Materiaalstromen en milieubelasting in de bouw en infra

Materiaalstromen, MKI en CO2-emissies in 2023, 2030 en 2050

Bijlage A: Methodologische bijlage

Uitgever:
EIB, Economisch Instituut voor de Bouw, Structural Collective
Datum van publicatie: februari 2026

Copyrightinformatie:
Het auteursrecht voor de inhoud berust geheel bij de Stichting Economisch Instituut voor de Bouw en Structural Collective. Overnemen van de inhoud (of delen daarvan) is uitsluitend toegestaan met schriftelijke toestemming van het EIB. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen en dergelijke, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld.

Materiaalstromen, MKI en CO_2 in de bouw 2025 **1**
Bijlage A: Methodologische bijlage 1
Inleiding **4**
Assets en materialen in de scope 4
Hoofdstuk 1: Voorraad, productie- en sloopbeeld GWW 2023 **8**
1.1 Voorraad van assets 9
1.2 Uitbreidingsnieuwbouw 12
1.3 Vervangende nieuwbouw 17
1.4 Renovatie en groot onderhoud 22
Hoofdstuk 2: Productie- en sloopbeeld 2030 en 2050 **26**
2.1 Uitbreidingsnieuwbouw 26
2.2 Vervangende nieuwbouw 30
2.3 Renovatie en groot onderhoud 32
Hoofdstuk 3: Profielen **35**
Hoofdstuk 4: Van productie naar materiaalstromen, MKI en CO_2 **46**
4.1 MKI en ingebedde CO_2-emissies van GWW-profielen 47
Hoofdstuk 5: Top down validatie **49**
Hoofdstuk 6: Productie- en sloopbeeld B&U 2023 **50**
6.1 Methodiek woningbouw 51
6.2 Methodiek utiliteitsbouw 55
6.3 Verduurzaming 56
6.4 Vormfactoren GO/BVO 58
Hoofdstuk 7: Productie- en sloopbeeld 2030, 2040 en 2050 **60**
7.1 Ontwikkelingen woningbouw 61
7.2 Ontwikkelingen Utiliteitsbouw 62
7.3 Ontwikkelingen verduurzaming 63
Hoofdstuk 8: Van productie naar materiaalstromen in de B&U **67**
8.1 B&U profielen 67
8.2 Materiaalkeuzes en aanpassingen 2023 69
8.3 Herstel en Verbouw - Verduurzaming 70
Hoofdstuk 9. Methodiek voor het bepalen van reducties door sectorale decarbonisatie **72**
9.1. Decarbonisatie beton 73
9.2 Decarbonisatiepad staal 76
9.3 Decarbonisatiepad vlakglas 77
9.4 Decarbonisatiepad minerale wol 78
5. Decarbonisatiepad baksteen 79
Annex A: Profielen koppeling **82**
Annex B: Materialenkoppeling **88**
Annex C: Oorsprong van materialen **90**
Annex D: Achtergrondanalyse CO2-eq impact van airconditioning **93**

Inleiding

Dit document bevat een toelichting op de methodiek die is gehanteerd bij de totstandkoming van de studie 'Materiaalstromen in de bouw en infra'. Deze bijlage gaat eerst in op de scope van het onderzoek. Vervolgens wordt ingegaan op de GWW-productie en profielen en de wijze waarop zij zijn vastgesteld. Tot slot wordt op de B&U-productie en profielen ingegaan. De annexen geven de profielen- en materiaalkoppelingen weer.

Assets en materialen in de scope

De GWW-sector (Grond-, Weg- en Waterbouw) kent een grote diversiteit aan assets, zowel door een groot aantal verschillende categorieën als door een grote variatie binnen deze categorieën. In samenspraak met de opdrachtgever en de begeleidingscommissie is ervoor gekozen om de productie van een gelimiteerd aantal assets in beeld te brengen. Hierbij is het uitgangspunt geweest om assets mee te nemen die naar verwachting grote materiaalstromen met zich meebrengen of naar verwachting een grote milieu-impact hebben. Alle onderstaande assets in beheer van publieke partijen zijn in beeld gebracht. Infrastructuur op particuliere gronden en als gevolg van private investeringen vallen buiten de scope van het onderzoek.

Alle objecten die ontbreken in onderstaande lijst zijn geen onderdeel geweest van dit onderzoek. Hier vallen bijvoorbeeld installaties, geluidsschermen, duikers en geluidswallen onder, evenals rioolwaterzuiveringsinstallaties.[1] Private infrastructuur en defensie-gerelateerde infrastructuur maken eveneens geen deel uit van de scope. Een volledig alomvattende analyse van *alle* materiaalstromen werd onhaalbaar geacht. Deze keuze resulteert in een goed gedefinieerd, maar onvolledig beeld van het totale materiaalmetabolisme van Nederland. De uiteindelijke cijfers voor materiaalverbruik en milieu-impact vertegenwoordigen daarom een *ondergrens* voor de gehele Nederlandse gebouwde omgeving. De bevindingen zijn specifiek voor publiek beheerde assets, en elke extrapolatie naar nationaal niveau moet rekening houden met de uitgesloten categorieën.

[1] Voor RWZI's heeft op basis van CBS-cijfers geen uitbreiding plaatsgevonden. Omdat ramingsgrondslagen ontbreken, behoren zij niet tot de scope van de studie.

Tabel 0.1 Assets binnen de scope van het onderzoek

Assets[1]	Toelichting
Wegen	Dit omvat wegen van RWS, gemeenten en provincies. De wegen van ProRail zijn buiten beschouwing gelaten vanwege beperkte omvang en informatie hierover. Wegen die in beheer zijn van andere Ministeries en niet in beheer zijn van RWS zijn niet meegenomen
- Rijkswegen, provinciale wegen en gemeentelijke wegen	Rijkswegen en provinciale wegen bestaan in de studie volledig uit asfalt. Gemeentewegen zijn uitgesplitst naar asfalt (55%, vallen onder asfaltwegen) en gebakken klinkers en betonklinkers (resp. 17% en 28%, vallen onder niet-asfaltwegen).[2]
- Fietspaden en voetpaden	Fietspaden bestaan uit asfalt (80%, vallen onder asfaltwegen), en gebakken klinkers en betonnen straatstenen (resp. (17% en 3%, vallen onder niet-asfaltwegen). Voetpaden bestaan uit betontegels.
Civiele constructies	Dit omvat civiele constructies van RWS, Prorail, gemeenten en provincies. Civiele constructies van landelijke overheden anders dan RWS en ProRail zijn buiten beschouwing gelaten vanwege beperkte omvang en informatie hierover.
- Bruggen en viaducten	Hierbij onderscheiden we betonnen bruggen, houten bruggen, stalen bruggen, viaducten (hier vallen ook aquaducten en ecoducten onder) en beweegbare bruggen. Specifieke typen overbruggingsdelen zoals overkluizingen zijn niet meegenomen.
- Tunnels en onderdoorgangen	Tunnels en onderdoorgangen van alle opdrachtgevers zoals geadministreerd in de BGT. Hiervoor zijn profielen gebruikt van oa Provincie Noord Holland, RWS en de objectenbibliotheek.
- Sluizen	Schut- en spuisluizen
- Gemalen	Oppervlakte- en rioolgemalen van gemeenten en waterschappen, exclusief mini-gemalen en losse pompen.
Zandsuppletie en vaargeulonderhoud	Zandsuppletie, zoet vaargeulonderhoud en zout vaargeulonderhoud
Waterkering	Dijken, damwanden en oeverbeschoeiingen

Riolering	Hierbij onderscheiden we vrijvervalriolering, mechanische riolering, transportleidingen en persleidingen.
Sporen	Treinsporen in beheer van ProRail; Tram en metrosporen van de vervoersbedrijven van de vier grote steden (GVB, HTM, RET, U-OV).
Elektra, verwarming, telecom en water	Ondergrondse elektriciteitskabels, gasleidingen, glasvezelkabels, waterleidingen en warmtenetten

[1] Rioolwaterzuiveringsinstallaties kenden geen activiteiten in 2023 op basis van CBS-data. Vanwege ontbrekende grondslagen voor ramingen zijn ze buiten beschouwing gelaten in de studie.

[2] Overige wegen zijn naar rato verdeeld over asfalt, gebakken klinkers en betonklinkers aangezien de materialisatie hiervan onbekend is. In 2050 verschuift de verhouding op basis van expertinterviews naar 50% asfalt, 33% gebakken klinkers en 17% betonklinkers.

Voor de gww zijn voor de volgende materialen de stromen in beeld gebracht.[2]

Tabel 0.2 - Materialen binnen de scope van het GWW-onderzoek

Materiaal		
● Asfalt	● Hout	● Ophoogzand
● Menggranulaat	● Overige Metalen	● Klei
● Beton	● Glas	● Grond
● Steen	● Industriezand	
● Vulstof	● Wapeningsstaal	
● Gebakken klinker	● Aluminium	
● Constructiestaal	● Grind	
● Kunststoffen	● Overige	

[2] Zie bijlage B voor de classificatie van de materialen.

De volgende gebouwen maken deel uit van deze studie.

Tabel 0.3 Gebouwen binnen de scope van het B&U-onderzoek

Woningbouw	Utiliteitsbouw
Eengezinswoningen - Vrijstaand - 2-onder-1-kap - Serieel (rijtjeswoningen) **Meergezinswoningen/appartementen**	**Bedrijfsruimten** **Kantoren** **Onderwijsgebouwen** **Zorggebouwen** **Winkels** **Overig**

Voor de B&U zijn de volgende materialen meegenomen.[31]

Tabel 1.4 Materialen binnen de scope van het B&U-onderzoek

Materiaal		
● Beton	● Elektronica	● Lijm en verf
● Staal & IJzer	● Kalkzandsteen	● Koper
● Baksteen	● Keramiek	● Overige metalen
● Zand	● Glas	● Papier
● Gips	● Steen	
● Hout	● Kunststoffen	
● Isolatie	● Aluminium	
● Mortel	● Bitumen	

Hoofdstuk 1: Voorraad, productie- en sloopbeeld GWW 2023

In dit hoofdstuk wordt voor de objecten die deel uitmaken van het onderzoek toegelicht hoe voorraad- en productiecijfers tot stand zijn gekomen. Bij de productiecijfers gaat het om uitbreidingsnieuwbouw, vervangingsnieuwbouw en groot onderhoud voor zover hier een inschatting van kon worden gemaakt[3]. Klein onderhoud maakt geen deel uit vanwege de beperkte cijfermatige beschikbaarheid van deze stroom en de naar verwachting beperkte invloed van deze activiteiten op de totale materiaalstroom of milieu-impact.

Bij het uitvoeren van het onderzoek is gebleken dat de datavoorziening aangaande areaal en productie van assets binnen de GWW beperkt is. De Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) geldt als centraal systeem waar alle assets van publieke beheerders in geadministreerd staan, inclusief opleveringsdatum. Bij het uitvoeren van de analyses is gebleken dat met name de productie niet goed in beeld is: achterstanden worden regelmatig gerapporteerd met de registratiedatum als opleveringsdatum. Vanwege deze "vervuiling" zijn met name voor het berekenen van de productie een aantal aannames geformuleerd om een beeld te schetsen van uitbreidingsnieuwbouw, vervangende nieuwbouw en renovatie/groot onderhoud. Voor het areaal vormde de BGT desondanks een belangrijke bron, aangezien er voor veel assets geen ander allesomvattend databestand beschikbaar was met areaalinformatie. Andere datasets met areaalinformatie zijn er wel (bijvoorbeeld iAsset), maar hier hadden de onderzoekers geen toegang toe. Waar de BGT de belangrijkste bron voor het areaal vormt voor specifieke assets, leidt dit mogelijk tot onderschatting van het aantal aanwezige assets in het areaal vanwege incomplete registratie door beheerders.

Deze methodologie toont de implicaties van de dataschaarste. De onbetrouwbaarheid van de BGT voor productiecijfers dwong tot een alternatieve aanpak. In plaats van een eenvoudige inventarisatievergelijking werd gebruikgemaakt van een combinatie van verschillende databronnen: asset-specifieke databases (NIS, DISK), statistieken (CBS, RioNed, WAVES), rapporten van bijvoorbeeld Rioned en Netbeheer Nederland en modellen gebaseerd op technische levensduren. Waar data volledig ontbrak, zoals bij de uitbreiding van gemeentelijke kunstwerken, werden proxy-modellen ontwikkeld die deze groei koppelden aan beter gedocumenteerde indicatoren zoals wegenaanleg. Deze aanpak toont aan dat een coherent nationaal beeld kan worden geconstrueerd, zelfs met onvolmaakte data, maar het vereist een combinatie van datatriangulatie en robuuste, transparante aannames. Dit onderstreept tevens de noodzaak voor een betere, gecentraliseerde registratie van bouwactiviteiten. Naast bovenstaande aanpak is bij de interpretatie van de uitkomsten gebruikgemaakt van de binnen het EIB aanwezige expertise van de bouwsector en zijn aannames waar nodig aangepast.

1.1 Voorraad van assets

Uitgangspunt van het bepalen van de omvang van de voorraad is de stand op 31 december 2023 of 1 januari 2024. Niet voor alle assets zijn cijfers voor deze peildatum bekend en is de totale voorraad ingeschat op basis van kentallen die wel bekend waren. Daarnaast geven verschillende bronnen voor sommige assets verschillende omvangen van de voorraad aan. Indien uiteenlopende getallen voor de voorraad zijn genoemd, is een inschatting gemaakt welke bron de realiteit het best benadert. Onderstaand wordt toegelicht hoe de omvang van

[3] Onder groot onderhoud valt ook renovatie.

de voorraad van de verschillende assets is bepaald en welke bronnen hierbij zijn aangehouden.

Wegen en verhardingen

Voor RWS-wegen is de totale oppervlakte van wegen afgeleid uit de Netwerkmanagement Informatiesysteem (NIS) per 1 januari 2024. Voor provinciale wegen, waterschaps-, gemeentelijke wegen, fietspaden en voetpaden is uitgegaan van de oppervlakte volgens de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) eind 2023.

Voor de verdeling van de verschillende typen verharding per type weg, met uitzondering van voetpaden[4], is gebruikgemaakt van de BGT-gegevens eind 2023. De type verharding 'asfalt' wordt voor alle type wegen apart weergegeven in het rapport. Bij gemeentewegen en fietspaden wordt ook het aandeel gebakken klinkers en betonklinkers in het rapport apart weergegeven. De andere type verhardingen zijn samengevat onder het kopje overig.

De verdeling naar type verharding kent enige onzekerheid, omdat een deel van de informatie die nodig is om het type verharding vast te stellen, optioneel is in de BGT. Deze is niet altijd ingevuld. In deze studie is aangenomen dat de niet-ingevulde velden een vergelijkbare verdeling qua verharding hebben als de velden die wel zijn ingevuld.

Civiele constructies

Voor civiele constructies van RWS is uitgegaan van het Data Informatie Systeem Kunstwerken (DISK) op 1 januari 2024 voor de verdeling van de voorraad. Voor de typering van assets is aangesloten bij de ingevulde waarden onder "KW_soort" en "KW_classificatie". Voor de civiele kunstwerken van provincies, gemeenten en waterschappen is primair uitgegaan van de aantallen in de BGT van deze bronhouders eind 2023.

De informatie uit de BGT is niet compleet voor verschillende uitsplitsingen, omdat een deel van de relevante informatie optioneel is. Van overbruggingsdelen[5] is niet altijd bekend of het beweegbaar is en van welk materiaal het gemaakt is. De onbekende overbruggingsdelen zijn per type opdrachtgever op basis van de aandelen van de bekende overbruggingsdelen verdeeld naar categorie. Wanneer bijvoorbeeld 50% van de bekende objecten bij provincies een betonnen brug betreft, is ook bij de onbekende objecten verondersteld dat 50% daarvan een betonnen brug is.

