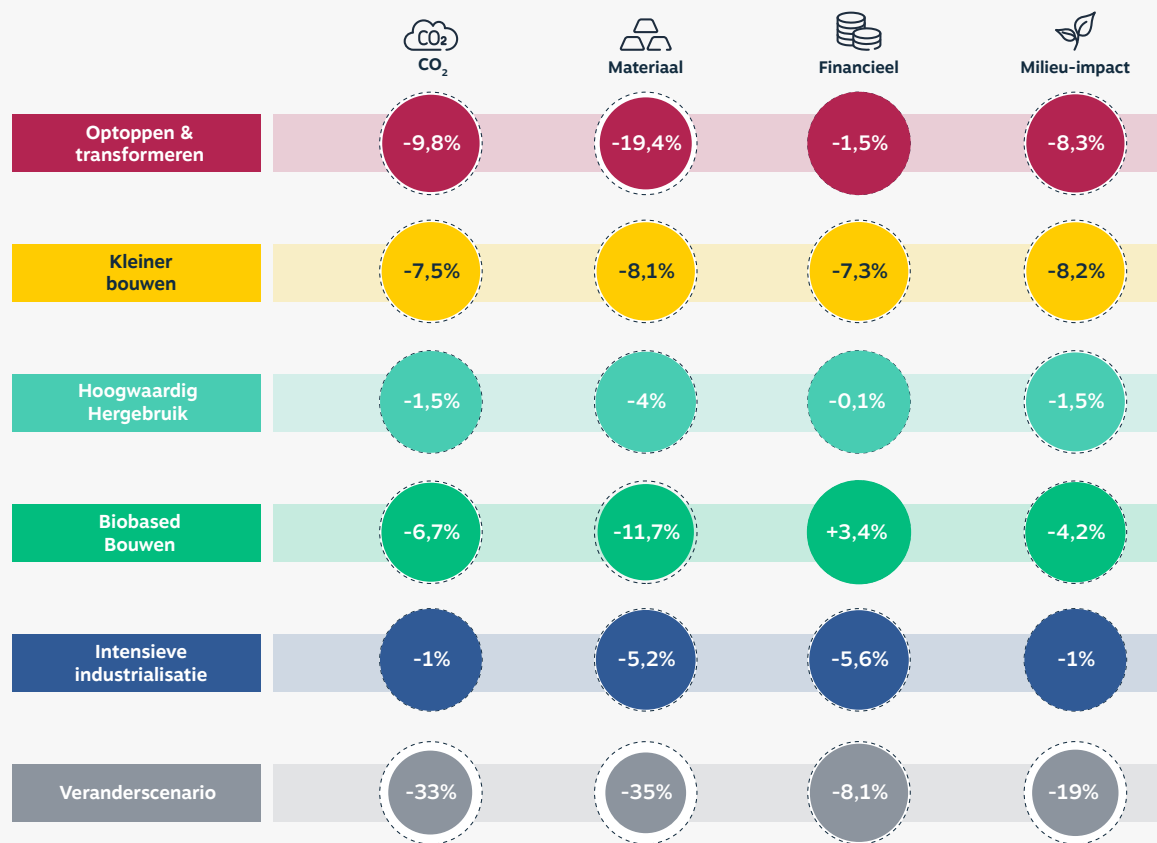
Ieder van de circulaire strategieën (*Hoofdstuk 5*) draagt bij aan het verlagen van de materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact van de bouw. Tegelijkertijd draagt geen van de strategieën voldoende bij om met alleen die strategie de ambities op klimaat en circulaire economie te realiseren. Er is dus een combinatie van deze strategieën nodig om te bouwen binnen de grenzen van de planeet.

Door de vijf strategieën te combineren, ontstaat een toekomstperspectief voor de bouwsector. Daarin maken we maximaal gebruik van de bestaande gebouwde omgeving door op te toppen en te transformeren (*strategie 1*), bouwen we hetgeen wát we moeten bouwen kleiner (*strategie 2*), passen we vervolgens maximaal vrijkomende materialen toe (*strategie 3*), kiezen we voor biobased materialen voor de resterende vraag (*strategie 4*) en zien we industrialisatie als versneller van het bouwproces en enabler voor de toepassing van biobased materialen (*strategie 5*).

- De totale CO<sub>2</sub>-reductie door het gezamenlijk toepassen van de strategieën is 33% tot en met 2030. De materiaalvraag neemt tot en met 2030 af met 38%. In het jaar 2030, is de winst ten opzichte van *business-as-usual* groter: 55% (CO<sub>2</sub>-uitstoot), 48% (milieu-impact) en 67% (materiaalverbruik).
- De strategieën waar snel mee gestart kan worden (kleiner bouwen, biobased) dragen ook het meeste bij aan het verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Dat biedt hoop om snel stappen te zetten.
- Met dit veranderscenario stellen we het overschrijden van het CO<sub>2</sub>-budget uit tot 2034 (voor 1,7 °C).

Figuur 24

### Impactvergelijking van de verschillende strategieën



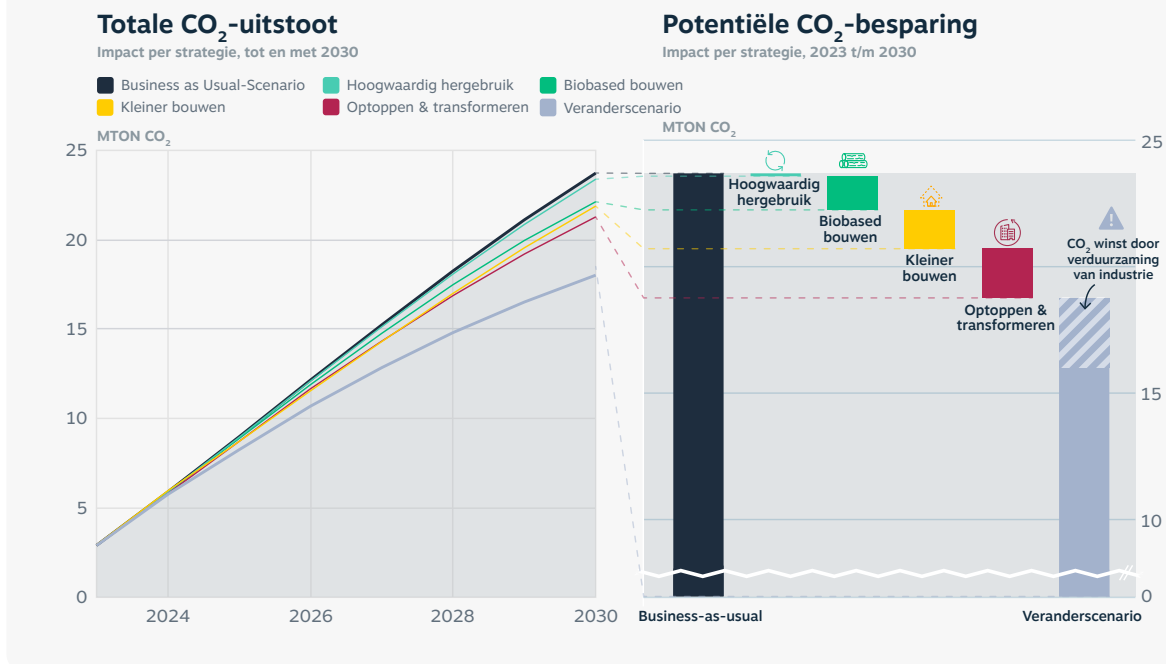
## Resultaten

- De grootste winst in CO<sub>2</sub>-uistoot (10%) is toe te schrijven aan een oplossing die op korte termijn geïmplementeerd kan worden: het beter benutten van bestaande bouw voor het realiseren van woningen. Daarbij worden leegstaande utiliteitsgebouwen getransformeerd tot woningen en bestaande bouw 'opgetopt' met extra woonlagen.
- Een andere oplossing met grote potentie tot het verminderen van CO<sub>2</sub>-uistoot (8%) is het bouwen van kleinere woningen en het verschuiven van grondgebonden woningen naar gestapelde bouw.
- Ook de toepassing van biobased bouwmaterialen leidt tot een flinke CO<sub>2</sub>-winst: 6%. Daarbij gaat het om de combinatie van hout en vezelgewassen. De CO<sub>2</sub>-winst neemt verder toe tot 41%, wanneer we ook de opgeslagen CO<sub>2</sub> in biobased materiaal meerekenen.
- De strategie met de kleinste impactreductie is hergebruik (1,5%). Dit komt vooral door de beperkte beschikbaarheid van her te gebruiken producten, onderdelen en materialen.

Let op: door het *gezamenlijk toepassen* van de strategieën wijken de getallen voor de bijdragen van specifieke strategieën in dit Veranderscenario op onderdelen af van de potentie van het zelfstandig toepassen van deze strategieën in **Hoofdstuk 5**.

**Figuur 25**

### Overzicht van de impact van de verschillende strategieën ten opzichte van het *business-as-usual*-scenario



## Impact verandescenario afhankelijk van industriële CO<sub>2</sub>-reductie

Een groot deel van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact van de bouw vindt plaats in de industriële productie van bouwproducten. Als gevolg van onder meer het Europese emissiehandelssysteem (ETS – zie Trends & ontwikkelingen) gaan de kosten voor de uitstoot van CO<sub>2</sub> omhoog, waardoor de industrie zal gaan verduurzamen. De vraag is in welk tempo die verduurzaming plaatsvindt.

### Verbeterpad industrie: *business-as-usual* scenario

In het *business-as-usual* scenario (*Hoofdstuk 4*) gaan we ook uit van een *business-as-usual* verbeterpad van de industrie: een jaarlijkse verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 2%, bij gelijkblijvende productie. Dit is licht hoger dan de historische jaarlijkse emissiereductie van zo'n 1,2%<sup>65</sup> over 2005-2021, maar onvoldoende om – voor de Nederlandse industrie – te komen tot het einddoel uit het Klimaatakkoord: 34,4 Mton CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de industrie in 2030.<sup>66</sup>

### Verbeterpad industrie: verandescenario

In zowel Europese afspraken als het Nederlandse Klimaatakkoord zijn voor de industrie doelen gesteld op CO<sub>2</sub>-reductie. Omdat een groot deel van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de bouw het gevolg is van de productie van bouwmaterialen, heeft verduurzaming van de industrie serieuze invloed. Aanvullend op het *business-as-usual* verbeterpad is daarom een alternatief verbeterpad ontwikkeld, waarbij de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de industrie jaarlijks met 5% daalt. Dit is in lijn met de doelen uit het Klimaatakkoord en routekaarten van individuele sectoren, zoals de staalindustrie<sup>67</sup> en betonindustrie.<sup>68</sup> Ook sluit dit aan bij sectorbrede initiatieven, zoals vanuit de keramische industrie.<sup>69</sup> Deze jaarlijkse verlaging van 5% is echter significant meer dan de jaarlijkse verbetering die op dit moment plaatsvindt.

### Impact industriële CO<sub>2</sub>-reductie

De potentiële impact van een alternatief verbeterpad voor de industrie is zo'n 3 Mton CO<sub>2</sub> tot en met 2030, ten opzichte van het *business-as-usual* verbeterpad van de industrie. Dit is een flink aandeel ten opzichte van de circulaire strategieën, die gezamenlijk leiden tot een CO<sub>2</sub>-winst van 4.8 Mton tot en met 2030 ten opzichte van *business-as-usual*. Ontwikkelingen in de industrie hebben dus een sterke invloed op de duurzaamheidsprestaties van de bouw.

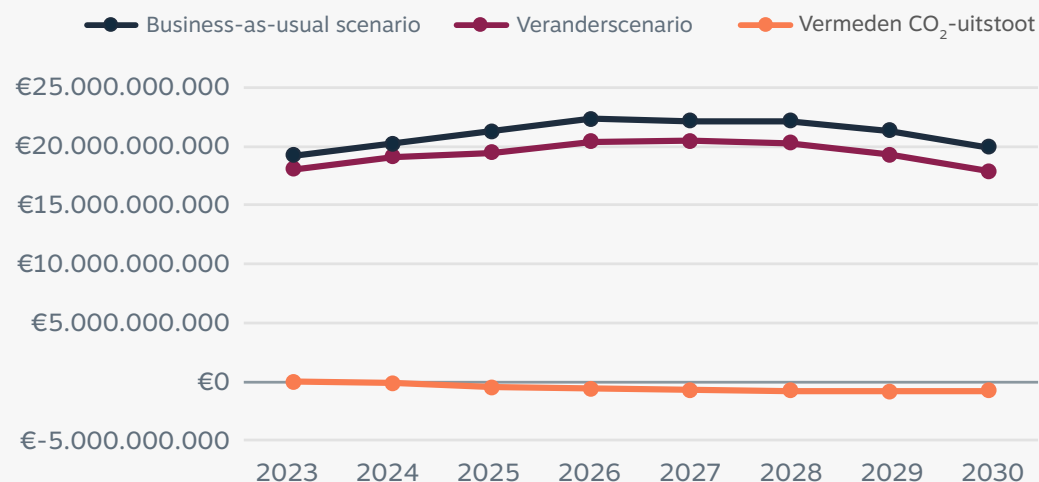
## Kosten & baten

Het veranderscenario levert – naast winst in materiaalverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot – ook financiële winst op. De totale investeringskosten van dit scenario liggen zo'n €13,6 miljard lager dan een *business-as-usual*-scenario, op basis van de huidige investeringskosten. Procentueel is dit een verlaging van circa 8,1% van de totale kosten van de bouwopgave. De bijdrage aan deze verlaging komt voornamelijk door de voordelen van kleiner bouwen (*strategie 2*) en intensieve industrialisatie (*strategie 5*).

Naast een financiële berekening zal naar verwachting ook CO<sub>2</sub>-beprijzing de komende jaren belangrijker worden. De CO<sub>2</sub>-prijs voor de industrie stijgt, en eerste partijen beginnen te rekenen met eigen CO<sub>2</sub>-prijzen.<sup>70</sup> De prijzen hiervoor variëren sterk, afhankelijk van waar deze prijs voor wordt berekend. Wanneer gekeken wordt naar de schade die CO<sub>2</sub>-uitstoot oplevert in de verre toekomst, heeft het Klimaatverbond recent een prijs van €875,- / ton voorgesteld.<sup>71</sup> Deze is in lijn met een prijs van €809,- / ton vanuit het Duitse *Umweltbundesamt*.<sup>72</sup> Een alternatieve, in Nederland veelgebruikte prijs is €130,- / ton vanuit het Handboek Milieuprijzen.<sup>73</sup>

Figuur 26

### Investeringskosten woningbouw: *business-as-usual* en veranderscenario



Wanneer we de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot uitdrukken in maatschappelijke baten op basis van CO<sub>2</sub>-prijzen, leidt dat tot maatschappelijke baten van €4,2 miljard (bij een prijs van €875,-) en €630 miljoen (bij een prijs van €130,-): dit is daarmee 0,4 – 2,5% van de totale kosten van de bouwopgave. Het

verloop van de verschillende prijzen in de periode tot en met 2030 –op basis van de ingroeipaden van de scenario's, zoals toegelicht in **Hoofdstuk 5** – is weergegeven in figuur 26. Alle kosten zijn exclusief BTW.

# 07

## Conclusies

Het CO<sub>2</sub>-budget van de bouw voor haar bijdrage aan een maximale opwarming van 1,5 °C is vrijwel overschreden. Met de huidige (nieuwbouw) plannen wordt ook het budget voor 1,7 °C snel overschreden. Het op zeer korte termijn inzetten op de verschillende strategieën geeft enkele jaren meer tijd om de bouw te verduurzamen. Dit hoofdstuk schetst de belangrijkste conclusies.

Met de huidige manier van bouwen zijn onze nationale ambities op klimaat en circulaire economie voor de bouw buiten bereik. Als we vanuit een budgetbenadering naar klimaatimpact kijken is het CO<sub>2</sub>-budget (bij 1,5°C) voor de gehele Nederlandse bouwsector in 2027 'op'. Met inzet op alle circulaire strategieën komen we op een reductie van 33% (totaal, tot en met 2030) en 55% (in het jaar 2030) ten opzichte van *business-as-usual*.

De circulaire ambities van de bouwsector – die wij vertaald hebben als 50% verlaging van de milieu-impact ten opzichte van *business-as-usual* – halen we met inzet op alle circulaire strategieën niet of nauwelijks. In de periode tot en met 2030 komen we in totaal tot een verbetering van 33%, met in het individuele jaar 2030 een verbetering van 55% ten opzichte van *business-as-usual*. Het terugdringen van de stikstofuitstoot vanuit de bouwsector is door ontbrekende gegevens niet precies te bepalen.

Voor het realiseren van de hoge duurzaamheidsprestaties nemen de investeringskosten op korte termijn toe. Daarmee kan de businesscase moeilijker uit, zeker in een tijd van toenemende rente. Tegenover die hogere investeringskosten staan echter zowel lagere kosten over de levenscyclus als maatschappelijke baten, die momenteel niet worden meegerekend.<sup>76</sup> Ondanks dat deze meerkosten de komende jaren afnemen, is op korte termijn extra budget nodig. Binnen de huidige financiële kaders lukt het vaak niet om dit budget vrij te maken: de businesscase komt niet rond. Ook institutionele beleggers, die een investeringshorizon van 25 – 30 jaar hanteren, kijken korter dan de levenscyclus van een woongebouw (75+ jaar).

Tot slot lijkt werken aan duurzaamheid bij veel partijen in de bouwketen op dit moment nog vrijblijvend, ondanks de stappen die gezet worden. De kern van het werk is het realiseren van gebouwen en daarmee het maken van winst (producenten en uitvoerende partijen) en rendement (investeerders). Tegelijkertijd kan het niet werken aan duurzaamheid een bedrijfsrisico gaan vormen. Denk aan een afnemende beschikbaarheid aan materialen, een oplopende CO<sub>2</sub>-prijs en nieuwe Europese duurzaamheidswetgeving (zie **Hoofdstuk 2**).

Op basis van de huidige duurzaamheidsprestaties van de bouw en de opgaven waar we voor staan, schetsen wij vier verschuivingen die nodig zijn. De aanbevelingen die hieruit voortkomen, zijn verder uitgewerkt in **Hoofdstuk 8**.

**1 Van bouweconomie naar verbouweconomie.**

In plaats van de focus op nieuwbouw is het belangrijk om veel sterker in te zetten op het effectiever gebruiken van de vele (woon) gebouwen die er al staan. Daarbij gaat het zowel over het beter benutten van de bestaande woningen (*strategie 0*) als het optoppen en transformeren van bestaande gebouwen (*strategie 1*). Een bijkomend voordeel hiervan is dat de extra materiaalvraag en CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de aanleg van aanvullende infrastructuur naar nieuwe woonwijken wordt voorkomen.

**2 Van ambities naar randvoorwaarden.**

Wanneer de duurzaamheidsdoelstellingen serieus worden genomen, zal de bouw in hoog tempo moeten veranderen. Dit betekent dat een hoge duurzaamheidsprestatie *randvoorwaardelijk* zou moeten zijn voor het realiseren van een gebouw. Op dit moment worden duurzaamheidsprestaties vaak nog als ambities meegenomen. Hiervoor is een snelle aanscherping van wetgeving en een flinke professionaliseringsslag van de onderliggende rekeninstrumenten nodig. Een belangrijke kanttekening is dat deze veranderopgave niet alleen voor de woningbouw, maar ook voor de utiliteitsbouw en de GWW geldt.

**3 Van businesscase naar value case.**

Door een verschuiving te maken van een korte termijn, financieel georiënteerde businesscase naar een lange termijn value case, waarin ook maatschappelijke waarden worden meegerekend, worden duurzame keuzes wel rendabel. Het lastige is dat deze maatschappelijke waarden niet in ons huidige financiële systeem verrekend (kunnen) worden. Het integreren hiervan vraagt om een combinatie van maatregelen, waaronder het verhogen van milieubelastingen, subsidiëring van maatregelen wanneer die aantoonbaar maatschappelijke kosten verlagen (Rijksoverheid), het meenemen van circulaire principes in grond- en vastgoedexploitaties (gemeenten) en financiering van CO<sub>2</sub>-opslag in bouwwerken (beleggers). Dit vraagt om inzet vanuit zowel de Rijksoverheid als institutionele beleggers.