In de BGT wordt ook geen onderscheid gemaakt in het aantal tunnels en het aantal onderdoorgangen, omdat beide typen als tunneldeel kunnen worden aangemerkt. Doordat de materiaalstromen van beiden wel wezenlijk anders zijn, is ervoor gekozen om deze uit te splitsen op basis van het aantal tunnels en onderdoorgangen bij RWS en ProRail. Volgens data van RWS en ProRail betreft het aandeel tunnels ongeveer een tiende van het totaal aantal tunnels en onderdoorgangen. Dit kengetal is ook voor de andere type opdrachtgevers aangenomen. Het aantal sluizen van RWS is volgens DISK 210 en volgens de BGT 740. Het is onduidelijk wie de beheerders zijn van de 530 overige sluizen. Het is daarbij ook onduidelijk wat voor objecten dit exact zijn. In het rapport worden alle sluizen uit het areaal volgens de BGT gepresenteerd. De BGT maakt hierbij geen onderscheid in type sluis.

Voor assets in beheer van ProRail is uitgegaan van aangeleverde areaalinformatie, met uitzondering van tunnels; hiervoor is uitgegaan van het jaarverslag van ProRail over 2023, waarin een voorraad van 27 tunnels wordt vermeld, tegenover 26 in de aangeleverde areaalinformatie.

---

[4] Bij voetpaden is er vanuit gegaan dat dit allemaal tegels zijn. Hiermee wordt het aantal betonnen tegels enigszins overschat.
[5] Alle viaducten en bruggen zijn overbruggingsdelen.

Riolering

Het aantal kilometer vrijverval en mechanische riolering per 1 januari 2024 is afkomstig uit het rapport 'Monitor gemeentelijke watertaken 2024' van Rioned[6]. Het aantal kilometer transport- en persleiding in beheer bij waterschappen per 1 januari 2024 is afkomstig uit WAVES.

Waterkeringen

Het aantal kilometer waterkeringen in Nederland is gebaseerd op het aantal kilometer waterkeringen bij RWS volgens NIS op 1 januari 2024 en het aantal kilometer waterkeringen bij waterschappen in 2024 volgens het Waterschap Analyse- en verbetersysteem (WAVES). Hierbij is een uitsplitsing gemaakt tussen primaire (beschermen tegen water van buitenaf) en regionale/overige waterkeringen.

Oeverbeschoeiing en damwanden

Het aantal kilometer oeverbeschoeiing van waterschappen in 2023 is afkomstig uit Publieke Dienstverlening op de Kaart (PDOK). Niet alle waterschappen hebben echter het aantal kilometers volledig gerapporteerd[7], en er is geen schatting gemaakt om de ontbrekende gegevens aan te vullen. Hierdoor wordt het areaal onderschat. Het aantal kilometer damwanden in 2023 is voor RWS afkomstig uit het Objectbeheerregime (OBR), voor de waterschappen uit het Informatiemodel Water (IMWA) en voor provincies en gemeenten uit de BGT.

Gemalen

Het aantal rioolgemalen in beheer van gemeenten per 1 januari 2024 is afkomstig uit het rapport 'Monitor gemeentelijke watertaken 2024' van Rioned. Het aantal rioolgemalen in beheer van waterschappen per 1 januari 2024 is afkomstig uit WAVES.

Het aantal oppervlaktegemalen is afkomstig uit WAVES. Hierbij zijn de categorieën poldergemalen die uitslaan op boezemwateren, boezemgemalen die uitslaan op buitenwateren en overige gemalen bij elkaar opgeteld voor het jaar 2024. Er is weinig informatie bekend over oppervlaktegemalen in beheer van andere instanties dan waterschappen; dit aantal lijkt echter beperkt.

Spoor

Bij sporen is onderscheid gemaakt tussen kilometers spoor van ProRail en kilometers spoor van de vervoersbedrijven van de vier grote steden (tram- en metrospoor). Het aantal kilometer spoor van ProRail is afgeleid uit het jaarverslag van ProRail over 2023. Voor de spoorlengte van de vervoersbedrijven van de vier grote steden zijn openbare informatiebronnen gebruikt, zoals jaarverslagen.

Elektriciteitskabels, gasleidingen en telecomkabels

Het aantal kilometer laagspanningskabels en middenspanningskabels is afkomstig uit het rapport 'Integrale infrastructuurverkenning 2030-2050' van Netbeheer Nederland[8]. Het aantal kilometer hoogspanningskabels en extra hoogspanningskabels is afkomstig uit het

---

[6] Rioned (2025), Monitor gemeentelijke watertaken 2024. Ede

[7] De volgende waterschappen hebben vermoedelijk het aantal kilometer oeverbeschoeiing niet volledig gerapporteerd: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Waterschap De Dommel, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Waterschap Rijn en IJssel, Waterschap Amstel Gooi en Vecht, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Waterschap Vechtstromen, Waterschap Rivierenland, Waterschap Drentse Overijsselse Delta en Waterschap Vallei en Veluwe.

[8] Netbeheer Nederland (2023), Integrale infrastructuurverkenning 2030-2050.

rapport 'Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland' van Netbeheer Nederland[9]. Verondersteld wordt dat alle hoogspanningslijnen onder de grond worden aangelegd[10]. Het aantal kilometer gasleidingen en telecomkabels is direct afkomstig uit het rapport 'Infrastructuur binnen planetaire grenzen' van NIBE[11].

Drinkwater en warmtenetten

Het aantal kilometer waterleidingen is direct afkomstig uit de folder 'Kerngegevens drinkwater 2024' van Vewin[12]. Het aantal kilometer warmteleidingen is afkomstig uit het rapport 'Een koud bad voor warmtenetten' van de Algemene Rekenkamer[13].

1.2 Uitbreidingsnieuwbouw

Er is onderscheid gemaakt tussen uitbreidingsnieuwbouw en vervangende nieuwbouw. Dit onderscheid is van belang omdat uitbreidingsnieuwbouw alleen een vraag naar materialen met zich meebrengt, waar vervangende nieuwbouw zowel vraag naar als aanbod van materialen creëert. Onder uitbreidingsnieuwbouw valt alle nieuwbouw die niet gepaard gaat met vervanging van een ouder GWW-asset[14].

Wegen en verhardingen

Voor RWS is de uitbreiding van het wegennet bepaald aan de hand van het verschil in oppervlakte van het wegennet in NIS op 1 januari 2024 ten opzichte van 1 januari 2023. Gezien de samenstelling van de voorraad is verondersteld dat de uitbreiding volledig uit asfaltwegen bestaat.

Voor de uitbreiding van provinciale, waterschaps- en gemeentelijke wegen is uitgegaan van het verschil in de voorraad tussen 2023 en 2024 van het CBS. Hieruit volgde dat er in 2023 circa 60 kilometer aan provinciale wegen zou zijn bijgekomen, waarvan 25 kilometer in zowel Flevoland als Zeeland. Uit navraag bij de databeheerders van deze provincies bleek echter dat er per saldo geen nieuwe wegen bij zijn gekomen en dat de door het CBS geregistreerde toename administratief van aard was. Op basis hiervan is besloten uit te gaan van een uitbreiding van 15 kilometer in 2023. Voor de uitbreiding van fietspaden[15] is uitgegaan van het verschil in de voorraad tussen 2023 en 2022 van het CBS. Hierbij is het verschil in kilometer weglengte aangegeven. Voor materiaalstromen zijn oppervlakten echter van belang. Om deze reden zijn wegbreedtes aangenomen die zijn gebruikt om te komen tot het oppervlakte weg dat aan de voorraad is toegevoegd:

- Voor Rijkswegen is de verhouding tussen baanlengte en baanoppervlakte uit NIS

[9] Netbeheer Nederland (2025), Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland – Resultaten 2024.
[10] Overheid verplaatst hoogspanningslijnen | Ruimtelijke ordening en gebiedsontwikkeling | Rijksoverheid.nl
[11] NIBE (2024), Infrastructuur binnen planetaire grenzen. Utrecht
[12] Vewin (2024), Kerngegevens drinkwater 2024. Den Haag
[13] Rekenkamer (2025), Een koud bad voor warmtenetten. Den Haag
[14] Zie paragraaf 2.3 voor vervangende nieuwbouw
[15] Bij fietspaden is aangesloten bij de maatwerktabellen van het CBS voor de Fietsersbond. Deze tabellenset is op moment van schrijven nog niet beschikbaar voor 2024. De productie is gebaseerd op het verschil in aantal kilometer (brom)fietspaden langs wegen, solitaire (brom)fietspaden, fietsstraten en pedelecpaden op 1 januari 2023 en 1 januari 2022.

aangehouden, wat resulteert in een rijbaanbreedte van 12,6 meter.

- Voor provinciale wegen en gemeente- en waterschapswegen is uitgegaan van de ingeschatte rijbaanbreedte van nieuwe wegen in 2016, afkomstig van het rapport 'De landing van de Nederlandse Asfaltmarkt?'[16]. Dit komt neer op een gemiddelde rijbaanbreedte van 10 meter bij provinciale wegen en gemiddeld 6,5 meter breed bij gemeente- en waterschapswegen.
- Voor fietspaden is uitgegaan van een gemiddelde aanbevolen breedte van 2,5 meter voor een enkelzijdig fietspad[17].

Net als bij rijkswegen is voor provinciale wegen uitgegaan van uitbreiding uitsluitend door middel van asfalt. Voor gemeente- en waterschapswegen en fietspaden is de verhouding gebaseerd op de ontwikkeling naar type verharding in de BGT tussen 1 januari 2019 en 1 januari 2020[18]. Deze verhouding is vervolgens gehanteerd om de toename van de voorraad te classificeren.[19]

Over de aanleg van voetpaden is zeer weinig bekend. Om deze reden is aangenomen dat de ontwikkeling gelijk loopt met de ontwikkeling van gemeente- en waterschapswegen. Een toename van de voorraad van 1% van gemeente- en waterschappen leidt in de benadering tot een stijging van de voorraad aan voetpaden met 1%. Hiermee wordt impliciet verondersteld dat de hoeveelheid voetpaden per gemeentelijke weg gelijk is aan het verleden.

Civiele constructies van RWS en Prorail

Voor civiele constructies in beheer van RWS is voor de uitbreidingsnieuwbouw van civiele kunstwerken uitgegaan van het verschil tussen het aantal objecten dat nieuw is gebouwd en het aantal objecten dat is gesloopt op basis van DISK, aangezien dit aantal nieuwbouw zonder sloop (dus uitbreidings-nieuwbouw) betreft.

Het aantal nieuw gebouwde en gesloopte objecten is geïdentificeerd door de lijst van kunstwerken op 1 januari 2022 en 1 januari 2023, alsmede 1 januari 2023 met 1 januari 2024 te vergelijken op basis van de variabele 'KW_code', waarbij het gemiddelde van beide vergelijkingen is genomen. Het aantal gesloopte objecten is gecorrigeerd voor administratieve wijzigingen (overdracht van een kunstwerk in beheer van RWS naar overige overheden). Er is voor het gemiddelde van deze twee jaren gekozen omdat in 2024 uitsluitend sloop was gerapporteerd. Gezien het feit dat pure sloop van civiele constructies zelden voorkomt, is voor deze methode gekozen.

Voor constructies in bezit van ProRail is de uitbreidingsnieuwbouw gebaseerd op de aangeleverde areaalinformatie, waarin is aangegeven wat er in 2023 is aangelegd. Onbekend is echter welk deel hiervan ter vervanging van een gesloopt object is, en welk deel daarmee uitbreiding en welk deel vervanging vormt. Het aantal objecten dat ter uitbreiding van de voorraad dient, is bepaald door de verwachte sloop van de totale nieuwbouw af te trekken. De verwachte sloop van ProRail assets wordt in paragraaf 2.3 behandeld.

Civiele constructies overige overheden

Van de uitbreidingsnieuwbouw van civiele kunstwerken voor provincies en gemeenten is weinig bekend. Om deze reden is de aanname gehanteerd dat er een verband bestaat tussen het aantal kilometer weg dat is aangelegd en de hoeveelheid kunstwerken die voor

---

[16] Demmink, E., Huurman, M. (2016), De landing van de Nederlandse asfaltmarkt, CROW Infradagen. Arnhem.
[17] Dit is gebaseerd op de aanbevolen fietspadbreedte voor een éénrichting fietspad. Zie bijvoorbeeld: https://static.betoninfra.nl/assets/Kennis/Archief/Fietspaden/veilige-breedte-van-fietspaden.pdf?v=1557133047.
[18] Er is geen reden om aan te nemen dat deze verhouding is veranderd.
[19] In tabel 0.1 is de verhouding naar materiaal weergegeven. De categorie 'overige verhardingen uit de BGT' is naar rato verdeeld over asfalt, betonklinkers, gebakken klinkers en straatstenen.

de uitbreiding nodig zijn. Het totaal aantal civiele kunstwerken en kilometer weg van de overige overheden is geregistreerd in de BGT. Bij het CBS is bekend met hoeveel km de weglengte van de overige overheden is toegenomen.

De algemene berekening die is gebruikt voor de uitbreidingsnieuwbouw is als volgt: het aantal civiele kunstwerken per bestaande kilometer weg bij gemeenten en provincies maal de uitbreiding van kilometer weg van deze eigenaren.[20] In tabel 2.1 is ter illustratie weergegeven hoe deze berekening eruitziet voor betonnen bruggen van gemeenten.

Tabel 1.1 Uitbreidingsnieuwbouw betonnen bruggen gemeenten

Areaal bruggen beton gemeenten	Aantal km gemeentelijke wegen	Verhouding tussen bruggen beton en km wegen	Aantal km uitbreiding gemeentelijke wegen	Uitbreiding bruggen beton gemeenten
27.713	119.873	0.231	972	225

Voor waterschappen is het minder aannemelijk om de uitbreidingsnieuwbouw van civiele kunstwerken te relateren aan de uitbreiding van het wegennet. Het aantal waterschapswegen neemt bovendien mogelijk af door het overdragen van wegen aan gemeenten, zodat waterschappen zich meer kunnen concentreren op hun hoofdtaken. Op basis van de gehanteerde methodiek zou dan een (waarschijnlijk te) hoge uitbreiding van kunstwerken ontstaan. Voor waterschappen is ervoor gekozen om uitbreiding van kunstwerken van waterschappen te relateren aan de weguitbreiding van RWS en de uitbreiding van kunstwerken bij RWS.

Er is bekend met hoeveel procent de voorraad van verschillende civiele kunstwerken is toegenomen bij RWS. Door deze verhoudingen (uitbreiding van kilometer weg ten opzichte van aantal kunstwerken per kilometer weg) aan elkaar te relateren kan de uitbreiding van kunstwerken ten opzichte van weguitbreiding worden vastgesteld. Omdat het moment waarop een weg wordt opgenomen in statistieken niet overeen hoeft te komen met het moment dat een kunstwerk wordt toegevoegd, is voor dit onderzoek gewerkt met een driejaarsgemiddelde voor de toename van civiele kunstwerken ten opzichte van wegen.

De aantallen civiele kunstwerken bij RWS nemen als volgt toe per jaar:

- betonnen bruggen: 0,5%
- viaducten: 0,6%
- stalen bruggen: 0,5%
- beweegbare bruggen: 0%
- tunnels: 3,1%
- onderdoorgangen 1,1%
- sluizen: 0,2%
- houten bruggen: onbekend, uitbreidingspercentage is gelijkgesteld met betonnen bruggen

De algemene berekening die is gebruikt voor de uitbreidingsnieuwbouw voor waterschappen is gelijk gebleven aan de berekening van de vorige studie. Hierbij is gerekend met een verhouding van 2/5 maal het groeipercentage van een civiel kunstwerk bij RWS[21]. Voor

[20] Voor fietstunnels is geen aanvullende uitbreiding voorzien. In de BGT wordt geen onderscheid gemaakt tussen tunnels en fietstunnels of (fiets)onderdoorgangen. Mogelijk wordt het aantal tunneluitbreidingen bij gemeenten daardoor (licht) onderschat. Het aantal sluizen van RWS is volgens DISK 210 en volgens de BGT 740. Het is onduidelijk wie de beheerders zijn van de 530 overige sluizen. Het is daarbij ook onduidelijk wat voor objecten dit exact zijn. Als gevolg is het mogelijk dat de sluizenproductie in 2023 wordt onderschat, aangezien de sluizen niet zijn toebedeeld aan andere opdrachtgevers..

[21] In de vorige studie bedroeg de verhouding tussen uitbreiding van gemeentewegen ten opzichte van uitbreiding van rijkswegen 0,8. Dit aandeel is gehalveerd voor waterschappen omdat waterschappen weinig wegen beheren.. Deze aanname kent echter veel onzekerheid; vervolgonderzoek zou meer duidelijkheid kunnen verschaffen over

bijvoorbeeld betonnen bruggen bij waterschappen resulteert dit in uitbreidingsnieuwbouw van circa 0,2% van de voorraad (2/5*0,5%), ofwel 0,2% * 6.541 waterschapsbruggen van beton. Dit vormt een uitbreiding van 13 bruggen.

Voor sluizen van gemeenten is er vanuit gegaan dat de uitbreiding uitsluitend spuisluizen betreft. Voor RWS, waterschappen en provincies is de verhouding tussen schut- en spuisluizen in DISK gehanteerd, ofwel 60% schutsluis en 40% spuisluis.

Riolering

De uitbreiding van vrijvervalriolering is gebaseerd op de ontwikkeling in de periode 2013-2020 die RioNed in verschillende rapporten heeft gerapporteerd[22]. De uitbreidingsnieuwbouw is geëxtrapoleerd op basis van het aantal opgeleverde nieuwbouwwoningen (circa 17 meter per nieuwbouwwoning). Bij mechanische riolering is de gemiddelde jaarlijkse toename in de periode 2020-2024 aangehouden, omdat het verband met het aantal opgeleverde nieuwbouwwoningen minder sterk is en sinds 2010 jaarlijks relatief stabiel toeneemt.

Waterkeringen

Het aantal kilometer nieuwe primaire waterkeringen in Nederland is gebaseerd op het verschil in de voorraad tussen 2023 en 2024 in NIS en in WAVES. Hieruit kwam dat het aantal kilometer primaire waterkeringen gelijk is gebleven.

Bij de ontwikkeling van regionale/overige waterkeringen is niet geheel duidelijk of extra kilometers dijk zijn toegevoegd of verwijderd door de waterschappen. De cijfers in WAVES zijn bij de meeste waterschappen stabiel, maar verschillen bij een klein aantal waterschappen sterk met het voorgaande jaar, waardoor het onduidelijk is of dit administratief van aard is of dat er daadwerkelijk gesloopt of gebouwd is. Onze inschatting hierbij is dat de meeste van deze wijzigingen administratief van aard zijn en dat er dus geen regionale/overige waterkeringen zijn toegevoegd. Door RWS zijn geen regionale/overige waterkeringen toegevoegd of gesloopt in 2023.

Oeverbeschoeiingen en damwanden

De uitbreiding van oeverbescherming van RWS is afkomstig uit OBR. Hieruit blijkt dat er geen aanleg van stalen, betonnen en houten damwanden heeft plaatsgevonden, uitsluitend sloop. De uitbreiding betreft uitsluitend natuurvriendelijke oevers — aaneengesloten, met inheemse planten begroeide oevers langs waterlopen[23] — waarbij is aangenomen dat dit geen materiaalvraag tot gevolg heeft. Van overige opdrachtgevers is geen informatie bekend en is aangenomen dat ook hier geen uitbreiding plaatsvindt. Dit leidt mogelijk tot een onderschatting in de data.

Gemalen

In verschillende rapporten van Rioned is bekend wat de voorraad van rioolgemalen in beheer van gemeenten in 2016 en 2023 was. Wanneer verondersteld wordt dat de nieuwbouw van rioolgemalen gelijk over de jaren is verdeeld, zou dit leiden tot een uitbreidingsnieuwbouw van 1.000 gemalen in 2023. Aangenomen wordt echter dat hier sprake was van een administratieve inhaalslag. In plaats daarvan is verondersteld dat de groei van het aantal rioolgemalen 15% bedroeg en gelijkmatig over de jaren verdeeld was, wat resulteert in een uitbreidingsnieuwbouw van 375 gemalen in 2023. Deze uitbreiding strookt met de verhouding tussen aantal gemalen en aantal woningen. De uitbreidingsnieuwbouw van

de uitbreiding van constructies van waterschappen.

[22] Zie bijvoorbeeld het rapport 'Riolering in beeld – benchmark rioleringszorg 2013'.

[23] Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2025),

rioolgemalen in beheer van waterschappen is gerapporteerd in WAVES.

De toename van het aantal oppervlaktegemalen is gebaseerd op het aantal openbare aanbestedingen voor gemalen van waterschappen. Dit zijn er ongeveer 14 per jaar[24].

Sporen

Volgens het jaarverslag van ProRail is het aantal kilometer spoor in beheer bij ProRail in 2023 afgenomen met 21 km. Deze afname is als sloop zonder vervanging in deze studie geregistreerd.

Bij de OV-bedrijven van de vier grote steden is de voorraad bij GVB in 2023 wel toegenomen. De uitbreiding van het spoornetwerk van GVB is gebaseerd op basis van openbare informatie over enkele projecten die zijn opgeleverd. Hierbij gaat het om de Uithoornlijn. Voor de overige vervoerders is geen uitbreiding bekend.

Elektriciteitskabels, gasleidingen en telecomkabels

De uitbreiding van laag- en middenspanningskabels in 2023 is gerapporteerd in het document 'Stand van de uitvoering' van Netbeheer Nederland[25]. Voor de uitbreiding van middenspannings- en hoogspanningskabels is aangesloten bij de studie 'Infrastructuur binnen planetaire grenzen' van Nibe (2024). Deze uitbreiding is gebaseerd op investeringsplannen tot 2030, waarbij de uitbreiding lineair over de jaren is verdeeld. Hierbij is er vanuit gegaan dat 80% aluminium en 20% koper betreft, conform de studie van Nibe. De uitbreiding van gasleidingen is gerapporteerd door de Gasunie[26]. De uitbreiding van telecomkabels (glasvezel) is geraamd door het aantal aansluitingen in 2023 (anderhalf miljoen) te vermenigvuldigen met het gemiddelde aantal meters per aansluiting (60 meter) op basis van expertgesprekken.[27]

Drinkwater en warmtenetten

Voor de uitbreiding van waterleidingen zijn gerapporteerde cijfers van VEWIN gebruikt.[28] Voor warmtenetten is het aantal aansluitingen afkomstig van een publicatie van de rekenkamer[29] en vervolgens is uitgegaan van gemiddeld 15 meter per aansluiting voor het distributienet en 3 meter voor het transportnet op basis van een analyse van 20 aanvragen van proeftuinen aardgasvrije wijken.

1.3 Vervangende nieuwbouw

Naast uitbreiding van de voorraad worden ook assets gesloopt ter vervanging van reeds bestaande assets, omdat de gesloopte assets niet meer voldoen aan de eisen die eraan worden gesteld. In de praktijk vindt sloop zonder nieuwbouw vrijwel niet plaats. Bij de berekeningen van de vervangingsnieuwbouw is niet expliciet meegenomen dat er ook assets zijn die gesloopt worden zonder dat deze vervangen worden. De sloop is daarmee in de regel gelijk aan de vervangingsnieuwbouw. Deze opmerking kent drie uitzonderingen: het spoor is met 21 km afgenomen in 2023, er zijn 4 RWS-sluizen gesloopt en RWS-damwanden

[24] EIB (2022), Projectenkalender waterschapsmarkt 2022-2024. Amsterdam
[25] Netbeheer Nederland (2024), Stand van de uitvoering.
[26] https://www.gasunie.nl/nieuwsbrief/gasunie-update-1-2023/waarom-we-toch-nog-nieuwe-aardgastransportleidingen-aanleggen
[27] Dit is meer meter per aansluiting dan bijvoorbeeld waterleidingen. Een mogelijke verklaring ligt in het feit dat meerdere aanbieders kabels aanleggen naar één aansluiting en dat de uitrol nu met name plaatsvindt in buitengebieden. Daarnaast moet vanaf een PoP-huisje aanvullend kabel worden aangelegd
[28] Vewin (2024), Kerngegevens drinkwater 2024. Den Haag
[29] Rekenkamer (2025), Een koud bad voor warmtenetten. Den Haag

zijn afgenomen met 42 km in 2023.[30]

Door een gebrek aan data is de vervangingsnieuwbouw voor veel assets benaderd via modellen gebaseerd op de leeftijd van de voorraad en de technische levensduur. Een asset aan het einde van zijn levensduur wordt verondersteld te worden vervangen. Dit leidt tot een inschatting van een jaarlijks te vervangen percentage van de voorraad.

De gehanteerde methodiek legt de onderliggende cyclische aard van materiaalvraag bloot. Historische bouwgolven, zoals de aanleg van veel infrastructuur in de naoorlogse periode, creëren onvermijdelijk toekomstige "golven" van vervangings- en onderhoudsbehoefte wanneer deze assets het einde van hun levensduur naderen. De huidige materiaalstromen zijn dus niet alleen een functie van de huidige vraag, maar ook een echo van investeringscycli uit het verleden. Dit impliceert dat een aanzienlijk deel van de toekomstige materiaalvraag al "vastligt" in de leeftijd van de bestaande infrastructuur. Het voorspellen van deze pieken is essentieel voor het plannen van grondstofvoorziening en recyclingcapaciteit.

Voor RWS en ProRail zijn waar mogelijk feitelijke vervangingen uit 2023 gebruikt. Voor overige overheden is de vervanging berekend op basis van sloopfracties en de leeftijdsverdeling van de voorraad.

[30] Dit betreft 22 km stalen damwanden, 10 km betonnen damwanden en 10 km houten damwanden

Tabel 2.2 Aandeel van de voorraad dat in 2023 gesloopt is

	RWS	ProRail	Overige overheden
Asfaltwegen[1]	0,35% op basis van prognoserapport RWS		1,95%
Gebakken klinkerwegen			2%
Betonnen klinkerwegen			2,50%
Voetpaden			2,10%
Betonnen bruggen[2]	0,20%		0,50%
Stalen bruggen	0,30%	0,30%	0,30%
Houten bruggen			1,60%
Beweegbare bruggen	0%	0%	0,30%
Viaducten[2]	0,20%	0,50%	0,60%
Tunnels	0%	0%	0,40%
Onderdoorgangen	0,30%	1%	1%
Sluizen	0%		0,60%
Vrijverval riolering			0,70%
Mechanische riolering			0,20%
Primaire waterkeringen[3]	0%		0,70%
Secundaire/overige waterkeringen[3]	0,60%		0,60%
Spoor		3,30%	2,80%
Rioolgemalen			0,30%
Oppervlaktegemalen			0,20%
Zuiveringsinstallaties			0%

[1] Bij fietspaden van asfalt is een slooppercentage van 1,9% gehanteerd

[2] Bij ProRail kon geen onderscheid gemaakt worden tussen bruggen en viaducten en alles is onder viaducten geplaatst

[3] Bij waterkeringen gaat het om dijkophoging in plaats van sloop

Bron: EIB

Wegen en verhardingen

Voor RWS is gebruik gemaakt van het 'prognoserapport 2022 Vervanging en Renovatie' van RWS[31]. Hierin wordt aangegeven dat jaarlijks 19,7 km rijbaan wordt vervangen. Dit is licht opgehoogd omdat het prognoserapport alleen rekening houdt met hoofdrijbanen. Dit aantal is aangehouden voor 2023 (en ook voor 2030 en 2050). Op basis van de levensduur van AC Bin/base (45 jaar) is dit mogelijk een onderschatting van de vervangingsopgave[32].

Met betrekking tot de leeftijdsopbouw van wegen en de leeftijd waarop wegen in de praktijk worden vervangen door andere opdrachtgevers is relatief weinig bekend. Uit de interviews kwam naar voren dat de leeftijd waarop een weg wordt vervangen sterk uiteen kan lopen. Zo worden sommige wegen al na 20 jaar vervangen en andere pas na 80 jaar. Geschat wordt dat asfaltwegen gemiddeld na 45 jaar aan vervanging toe zijn. Bij gelijkmatige leeftijdsopbouw[33] van de voorraad zou dit betekenen dat per jaar 2,25% (1/45) van de voorraad vervangen zou worden. Het aanhouden van dit vervangingspercentage in combinatie met de uitbreidingsnieuwbouw en groot onderhoud aan deklagen zou leiden tot een hoeveelheid asfalt dat dicht bij de daadwerkelijke hoeveelheid asfalt ligt die er volgens de branche is verbruikt in Nederland. Aangezien er ook voor assets buiten de scope asfalt wordt gebruikt, zoals privéterreinen en parkeerplaatsen, lijkt dit een overschatting. Hierom is besloten om het vervangingspercentage lager in te schatten.

Op basis van bovenstaande analyse schat het EIB het jaarlijks vervangingspercentage van wegen op 1,95% van de voorraad. Aangezien veel fietspaden relatief nieuw zijn, is het aannemelijk dat het vervangingspercentage enigszins lager ligt. In deze studie is een sloopfractie van 1,9% voor fietspaden gehanteerd. Bij klinkerwegen is ingeschat hoe groot de oppervlakte van wegen is dat per jaar vervangen moet worden. Volgens een geïnterviewde partij rekenen gemeenten met een levensduur van tussen de 30 en 35 jaar voordat een klinkerweg opnieuw bestraat moet worden. Hierbij wordt aangenomen dat 45% van de fundering vervangen wordt. Bij een gelijkmatige leeftijdsopbouw van de voorraad komt dit neer op een jaarlijks vervangingspercentage van circa 3% van de voorraad. In de gemeente Rotterdam is in 2019 circa 2,25% van de klinkerwegen opnieuw bestraat. Bij gebrek aan meer informatie is voor dit onderzoek met een kengetal van 2,25% gerekend. Hierbij is verondersteld dat er relatief minder gebakken klinkerwegen worden bestraat dan betonnen klinkerwegen, omdat uit interviews naar voren is gekomen dat gebakken klinkerwegen in de afgelopen decennia vaker zijn toegepast in nieuwe wegen dan in voorgaande decennia. Als gevolg hiervan is de voorraad gebakken klinkerwegen jonger en zijn minder gebakken klinkers aan vervanging toe.

Het jaarlijks vervangingspercentage gebakken klinkerwegen is geschat op 2% van de voorraad en het vervangingspercentage betonnen klinkerwegen op 2,5% van de voorraad.[34]

Civiele constructies

Voor constructies in beheer van RWS is de vervangende nieuwbouw gebaseerd op het aantal gesloopte objecten volgens DISK.

---

[31] Rijkswaterstaat (2022), Prognoserapport 2022 Vervanging en Renovatie.

[32] De levensduur aangehouden van bin/base uit rapport 'LCA Achtergrondrapport voor brancherepresentatieve Nederlandse asfaltmengsels 2020' van TNO geeft 45 jaar aan.

[33] Met een gelijkmatige opbouw van de voorraad wordt bedoeld dat er geen rekening wordt gehouden met aanleggolven van wegen, waardoor de vervangingsnieuwbouw pieken of dalen over tijd kan hebben. Hiervoor is meer informatie over de leeftijd van het asfalt nodig.

[34] Het vervangen van verhardingen bestaat uit het vervangen van de klinkers. Hierbij is gemodelleerd dat 45% van het menggranulaat in de fundering van gemeentelijke klinkerwegen en fietspaden vrij komt bij de vervanging van deze wegen. Zand bij voetpaden blijft liggen, hierbij vindt alleen vervanging van de tegels plaats.