**4 Van vrijblijvende inzet naar risicomanagement.**

Veel inzet op duurzaamheid is op dit moment vrijblijvend. Het *niet* werken aan duurzaamheid leidt echter tot grote toekomstige risico's voor individuele partijen. Denk daarbij aan hoge materiaalkosten als gevolg van een snel stijgende CO<sub>2</sub>-prijs, aan juridische

aansprakelijkheid als gevolg van het niet ondernemen van klimaatactie of aan niet-duurzame gebouwen als *stranded assets* op de balans van vastgoedeigenaren en investeerders.

Naast risico's voor individuele partijen ontstaan echter ook risico's voor de sector als geheel. Denk aan een eventuele juridische 'CO<sub>2</sub>-stop' als gevolg van het overschrijden van het CO<sub>2</sub>-budget, in lijn met de huidige 'stikstof-stop' omdat het stikstofbudget is overschreden. Omdat zo'n CO<sub>2</sub>-stop 'permanent' is als gevolg van het opraken van het budget, zijn de eventuele gevolgen hiervan veel ingrijpender dan die van de huidige bouwstop als gevolg van stikstof. Het op korte termijn inzetten op duurzaamheid is dus een vorm van risicomanagement.



# 08

## Adviezen

Het veranderen van de bouwsector naar een sector die opereert binnen de grenzen van de planeet vraagt om inzet van alle partijen. Daarbij hebben de gezamenlijke overheden – vooral de Rijksoverheid – een extra belangrijke rol, vanuit hun verantwoordelijkheid voor het maatschappelijk belang. Dit hoofdstuk schetst de belangrijkste aanbevelingen.

Om stappen te zetten naar een sector die bouwt binnen de grenzen van de planeet, is inzet nodig van alle partijen in de sector. Geen van de betrokken partijen kan dit zelfstandig: voor ieder project is een partij afhankelijk van andere partijen voor fysieke werkzaamheden, financiële investering of juridische besluitvorming. Deze gezamenlijke veranderopgave vraagt om scherpe keuzes en een grote betrokkenheid. Wij schetsen de belangrijkste aanbevelingen per partij om de potentiële CO<sub>2</sub>- en milieuwinst in de praktijk te brengen.

In de balans tussen de benodigde inzet per partij is het noodzakelijk dat de gezamenlijke overheden – en vooral het Rijk – een meer sturende rol nemen. Zij is immers eindverantwoordelijk voor het maatschappelijk belang, wat inmiddels tevens een publiek belang is.<sup>77</sup> Dat geldt zeker in het aansturen van een sector die vanuit het verleden sterk kostengedreven is. Met een duidelijke visie, heldere kaders en scherpe wetgeving ontstaat een toekomstbeeld voor de sector en een *level playing field* in het toewerken naar dat toekomstbeeld. Ook normering is daarin hard nodig, omdat alleen stimuleren onvoldoende effect heeft.<sup>78</sup>

In het veranderen van de bouwsector moet ruimte zijn voor koplopers om te laten zien wat er al kan, zodat de partijen die dat willen, snel kunnen volgen. Daarbij gaat het zowel om koplopers vanuit decentrale overheden (in de mogelijkheid om ambitieuze kaders te stellen), vanuit woningcorporaties (om plannen met hoge duurzaamheidsprestaties te selecteren) als vanuit ontwikkelaars, bouwers en conceptaanbieders (om deze plannen in de praktijk te brengen).

Om die lessen van koplopers vervolgens breder toe te passen, is ook kennisdeling cruciaal. Omdat alle partijen hier een verantwoordelijkheid in hebben, is dit niet als aparte aanbeveling opgenomen. Richting gemeenten hebben provincies hier bijvoorbeeld een belangrijke positie in; naar bouwers en ontwikkelaars spelen netwerkorganisaties en brancheverenigingen een centrale rol.

### Strategieën








### Termijn



Aanbeveling	Invloed	Termijn
<b>RIJKSOVERHEID</b>		
Scherp duurzaamheidseisen sneller aan		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input type="checkbox"/> 3-7 jaar <input type="checkbox"/> 7+ jaar
Ontwikkel duurzaamheidseisen per wooneenheid		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input type="checkbox"/> 3-7 jaar <input type="checkbox"/> 7+ jaar
Verbeter het Milieuprestatiestelsel om effectiever te kunnen sturen		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input type="checkbox"/> 3-7 jaar <input type="checkbox"/> 7+ jaar
Stuur bij co-financiering van woningbouw sterker op duurzaamheidsprestaties		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input type="checkbox"/> 3-7 jaar <input type="checkbox"/> 7+ jaar
Creëer mogelijkheden voor hergebruik door een afsprakenstelsel op te stellen		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input checked="" type="checkbox"/> 3-7 jaar <input type="checkbox"/> 7+ jaar
Werk aan fiscale vergroening om de businesscase van duurzaam bouwen te verbeteren		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input type="checkbox"/> 3-7 jaar <input checked="" type="checkbox"/> 7+ jaar
<b>PROVINCIES</b>		
Ondersteun boeren bij overstap naar productie vezelgewassen		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input type="checkbox"/> 3-7 jaar <input type="checkbox"/> 7+ jaar
Creëer ruimte voor productiebossen voor (woning)bouw		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input type="checkbox"/> 3-7 jaar <input checked="" type="checkbox"/> 7+ jaar
Organiseer een fysieke infrastructuur voor hergebruik		<input type="checkbox"/> 1-3 jaar <input type="checkbox"/> 3-7 jaar <input type="checkbox"/> 7+ jaar

Aanbeveling	Invloed	Termijn
<b>GEMEENTEN</b>		
Stimuleer het beter benutten van de bestaande woningvoorraad		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Stuur op optoppen en transformeren in Omgevingsvisie en creëer ruimte in Omgevingsplannen		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Ontwikkel woningbouwplannen op basis van een optimale woningvoorraad		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Neem circulaire principes mee bij aanbestedingen voor grondverkoop		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Stel een circulaire grond- en vastgoedexploitatie op		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>WONINGCORPORATIES &amp; COMMERCIEËLE VASTGOEDEIGENAREN</b>		
Gebruik bestaand vastgoed om meer woningen te realiseren		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Bouw op basis van toekomstige behoefte		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Selecteer in aanbestedingen bouwplannen op basis van duurzaamheidsprestaties		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>ONTWIKKELAARS</b>		
Borg duurzaamheidsprestaties in Programma van Eisen		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Zet financiële baten van industrialisatie in voor hogere duurzaamheidsprestaties		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Aanbeveling	Invoed	Termijn
<b>INSTITUTIONELE BELEGGER</b>		
Maak een businesscase op basis van TCO en maatschappelijke waarde		<input type="range" value="10"/>
Ontwikkel een CO <sub>2</sub> -fonds voor financiering van duurzaamheidsmaatregelen		<input type="range" value="60"/>
<b>VERZEKERAARS</b>		
Werk actief aan betere inzichten in verzekeringsrisico's		<input type="range" value="10"/>
<b>UITVOERENDE PARTIJEN</b>		
Kies voor demontage in plaats van sloop		<input type="range" value="10"/>
Vraag naar duurzaamheidsprestaties bij inkoop van materialen		<input type="range" value="10"/>


## Rijksoverheid

De Rijksoverheid heeft een **kaderstellende** en **stimulerende** rol in de transitie naar een circulaire bouweconomie. Het Ministerie van BZK bepaalt daarbij de kaders vanuit het Bouwbesluit, de Omgevingswet en de Wet Kwaliteitsborging (vanaf het moment van ingang). De Ministeries van EZK, IenW en LNV zijn beleidsverantwoordelijk voor de klimaat-, circulaire economie- en stikstofdoelstellingen en hebben daarmee ook belang bij de transitie naar een circulaire bouw.

### Aanbeveling 1

#### Scherp duurzaamheidseisen sneller aan




1 - 3 jaar 

Scherpe duurzaamheidseisen per woning zijn nodig om de impact van nieuwbouw snel te verminderen. Daarbij gaat het om aanscherping van twee grenswaarden: zowel de MPG als de nieuw te introduceren CO<sub>2</sub>-eis. Ook eerdere adviezen stellen dat een aanscherping van deze grenswaarden nodig is.<sup>79,80</sup>

### Aanbeveling 2

#### Ontwikkel duurzaamheidseisen per wooneenheid




1 - 3 jaar 

De huidige eisen in het Bouwbesluit – waaronder de MPG en BENG – gaan uit van prestaties per vierkante meter. Bij de milieuprestatie leidt een hoger aantal vierkante meters in de praktijk tot een rekenkundig lagere milieupact (per vierkante meter), terwijl dit in de praktijk leidt tot meer milieupact (per wooneenheid). Door voor de milieupact, CO<sub>2</sub>-uitstoot en stikstofuitstoot grenswaarden te stellen per wooneenheid – gedifferentieerd per type woning, als gevolg van bouwkundige eigenschappen – kan beter op de totale milieuprestatie worden gestuurd.

### Aanbeveling 3

#### Verbeter het Milieuprestatiestelsel om effectiever te kunnen sturen



1 - 3 jaar 

In Nederland wordt de milieupact van de bouw bepaald op basis van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken en de Nationale Milieudatabase. Het huidige Milieuprestatiestelsel biedt een goede basis, maar heeft doorontwikkeling nodig om effectiever te kunnen sturen.<sup>81</sup> Daarbij gaat het onder meer om het verbeteren van de hoeveelheid productkaarten, de kwaliteit van deze data en de actualiteit van de data. Deze betere data is nodig om goed te kunnen sturen en monitoren op alle milieueffecten, inclusief de uitstoot van CO<sub>2</sub> en stikstof. Ook toetsing op de milieuprestatie in de praktijk vraagt om aandacht, als onderdeel van de invoering van de Wet Kwaliteitsborging.<sup>82</sup>

**Aanbeveling 4****Stuur bij co-financiering van woningbouw sterker op duurzaamheidsprestaties**

1 - 3 jaar



De Rijksoverheid stelt steeds meer financiële middelen beschikbaar om woningbouw mogelijk te maken (o.a. Woningbouwimpuls). In deze financiering is de belangrijkste voorwaarde op dit moment het realiseren van 'betaalbare woningen'. Afspraken over duurzaamheidsprestaties zijn vooralsnog vrijblijvender, bijvoorbeeld in Woondeals en City Deals. Door bij co-financiering strengere duurzaamheidseisen te stellen op bijvoorbeeld de CO<sub>2</sub>-prestatie of MPG, wordt de markt aangejaagd hier sneller aan te voldoen.