Voor de andere opdrachtgevers is modelmatig ingeschat welk deel van de voorraad gesloopt is in 2023. Voor de leeftijdsverdeling is uitgegaan van de leeftijdsverdeling van RWS-constructies uit DISK. Deze cijfers zijn voor overige opdrachtgevers aangepast om ze in lijn te brengen met de gemiddelde leeftijd en standaarddeviatie uit het rapport 'Civiele kunstwerken in Nederland' van Bloksma en Westenberg. Dit is gecombineerd met sloopfracties per tijdvak die zijn afgeleid van de bouwjaren van gesloopte assets bij RWS in de periode 2020-2024. Hiermee wordt niet alleen rekening gehouden met sloop vanwege verouderde civiele constructies, maar ook met vervanging vanwege functieverandering. De combinatie van de omvang en de leeftijd van de voorraad met de sloopfracties leidt tot de geschatte vervangingsvraag in 2023.

Van houten bruggen zijn alleen de gemiddelde leeftijd en de standaarddeviatie bekend uit het rapport 'Civiele kunstwerken in Nederland'. Sloopfracties zijn onbekend omdat RWS geen houten bruggen in bezit heeft. Hierdoor is de voorraadverdeling met meer onzekerheid omgeven. De jaarlijkse sloopfractie die is gehanteerd, is 1,6% van de voorraad

Voor assets in beheer van ProRail is de vervangingsvraag op basis van bovenstaande methodiek gemaximaliseerd tot de totale nieuwbouw indien het berekende aantal objecten dat gesloopt zou worden hoger zou liggen dan het aantal nieuw gebouwde objecten. In deze gevallen is de vervangingsnieuwbouw gelijk aan de totale nieuwbouw. Waar meer gebouwd is dan gesloopt, valt dit onder uitbreidingsnieuwbouw.

Voor sluizen van gemeenten is er vanuit gegaan dat de vervanging uitsluitend spuisluizen betreft. Voor RWS, waterschappen en provincies is de verhouding tussen schut- en spuisluizen in DISK gehanteerd, ofwel 60% schutsluis en 40% spuisluis.[35]

Riolering

Het aantal kilometer vrijverval rioolbuizen dat in 2023 is vervangen is afkomstig uit het rapport 'Monitor gemeentelijke watertaken 2024' van Rioned[36]. Hieruit volgt dat in 2023 45% vervanging betrof (een-op-een), 30% renovatie (buis-inbuis-oplossing) en 25% verbetering (splitsen van leidingen, extra leiding aangelegd). De vervanging van transport- en persleidingen is naar rato berekend op basis van de vervanging van vrijvervalriolering, hierbij is geen renovatie en verbetering toegepast.

Waterkeringen

Onder waterkeringen valt bij vervangende nieuwbouw het versterken van dijken. Hoewel dit niet hetzelfde is als het volledig vervangen van een dijk, is er in dit rapport gekozen om het in deze categorie te plaatsen. Het valt niet onder uitbreiding, omdat uitbreidingsnieuwbouw het aantal kilometers toegenomen dijk beschrijft. Bij groot onderhoud is sprake van verwijderen en toevoegen van elementen, wat bij kustverdediging ook niet plaatsvindt. Om deze redenen lijkt vervanging de meest voor de hand liggende plek om de versterking van dijken mee te nemen. Het plaatsen van kwelschermen valt buiten de scope van dit onderzoek, waardoor de ophoging van dijken wellicht te hoog wordt ingeschat.

In 2023 is voor primaire waterkeringen uit het deltaprogramma bekend hoeveel kilometer dijk is versterkt. Voor de regionale/overige waterkeringen van waterschappen is in WAVES bekend hoeveel kilometer dijk is versterkt (0,64% van de voorraad). Alleen de hoeveelheid regionale waterkeringen dat door RWS is versterkt, is onbekend. Voor de regionale waterkeringen van RWS is aangenomen dat net als bij de waterschappen 0,64% is versterkt.

[35] Aangezien de BGT meer RWS-sluizen rapporteert dan RWS, is het aantal te vervangen sluizen in totaal mogelijk onderschat.
[36] Rioned (2025), Monitor gemeentelijke watertaken 2024. Ede

Oeverbeschoeiingen en damwanden

De vervanging van damwanden in 2023 is gebaseerd op de in het rapport 'Vernieuwingsopgave infrastructuur' van TNO[37] gerapporteerde levensduren: 100 jaar voor betonnen damwanden, 75 jaar voor stalen damwanden en 40 jaar voor houten damwanden. Voor oeverbeschoeiingen zijn dezelfde levensduren aangehouden. De resulterende vervangingspercentages zijn op het bij de onderzoekers bekende areaal geprojecteerd voor de vervanging.

Gemalen

Informatie over het aantal rioolgemalen en oppervlaktegemalen dat vervangen is, is zeer schaars. Voor rioolgemalen was wel voldoende informatie beschikbaar om een vergelijkbare methodiek te kiezen als bij civiele constructies. Hierbij is de leeftijdsverdeling van vrijvervalriolering als proxy voor rioolgemalen aangehouden. Door de kortere levensduur van vrijvervalriolering zou dit mogelijk tot een onderschatting van het aantal oudere rioolgemalen kunnen leiden, maar betere informatie is niet voorhanden. Met betrekking tot de sloopfracties per tijdvak zijn deze overgenomen van betonnen bruggen; net als betonnen bruggen worden gemalen zelden gesloopt.[38] Voor oppervlaktegemalen is verondersteld dat deze ontwikkeling gelijk loopt met rioolgemalen. Doordat de gemiddelde leeftijd van oppervlaktegemalen hoger is dan rioolgemalen is de kans wel aanwezig dat de toename bij oppervlaktegemalen overschat wordt.

Sporen

Het aantal kilometer spoor dat in 2023 is vervangen, is afgeleid van door ProRail aangeleverde cijfers, waarin het aantal kilometer spoorstaaf met aanlegjaar 2023 gehalveerd is (een spoorrails bestaat uit twee spoorstaven) om tot de vervangende nieuwbouw van treinspoor in 2023 te komen. Per saldo is de voorraad in 2023 afgenomen, waardoor al het spoor met aanlegjaar 2023 gezien kan worden als vervanging.

Er zijn geen gegevens ontvangen over de vervanging van het spoornetwerk van de gemeentelijke vervoerbedrijven. Om deze reden zijn de vervangingspercentages uit de vorige studie aangehouden (2,8% jaarlijks van het areaal).

Elektriciteitskabels, gasleidingen en telecomkabels

Het aantal kilometer elektriciteitskabels dat in 2023 is vervangen, is gebaseerd op het rapport 'Infrastructuur binnen planetaire grenzen' van NIBE[39], waarin wordt aangegeven dat de levensduur van alle typen kabels 40 jaar is op basis van het NMD cat. 3 rapport kabelwerken. Het aantal kilometer gasleidingen dat is vervangen, is eveneens afkomstig uit het bovengenoemde rapport van NIBE. Op basis van expertgesprekken is voor telecomkabels verondersteld dat geen vervanging plaatsvindt.

Drinkwater en warmtenetten

De vervanging van waterleidingen in 2023 is gebaseerd op aangenomen levensduren van 75 jaar voor leidingen van PVC en gietijzer. Voor leidingen van asbestcement wordt verondersteld dat deze lineair worden uitgefaseerd tot en met 2050. Daarbij is aangenomen dat asbestcement en gietijzer bij vervanging worden vervangen door PVC. Warmteleidingen

[37] TNO (2023), Vernieuwingsopgave infrastructuur. Delft
[38] De levensduur van gemalen wordt op 200 jaar geschat vanwege het vele beton. Pompen en andere elementen van gemalen worden binnen deze 200 jaar wel vervangen, zie paragraaf 1.4.
[39] NIBE (2024), Infrastructuur binnen planetaire grenzen. Utrecht

zijn naar verwachting te jong om te worden vervangen.

1.4 Renovatie en groot onderhoud

Over renovaties in de GWW is zeer weinig bekend op landelijk niveau. Er wordt niet geadministreerd welke werkzaamheden wanneer hebben plaatsgevonden, waardoor het onmogelijk is om vast te stellen welke werkzaamheden in 2023 hebben plaatsgevonden en welke materiaalstromen hiermee gepaard gaan in het kader van groot onderhoud en/of renovatie. Om deze reden is gekozen voor een modelmatige benadering. Dit houdt in dat de in het rapport gepresenteerde groot onderhoudscijfers modelmatige uitkomsten betreffen en niet feitelijke cijfers en materiaalstromen van 2023. De uitkomsten geven weer wat op basis van leeftijden van assets, leeftijden van elementen van de assets en levensduren van deze elementen verwacht mag worden aan groot onderhoud.

Vervanging van een element van een asset kan een of meerdere keren plaatsvinden gedurende de levensduur van de totale asset. In deze studie zijn voor renovatie onderdelen meegenomen die een kortere levensduur hebben dan de levensduur van de totale constructie. Voor het vaststellen van de productie die samenhangt met renovatie is de methodiek vergelijkbaar met die van vervanging van hele assets, waarbij de levensduur van de onderdelen en de leeftijdsverdeling van de voorraad de basis is. Voor levensduren van onderdelen is geput uit de beschikbare profielen van onder andere de provincie Noord-Holland en RWS. Voor de assets waarvan de leeftijdsverdeling van de voorraad niet bekend is, zijn afwijkende aannames geformuleerd. Onderstaand wordt per asset ingegaan welke onderdelen zijn meegenomen voor renovatie en hoe dit berekend is.

Wegen

Bij wegen zijn drie onderdelen meegenomen die onder groot onderhoud vallen: deklagen, markering en verlichting. Op basis van de voorraad van asfaltwegen en de levensduur van deklagen is berekend hoeveel m^2 deklaag er in 2023 naar schatting is vervangen. De levensduur van deklagen naar type weg is afgeleid uit het rapport 'De landing van de Nederlandse Asfaltmarkt?'[40]. Volgens dit rapport zou de deklaag van rijkswegen circa 12 jaar meegaan (gemiddeld, dit verschilt per rijbaan), die van provinciale wegen 14 jaar en die van gemeentelijke wegen 16 jaar. Alleen voor fietspaden staan geen kengetallen in het rapport en voor fietspaden is verondersteld dat de levensduur van de deklaag gelijk is aan die van gemeentewegen. Bij de berekening is aangenomen dat het aandeel van de wegen waarvan de deklaag in 2023 vervangen is, gelijk is aan 1 / levensduur van de deklaag. Dit impliceert dat deklagen gelijkmatig over tijd vervangen worden. Bij het vervangen van de deklaag wordt ook de markering vervangen[41].

Het derde onderdeel dat is meegenomen bij wegen is de verlichting van alle wegen. Verlichting heeft een levensduur van 40 jaar. Doordat niet alle wegen verlichting hebben, moet worden ingeschat welk deel van de wegen verlicht zijn. Volgens een maatwerktabel van het CBS zou meer dan de helft van de fietspaden goed verlicht zijn en is daarnaast 15% gedeeltelijk verlicht. Hiermee heeft bijna twee derde van de fietspaden verlichting. Bij gemeentewegen is dezelfde verhouding als bij fietspaden aangehouden. Voor provinciale wegen is het aandeel verlichte wegen gebaseerd op een relatief oud rapport van de provincie Noord-Holland[42]. Bij de provincie Noord-Holland was circa een derde van de voorraad verlicht in 2005. De berekening van de hoeveelheid te vervangen verlichting is als volgt: de levensduur van deklaag (afhankelijk van beheerder) gedeeld door de levensduur van de verlichting (40 jaar) vermenigvuldigd met het aantal te vervangen vierkante meters

[40] Demmink, E., Huurman, M. (2016), De landing van de Nederlandse asfaltmarkt, CROW Infradagen. Arnhem
[41] Markering wordt waarschijnlijk vaker vernieuwd. Dit valt onder klein onderhoud en is niet meegenomen in de studie.
[42] Provincie Noord-Holland (2005). "Waarom brandt het licht hier? – Openbare verlichting op provinciale wegen in NoordHolland".

deklaag.

Voor RWS is uitgegaan van het 'Prognoserapport 2022 Vervanging en Renovatie' van RWS. RWS beschikt over ongeveer 90.000 lichtmasten. Omdat dit vermoedelijk een lichte onderschatting betreft, wordt in dit onderzoek uitgegaan van een areaal van 100.000 lichtmasten.[43] Bij een levensduur van 40 jaar leidt dit tot een vervanging van 2.500 lichtmasten per jaar.

Bruggen en viaducten

Bij bruggen en viaducten worden onderdelen met betrekking tot de weg niet meegenomen. Deze wegdelen zijn meegenomen onder 'wegen'; wanneer ze ook bij bruggen en viaducten meegenomen zouden worden, zou dit tot dubbeltelling leiden. De meeste onderdelen van bruggen en viaducten hebben een levensduur gelijk aan het totale object. Uit interviews en profielen van de provincie Noord-Holland bleek dat hierop twee uitzonderingen bestaan: taludbekleding en elektrische installaties. Doordat elektrische installaties buiten de scope van dit onderzoek vallen, is alleen het aantal bruggen/viaducten waar de taludbekleding is vervangen, meegenomen.

De levensduur van taludbekleding is 25 jaar. Dit zou in theorie betekenen dat van bruggen die gebouwd zijn in 1998, 1973, 1948 en 1923 de taludbekleding vervangen zou moeten worden. Omdat de exacte leeftijdsverdeling van de taludbekleding niet bekend is en taludbekleding zowel eerder als later vervangen kan worden, is gerekend met tijdvakken. Zo is aangenomen dat bij een tiende van de bruggen met de bouwjaren 1990-2000, 1970-1980 en 1940-1950 de taludbekleding vervangen wordt. Daarnaast wordt voor het tijdvak 1920-1940 uitgegaan van een twintigste en wordt bij bruggen voor het tijdvak 1900-1920 en bruggen ouder dan 1900 uitgegaan van 4% (1/25) van de bruggen.

Tunnels kennen geen vaste civieltechnische vervangingsmomenten voor onderdelen. Werktuigbouwkundige elektrische installaties worden wel gerenoveerd, maar vallen buiten de scope van dit onderzoek.

Sluizen

Groot onderhoud betreft bestrating (25 jaar), verlichting (50 jaar) en sluisdeuren (30 jaar), berekend met een vergelijkbare methode als bij bruggen.

Spoor

Voor zowel het spoor van ProRail als het spoor van de vier lokale vervoersbedrijven is het vervangen van ballast meegenomen als groot onderhoud. Bovenleidingen, wissels en dergelijke vallen buiten de scope van het onderzoek. Aangenomen is dat metro en lightrail uit ballastspoor bestaat en dat tramsporen geen ballast hebben. Volgens RET zou elke tien jaar een laag van 5 cm aan ballast worden vervangen en dat het ballastspoor gemiddeld 4,5 meter breed is. Vanuit deze kerngetallen is de kubieke meter aan ballast berekend dat voor metro en lightrail nodig zou zijn in 2023, uitgaande van een evenredige verdeling over de jaren. Voor ProRail is niet bekend hoeveel ballast er per jaar wordt vervangen. Om deze reden zijn dezelfde kengetallen gehanteerd, waarbij al het spoor van ProRail als ballastspoor is aangemerkt.[44]

---

[43] Rijkswaterstaat (2022), Prognoserapport 2022 Vervanging en Renovatie. Ophoging op basis van gesprekken met RWS

[44] Porfier en ballast zijn apart gerapporteerd, maar beiden aan een 'ballast'-profiel gekoppeld.