**Aanbeveling 5****Creëer mogelijkheden voor hergebruik door een afsprakenstelsel op te stellen**

3 - 7 jaar



Grootschalig hergebruik in de bouw komt op dit moment nog niet van de grond. Hergebruik van onderdelen uit bestaande gebouwen in nieuwbouw is vaak lastig door normen en wetgeving, die zijn doorontwikkeld tussen de oorspronkelijke toepassing en het heden. Hergebruik van materialen vindt op dit moment vooral laagwaardig plaats (voorbeeld: puin als fundering voor wegen), omdat de businesscase voor hoogwaardig hergebruik ontbreekt. Voor meer en hoogwaardiger hergebruik is het maken van sectorbrede afspraken over de benodigde product- en materiaal informatie van groot belang. Platform DigiGO kan het initiatief nemen bij het maken van zo'n digitaal afsprakenstelsel voor datadelen, dat geschikt is voor zowel de B&U als de GWW.<sup>83</sup>

**Aanbeveling 6****Werk aan fiscale vergroening om de businesscase van duurzaam bouwen te verbeteren**

7+ jaar



Bouwen met duurzamere of hergebruikte materialen is op dit moment financieel vaak duurder dan het bouwen met fossiele materialen (o.a. beton, staal). De verwachting is dat fossiele materialen de komende jaren duurder worden als gevolg van een stijgende Europese CO<sub>2</sub>-prijs (zie **Hoofdstuk 2**). Andere milieu-impacts zijn daar echter nog niet in meegenomen. Het doorbelasten van de milieu-impact in product- en materiaal prijzen (eventueel in combinatie met een heffing op primaire grondstoffen) helpt de businesscase voor duurzaam bouwen te verbeteren.<sup>84</sup> Omdat ook in die situatie de kosten op arbeid echter hoog blijven, waardoor demontage kostbaar blijft, werkt een combinatie met het verlagen van de arbeidsbelasting sterker.

## Provincies

De kerntaak van Provincies in de woningbouwopgave richt zich op het maken van ruimtelijke keuzes. Denk daarbij aan het kiezen van geschikte locaties voor nieuwbouw. Ondanks dat de duurzaamheidsimpact van de locatiekeuze groot kan zijn in bijvoorbeeld de toekomstbestendigheid (i.r.t. klimaatadaptatie) en impact van mobiliteit, is de invloed van Provincies op de materiaalvraag en milieu-impact van de woningbouw beperkt. Het handelingsperspectief voor Provincies richt zich daarom op het maken van **ruimtelijke keuzes** en het **faciliteren** van duurzame keuzes.



**Aanbeveling 1****Ondersteun boeren bij overstap naar productie vezelgewassen**

1 - 3 jaar



Om de stikstofuitstoot te verlagen, is een alternatief verdienmodel nodig voor boeren in onder meer de intensieve veeteelt. Er ligt in Nederland veel potentie voor de productie van vezelgewassen zoals hennep, vlas, lisdodde en miscanthus. Deze grondstoffen zijn goed geschikt als basis voor isolatiemateriaal. Het produceren van vezelgewassen kan een alternatief verdienmodel zijn voor deze boeren. Daarbij kunnen ook lokale ketens worden opgezet, in lijn met de huidige inzet van het programma Building Balance. De provincie kan deze omslag ondersteunen.

**Aanbeveling 2****Creëer ruimte voor productiebossen voor (woning)bouw**

7+ jaar



Om op lange termijn in de materiaalvraag van woningen te voorzien, helpt het om deze materialen in Nederland te produceren. Gezien de sterke ontwikkeling van houtbouw kunnen Nederlandse productiebossen hier op termijn een (kleine) aanvullende bijdrage aan leveren, zoals ook geschetst in de Nationale Bossenstrategie. Bij start van aanleg op korte termijn kunnen deze bossen over 10 – 15 jaar in het eerste hout voorzien. Vanuit de rol van de Provincie in het ruimtelijke beleid en het natuurbeleid heeft zij hier het initiatief. Bij keuze voor de juiste boomtypes kan dit tevens bijdragen aan herstel van biodiversiteit.

**Aanbeveling 3****Organiseer een fysieke infrastructuur voor hergebruik**

1 - 3 jaar



Bij hergebruik van bouwonderdelen en -materialen heeft de logistiek vaak relatief veel impact. Regionaal hergebruik levert dus meer winst op dan nationaal hergebruik. Het stimuleren van lokale opslag van onderdelen door materiaal op te slaan, te reinigen, te repareren en dichtbij opnieuw aan te bieden kan hiervoor een oplossing zijn.<sup>85</sup> Ook een testinfrastructuur voor kwaliteitstoetsing kan hier onderdeel van zijn. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn de samenwerking met regionale partijen en een digitale infrastructuur voor het bij elkaar brengen van vraag en aanbod (zie ook **Rijksoverheid / aanbeveling 4**).



## Gemeenten

Gemeenten hebben de afgelopen jaren een steeds grotere rol gekregen, onder meer op het gebied van woningbouw. Zij zijn daarbij zowel **kaderstellend** met onder meer de Omgevingsvisie en het Omgevingsplan, als **vergunningverlener** voor woonvormen en bouwprojecten, en als **grondeigenaar** bij verkoop van eigen grond. Daarvoor handelen gemeenten binnen de juridische kaders van het Bouwbesluit, waarmee zij dus voor duurzaamheidseisen afhankelijk zijn van de Rijksoverheid.

### Aanbeveling 1

#### Stimuleer het beter benutten van de bestaande woningvoorraad



1 - 3 jaar

Als vergunningverlener voor woningen heeft de gemeente invloed op welke woon- en samenwoonvormen zijn toegestaan. Het delen van woningen (voorbeeld: *friends*-contracten) wordt hierdoor soms niet toegestaan, terwijl dit een directe manier is om meer woonruimte te bieden aan alleenstaande woningzoekenden. Door in vergunningverlening hier meer ruimte voor te creëren, in samenwerking met woningcorporaties, kan het woningtekort op korte termijn worden verminderd. Een indicatie stelt dat er 3 miljoen extra mensen zouden kunnen wonen in de bestaande woningvoorraad.

### Aanbeveling 2

#### Stuur op optoppen en transformeren in Omgevingsvisie en creëer ruimte in Omgevingsplannen



3 - 7 jaar

Gemeenten stellen voor hun gebied een Omgevingsvisie en Omgevingsplan (nu nog Bestemmingsplan) op. In de Omgevingsvisie is het mogelijk om richting te geven, bijvoorbeeld aan het transformeren van gebieden met een werkfunctie naar een woon-werkfunctie of het verhogen van de stedelijke verdichting. In de Omgevingsplannen is het vooral belangrijk om ruimte te bieden, zowel aan bijvoorbeeld extra bouwhoogte (benodigd voor optoppen) als het mogelijk maken van biobased materiaal voor gevels (beeldkwaliteit).

**Aanbeveling 3****Ontwikkel woningbouwplannen op basis van een optimale woningvoorraad**

3 - 7 jaar



Huidige woningbouwplannen richten zich op het realiseren van woningen op basis van de huidige woningvraag. Daardoor bestaat een belangrijk deel van de woningbouwplannen uit eengezinswoningen, terwijl er in de Nederlandse woningvoorraad meer eengezinswoningen dan gezinnen zijn. Met een meer gebalanceerde voorraad, waarbij in de nieuwbouw nadruk ligt op seniorenwoningen, ontstaat meer natuurlijke doorstroming. Dit kan ook terugkomen in de stimulering van woningbouw, bijvoorbeeld de Woningbouwimpuls.

**Aanbeveling 4****Neem circulaire principes mee bij aanbestedingen voor grondverkoop**

3 - 7 jaar



Gemeenten zijn in sommige gevallen eigenaar van grond. De mate waarin dat het geval is, verschilt sterk per gemeente. Wanneer gemeenten nog eigenaar van grond zijn en deze grond verkopen voor woningbouw, kunnen zij in de aanbesteding voor de grondverkoop duurzaamheidseisen stellen en partijen uitdagen om aanvullende duurzaamheidsprestaties te leveren. Daarvoor is het belangrijk om duurzaamheid voldoende gewicht te geven in de uiteindelijke beoordeling van de inschrijvingen.<sup>86</sup>

**Aanbeveling 5****Stel een circulaire grond- en vastgoedexploitatie op**

1 - 3 jaar



De grond- en vastgoedexploitatie is een belangrijke basis voor gemeenten bij een gebiedsontwikkeling voor onderhandeling over aankopen, verkopen en exploiteren van de grond. Vaak wordt deze nog traditioneel opgesteld. Door ook de circulaire kosten en baten mee te nemen en een circulaire grond- en vastgoedexploitatie<sup>87</sup> op te stellen wordt een afwegingskader gecreëerd waar vanuit duurzamere keuzes gemaakt kunnen worden.

## Woningcorporaties & commerciële vastgoedeigenaren

Woningcorporaties en commerciële vastgoedeigenaren – zoals investeringsmaatschappijen – zijn **eigenaar** van een groot deel van de huidige vastgoedvoorraad. Daarnaast kunnen zij als **opdrachtgever** marktpartijen uitdagen in nieuwe projecten die zij realiseren.

### Aanbeveling 1

#### Gebruik bestaand vastgoed om meer woningen te realiseren



3 - 7 jaar

Ondanks het woningtekort staan er nog steeds gebouwen in Nederland leeg. Een deel van dit vastgoed – afhankelijk van de leeftijd en technische staat – is geschikt voor transformatie naar woningen. Daarnaast kunnen bestaande appartementencomplexen worden ‘opgetopt’ met één of twee extra verdiepingen.