Gemalen

Het belangrijkste onderdeel dat bij renovatie van gemalen vervangen wordt, zijn de pompen. Daarnaast worden bij rioolgemalen ook plaatafsluiters en bij oppervlaktegemalen ook het hekwerk tussendoor vervangen. Voor al deze elementen staat een levensduur van 50 jaar.[45] Om dezelfde methodiek als bij bruggen/viaducten en sluizen te gebruiken, is verondersteld dat de leeftijdsverdeling van rioolgemalen gelijk is aan de leeftijdsverdeling van vrijvervalriolering zoals gerapporteerd door Rioned. Op basis hiervan is het aantal pompen en plaatafsluiters berekend dat jaarlijks wordt vervangen.

Van oppervlaktegemalen is de leeftijdsverdeling niet bekend. De gemiddelde leeftijd van oppervlaktegemalen is wel hoger dan die van rioolgemalen, aangezien oppervlaktegemalen al gebouwd werden voordat het grootste deel van het riool is aangelegd. Als resultaat worden meer onderdelen van oppervlaktegemalen vervangen dan van rioolgemalen. Het is aangenomen dat het aantal oppervlaktegemalen met een renovatie gelijk is aan 1/50.

Zandsuppletie en vaargeulonderhoud

Het aantal m^3 zandsuppletie is afkomstig uit het Monitoring and Registration System (MARS) en bedraagt circa 15,8 miljoen m^3; dit is met een conversiefactor van 1,7 ton/m^3 omgerekend naar 26.850 kton zandsuppletie. Het aantal m^3 zout vaargeulonderhoud van RWS en overige opdrachtgevers is respectievelijk afkomstig uit MARS en het EIB-onderzoek 'Markteffectanalyse H2-hopper', waarin op basis van interviews een schatting is gemaakt.[46] Het volume in m^3 zout vaargeulonderhoud van RWS bedraagt circa 11,1 miljoen m^3 en van overige opdrachtgevers 17,5 miljoen m^3. Het volume in m^3 vaargeulonderhoud van waterschappen is afkomstig uit WAVES en bedraagt circa 4,4 miljoen m^3. Het volume in m^3 zoet vaargeulonderhoud van RWS is gebaseerd op aangeleverde informatie van RWS[47] en bedraagt circa 870.000 m^3. Alle volumes zijn met een conversiefactor van 1,5 ton/m^3 omgerekend naar kton vaargeulonderhoud.

[45] Op basis van expertgesprekken uitgevoerd tijdens de studie uit 2022. Mogelijk is deze korter, dan wordt het aantal te vervangen pompen onderschat.
[46] EIB (2024), Markteffectanalyse H2-hopper. Amsterdam
[47] Informatie aangeleverd door Rijkswaterstaat bevat een Excelsheet met baggerhoeveelheden tussen 2018 en 2025 en informatie over de regio's 'beneden rivieren, Nederrijn, Lek en IJssel.

Hoofdstuk 2: Productie- en sloopbeeld 2030 en 2050

2.1 Uitbreidingsnieuwbouw

De uitbreidingsbehoefte van infrastructuur is voor een groot deel gebaseerd op de demografische ontwikkeling en de hiermee samenhangende woningbouw. Om deze reden is de uitbreidingsnieuwbouw van de meeste GWW-assets primair gebaseerd op de procentuele toename van de uitbreidingsnieuwbouw van woningen (saldo nieuwbouw minus sloop). Voor de periode tot en met 2030 (en bij enkele assets tot 2050) is ook gebruik gemaakt van rapporten of zijn alternatieve aannames geformuleerd, bijvoorbeeld als het niet aannemelijk is dat de uitbreidingsnieuwbouw in de GWW gelijk loopt met de huishoudensontwikkeling of als het basisjaar als erg hoog of erg laag wordt gezien. Hieronder wordt per onderdeel een toelichting gegeven.

Rijkswegen

Vanwege de stikstofproblematiek en de verschuiving van uitbreiding naar vervanging wordt na overleg met RWS verondersteld dat de uitbreiding van rijkswegen in 2030 gelijk zal zijn aan de uitbreiding in 2023. Na 2030 is de productie van rijkswegen gekoppeld aan de procentuele ontwikkeling van de uitbreidingsnieuwbouw van woningen.

Wegen andere overheden en voetpaden

Voor gemeente- en waterschapswegen en voetpaden is de prognose tot en met 2050 gebaseerd op de procentuele ontwikkeling van de uitbreidingsnieuwbouw van woningen (1% woninguitbreiding leidt tot 1% weguitbreiding).

Verondersteld is dat het aandeel van gebakken klinkers in de uitbreidingsnieuwbouw van gemeentewegen tot en met 2050 zal toenemen ten koste van asfalt en betonklinkers. Uit gesprekken in de vorige studie met gemeenten is gebleken dat vaker wordt gekozen voor elementverharding dan asfalt vanwege de betere doorlaatbaarheid van water en de esthetische voordelen. Daarnaast neemt het aandeel van gebakken klinkers ten opzichte van betonklinkers toe. In 2050 is verondersteld dat 45% van de nieuwe gemeentewegen uit asfalt bestaat, 30% uit gebakken klinkers, 15% uit betonklinkers en 10% overig. De ontwikkeling van het aandeel is lineair verondersteld tussen 2023 en 2050.

De procentuele ontwikkeling van provinciale wegen is de ongewogen gemiddelde ontwikkeling van rijkswegen, gemeentewegen en waterschapswegen. Dit betekent dat als de uitbreidingsnieuwbouw van rijkswegen met 2% toeneemt en de uitbreidingsnieuwbouw van gemeente- en waterschapswegen met 1% zou toenemen dan neemt de uitbreidingsnieuwbouw provinciale wegen met 1½% toe.

De prognose voor fietspaden is in de basis gebaseerd op het rapport Tour de Force (2021). “Nationaal toekomstbeeld Fiets op hoofdlijnen – inventarisatie van de opgave voor de schaalsprong Fiets”. Hierbij zijn enkele afwijkende aannames geformuleerd, omdat het ambitieniveau in het rapport hoog ligt en feitelijke uitvoering in de afgelopen jaren achter is gebleven. In het rapport wordt aangegeven dat 75% van 14.300 km geüpgradede zal worden tot 2028 en 6.500 km in de periode daarna tot 2040. Deze cijfers zijn in de afgelopen jaren niet gerealiseerd. Verondersteld wordt dat de opgave over de periode tot en met 2050 wordt uitgespreid, waarbij tot en met 2040 circa 75% van de aan te leggen fietspaden zal zijn gerealiseerd, waarvan 1.525 km in 2030. Daarna blijft de jaarlijkse aanleg ongeveer 1.000 km per jaar, zodat in 2050 100% van de fietspaden is geüpgraded.

Bruggen, viaducten, tunnels en onderdoorgangen van RWS

Voor RWS is het aantal nieuwe kunstwerken dat wordt gebouwd tot 2030 in belangrijke mate gebaseerd op de getallen die zijn gebruikt voor het rapport “de zwaartepunt analyse voor transitiepad kunstwerken” van CE Delft. In deze rapportage zijn onder andere veronderstellingen gemaakt over het aantal nieuwe kunstwerken dat door RWS wordt bijgebouwd in de periode 2021-2030. Dit totaal per type kunstwerk is vervolgens door tien gedeeld om tot een schatting voor 2030 te komen. Bij enkele type kunstwerken zijn afwijkende aannames gemaakt indien het aantal in het transitiepad relatief laag leek ten opzichte van de realisaties in de afgelopen jaren. Dit betrof de aantallen van betonnen bruggen en onderdoorgangen. Hiervoor is de gemiddelde uitbreiding van de voorraad in de periode 2023-2025 aangehouden.

Voor de ontwikkeling van het aantal kunstwerken van RWS tussen 2030 en 2050 is dit één-op-één gekoppeld aan de procentuele ontwikkeling van de uitbreidingsnieuwbouw van rijkswegen. Als voorbeeld: als de uitbreidingsnieuwbouw van rijkswegen met 10% afneemt dan neemt ook uitbreidingsnieuwbouw van kunstwerken bij RWS met 10% af.

Bruggen, viaducten, tunnels en onderdoorgangen andere overheden en ProRail

Bij provincies en gemeenten loopt de procentuele ontwikkelingen van de uitbreidingsnieuwbouw van kunstwerken tot 2050 gelijk aan de procentuele ontwikkelingen van de uitbreidingsnieuwbouw van het eigen wegennet. Als de uitbreidingsnieuwbouw van provinciale wegen met 10% jaar-op-jaar afneemt dan neemt ook de uitbreidingsnieuwbouw van kunstwerken van provincies met 10% af jaar-op-jaar. Bij ProRail is een vergelijkbare methodiek gehanteerd, maar hiervoor is de uitbreiding van het spoor als uitgangspunt genomen in plaats van de uitbreiding van wegen.

De ontwikkeling van het aantal kunstwerken in beheer bij waterschappen is minder duidelijk gerelateerd aan de ontwikkeling van de wegenvoorraad of de huishoudensontwikkeling. In dit rapport is gekozen om uit te gaan van de gemiddelde procentuele ontwikkeling van de uitbreidingsnieuwbouw van kunstwerken van de andere overheden. Dus als de uitbreidingsnieuwbouw van kunstwerken bij gemeenten, provincies en RWS met respectievelijk 2%, 4% en 9% zou toenemen dan neemt de uitbreidingsnieuwbouw bij waterschappen met 5% toe.

Sluizen

Voor RWS-sluizen is verondersteld dat het niveau van de uitbreidingsnieuwbouw naar de toekomst toe gelijk zal zijn aan het niveau in de afgelopen jaren. Er zijn tijdens dit onderzoek geen redenen naar voren gekomen waarom het niveau in 2030 of 2050 van de afgelopen jaren zou afwijken. Dit leidt tot een uitbreidingsnieuwbouw van 1 schutsluis in 2050 voor RWS. Voor de andere opdrachtgevers is de veronderstelde productie in 2030 en 2050 gelijk aan 2023 vanwege ontbrekende data of grondslagen. Voor sluizen van gemeenten is er vanuit gegaan dat de uitbreiding uitsluitend spuisluizen betreft. Voor RWS, waterschappen en provincies is de verhouding tussen schut- en spuisluizen in DISK gehanteerd, ofwel 60% schutsluis en 40% spuisluis.

Riolering

De uitbreidingsvraag van vrijvervalriolering en mechanische riolering is gerelateerd aan de uitbreidingsnieuwbouw van woningen. Er zal namelijk voor woningen op nieuwe locaties nieuwe riolering moeten worden aangelegd. Indien de uitbreidingsnieuwbouw van woningen met 1% zou dalen dan is er verondersteld dat ook de uitbreidingsnieuwbouw van riolering met 1% zal afnemen. De uitbreidingsvraag van transport- en persleidingen is gekoppeld aan een langjarig gemiddelde ten opzichte van de voorraad.

Waterkeringen

Naar verwachting zal het aantal dijken in Nederland in 2030 en 2050 niet toenemen. De aanleg van nieuwe dijken is in de afgelopen jaren relatief beperkt geweest en er is geen reden om aan te nemen dat dit in 2030 en 2050 anders zal zijn.

Oeverbeschoeiingen en damwanden

Uit data voor 2023 blijkt dat er geen aanleg van stalen, betonnen en houten damwanden heeft plaatsgevonden, uitsluitend sloop. De uitbreiding betreft uitsluitend natuurvriendelijke oevers, waarbij is aangenomen dat dit geen materiaalvraag tot gevolg heeft. Er is vanuit gegaan dat ook na 2023 geen uitbreiding van damwanden van genoemde materialen plaatsvindt. Van overige opdrachtgevers is geen informatie bekend en is aangenomen dat hier ook geen uitbreiding plaatsvindt. Dit leidt tot een onderschatting in de data.

Gemalen

De uitbreidingsvraag van rioolgemalen is gerelateerd aan de uitbreidingsnieuwbouw van vrijvervalriolering. Indien de uitbreidingsnieuwbouw van vrijvervalriolering met 1% zou dalen dan is er verondersteld dat ook de uitbreidingsnieuwbouw van rioolgemalen met 1% zal dalen. Hiermee wordt impliciet verondersteld dat in de toekomst evenveel nieuwe rioolgemalen per kilometer riolering worden aangelegd als in 2023.

Voor oppervlaktegemalen is de toekomstige ontwikkeling onzekerder. De afgelopen jaren schommelde de uitbreidingsnieuwbouw tussen 10 en 14. Gezien de lichte stijging in de afgelopen jaren is aangenomen dat in 2030 15 oppervlaktegemalen worden bijgebouwd, waarna de uitbreidingsnieuwbouw weer daalt naar 14 in 2050.

Spoor

De afgelopen jaren heeft geen uitbreiding van het spoornet plaatsgevonden; tussen 2019 en 2023 is de totale spoorlengte juist met 95 km afgenomen. De belangrijkste determinant voor de uitbreidingsvraag van het spoor is het gebruik van het openbaar vervoer. In het rapport 'Mobiliteitsbeeld 2023' van KiM[48] neemt het aantal reizigerskilometers in het basis-scenario met 2% af in 2028 ten opzichte van 2019. In deze studie wordt verondersteld dat er tot en met 2030 vrijwel geen groei van het spoornet zal plaatsvinden. Desalniettemin hebben nieuwe woningen nieuwe voorzieningen nodig, waardoor voor 2030 wordt uitgegaan van een beperkte groei van 4 kilometer.

Voor de periode tot 2050 is verondersteld dat de uitbreidingsnieuwbouw van het spoor met een vertraging van 10 jaar de procentuele ontwikkeling van de uitbreidingsnieuwbouw van woningen volgt aangezien voorzieningen vaak enigszins achterlopen op nieuwbouw. Gezien de relatief grote uitbreiding in de periode 2025 tot 2035, leidt dit tot een grotere uitbreiding na 2035 dan in de voorgaande jaren (ongeveer 7 km in 2050).

Elektriciteitskabels, gasleidingen en telecomkabels

Uitbreiding van laag- en middenspanningskabels is gebaseerd op het scenario 'nationaal' in het rapport 'Integrale infrastructuurverkenning' van Netbeheer Nederland[49]. Hierbij is rekening gehouden met de omvang van de opgave, waarbij een langere spreiding is verondersteld dan Netbeheer Nederland rapporteert. Hierbij is ook gebruik gemaakt van de

[48] Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2023), Mobiliteitsbeeld 2023. Den Haag
[49] Netbeheer Nederland (2023), Integrale infrastructuurverkenning 2030-2050.

raming 'Verwachtingen bouwproductie' van het EIB[50]: vanwege arbeidscapaciteitsuitdagingen en de complexiteit van de opgave wordt verondersteld dat de uitbreiding van het elektriciteitsnet meer tijd in beslag zal nemen dan verwacht. Voor hoogspannings- en extra hoogspanningskabels is de gemiddelde uitbreiding van laag- en middenspanningskabels gehanteerd ten opzichte van het areaal.

Aardgasleidingen worden naar verwachting niet meer uitgebreid in 2030 en 2050. De uitbreiding van telecomkabels (glasvezel) is gerelateerd aan de uitbreiding van woningen, conform de aanpak van NIBE in de studie 'infrastructuur binnen planetaire grenzen', waarbij een areaal per woning is berekend door het areaal te delen door het aantal woningen en te vermenigvuldigen met de uitbreidingsnieuwbouw.

Drinkwater en warmtenetten

De uitbreiding van waterleidingen is op dezelfde wijze tot stand gekomen als bij telecomkabels. De uitbreiding van warmtenetten is gekoppeld aan het aantal nieuwbouwwoningen dat naar verwachting een warmtenetaansluiting zal krijgen in het middenscenario van de B&U-studie. Hierbij is uitgegaan van 15 meter distributieleiding per aansluiting en 3 meter transportleiding.

2.2 Vervangende nieuwbouw

De methodiek voor het berekenen van de vervangende nieuwbouw in 2030 en 2050 verschilt niet erg sterk met de methodiek die is gehanteerd voor het basisjaar 2023. Voor de meeste assets vormen de leeftijdsverdeling van de voorraad en de sloopfracties (gebaseerd op de geschatte levensduur) de basis. Onderstaand wordt de methodiek naar type asset verder toegelicht.

Wegen en verhardingen

De vervanging van rijkswegen in 2030 en 2050 is op gelijke wijze berekend als voor 2023.

Voor asfaltwegen van gemeenten en provinciale wegen neemt de vervangingsnieuwbouw in 2030 en 2050 toe ten opzichte van 2023. In belangrijke mate komt dit doordat de voorraad wegen toeneemt. Een andere belangrijke invloed is het veronderstelde vervangingspercentage van de voorraad. In de prognose naar 2050 wordt de levensduur van AC Bin/base aangehouden (45 jaar), waardoor het vervangingspercentage uitkomt op 2,25% per jaar in 2050.

Ook voor klinkerwegen neemt de vervangingsnieuwbouw richting 2030 en 2050 toe door een toename van de voorraad en een hoger vervangingspercentage. Voor betonklinkers is verondersteld dat in 2050 een dertigste van de oppervlakte van de betonnen klinkerwegen herbestraat zal worden. Bij gebakken klinkerwegen is dit met 3% (1/33) wat lager, omdat de gemiddelde klinkerweg enigszins jonger is dan de gemiddelde betonklinkerweg.[51] Hierbij wordt aangenomen dat in 45% van de gevallen de fundering vervangen wordt.

De vervanging van voetpaden is verondersteld gelijk te lopen met de vervanging van asfaltwegen en klinkerwegen. Hierbij is gekozen voor een vervangingspercentage dat gelijk is aan een gewogen vervangingspercentage van asfalt en klinkerwegen. Hiervoor is dezelfde methode gehanteerd als voor 2023.

[50] EIB (2024) Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2025. Amsterdam
[51] Zie paragraaf 1.3 voor uitgangspunten van vervanging van klinkerwegen.

Civiele constructies

De vervangingsnieuwbouw van civiele constructies is in 2030 en 2050 gebaseerd op hetzelfde model als de vervangingsnieuwbouw in 2023. Het belangrijkste verschil is dat dit model ook gebruikt is voor RWS, dat de sloopfracties geüpdatet zijn en dat ook rekening is gehouden met veranderingen in de voorraad. Het updaten van de sloopfracties heeft te maken met het feit dat de kans dat een civiel kunstwerk gesloopt wordt, toeneemt naarmate het ouder wordt. In het model is dit aangepast door de sloopfracties één tijdvak te laten opschuiven in 2030 en twee tijdvakken te laten opschuiven in 2050.[52]

Riolering

De vervanging van riolering in 2030 en 2050 is gebaseerd op de vervangingsopgave zoals deze is gepresenteerd in het rapport 'Monitor gemeentelijke watertaken 2024' van Rioned. In 2023 betrof 45% vervanging, 30% renovatie en 25% verbetering (splitsing). In 2030 en 2050 wordt verondersteld dat vervanging en renovatie steeds met 2,5% toenemen ten koste van verbetering. De vervanging van transport- en persleidingen is berekend naar rato van de vervanging van vrijvervalriolering.

Waterkeringen

Voor de versterking van primaire waterkeringen is aangesloten bij de opgave om tot 2050 in totaal 1.360 kilometer te versterken, hetgeen een gemiddeld tempo van 54 kilometer per jaar vereist[53]. De voortgang blijft echter achter bij dit benodigde tempo: in de periode 2017–2024 is gemiddeld 33 kilometer per jaar versterkt. In de huidige programmering tot en met 2034 wordt uitgegaan van een versnelling naar gemiddeld 72 kilometer per jaar. Om deze reden is verondersteld dat in 2030 72 kilometer, en in 2050 54 kilometer primaire waterkering versterkt zal worden. Voor regionale/overige waterkeringen is verondersteld dat de opgave naar verhouding ongeveer even groot is als bij primaire waterkeringen. Net als bij primaire waterkeringen is verondersteld dat in 2030 2,10% (72/3436) en in 2050 1,57% (54/3436) van de voorraad aan regionale/overige waterkeringen versterkt zal worden. Dit leidt mogelijk tot een overschatting van de opgave, maar openbare informatie hierover ontbreekt.

Oeverbeschoeiingen en damwanden

De vervanging van damwanden en oeverbeschoeiingen is berekend op basis van levensduren gelijk aan 2023. Aangezien geen informatie bekend is over sloop van damwanden en beschoeiingen in de tijd, is deze sloop buiten beschouwing gelaten.

Gemalen

Voor rioolgemalen is dezelfde methodiek als bij civiele constructies verondersteld voor 2023. Voor oppervlaktegemalen is verondersteld dat deze ontwikkeling gelijk loopt met rioolgemalen. Doordat de gemiddelde leeftijd van oppervlaktegemalen hoger is dan rioolgemalen is de kans wel aanwezig dat de vervanging bij oppervlaktegemalen overschat wordt.

---

[52] Het aantal sluizen van RWS is volgens DISK 210 en volgens de BGT 740. Het is onduidelijk wie de beheerders zijn van de 530 overige sluizen. Het is daarbij ook onduidelijk wat voor objecten dit exact zijn. Als gevolg is het mogelijk dat het aantal vervangen sluizen wordt onderschat, aangezien de sluizen niet zijn toebedeeld aan andere opdrachtgevers..

[53] Kamerstuk 32 698, nr. 90

Spoor

Voor de vervangingsnieuwbouw van ProRail is uitgegaan van de leeftijdsopbouw van de spoorstaven van ProRail. Het is echter niet bekend wat de leeftijd was van de spoorstaven die vervangen zijn. Op basis van de huidige leeftijdsverdeling van het spoor, de hoeveelheid spoor die in 2023 is vervangen en figuur 20 uit het rapport 'Methode voor toerekening van kosten aan het minimumtoegangspakket 2017 ProRail' is ingeschat dat treinspoor gemiddeld bijna 40 jaar meegaat. Op basis hiervan zijn sloopfracties geschat om de vervangingsopgaven in 2030 en 2050 in te schatten. De vervangingsopgave van ProRail is vervolgens met dezelfde methode ingeschat als civiele constructies. Hierbij moet aangetekend worden dat de sloopfracties meer onzekerheid kennen bij het spoor.

Voor tram en metro is de leeftijdsverdeling van de voorraad sporen niet bekend. Wat wel bekend is, is dat spoor van tram en metro relatief wat nieuwer is dan dat van treinen en dat de levensduur hiervan wordt ingeschat op 30 jaar volgens de profielen die zijn ontvangen. In 2023 was minder vervangen dan alleen op basis van levensduur en gelijke verdeling van de voorraad verwacht zou worden (dus minder dan 1/30 van de voorraad). Dit komt doordat in de afgelopen decennia de voorraad relatief sterk is toegenomen, waardoor een groot deel van de voorraad nog niet aan het einde van de levensduur zit. Richting 2030 en 2050 zal een relatief groter deel van de voorraad vervangen moeten worden, al zal dit naar verwachting alsnog minder zijn dan bij een evenredige verdeling van de voorraad. Aangenomen is dat in 2030 1/30 van de voorraad minus 15% vervangen wordt en dat dit stijgt naar 1/30 van de voorraad in 2050 minus 10%.

Elektriciteitskabels, gasleidingen en telecomkabels

De vervanging van elektriciteitskabels is gebaseerd op levensduren uit het rapport 'Infrastructuur binnen planetaire grenzen' van NIBE. Dit komt neer op vervanging van 2,5% van de voorraad per jaar voor alle kabels. Vanwege vervanging van aardgas door andere warmtebronnen, wordt vervanging van gasleidingen afgeschaald. Er wordt vanuit gegaan dat in 2030 60% van het niveau van vervanging van het niveau van 2023 wordt gehaald en er in 2050 geen gasleiding meer wordt vervangen. Voor glasvezelkabels geldt op basis van expertgesprekken dat deze vanwege de jonge leeftijd niet worden vervangen tot 2050.

Drinkwater en warmtenetten

Waterleidingen worden op dezelfde wijze vervangen als beschreven voor 2023. Hierbij worden gietijzeren en asbestcementleidingen vervangen door PVC leidingen volgens de trend die zichtbaar is in rapportages van VEWIN, waarbij asbestcementleidingen volledig worden uitgefaseerd richting 2050 en PVC- en gietijzerleidingen eens in de 75 jaar worden vervangen. Warmtenetten worden door de jonge leeftijd niet vervangen.

2.3 Renovatie en groot onderhoud

Wegen

Bij wegen zijn drie onderdelen meegenomen die onder groot onderhoud vallen: deklagen, markering en verlichting. Net als voor 2023 is uitgegaan dat het aandeel van de wegen waarvan de deklaag en markering vervangen wordt, gelijk is aan 1 / levensduur van de deklaag. Bij verlichting zijn dezelfde aannames gehanteerd met betrekking tot het aandeel wegen dat verlicht is en aangaande de levensduur van verlichting (40 jaar) als bij de berekening voor 2023. Voor alle drie de onderdelen geldt dat de productie dus alleen stijgt doordat de voorraad wegen toeneemt, waardoor ook de renovatiebehoefte toeneemt.

Civiele constructies

De renovatie van civiele constructies (bruggen, viaducten en sluizen) is in 2030 en 2050 gebaseerd op hetzelfde model als de productie in 2023, wat een combinatie van sloopfracties van taludbekleding en de leeftijdsverdeling van de voorraad impliceert. Net als bij vervangende nieuwbouw schuiven de sloopfracties van taludbekleding een tijdvak op. De voorraadontwikkeling die is gehanteerd voor het groot onderhoud van civiele constructies in 2030 en 2050 is dezelfde als die gebruikt is voor de berekeningen voor de vervangende nieuwbouw.

Spoor

Voor zowel het spoor van ProRail als het spoor van de vier lokale vervoersbedrijven is het vervangen van ballast meegenomen als groot onderhoud. Voor 2030 en 2050 is een vergelijkbare hoeveel ballast per kilometer spoor in de voorraad aangehouden als in 2023. Hiermee is verondersteld dat de hoeveelheid ballast alleen beïnvloed wordt door de voorraadontwikkeling.

Gemalen

Het belangrijkste onderdeel dat bij reconstructie van gemalen vervangen wordt, zijn de pompen. Daarnaast worden bij rioolgemalen ook plaatafsluiters en bij oppervlaktegemalen ook het hekwerk vervangen. De reconstructie van rioolgemalen is in 2030 en 2050 gebaseerd op hetzelfde model als de renovatieproductie in 2023, wat een combinatie is van sloopfracties van pompen en plaatafsluiters en de leeftijdsverdeling van de voorraad.

Van oppervlaktegemalen is de leeftijdsverdeling niet bekend. De gemiddelde leeftijd van oppervlaktegemalen is wel hoger dan die van rioolgemalen, aangezien oppervlaktegemalen al gebouwd werden voordat het grootste deel van het riool is aangelegd. Aangenomen is dat het aantal oppervlaktegemalen met een renovatie gelijk is aan 1/50 van de voorraad.

Zandsuppletie en vaargeulonderhoud

Voor zandsuppletie tot 2030 is aangesloten bij strategie B uit het rapport 'Kustgenese 2.0: kennis voor een veilige kust' van Rijkswaterstaat[54]. In deze strategie wordt tot 2032 een jaarlijkse zandsuppletie van 11 miljoen m^3 verondersteld, maar recente cijfers van RWS (MARS) tonen aan dat deze hoeveelheid in 2023 aanmerkelijk hoger lag (16 miljoen m^3). Voor de periode na 2032 is het onzekerder hoeveel zandsuppletie er per jaar nodig zal zijn. Dit is mede afhankelijk van de zeespiegelstijging. In het hiervoor genoemde rapport is uitgegaan van vier scenario's tot 2100. Bij een zeespiegelstijging van 2 mm per jaar zou een suppletievolume van 12,4 miljoen m^3 per jaar tot 2100 voldoende zijn om aan de sedimentbehoefte te voldoen, terwijl bij een zeespiegelstijging van 8 mm per jaar 35,5 miljoen m^3 per jaar tot 2100 nodig zou zijn. Op basis van deze kengetallen en het feit dat strategie B uitgaat van een suppletievolume lager dan de sedimentbehoefte is het suppletievolume in 2050 ingeschat op 15 miljoen m^3, ofwel 25.500 kton, overeenkomstig de studie is uitgevoerd voor 2019. Hiermee wordt uitgegaan van een iets hogere zeespiegelstijging dan 2 mm per jaar. Deze aanname is echter zeer onzeker en sterk afhankelijk van de feitelijke zeespiegelstijging en feitelijke sedimentbehoefte.

Het vaargeulonderhoud is niet per se afhankelijk van constructieve ontwikkelingen. Bovendien blijkt uit gesprekken met RWS dat het volume vaargeulonderhoud elk jaar aanzienlijk kan verschillen. Om deze reden is er niet voor gekozen om de hoeveelheid vaargeulonderhoud bij RWS en waterschappen hierop te baseren, maar is gerekend met het

[54] Rijkswaterstaat (2020), Kustgenese 2.0: kennis voor een veilige kust. Utrecht

gemiddelde niveau in de periode 2020-2024. Dit niveau is aangehouden voor zowel 2030 als 2050. Voor het zout vaargeulonderhoud door overige partijen is alleen het niveau in 2023 bekend. Voor 2030 en 2050 is aangenomen dat dit gelijk blijft aan het niveau in 2023. Deze aannames zijn enigszins arbitrair, maar hebben geen significante gevolgen voor de uitkomst.

Hoofdstuk 3: Profielen

Er zijn profielen (modelmatige benaderingen) opgesteld om de genoemde GWW-assets die in de praktijk worden gebouwd, onderhouden en gesloopt zo accuraat mogelijk te representeren. Deze profielen bevatten informatie over de omvang, materiaaltypen, materiaalvolumes en de bijkomende waarden voor de MKI en ingebedde CO_2-emissies van de verschillende assets en gebouwen. Met deze profielen zijn de in areaalcijfers (GWW) omgezet in materiaalvoorraden en zijn de productiecijfers voor nieuwbouw, sloop en groot onderhoud of herstel en verbouw (B&U en GWW) omgezet in de materiaalstromen, MKI en ingebedde CO_2- emissies.

Bronnen van profielen

De profielen zijn afkomstig uit verschillende bronnen. Voor de bruggen (met uitzondering van beweegbare bruggen), het spoor, tunnels, viaducten (met uitzondering van semi-directe verbindingswegen) en wegen (met uitzondering van N-wegen) is gebruikgemaakt van de Dubocalc Objectenbibliotheek. Hierin zijn voor objecten binnen GWW-projecten standaardprofielen opgesteld. Voor de beweegbare brug, sluis, viaduct van een semi-directe verbindingsweg, betontegels en de N-weg is gebruikgemaakt van profielen die zijn opgesteld door Provincie Noord-Holland. Deze profielen zijn representatief voor het areaal van de provincie en zijn, in het geval van het viaduct en de N-weg, gebaseerd op de profielen uit de objectenbibliotheek. Daarnaast is gebruikgemaakt van informatie over materiaalgebruik bij waterschapsassets, verzameld in een opdracht voor STOWA.[55] Op basis van deze informatie zijn in Dubocalc profielen opgesteld voor gemalen, kustverdediging en riolering. Tot slot zijn de profielen voor verhardingen van gebakken- en betonklinkers opgesteld op basis van deskresearch naar gemiddelde typen bestratingen binnen gemeentelijke niet-asfaltverhardingen. Waar nodig zijn, op basis van gesprekken met experts, deskresearch en praktijkinzichten in de assets, aanpassingen aan de beschreven profielen gemaakt. Deze aanpassingen worden hieronder kort toegelicht.

Sluizen

Voor sluizen is een schutsluis met hefdeuren gehanteerd, die is opgesteld door de provincie Noord-Holland. Voor de spuisluizen is een poldergemaal als proxy gehanteerd.