### Aanbeveling 2

#### Stel een circulaire grond- en vastgoedexploitatie op



3 - 7 jaar

Woningcorporaties en commerciële vastgoedeigenaren bieden woonruimte. Woningcorporaties hebben daarbij de expliciete taak om ‘passende woonruimte’ te bieden voor huurders. Vanuit de sterke verschuiving in huishoudenssamenstelling, met steeds meer eengezinshuishoudens,<sup>88</sup> is het belangrijk ook het woningbouwprogramma hierop aan te passen. Neem het uitwerken van de toekomstige behoeften op basis van dit soort trends expliciet mee in woononderzoeken.

### Aanbeveling 3

#### Selecteer in aanbestedingen bouwplannen op basis van duurzaamheidsprestaties



1 - 3 jaar

Woningcorporaties kunnen invloed uitoefenen op verschillende criteria voor woningbouw (o.a. in het Programma van Eisen) en partijselectie. Door hier duurzaamheidsprestaties sterk in mee te nemen, worden uitvoerende partijen uitgedaagd om hier sneller stappen op te zetten. Naast de energieprestatie liggen hier vooral kansen in het stimuleren van biobased bouwen en hoogwaardig hergebruik. Door als basis gebruik te maken van de Woonstandaard, wordt ook industriële productie mogelijk.<sup>89</sup> Gezien het grote aantal sociale huurwoningen dat de komende jaren gerealiseerd moet worden, hebben woningcorporaties hier een grote invloed.

## Ontwikkelaars

Ontwikkelaars hebben een sturende rol in zowel de ontwerp- als realisatiefase. Zij kopen de grond, dragen het risico en selecteren de partijen voor ontwerp en realisatie. Het is aan hen om het gestelde programma binnen de ruimtelijke kaders samen met de duurzaamheidsambities te combineren tot één plan.

### Aanbeveling 1

#### Borg duurzaamheidsprestaties in Programma van Eisen



1 - 3 jaar

Een belangrijk deel van de keuzes rondom de duurzaamheidsprestaties – waaronder toepassing van biobased of hergebruikte materialen – worden vroeg in het ontwerpproces gemaakt. Dit is de fase waar de ontwikkelaar veel invloed heeft, ook omdat deze keuzes invloed hebben op de businesscase en de planning. Hier kunnen gewenste prestaties (functioneel) worden vastgelegd in het Programma van Eisen. Voor isolatiemateriaal en overige bouwkundige elementen kunnen hergebruikte of biobased materialen vaak eenvoudiger worden toegepast. Voor de draagconstructie tot middelhoge appartementen is houtbouw vaak een reëel alternatief voor hergebruikte materialen, wat uitdagender is.

### Aanbeveling 2

#### Zet financiële baten van industrialisatie in voor hogere duurzaamheidsprestaties



3 - 7 jaar

De keuze voor industrieel geproduceerde woningen leidt tot flinke financiële baten, zo is toegelicht in **Hoofdstuk 5**. Met die financiële baten wordt het eenvoudiger om duurzaamheidsprestaties te verhogen, wanneer deze leiden tot hogere kosten. Dit is momenteel vaak nog het geval voor materialen met een lage milieu-impact. Voor hergebruik betekent dit wel hergebruik op materiaalniveau (recycling), omdat hergebruik van onderdelen lastig is in een gestandaardiseerd proces.

## Institutionele beleggers

Beleggers vanuit pensioenfondsen – institutionele beleggers – hebben als een van de weinige partijen in de bouwsector een prikkel om lange-termijn waarde te creëren. Het geld van pensioenspaarders is immers pas relevant op een termijn van tientallen jaren. Vanuit hun rol als **financier** kunnen zij eisen stellen aan de plannen van ontwikkelaars en hier de juiste investering voor organiseren.

### Aanbeveling 1

#### Maak een businesscase op basis van TCO en maatschappelijke waarde



1 - 3 jaar

Veel bouwkundige keuzes die bijdragen aan een duurzaam gebouw met lagere milieu-impact nu of in de toekomst, leiden tot hogere investeringskosten. Die kosten renderen vaak echter met een meer lange-termijnperspectief. Daarnaast zijn maatschappelijke baten uiteindelijk in het belang van de maatschappij en hiermee ook voor de pensioenspaarders. Door de totale kosten over de hele levenscyclus (TCO) en de maatschappelijke waarde volwaardig mee te nemen in investeringsbeslissingen, kunnen ontwikkelaars duurzamere keuzes maken.

### Aanbeveling 2

#### Ontwikkel een CO<sub>2</sub>-fonds voor financiering van duurzaamheidsmaatregelen



3 - 7 jaar

De financiële businesscase voor hoge duurzaamheidsprestaties kan op dit moment vaak niet uit. Wanneer institutionele beleggers met ontwikkelaars afspreken dat zij een extra vergoeding moeten betalen bij een CO<sub>2</sub>-impact boven een bepaalde grenswaarde, kan dit bedrag worden ingezet voor de financiering van projecten die hun CO<sub>2</sub>-impact omlaag willen brengen. Het inrichten van zo'n fonds kan kleinschalig starten vanuit een of enkele beleggers, en daarna breder in de markt worden toegepast.

## Verzekeraars

Verzekeraars spelen een rol in het verzekeren van de opgeleverde woningen voor de toekomstige bewoners. Daarvoor hebben zij inzicht nodig in de eventuele (nieuwe) risico's die te maken hebben met de verzekeraarbaarheid van het object. Wanneer verzekeraars deze risico's niet goed inzichtelijk hebben, kan dit belemmerend werken voor de realisatie van duurzame nieuwbouw.

### Aanbeveling 1

#### Werk actief aan betere inzichten in verzekeringsrisico's



1 - 3 jaar

Het toepassen van meer biobased en hergebruikt materiaal zijn belangrijke oplossingsrichtingen naar een meer circulaire bouw. Huidige polissen zijn niet altijd geschikt voor toepassing van bijvoorbeeld biobased bouwen of krijgen een hogere risico-inschatting (o.a. in combinatie met nieuwe installaties zoals zonnepanelen). Woningen met hogere duurzaamheidsprestaties zijn daardoor mogelijk lastiger te verzekeren. Het is van belang om actief te werken aan beter inzicht in deze nieuwe risico's om het toepassen van circulaire strategieën niet te vertragen door actief om tafel te gaan met uitvoerende partijen.



## Uitvoerende partijen

Aannemers en slopers voeren de daadwerkelijke werkzaamheden op de bouwplaats uit. Vanuit deze **uitvoerende** rol moeten zij de keuzes in de praktijk brengen. Daarnaast hebben zij een rol als **inkoper** van materialen van toeleveranciers. In het ontwerpproces spelen ook architecten en constructeurs een essentiële rol in het maken van ontwerpkeuzes.

### Aanbeveling 1

#### Kies voor demontage in plaats van sloop



1 - 3 jaar

Bij sloopwerkzaamheden wordt vaak sterk gestuurd op prijs, als gevolg van een krappe planning of beperkt budget. Dat belemmert het demonteren van waardevolle producten en onderdelen, waarmee hoogwaardig hergebruik mogelijk wordt. Door meer tijd te nemen, bewuster te kiezen voor demontage en afnemers te zoeken voor her te gebruiken materialen, ontstaat meer aanbod en kunnen deze onderdelen vervolgens eenvoudiger worden toegepast in nieuwe projecten. Producten of onderdelen die niet kunnen worden gedemonteerd, kunnen op materiaalniveau worden gerecycled.

### Aanbeveling 2

#### Vraag naar duurzaamheidsprestaties bij inkoop van materialen



1 - 3 jaar

De inkoop van materialen door de aannemer bij groothandels of leveranciers is een van de laatste stappen in de keten waar gestuurd kan worden op meer duurzame keuzes. Het gaat hier om optimalisaties binnen een bepaalde product- of materiaalsoort, omdat de definitieve ontwerpkeuzes reeds zijn gemaakt. Door naast de prijs ook de milieu-impact van producten op te vragen, ontstaat een prikkel bij producenten en leveranciers om meer transparantie te creëren. Daarmee ontstaat op termijn meer keuzemogelijkheid.

# 09

## Tot slot

De ambities om het woningtekort op te lossen zijn hoog. Tegelijkertijd wordt de spanning met de daarvoor benodigde materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact steeds groter. Gelukkig beseffen steeds meer mensen en organisaties dat de aarde 'grenzen' heeft, waar we met elkaar binnen moeten blijven om op lange termijn gezond en veilig te kunnen blijven leven.

Het besef dat er grenzen zijn, stelt alle partijen voor lastige keuzes. Enerzijds hebben zij hoge ambities om hun impact terug te dringen. Anderzijds zijn er perverse (prijs-)prikkelers en bestaande juridische, fiscale en procedurele kaders die de huidige manier van werken in stand houden. De 'duurzame keuze' is daardoor niet de eenvoudige keuze.

Het realiseren van een fijne en duurzame woonomgeving is een opgave waar we met de hele sector voor staan. Beleidsmakers vanuit Rijk, Provincies en Gemeenten die de kaders bepalen. Ontwikkelaars die het plan uitwerken, architecten die de het uiteindelijke ontwerp maken. Aannemers en producenten, met hun toeleveranciers, die samen de woningen fysiek realiseren. Deze verkenning laat zien dat de inzet van al deze partijen nodig is om te bouwen binnen de grenzen van onze planeet. Het anders kijken naar het woonvraagstuk begint bij een verschuiving in denken. In plaats van bouwen, bouwen, bouwen willen wij de sector uitdagen om te denken in beter benutten, en dan bouwen. Dat betekent een verschuiving van bouwen op basis van de huidige vraag van woningzoekenden naar bouwen voor een optimale voorraad. Daarbij hoort

een gezonde doorstroming. De woningen die nodig zijn, kunnen hierdoor veel kleiner – en met minder impact – worden gerealiseerd. De vierkante meters die we realiseren, bouwen we vervolgens zo circulair mogelijk: adaptief, demontabel en met veel biobased en hergebruikt materiaal.