Spoorballast

Bij spoorwegen is nu nog aangenomen dat spoorballast en porfier volledig wordt vervangen. Er zijn echter aanwijzingen vanuit de interviews dat het ook kan gaan om aanbrengen i.p.v. vervangen, waarmee de hoeveelheid vrijkomende ballast mogelijk overschat is, evenals de hoeveelheid gevraagde ballast.

Kunstwerken

Er zijn bij verscheidene kunstwerken aanpassingen gemaakt ten opzichte van de studie uit 2019 op basis van de studie van Nebest en EIB, zie onderstaande tabel:[56]

Profiel	Geschaalde objecten dubocalc gehanteerd in 2019 oppervlakte in m2	Gewicht (kt)	Uitsnede kunstwerken studie Nebest / EIB oppervlakte in m2	Gewicht (kt)	Verschil in gewicht met profiel gehanteerd in 2019
Betonnen brug	1040	3	930	2,7	-10%
Onderdoorgang	469	18	465	2	-89%
Stalen brug	2040	3	1.545	3,1	3%
Tunnel (RWS en ProRail)	18.400	140	43.216	467	234%
Viaduct	4294	55	855	36,8	-33%

[55] Circulair assetmanagement (2022). STOWA. https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202022/STOWA%202022-19A%20Circulair%20assetmanagement%20hoofdrapport%20def.pdf
[56] Uitsnede nulmeting materiaalstromen RWS, 2023. Nebest en EIB.

De aanpassingen zijn gedaan op basis van een analyse van objecten voorkomend in DISK. Dit in tegenstelling tot de methode die gehanteerd was in 2019, waarbij de lengte van een kunstwerk die representatief werd geacht, is aangehouden. Bij de analyses zijn uitschieters uit de data van DISK gehaald om vervolgens een gemiddelde te nemen over de oppervlaktes.

Tunnels
Bij de tunnels zijn uitschieters niet uit de data verwijderd vanwege de beperkte dataset (28 tunnels). Het berekende gewicht per tunnel valt hoger uit dan in de vorige studie, omdat de tunnels gemiddeld langer blijken te zijn dan destijds werd aangenomen. Omdat tunnels sterk in lengte variëren, maar in de huidige methodiek op basis van aantallen (stuks) worden geraamd, is de geschatte materiaalstroom zeer gevoelig voor de gekozen referentietunnel. Voor toekomstige studies is het aan te bevelen om te verkennen of tunnels op basis van lengte (kilometers) geraamd kunnen worden.

Onderdoorgangen
De onderdoorgangen bleken aanmerkelijk kleiner, vermoedelijk vanwege het hanteren van een te zwaar profiel in de vorige studie.

Civiele kunstwerken Prorail

Voor tunnels, viaducten en bruggen van Prorail zijn verscheidene profielen uit de Objectenbibliotheek gebruikt (bv een tunnel met een lengte 847m)[57], maar is het wegdek verwijderd. In lijn met het voorgaande punt over het wegdek op civiele kunstwerken is er geen spoor toegevoegd aan deze werken, omdat de aangelegde of vervangen lengte van dit spoor al in de productiecijfers voor het spoor zijn opgenomen.

Schaling van kunstwerken

Voor zowel bruggen als tunnels is een set representatieve referentieprofielen opgesteld, waarbij het toegepaste profiel afhankelijk is van het type kunstwerk (materiaalsoort, beweegbaar of vast, viaduct of tunnel) en van de eigenaar (RWS, ProRail, provincies, gemeenten en waterschappen). Door deze systematiek kunnen verschillen in omvang en functie van kunstwerken tussen beheerders op een consistente wijze worden meegenomen in de MKI-berekeningen.

Vaste bruggen

Vaste bruggen zijn onderverdeeld in betonnen, stalen en houten bruggen. Voor iedere materiaalsoort wordt per eigenaar een representatief profiel toegepast:

Betonnen bruggen
- RWS en ProRail: grote verkeersbruggen met 2×3 rijbanen en een overspanning van 40 meter.
- Provincies, gemeenten en waterschappen: middelgrote bruggen met 2×2 rijbanen en een overspanning van 19 meter.

Stalen bruggen
- RWS, provincies, gemeenten en waterschappen: grote stalen verkeersbruggen met 2×3 rijbanen en een overspanning van 80 meter.
- ProRail: een vergelijkbare stalen spoorbrug met rails en een overspanning van 80 meter.

Houten bruggen

[57] Zie Annex A - Profielen koppeling

- Voor alle eigenaren (RWS, ProRail, provincies, gemeenten, waterschappen) wordt dezelfde representatieve houten fietsbrug gebruikt, met fietspad en een overspanning van 12 meter. Het is mogelijk dat hierdoor voor sommige kunstwerken de bruggen worden over- of onderschat. Bijvoorbeeld; een fietsbrug van Rijkswaterstaat zal over een rijksweg of rijkswater gaan. Hierdoor is de fietsbrug waarschijnlijk te klein geraamd voor degene die zijn toegewezen aan Rijkswaterstaat. Uit de uitkomsten blijkt echter dat dit een verwaarloosbare impact heeft op de eindresultaten op het aggregatieniveau waarop wij het presenteren.

Viaducten

Viaducten worden per eigenaar gedimensioneerd op basis van typische verkeerskundige functies:

- RWS en ProRail: zeer grote viaducten met 2×3 rijbanen en een overspanning van 187 meter.
- Provincies, gemeenten en waterschappen: kleinere viaducten voor semi-directe verbindingswegen, met 1 rijbaan (2 rijstroken) en een overspanning van 50 meter.

Beweegbare bruggen

Voor beweegbare bruggen wordt per eigenaar één generiek profiel toegepast, gebaseerd op een typische beweegbare verkeersbrug. Alle eigenaren (RWS, ProRail, provincies, gemeenten en waterschappen) hanteren hierbij dezelfde representatieve constructie.

Tunnels en onderdoorgangen

Ook voor tunnels en onderdoorgangen wordt per eigenaar gewerkt met eigen referentieprofielen, afhankelijk van het gebruik (wegverkeer of spoor) en de gemiddelde schaalgrootte van het betreffende netwerk.

Wegtunnels

RWS: grote tunnels met 4 rijbanen en een lengte van 426 meter. Provincies, gemeenten en waterschappen: middelgrote tunnels met 4 rijbanen en een lengte van 195 meter.

Spoortunnels

ProRail: lange spoortunnels met spooremplacement en een totale lengte van 847 meter.

Onderdoorgangen

Voor onderdoorgangen geldt een uniform profiel voor alle beheerders: RWS, ProRail, provincies, gemeenten, waterschappen: onderdoorgangen met een lengte van 71 meter.

Gebakken- en betonklinkerwegen

De profielen van Provincie Noord-Holland zijn gebruikt om de profielen van gebakken- en betonklinkerwegen op te stellen. In plaats van een funderingslaag van 500 mm ophoogzand, is uitgegaan van een funderingslaag van 250 mm ophoogzand en 250 mm menggranulaat. In plaats van betontegels in het voetpadprofiel van Provincie Noord-Holland is voor de verhardingslaag uitgegaan van betonklinkers.

Wegen

Voor sommige wegen zijn onze profielen in kilometers opgesteld terwijl de productiecijfers in m^2 zijn opgegeven. Voor deze wegen zijn de volgende omrekenfactoren gehanteerd om van m^2 terug te rekenen naar kilometers.

Fietspaden: 4m
Provinciewegen: 10m
Gemeentewegen: 6.5m
Rijkswegen: 25.4m (het profiel betreft een 2-baans (heen en weer met een middenberm) profiel van 12 meter per kant en een middenberm.

Asfaltwegen

De verzamelde profielen in 2019 voor asfaltwegen gingen uit van een totale asfaltdikte tussen 250 mm (voor fietspaden) en 320 mm (voor de overige wegen). Daarnaast werd voor alle profielen een funderingslaag van granulaten van 250 mm aangenomen. Na doorrekening van de productie voor 2019 bleken de uitkomsten te leiden tot een totale asfaltconsumptie die bijna twee keer hoger lag dan wat via de top-down-aanpak was berekend. Na consultatie met Dura Vermeer (in 2019) is destijds gekozen om aangepaste funderings- en asfaltdiktes toe te passen:

Rijkswegen
Deklaag: 50 mm
Tussen- en onderlaag: 160 mm
Funderingslaag (menggranulaat): 300 mm

Provinciale wegen
Deklaag: 35 mm
Tussen- en onderlaag: 110 mm
Funderingslaag (menggranulaat): 275 mm

Gemeentelijke wegen
Deklaag: 30 mm
Tussen- en onderlaag: 100 mm
Funderingslaag (menggranulaat): 275 mm

Fietswegen
Deklaag: 30 mm
Tussen- en onderlaag: 70 mm
Funderingslaag (menggranulaat): 250 mm

Rioleringen

In het vorige rapport is uitgegaan van twee profielen: mechanische riolering (pvc ⌀250 mm) en vrijverval (75% beton ⌀300 mm incl. wapening en 75% pvc⌀ 300 mm). Wij hebben hier een aantal aanpassingen uitgevoerd. Mechanische rioleringen die verder afgelegen woningen bedienen. Deze beginnen qua dimensionering deze bij ⌀60 mm en lopen op naar ca ⌀100 mm. Een representatie gemiddelde wordt door een expert ingeschat op ⌀70mm. Persleidingen worden vaak ingezet vanaf het overdrachtspunt van gemeente naar waterschap tot aan de ingang van de riool- of afvalwaterzuiveringsinstallatie. Voor hetzelfde doel kan, afhankelijk van de situatie, ook een transportleiding ingezet worden. Deze werkt op vrijverval en moet daarom groter worden gedimensioneerd. Voor de persleiding is de ⌀250 mm pvc buis aangehouden. Een transportleiding (of transportriool) is een hoofdrioolbuis die specifiek bedoeld is om verzameld afvalwater over een langere afstand te verplaatsen. Deze hebben vaak een grotere maat. Hiervoor is een betonnen riolering van 75% ⌀500 mm beton (met wapening) en 25% ⌀500 mm pvc aangehouden. Dit kan de grootte iets onderschatten,

omdat grotere maten ook voorkomen. Voor vrijverval riolering is nu 75% beton ø300 mm (zonder wapening) en 75% pvc ø300 mm aangehouden.[58]

Geleiderails

Volgens het monitorrapport van Rijkswaterstaat[59] wordt een aanzienlijk deel van de geleiderails hergebruikt, zowel in reeds voltooide projecten als in projecten die nog in de voorbereidings- of aanbestedingsfase zijn. De mate van hergebruik wordt in het rapport op twee manieren gekwantificeerd: het aandeel dat zorgvuldig wordt gedemonteerd voor hergebruik en het aandeel dat daadwerkelijk opnieuw wordt geplaatst. In de projecten die al zijn uitgevoerd (de realisatiefase), werd 94% van de vrijgekomen geleiderails zorgvuldig gedemonteerd. Van de totaal geplaatste geleiderails in deze fase was 63% afkomstig uit hergebruik. Voor projecten in de voorbereidings- en aanbestedingsfase is de verwachting dat 83% van de vrijkomende geleiderails zorgvuldig gedemonteerd zal worden. De verwachting is dat alle geleiderails die geschikt zijn voor hergebruik, ook daadwerkelijk opnieuw geplaatst zullen worden.

Bij de vervangingen is voor de geleiderails aangenomen dat zij volledig worden vervangen. Hierdoor zal de uitstroom van geleiderails een overschatting zijn. Voor de bestemming berekeningen is uitgegaan van 30% recycling en 70% herbestemming.

Telecomkabels

In Nederland worden hoofdzakelijk twee technieken gebruikt: coaxiale bekabeling en glasvezel. Wij zijn voor telecomkabels uitgegaan van een standaard glasvezelkabel met epoxy.[60] De glasvezel komt vanuit een "Point of Presence" (PoP)-huisje, waar licht op de vezel wordt gezet. Waar tien transformatorhuisjes staan, staan ongeveer twee POP-huisjes. Gemiddeld staat er elke 800 meter of per 500 woningen een POP-huisje.[61] Dit deel van de infrastructuur is niet meegenomen, waardoor de impact van telecom onderschat zal worden.

Warmtenetten

Warmtenetten worden op veel verschillende manieren gerealiseerd. Transportleidingen zijn voornamelijk staal met een PUR-coating (polyurethaanschuim isolatie) en een buitenlaag van PE (polyethyleen). Deze bevatten ook detectiedraden voor integriteitscontroles. Kleinschalige warmtenetten zijn vaak PEX-leidingen (vernet polyethyleen). Grote transportleidingen (bijv. vanuit havengebieden) kunnen zeer groot zijn, rond de 800 mm, maar dit komt slechts incidenteel voor. Deze leidingen zijn ook moeilijker te ramen. Netwerkleidingen/takken hebben kleinere diameters, zoals 4 inch (DN100), 6 inch (DN150) en soms 80 mm. Voor de hoofdleiding hebben wij in overleg met een sector expert gekozen voor een Staal-PUR-PE DN 600 leiding en voor het hoofdnetwerk een Staal-PUR-PE DN 250 voor het distributienetwerk.[62] Dit kan een overschatting van de hoeveelheid staal resulteren omdat een deel van de leidingen ook in polyethyleen zal zijn gerealiseerd.

Elektrakabels

Elektrakabels zijn gebaseerd op NMD Categorie 3 profielen.[63] Er wordt een verdeling gemaakt tussen hoog-, midden-, en laagspanningskabels. Tevens wordt uitgegaan dat 80% wordt

---

[58] Deze afmetingen zijn overlegd in een interview met een expert van Rioned.
[59] https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@280598/hergebruik-geleiderails-monitorrapport/
[60] Op basis van de NMD productkaart
[61] Interview expert aanleg telecomkabels.
[62] Deze afmetingen zijn overlegd met een expert van Voskuil.
[63] NMD rapport kabelwerken. https://milieudatabase.nl/nl/rapporten-tool/report/21/

gerealiseerd in aluminium en 20% in koper op basis van de expert interviews uitgevoerd door Nibe.[64]

Gasleidingen

Stalen leidingen worden ingezet waar de druk het hoogst is en de transportvolumes het grootst zijn. Toepassing is vrijwel uitsluitend voor het landelijke hoofdtransportnet (hogedruknet). Dit netwerk, beheerd door Gasunie, transporteert aardgas van de bron naar verschillende regio's in Nederland. Het Nederlandse deel van dit stalen hogedruknetwerk beheerd door de Gasunie heeft een lengte van ongeveer 17.000 kilometer.[65] Het distributienetwerk wordt beheerd door de zes regionale netbeheerders en betreft ca 124.942 kilometer. Daarom gaan wij uit van een verdeling van 88% HDPE en 12% Stalen leidingen.