Deze manier van bouwen leidt voor een individueel bouwproject vaak tot hogere investeringskosten. Tegelijkertijd dalen de maatschappelijke kosten, zowel financieel als ecologisch. Enerzijds hoeft er minder infrastructuur aangelegd te worden. Anderzijds zijn er minder kosten nodig om milieuschade te herstellen of compenseren. Wanneer we die kosten mee gaan nemen in onze afwegingen, zetten we enorme stappen.

De grootste uitdaging waar we met elkaar voor staan, is een verandering in onze manier van denken. Toekomstbestendig bouwen vraagt nadenken over hoe we willen dat onze woningen – en onze voorraad – er op lange termijn uitzien. Het vraagt verantwoordelijkheid nemen voor de keuzes die we maken, en de impact die die keuzes hebben op de wereld om ons heen. Dit vraagt om een cultuur van transparantie, kennisdeling en echte samenwerking. Want wat zijn woningen waard zonder wereld om gezond en fijn in te kunnen leven?



## Bijlage I. Totstandkoming

Deze verkenning is tot stand gekomen op een eigen initiatief van de betrokken partijen: Copper8, Metabolic, NIBE en Alba Concepts. Het doel van dit onderzoek is om inzichtelijk te maken op welke manier de bouwopgave kan worden gerealiseerd binnen de duurzaamheidsdoelstellingen.

### Klankbord

Gedurende het proces hebben wij drie klankbordgroepen ingericht met betrokkenen vanuit de sector. Wij bedanken hen voor hun constructieve meedenken:

- Gertjan de Werk | City Deal CCB
- Laetitia Nossek | DGBC
- Norbert Schotte | Gideon
- Jan-Willem van der Groep | Building Balance
- Remko Zuidema | Expert Open Bouwen
- Elisabeth Keijzer | TNO
- Anton van Hoorn | PBL
- Jelger Arnoldussen | EIB
- Maaïke Perenboom | Synchron
- Lizzy Butink | Dura Vermeer
- Thijs Huijsmans | Heijmans
- Alma Krug | Jansen de Jong
- Rosa Bos | Ballast Nedam
- Sladjana Mijatovic | BPD
- Maarten Markus | AM
- David van der Woude | Ministerie van BZK

- Thijs van den Born | Ministerie van BZK
- Hanna Lára Palsdottir | Ministerie van BZK
- Rik Blom | Ministerie van BZK
- Charlie de Jong | Ministerie van I&W
- Thomas Wellink | RVO

### Financiering

Het onderzoek is mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage uit het Programma Schoon en Emissieloos Bouwen. Daarnaast zijn vijf decentrale overheden betrokken als mede-opdrachtgever:

- Gemeente Amersfoort
- Gemeente Amsterdam
- Gemeente Leiden
- Provincie Friesland
- Provincie Zuid-Holland

### Overige expertise

Behalve gebruik van bestaande literatuur hebben we ook dankbaar gebruik gemaakt van de inzichten van enkele andere experts:

- Erik Koremans | New Horizon
- Gert Jan Hagen | SpringCo Urban Analytics
- Maxim Kunin | Wonderworld
- Marrit van der Schaar | Provincie Utrecht
- Imme Groet | Green Deal Houtbouw / Metabolic
- Helen Visser | Bouwend Nederland
- Leo Meyer | ClimateContact

## Bijlage II. Methode & aannames

In deze verkenning zijn verschillende perspectieven op de woningbouw met elkaar gecombineerd, om te komen tot goed inzicht in de benodigde materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact van de woningbouw. Daarbij bepalen we de impact voor de periode 2023-2030.

Deze bijlage licht de totstandkoming van deze verkenning toe, inclusief de gehanteerde bronnen. Deze methodische bijlage bestaat uit vier delen:

- A. Bepalen van een indicatie van de verwachte woningbouwproductie 2023 t/m 2030.**
- B. Uitwerken van het CO<sub>2</sub>-budget voor de bouw.**
- C. Berekenen van de materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact van zowel het business-as-usual scenario, de circulaire strategieën als het veranderscenario.**
- D. Kwantificeren van kosten en baten van de strategieën en het veranderscenario.**
- E. Opstellen adviezen voor alle betrokken partijen.**

### A. Bepalen indicatie woningbouwproductie

**Uitvoering: Copper8**

De precieze woningbouwproductie is lastig te voorspellen, zeker gezien sterke externe

factoren als de vergunningstop (als gevolg van de stikstofcrisis) en de snel stijgende rente. Het centrale uitgangspunt is echter dat de beleidsdoelstelling (100.000 woningen / jaar) tot en met 2030 wordt gerealiseerd. Op basis van dat uitgangspunt zijn de volgende stappen gezet om te komen tot een zo goed mogelijke indicatie:

1. Bepalen van het totaal aantal te realiseren woningen voor de periode 2023-2030, inclusief de verhouding eengezins-meergezinswoningen, op basis van de Primos-prognose (ABF).<sup>13</sup> Deze is samengevat in tabel 2.
2. Bepalen van de productieverhouding tussen de verschillende typologieën binnen de hoofdcategorieën 'eengezins' en 'meergezins'. Daarbinnen is geen verdere uitsplitsing te vinden. Gezien het beperkte uitwerkingsniveau van de meeste woningbouwplannen is deze inschatting voor heel Nederland ook niet te maken op basis van huidige plannen. Daarom is gekozen voor een verdeling op basis van de huidige woningmix:
  - a. Binnen de eengezinswoningen is het aandeel vrijstaande woningen bekend binnen het CBS <sup>90</sup>
  - b. De 2-onder-1-kap woningen zijn bepaald aan de hand van de verhouding 2-onder-1-kapwoningen (704.055) binnen de verzamel categorie eengezinswoningen (5.129.687)

vanuit het CBS.<sup>91</sup> Deze verhouding (13,68%) is bijgesteld naar de verhouding voor 2-onder-1-kap woningen binnen de totale productie (**6,5%**);

- c. Het aandeel rijtjeswoningen en appartementen vanuit corporaties is vervolgens bepaald aan de hand van het aandeel corporatiewoningen in de woningvoorraad (28,6%) vanuit data van het CBS.<sup>92</sup> Aangenomen is dat corporatiewoningen verdeeld worden over:
  - **Rijteswoningen - corporatiewoningen** 30% van deze corporatiewoningen (28,6%) zijn eengezinswoningen (8,6%). Bijgesteld naar de totale productie betekent dit een aandeel van **4,1%**.
  - **Appartementen nieuwbouw - corporatiewoningen** 70% van deze corporatiewoningen (28,6%) zijn meergezinswoningen (**20,0%**). Hierbij is aangenomen dat alle meergezinswoningen vanuit corporaties binnen de typologie appartementen - corporatiewoningen vallen.

3. Rijtjeswoningen vanuit de vrije sector worden in deze verkenning gezien als een optelsom van de hoek- en tussenwoningen (65,7%) vanuit data van het CBS.<sup>93</sup> Door het aandeel corporatiewoningen (8,6%) hiervan af te trekken krijgen we het aandeel rijtjeswoningen vanuit de vrije sector (57,1%) binnen de verzamel categorie meergezinswoningen. Bijgesteld naar de verhouding binnen de totale productie geeft ons 27,1%.

4. Appartementen splitsen<sup>94</sup> en transformeren<sup>95</sup> zijn opgenomen vanuit data van het CBS.

5. Appartementen vanuit de vrije sector zijn ten slotte berekend als 'rest' categorie, waarbij de percentages van de andere typologieën van het 100% aantal zijn afgetrokken.

Jaartal	Eengezins	Meergezins	Totaal
2022	37.490	42.528	80.018
2023	39.204	45.992	85.196
2024	41.063	48.585	89.648
2025	44.372	49.310	93.682
2026	46.788	51.233	98.021
2027	46.102	51.451	97.553
2028	46.354	50.871	97.225
2029	45.195	48.380	93.575
2030	41.448	46.228	87.676
<b>Totaal</b>	<b>388.016</b>	<b>434.578</b>	<b>822.594</b>
2023 t/m 2030	350.526	392.050	742.576
	47%	53%	

**Tabel 2** Prognose van te realiseren woningen<sup>13</sup>

		Aandeel	Aantal	Typologie	Sector	Aandeel totale woningbouw	Aantal woningen	
<b>TOTALE WONING PRODUCTIE '23 T/M '30 742.576</b>	<b>Eengezins- woningen</b>	47,2%	350.526	Vrijstaande woning	Vrije sector	9,6%	71.287	
				2-onder-1-kap	Vrije sector	6,5%	48.137	
				Rijtjeswoning	Corporatiewoningen	4,1%	30.177	
					Vrije sector	27,1%	200.925	
	<b>Totaal</b>						<b>47,2%</b>	<b>350.526</b>
	<b>Meergezins- woningen</b>	52,8%	392.050	Appartementen nieuwbouw	Corporatiewoningen	20,0%	148.600	
					Vrije sector	20,5%	152.496	
				Appartementen splitsen	Vrije sector	1,3%	9.455	
					-	1,1%	81.499	
	<b>Totaal</b>						<b>52,8%</b>	<b>392.050</b>

**Tabel 3** Verhouding tussen verschillende woningtypes

## B. Uitwerking CO<sub>2</sub>-budget

### Uitvoering: NIBE

De totstandkoming van het CO<sub>2</sub>-budget is opgenomen in **Hoofdstuk 3**, inclusief de hiervoor gemaakte aannames. Er zijn vele andere methoden om te komen tot een CO<sub>2</sub>-budget, waarbij dit budget hoger of lager kan uitvallen. Het doel van deze berekening is niet het bepalen van het exacte budget, maar het duidelijk maken van de urgentie om op korte termijn in actie te komen.

## C. Materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot & milieu-impact

### Uitvoering: Metabolic

Het bepalen van de materiaalvraag, CO<sub>2</sub>-uitstoot en milieu-impact is gedaan op basis van MPG-berekeningen en data uit de Nationale Milieudatabase. Daardoor zijn er, zeker bij het opstellen van circulaire varianten, beperkingen in de hoeveelheid productkaarten en de accuraatheid van de data. Om aan te sluiten bij de Nederlandse bouwpraktijk is wel besloten om data uit de Nationale Milieudatabase aan te houden. In het bepalen van de impact zijn de volgende keuzes gemaakt:

- Deze verkenning kijkt uitsluitend naar nieuwbouw van woningen. De impact van utiliteitsbouw (nieuwbouw) en van renovaties is buiten beschouwing gelaten. Ook daar ligt echter een grote opgave.

- Er is uitsluitend gekeken naar de impact in de productie- en bouwfase: modules A1 – A5 van de MPG-berekening.
- Voor biobased materialen is de CO<sub>2</sub> die opgeslagen wordt in de producten (biogene opslag) apart weergegeven.

### **Business-as-usual**

Voor het berekenen van het *business-as-usual* scenario zijn de volgende stappen gezet:

1. voor ieder van de vijf typologieën is een aantal MPG-berekeningen gebruikt van representatieve gebouwen, die de afgelopen jaren zijn opgeleverd. Het aantal MPG-berekeningen is samengevat in tabel 4.
2. Per typologie is vervolgens de gemiddelde milieu-impact en materiaalvraag bepaald per vierkante meter BVO. Milieu-impactberekeningen zijn gedaan aan de hand van de NMD (peildatum: februari 2023). De materiaalvraag in massa per bouwproduct is deels bepaald aan de hand van de NMD 2.3, waar materiaal massa per bouwproduct op materiaalniveau in weergegeven werd. Deze is aangevuld met literatuuronderzoek.
3. Op basis van het voorspelde aantal vierkante meters per typologie is de totale milieu-impact en materiaalvraag van de gehele woningbouwopgave bepaald

4. In het BAU-scenario is aangenomen dat 3% van de totale woningbouw wordt uitgevoerd in hout. Voor de rest van de gebouwen is de gemiddelde materialisatie / milieu-impact zoals berekend in stap 2 aangehouden.
5. Voor het BAU-scenario is uitgegaan van een jaarlijkse efficiëntieverbetering van 2% in de industrie: een verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 2%, bij gelijkblijvende productie. Dit is gebaseerd op historische data van verduurzaming van de industrie en tevens toegelicht in het kader op pagina 60.

Classificatie	Aantal MPG berekeningen
2-onder-1-kap / hoekwoning	21
Rijteswoning	18
Vrijstaand	11
Appartement (> 6 lagen)	8
Appartement (<= 6 lagen)	6

**Tabel 4** Aantal MPG-berekeningen per bouwtypologie

## Circulaire strategieën

Voor het berekenen van de impact van de circulaire strategieën zijn de volgende stappen gezet:

1. Op basis van expert judgement van de onderzoekers, betrokkenen in de klankbordgroepen en enkele expert-interviews zijn 'ingroeipaden' voor de circulaire strategieën bepaald: het aandeel van de productie waarin een bepaalde oplossingsrichting is toegepast.
2. Er zijn alternatieve (circulaire) bouwprofielen gemaakt, waar gekozen is voor circulaire oplossingen. Denk aan bouwprofielen voor biobased woningen en voor woningen met hergebruikt materiaal. Hiervoor is gebruik gemaakt van productkaarten uit de Nationale Milieudatabase.
3. De MPG-berekeningen van deze circulaire bouwprofielen zijn vervolgens toegepast als vervanging van de MPG-berekeningen van het *business-as-usual* scenario.
4. Bovenop de alternatieve varianten is uitgegaan van een jaarlijkse efficiëntieverbetering van 5% in de industrie: een verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 5%, bij gelijkblijvende productie.
5. De scenariospecifieke keuzes, zoals verschuivingen in typologieën (voorbeeld: #1 Optoppen & transformeren) of het laten afnemen van het vloeroppervlak (#2 Kleiner bouwen) zijn toegelicht in **Hoofdstuk 5**.

## Veranderscenario

Het andersscenario combineert de circulaire strategieën en schetst de totale, opgetelde impact. Hierbij zijn de volgende stappen gezet:

1. Vergroting van het aantal gerealiseerde woningen door transformatie, ter vervanging van nieuwbouw appartementen (Strategie maximale transformatie).
2. Vergroting van het aantal gerealiseerde woningen door optoppen, ter vervanging van de vraag naar nieuwbouw grondgebonden woningen en appartementen (Strategie maximale transformatie).
3. Een verschuiving van 25% van grondgebonden woningen naar appartementen en een gemiddelde reductie van 10% van het aantal m<sup>2</sup> BVO per woning, vanaf 2025 (Strategie kleiner wonen).
4. De woningen die niet gerealiseerd worden door middel van optoppen en transformeren worden in een biobased, secundaire of industriële variant uitgevoerd, conform de ingroeipaden. Daarbij kunnen woningen zowel biobased als industrieel tegelijk zijn (Strategieën Hoogwaardig Hergebruik, Biobased en Industrieel).

## D. Kosten & baten

### Uitvoering: Alba Concepts

Het bepalen van de kosten en baten is gedaan door bouwkostenramingen op te stellen voor de verschillende bouwvarianten. Daarbij is een elementenraming per woningtypologie per strategie uitgevoerd op basis van NEN 2699 (niveau 5),<sup>98</sup> met een prijspeil van januari 2023. De specificaties van de opslagen en bouwkosten zijn samengevat in tabel 5. Op basis daarvan zijn de volgende stappen gezet:

1. Opstellen raming voor *business-as-usual*, op basis van gebruikte bouwprofielen voor doorrekening *business-as-usual*-scenario.
2. Opstellen raming voor circulaire varianten, op basis van gebruikte bouwprofielen voor doorrekening circulaire varianten.
3. Bepalen van verschil tussen *business-as-usual* bouwprofiel en circulaire variant, op het niveau van investeringskosten per vierkante BVO.
4. Extrapoleren van de verschillen in kosten naar de totale woningbouwopgave, op basis van de aantallen te realiseren woningen per typologie. Ook dit is gedaan op basis van het prijspeil van januari 2023.

5. Bepalen van de maatschappelijke baten van vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot, op basis van de milieukosten van CO<sub>2</sub>. Daarvoor is gebruik gemaakt van twee verschillende CO<sub>2</sub>-prijzen:
- de CO<sub>2</sub>-prijs zoals bepaald door het Klimaatverbond in opdracht van de Provincie Utrecht.<sup>71</sup>

- De CO<sub>2</sub>-prijs zoals bepaald door CE Delft in het Handboek Milieuprijzen, in opdracht van het Ministerie van IenW.<sup>73</sup>

Alle berekende kosten zijn exclusief BTW

Aantal MPG berekeningen	
Nadere detaillering	+5%
Algemene Bouwplaatskosten (ABK)	+10%
Toeslag ABK hoogbouw	+5%
Correctie ABK houtbouw	-2%
Correctie ABK conceptuele bouw	-4%
Algemene kosten	+7%
Winst & risico	+5%
Toeslag bouwkosten naar investeringskosten, o.a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Honoraria adviseurs</li> <li>• Legeskosten</li> <li>• Aansluitkosten</li> <li>• Onvoorzien</li> <li>• Overige bijkomende kosten</li> </ul>	+30%
Correctie bijkomende kosten industrialisatie	-5%

**Tabel 5** Opslagen voor bepalen van kosten & baten

## E. Adviezen

### Uitvoering: Copper8

Op basis van de uitkomsten van deze verkenning zijn adviezen opgesteld voor alle partijen in de keten. Hiervoor is voortgebouwd op bestaande onderzoeken naar de (Nederlandse) circulaire bouw. Daarbij zijn de volgende stappen gevolgd:

1. Opstellen van overzicht van reeds opgestelde aanbevelingen en adviezen vanuit bestaande advies- en onderzoeksrapporten, waaronder Arcadis,<sup>99</sup> CBCI,<sup>100</sup> Circle Economy,<sup>6</sup> Copper8<sup>49,83,84</sup>, Gideon<sup>81</sup>, Platform31,<sup>14</sup> C-Creators,<sup>85</sup> W/E Adviseurs<sup>8,82</sup> en OverMorgen.<sup>101</sup>
2. Aanvullen van opgestelde aanbevelingen en adviezen vanuit eigen expertise van het onderzoeksteam.
3. Clusteren van adviezen per type stakeholder, waarbij adviezen indicatief zijn geprioriteerd op de mate van impact in de fysieke omgeving. Deze impactanalyse is op basis van *expert judgement*.
4. Valideren van adviezen met klankbordgroepen (zie *Bijlage I*) en enkele expert-interviews, op basis waarvan adviezen zijn aangescherpt.

## Bijlage III. Bronvermelding

- <sup>1</sup> Rijksoverheid (2022) Nationale woon- en bouwagenda
- <sup>2</sup> Rijksoverheid (2023) Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030
- <sup>3</sup> Metabolic & Economisch Instituut voor de Bouw (2022) Materiaalstromen in de bouw en infra: materiaalstromen, milieu-impact en CO<sub>2</sub>-emissies
- <sup>4</sup> Copper8 (2022) Transitiestrategie Duurzame Leefomgeving
- <sup>5</sup> Rijksoverheid (2022) Kamerbrief Normeren & Stimuleren Circulair Bouwen
- <sup>6</sup> Circle Economy & Metabolic (2022) The Circularity Gap Report | Built environment the Netherlands
- <sup>7</sup> NIBE (2019) Potentie van biobased materialen in de bouw
- <sup>8</sup> W/E Adviseurs (2022) Koplopers in de woningbouw: Inventarisatie en analyse van woongebouwen met een (zeer) lage MPG
- <sup>9</sup> Alba Concepts (2023) Het Nieuwe Normaal: waarde & betaalbaarheid
- <sup>10</sup> WWF (2022) Living Planet Report
- <sup>11</sup> Persson et al. (2022) Outside the safe operating space of the Planetary Boundary for novel entities
- <sup>12</sup> Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J. et al. (2020) Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature* 588, 442–444
- <sup>13</sup> ABF (2022) Primos 2022: Prognose van bevolking, huishoudens en woningbehoefte
- <sup>14</sup> Platform31 (2021) Beter benutten bestaande woningbouw
- <sup>15</sup> Sociaal en Cultureel Planbureau (2020) Klimaatbeleid en de samenleving
- <sup>16</sup> Planbureau voor de Leefomgeving (2020) Maatschappelijke betrokkenheid bij de leefomgeving
- <sup>17</sup> UWV (2022) In alle beroepsgroepen sprake van krapte
- <sup>18</sup> ABN AMRO MeesPierson (2021) Grondstoffen duurder in de nasleep van corona
- <sup>19</sup> Rabobank (2021) Problemen grondstoffen zorgen voor onzekerheid industrie
- <sup>20</sup> ABN AMRO (2022) Bouwkosten stijgen hard door hoge energieprijzen
- <sup>21</sup> Cobouw (2022) Hout opnieuw duurder, staal en wapening goedkoper
- <sup>22</sup> NIBE (2019) Potentie van biobased materialen in de bouw
- <sup>23</sup> Rijksoverheid (2021) Programma conceptuele bouw en industriële productie
- <sup>24</sup> Marjet Rutten (2023) Magische grens in 2022: 10.000 industriële woningen
- <sup>25</sup> EMBER (geraadpleegd op 6 april 2023) Carbon Price Tracker | <https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>
- <sup>26</sup> European Commission (2021) Level(s): Putting whole life carbon principles into practice
- <sup>27</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (2021) Assessment Report 6, Working Group 1, The Physical Science Basis
- <sup>28</sup> Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (geraadpleegd op 6 april 2023) Remaining carbon budget | <https://www.mcc-berlin.net/en/research/co2-budget.html>
- <sup>29</sup> International Energy Agency (2023) CO<sub>2</sub> emissions in 2022
- <sup>30</sup> New Climate (2022) What is a fair emission budget for the Netherlands?
- <sup>31</sup> Dutch Green Building Council & NIBE (2021) Achtergrondrapport Paris Proof Embodied Carbon
- <sup>31</sup> Dutch Green Building Council & NIBE (2021) Achtergrondrapport Paris Proof Embodied Carbon
- <sup>33</sup> Rijksoverheid (2023) Emissieregistratie, Voorlopige Kwartaalcijfers
- <sup>34</sup> World Green Business Council (2019) Bringing Embodied Carbon Upfront
- <sup>35</sup> Transitieteam Circulaire Bouweconomie & CityFörster (2021) Carbon Based Design
- <sup>36</sup> Rijksoverheid (2022) Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat
- <sup>37</sup> Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2022) National Inventory Report 2022: Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2020
- <sup>38</sup> *Staatsblad* (2021) *Wijziging van de Wet natuurbescherming en de Omgevingswet op 10 maart 2021*
- <sup>39</sup> TNO (2022) *Factsheet Emissies en depositie van stikstof in Nederland*
- <sup>39</sup> TNO (2022) *Factsheet Emissies en depositie van stikstof in Nederland*
- <sup>40</sup> TNO (2022) *Notitie: Een weg uit de stikstofproblematiek*
- <sup>41</sup> Rijksoverheid (2016) *Rijksbreed programma circulaire economie*
- <sup>42</sup> *Planbureau voor de Leefomgeving* (2021) *Mogelijke doelen voor een circulaire economie*
- <sup>43</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek* (2018, met correctie in 2022) *Woonoppervlakte in Nederland*
- <sup>44</sup> *Economisch Instituut voor de Bouw* (2022) *Nationale Woon- en Bouwagenda: Onderzoek naar de haalbaarheid van 100.000 nieuwe woningen per jaar*
- <sup>45</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek* (2022) *Minder leegstaande woningen, kantoren en winkelsstraat*
- <sup>46</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek* (2021) *Transformaties in de woningvoorraad 2020*
- <sup>47</sup> *Regiocontainer* (2019) *Onderzoeksanalyse: wat gebeurt er met de woon- en perceeloppervlakte van woningen?*
- <sup>48</sup> *SpringCo* (2020) *Beter benutten van de woningvoorraad*
- <sup>49</sup> *Copper8* (2022) *Materialenexpeditie 2022: Geleerde lessen voor hergebruik*
- <sup>50</sup> *Diverse gesprekken met leden van de klankbordgroepen en gespecialiseerde partijen (o.a. NewHorizon)*



- <sup>51</sup> P+-special (2020) *Weg met dubbele BTW*
- <sup>52</sup> MRA (2022) *Green Deal Houtbouw*
- <sup>53</sup> *De Circulaire Bouweconomie (2022) De urgente belofte van biobased bouwen*
- <sup>54</sup> *Diverse gesprekken met leden van de klankbordgroepen en experts op het gebied van biobased bouwen*
- <sup>55</sup> *Planbureau voor de Leefomgeving (2020) Analysing international shipping and aviation emission projections*
- <sup>56</sup> Nabuurs, G. J., et al. (2016) *Nederlands bosbeheer en bos-en houtsector in de bio-economie*. Wageningen University & Research
- <sup>57</sup> Van der Lugt & Harsta (2021) *De Houtbouwrevolutie: op weg naar een circulaire toekomst*
- <sup>58</sup> ProBos (2023) *Houtproductie en -gebruik in Nederland: 2021*
- <sup>59</sup> *Rijksoverheid (2020) Nationale Bossenstrategie*
- <sup>60</sup> *Klimaathelpdesk (2023) Producersen we in Nederland genoeg hout om voortaan alle huizen van hout te bouwen?*
- <sup>61</sup> *Natuurverdubbelers (2022) Rekenmodel t.b.v. Building Balance*
- <sup>63</sup> *W/E Adviseurs (2023) Verkenning stikstofuitstoot modulaire woningbouw*
- <sup>64</sup> *IGG (2023) De kosten in beeld: Traditioneel versus conceptueel bouwen*
- <sup>65</sup> *CBS (2023) Hoe groot is onze broeikasgasuitstoot?*
- <sup>66</sup> *Rijksoverheid (2020) Klimaatakkoord: industrie*
- <sup>67</sup> *Bouwakkoord Staal (2022) Bouwakkoord Staal: ketenbrede afspraken naar een circulaire economie*
- <sup>68</sup> *Betonakkoord (2018) Betonakkoord voor duurzame groei*
- <sup>69</sup> *Vereniging Koninklijke Bouwkeramiek (2023) Brick Valley-initiatief | <https://www.knb-keramiek.nl/themes/duurzaamheid/brick-valley/>*
- <sup>70</sup> *Provincie Utrecht (2023) Provincie Utrecht gebruikt als eerste overheid van Nederland een eerlijkse CO<sub>2</sub>-prijs | <https://www.provincie-utrecht.nl/actueel/nieuws/provincie-utrecht-gebruikt-als-eerste-overheid-nederland-een-eerlijkse-co2-prijs>*
- <sup>71</sup> *Klimaatverbond (2022) Rekening houden met de toekomst: afwegingskader voor CO<sub>2</sub> in provinciaal beleid*
- <sup>72</sup> *Umweltbundesamt (2021) Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen*
- <sup>73</sup> *CE Delft (2023) Handboek Milieuprijzen 2023*
- <sup>74</sup> *Deltares (2022) Analyse van bouwstenen en adaptatiepaden voor aanpassen aan zeespiegelstijging in Nederland*
- <sup>75</sup> *Cirkelstad (2023) Het Nieuwe Normaal: Leidraad HNN Gebouw 0.5*
- <sup>76</sup> *Copper8 (2020) Een circulaire businesscase: rekenen aan vastgoed in een circulaire bouweconomie*
- <sup>77</sup> *Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2000) Het borgen van publiek belang*
- <sup>78</sup> *Planbureau voor de Leefomgeving (2022) Normering onderschatte aanjager van doorbraaktechnologieën*
- <sup>79</sup> *Dutch Green Building Council & Gideon (2023) Position paper: een toekomstbestendige milieuprestatie gebouwen*
- <sup>80</sup> *Transitieteam Circulaire Bouweconomie (2022) Adviesroute naar een circulaire economie voor de bouw*
- <sup>81</sup> *Gideon (2022) Effectiever sturen op milieu-impact in de bouw: advies Rijksoverheid*
- <sup>82</sup> *W/E Adviseurs (2023) Verkenning MPG-score <0,5: Inventarisatie van praktische mogelijkheden en belemmeringen voor verschillende woningtypen*
- <sup>83</sup> *Copper8 (2021) Materialenexpeditie: Actieonderzoek naar praktijkervaringen met materialenpaspoorten in de GWW*
- <sup>84</sup> *Copper8 (2022) Circulair bouwen: hoe reken je het rond?*
- <sup>85</sup> *C-Creators (2020) Een verkenning naar de potentie van bouw hubs om grondstoffenverbruik te verminderen*
- <sup>86</sup> *Transitieteam Circulaire Bouweconomie (2020) Circulair inkopen in 8 stappen: Handreiking voor de B&U*
- <sup>87</sup> *Alba Concepts (2023) Onderzoek naar circulaire grond- en vastgoedexploitatie*
- <sup>88</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2021) Huishoudensprognose 2021-2070: Groei aantal huishoudens houdt aan*
- <sup>89</sup> *Netwerk Conceptueel Bouwen (2023) Woonstandaard: versie 3.0*
- <sup>90</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2022) Woningvoorraad; woningtype op 1 januari, regio*
- <sup>91</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2022) Woningvoorraad; woningtype op 1 januari, regio*
- <sup>92</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2023) Voorraad woningen; eigendom, type verhuurder, bewoning, regio*
- <sup>93</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2022) Woningvoorraad; woningtype op 1 januari, regio*
- <sup>94</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2023) Voorraad woningen; overige toevoegingen en onttrekkingen, regio*
- <sup>95</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2020) Transformaties in de woningvoorraad 2020*
- <sup>96</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2023) Statline: Voorraad woningen; eigendom, type verhuurder, bewoning, regio*
- <sup>97</sup> *Centraal Bureau voor de Statistiek (2021) Transformaties in de woningvoorraad 2020*
- <sup>98</sup> *NEN (2017) NEN 2699: 2017 Investerings- en exploitatiekosten van onroerende zaken*
- <sup>99</sup> *Arcadis (2022) De urgente belofte van biobased bouw materiaal*
- <sup>100</sup> *CBCI (2022) Hoe het wetgevend kader circulair bouwen kan stimuleren*
- <sup>101</sup> *OverMorgen & FluxPartners (2023) Het stimuleren van circulair bouwen bij derden in Leiden*

Copper 



Metabolic  
Consulting

experts in  
sustainability  
**nibe**

**alba**  
concepts