Oeverbescherming

Voor houten oeverbeschoeiingen is een houten oeverbeschoeiingprofiel met een houten schot van 1m genomen (naaldhouten schot van 0,6m + met hardhouten bovenste deel van 0,4 m + hardhouten palen van 80x80 met een lengte van 3m, hoh 5m).[66]

Damwanden

Voor de verdeling van houten damwanden zijn de volgende verdelingen aangenomen: hardhout: 15%, naaldhout: 30%, tropisch hardhout: 55% op basis van een artikel van Probos uit 2020.[67]

Damwanden planklengtes
Er zijn geen bronnen beschikbaar die de gemiddelde planklengtes voor damwanden bijhouden. Om tot de planklengtes te komen zijn verschillende projecten, websites van leveranciers en referentiestukken bekeken. Daar komt het volgende uit:

Gemeenten - gemeenten beheren de "fijnmazige" infrastructuur in steden en dorpen. De keerhoogtes zijn beperkt (tussen 1,5-3 meter), dus de planklengtes zijn relatief kort. Technisch gezien spreek je bij planken van 3,5 meter meestal over beschoeiing of een zeer lichte damwand, al worden deze vaak gewoon als damwanden aangeboden.[68] We zijn ervan uitgegaan dat het staal en beton wordt toegepast bij diepere grachten, kades voor rondvaartboten, en bij de aanleg van ondergrondse parkeergarages. Dit zijn zwaardere constructies dan de standaard houten damwanden.[69]

Waterschappen - Waterschappen zijn verantwoordelijk voor regionale waterkeringen en oppervlaktewater. De schaal is groter dan die van gemeenten. Hout wordt voornamelijk voor damwanden polderwatergangen gebruikt. Hiervoor is 6 meter (vaak van Azobe) de praktische limiet. Deze lengtes zijn ook gebruikt voor RWS en provincie damwanden De belasting is vaak hoger dan in een stadspark, wat een grotere lengte vereist. Staal wordt massaal ingezet voor het versterken van kanaaloevers, dijkverbeteringen en rondom gemalen en stuwen. De

---

[64] Nibe. (2024). *Infrastructuur binnen planetaire grenzen: Methodologie voor het kwantificeren van de milieu-impact van de Nederlandse infrastructuursector en het verkennen van transitiepaden.* https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2024/06/infrastructuur-binnen-planetaire-grenzen-methodologie-rapport.pdf
[65] https://www.gasunie.nl/gasinfrastructuur/blog-247-energie/gasleidingen-onder-de-grond-wat-ligt-waar
[66] Ongetoetst LCA rapport voor beschoeiingselement van hout https://milieudatabase.nl/media/filer_public/0a/f2/0af2b090-c11b-4a1f-9164-e95d2f99b850/h47_kleine_kunstwerken_-_beschoeiing_hout_palen_-_v11.pdf
[67] https://www.probos.nl/images/pdf/bosberichten/bosenhoutberichten2000-09.pdf
[68] Zie bijvoorbeeld: https://www.houtjansok.nl/beschoeiing/hardhouten-damwand-50-mm-tlv-hoogte-350-cm-azobe-okan-veer-groef-1
[69] Voor algemene grondkeringen of lichte stedelijke kades zijn inheidieptes van 6.0 m tot 15.0 m gebruikelijk. Prefab betonnen keringen in deze klasse zijn typisch 8.0 m tot 18.0 m lang.

constructies moeten aanzienlijke grond- en waterdruk weerstaan. Beton wordt vooral gebruikt voor de meest kritieke en duurzame objecten, zoals uitstroomvoorzieningen, stuwen en sluizencomplexen, waar de belasting en eisen het hoogst zijn.

Rijkswaterstaat (RWS) - RWS beheert de grotere nationale infrastructuur. Staal is een dominant materiaal voor de diepste bouwkuipen (tunnels, aquaducten), oeververdediging van grote rivieren en kanalen (Amsterdam-Rijnkanaal), en voor de aanleg van sluizen en kades in de mainports. De planklengtes zijn hier het grootst. Beton wordt vaak toegepast voor definitieve, zware kadeconstructies en objecten in de grote waterwegen die een zeer lange, onderhoudsvrije levensduur vereisen. De schaal is vergelijkbaar met de stalen toepassingen.

Provincies - Provincies beheren de infrastructuur die qua schaal tussen de gemeenten/waterschappen en RWS in zit, zoals provinciale wegen (N-wegen) en kanalen. De planklengtes weerspiegelen deze tussenschaal. De damwanden langs provinciale kanalen zijn doorgaans zwaarder dan die van een waterschap, maar lichter dan die langs de grote rivieren van RWS.

De onderstaande tabel is vrij gebaseerd op de bovenstaande tekst. De waardes van planklengtes (in m) zijn gebruikt voor de berekeningen.

Eigenaar	Hout	Staal	Beton
Gemeenten	3.5	10	10
Waterschappen	6	14	14
Provincies	6	14	14
Rijkswaterstaat	6	22	22

Zoet en zoutwater - vaargeulonderhoud

In 2022 heeft TNO een studie uitgevoerd over de CO_2-impact van kustlijnzorg, op basis van brandstofgebruik van schepen. Hiervoor is data gebruikt van de vloot om in te schatten wat de uitstoot is van de schepen die baggeren in Nederland.[70]

Uit de studie Bepaling milieu-impact Kustlijnzorg-projecten blijkt hoeveel brandstof wordt verbruikt bij Nederlandse kustlijnzorgprojecten.[71] Op basis daarvan is het gemiddelde brandstofverbruik per kubieke meter (m^3) gebaggerd materiaal berekend. Dit gemiddelde is vervolgens gebruikt om het totale jaarlijkse brandstofverbruik en de bijbehorende jaarlijkse CO_2-uitstoot te bepalen.[72] In de berekening zit een bandbreedte omdat het brandstofverbruik per kuub kan verschillen tussen de verschillende werken die worden uitgevoerd. Tevens geeft TNO aan dat het in deze berekeningen van de kustlijnzorg onduidelijk is of het verbruik van boosterstations zit inbegrepen.

Miljoen m^3 verwerkt materiaal en totale uitstoot van de vloot volgens TNO.[73] Dit volume is gebaseerd op een gemiddeld jaar volgens het rapport.

Activiteit	Miljoen m^3	Best case Mton CO_2	Worst case Mton CO_2

[70] https://publications.tno.nl/publication/34639700/fXFdUM/TNO-2022-R11048.pdf
[71] https://publications.tno.nl/publication/34639700/fXFdUM/TNO-2022-R11048.pdf
[72] https://publications.tno.nl/publication/34639700/fXFdUM/TNO-2022-R11048.pdf
[73] https://publications.tno.nl/publication/34639700/fXFdUM/TNO-2022-R11048.pdf

Kustlijnzorg vooroever	6.6	0.01	0.03
Kustlijnzorg strand	4.4	0.01	0.03
Zoute vaargeulonderhoud	13	0.05	0.1

We delen de Mton CO_2 door de miljoen m3 om tot de kg CO_2 /m^3 te komen.[74]
Voorbeeldberekening zoute vaargeulonderhoud best case: (0.05 x 10^9) / (13 x 10^6) = 3.85 $kgCO_2/m^3$. We gebruiken een gewogen gemiddelde van de kustlijnzorg (gewogen op basis van de Mt gebaggerd) om tot de waarde van de $kgCO_2/m^3$ te komen.

In het TNO rapport is geen inschatting gemaakt voor de uitstoot van zoet vaargeulonderhoud. Een belangrijke factor in het verschil tussen zoet en zout vaargeulonderhoud is het verschil in motorefficiëntie door ouderdom van de vloot. Daarom gaan wij voor nu uit van een enigszins hogere uitstoot (12.5%) per Kt bagger voor het zoete vaargeulonderhoud. Voor de omrekening van kiloton naar m3 baggerslib rekenen wij met 1.55 ton/m3, dus ongeveer 667 m^3 per kiloton.[75]
Wij komen zo tot de eindwaarden in de onderstaande tabel. Voor de studie is het *midpoint* genomen tussen best case en worst case omdat er geen inschatting van de betrouwbaarheid van zowel de *worst-* of *best case* is gemaakt in het TNO rapport.

	Best case (kgCO2 / m3)	Worst case (kgCO2 / m3)	Midpoint (kgCO2 / m3)	
Kustlijnzorg gemiddelde	1.81	5.45	3.63	Gewogen gemiddelde strand en vooroeversuppletie
Zoute vaargeulonderhoud	3.85	7.69	5.77	Inschatting TNO
Zoete vaargeulonderhoud	4.33	8.65	6.49	Inschatting TNO met 12.5% opslag

Menggranulaat vs recyclingsgranulaat

In de studie van 2019 werd de term recyclingsgranulaat aangehouden voor de combinatie van betongranulaat en menggranulaat. Echter, omdat deze categorie >99% uit menggranulaat bevat, zullen wij voor deze studie de term menggranulaat aanhouden.

Tabel: Producten met meng- of betongranulaat. Voor dit rapport is deze categorie geclassificeerd als menggranulaat

Product	Massa (kton)	Deel van massa(%)
Funderingslaag Hydraulisch menggranulaat 250mm	4.992	63,3%

[74] Deze berekening wordt ook gehanteerd door Nibe in het rapport Infrastructuur binnen planetaire grenzen (2024) https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2024/06/infrastructuur-binnen-planetaire-grenzen-methodologie-rapport.pdf
[75] Dit is een vaak gebruikte gemiddelde dichtheid van verschillende bodemsoorten (klei, zand, baggerslib). Zie ook bijvoorbeeld: https://waddenzeehavens.nl/wp-content/uploads/2024/05/2024-05-Ecosysteemgericht-baggeren-beschibare-kennis.pdf

Funderingslaag Menggranulaat 250mm	2.837	36,0%
Betontegels 300x300x45mm grijs	44	0,6%
Betontegels 300x300x60mm grijs	7	0,1%
Betonmortel voor GWW C3545 CEM III 30% granulaat 2386 kgm3 compleet	1	0,0%
Totaal	**7.881**	**100,0%**

Hoofdstuk 4: Van productie naar materiaalstromen, MKI en CO_2

De profielen, inclusief materialisatie en gematerialiseerde productvervangingen, zijn gekoppeld aan de productie- en reconstructiecijfers om inzicht te bieden in de materiaalstromen.[76] Voor de GWW-profielen is bovendien een vermenigvuldigingsfactor toegepast bij de vertaling naar de hoeveelheid items en materialen. Deze factor beschrijft het aantal vervangingen over de levensduur van een asset. In de resultatenexport van Dubocalc wordt namelijk automatisch rekening gehouden met het aantal vervangingen binnen de levensduur van een project. Zo wordt de hoeveelheid van een item met een werkelijke levensduur van 10 jaar binnen een project met een levensduur van 100 jaar vermenigvuldigd met 10. Om inzicht te krijgen in de eenmalige materiaalconsumptie bij uitbreidingsnieuwbouw, is de totale hoeveelheid materiaal gedeeld door deze factor.

Oorsprong en verwerking van materialen

De inschatting van de mate waarin verschillende ingaande materiaalstromen in de Nederlandse B&U- en GWW-sector in 2019 een primaire, secundaire of hernieuwbare oorsprong kenden, is gedocumenteerd in de Annex C.[77] Deze aandelen zijn voor deze studie enkel geüpdatet voor de geleiderails, beton en staal Aan deze inschattingen liggen per materiaalstroom verschillende bronnen ten grondslag, waaronder publicaties, expertinterviews, rondetafelgesprekken en kengetallen.

De selectie van de gebruikte bronnen voor de belangrijkste materiaalstroome in onderstaande tabel. De gehanteerde eindwaarden staan in Annex C.

Materiaal	Bron
Aluminium	Hydro. (2021). Aluminium recycling
Baksteen	CE Delft. (2020). Hergebruik straatbakstenen & Deltares. (2009). Sediment management and the renewability of floodplain clay for structural ceramics
Beton	Gespreksverslag interview Cascade
Bitumen	Roof2Roof. (jaar onbekend). Bitumenrecycling
Cement	VVM Cement. (2019). Cementtypes
Gips	Eurogypsum. (2010). European Life Cycle Assessment on Plasterboard: European Environmental Declaration
Glas	Vlakglas recycling. (2019). Jaarverslag 2019
Grind	Gespreksverslag rondetafel grind
Hout	RUG. (2021). Duurzaam spaanplaat & Pfleiderer. (jaar onbekend). Circulaire Economie
Isolatie	Plastics Recyclers Europe. (2019). 25 Years of making Plastics Circular, Cobouw. (2010). Houtwolcementplaten
Kalkzandsteen	Calduran. (2015). Grondstoffen
Koper	Copper Alliance. (Jaar onbekend). Copper Environmental Profile

[76] Zie Annex A voor de gehanteerde profielen.
[77] Deze bijlage moet nog worden toegevoegd.

Kunststoffen	Plastics Recyclers Europe. (2019). 25 Years of making Plastics Circular
Overige metalen	Eurostat. (2021). Circular material use rate by material type
Papier	Papierrecycling Nederland. (jaar onbekend). Het PRN-systeem
Staal & ijzer	Bouwend Nederland. (2019). Handvat duurzaam materiaalgebruik voor bouw- en infrabedrijven, Gespreksverslag bouwen met staal & Gespreksverslag Tata Steel
Zand	Tauw. (2018). Verkenning naar de betekenis van circulaire economie voor de grondketen & Gespreksverslag rondetafel grond en zand

Verwerking

De verwerking van de producten die vrij komen uit sloop en vervangende nieuwbouw hebben wij de activiteiten “stort”, “verbranding”, “laten zitten”, “hergebruik”, “recycling” gehanteerd. Deze hebben wij gebaseerd op waardes uit de categorie 3 productkaarten van de NMD gebruikt,[78] of proxies wanneer er geen productkaarten voorhanden zijn.

4.1 MKI en ingebedde CO_2-emissies van GWW-profielen

Voor deze studie is dezelfde methodologie gehanteerd als de studie van 2019. De GWW-profielen bevatten inzicht in de typen en hoeveelheden items die worden toegepast binnen de GWW-assets. DuboCalc bevat daarbij gegevens over de MKI en ingebedde CO_2-emissies van deze items. De gegevens per asset zijn gecombineerd om de MKI en ingebedde CO_2-emissies voor uitbreidingsnieuwbouw te berekenen. De gegevens per item zijn vervolgens gebruikt om de MKI en ingebedde CO_2-emissies voor vervangende nieuwbouw en reconstructie/groot onderhoud te bepalen, op basis van de hoeveelheid te vervangen of aan te brengen items bij deze ingrepen. Net als bij de berekening van de materiaalstromen is bij de export van de GWW-profielen een vermenigvuldigingsfactor toegepast bij de vertaling naar de MKI en ingebedde CO_2-emissies. Deze factor beschrijft het aantal vervangingen over de levensduur van een asset. In de resultatenexport van DuboCalc wordt namelijk automatisch het aantal vervangingen binnen de levensduur van het project meegenomen. Zo wordt de hoeveelheid van een item met een werkelijke levensduur van 10 jaar binnen een project met een levensduur van 100 jaar vermenigvuldigd met 10. Om inzicht te krijgen in de eenmalige MKI en ingebedde CO_2-emissies bij het aanbrengen of vervangen van een item of asset, zijn de MKI- en CO_2-waarden gedeeld door deze factor.

Levensfasen in de MKI-berekening

Conform de studie uit de voorlopende studie die 2019 besloeg[79], zijn zowel zowel de MKI als de ingebedde CO_2-emissies de verschillende levensfasen van een product meegenomen, waaronder de productiefase (A1–A3), bouwfase (A4–A5), gebruiksfase (B) (exc. energiegebruik) en sloop- en verwerkingsfase (C en D). De impact van alle fases - gedeeld door het aantal vervangingen - zijn meegenomen voor de impact van de realisatie van de asset.

Koppeling aan productiecijfers

De MKI en ingebedde CO_2-emissies per product en per gebouw zijn vervolgens gekoppeld aan de productiecijfers voor nieuwbouw en reconstructie, om zo de totale MKI- en CO_2-

[78] Deze productkaarten zijn afkomstig uit verschillende jaren. Voor de emissiefactoren en de MKI waarden zijn altijd de laatste versies gebruikt zoals beschikbaar in oktober 2025 via dubocalc.
[79] Materiaalstromen in de bouw en infra (2023). EIB en Metabolic. https://www.eib.nl/pdf/EIB%20Metabolic%20materiaalstromen%20bouw.pdf

uitkomsten te genereren. Het resultaat betreft daarmee een gesommeerde MKI-waarde voor de totale GWW-sector.

Gebruik van Categorie 3-data uit de Nationale Milieudatabase
Voor zowel de GWW als de B&U wordt de MKI berekend door de optelsom te maken van de MKI van de toegepaste producten (of items in de GWW) die zijn opgenomen in de Nationale Milieudatabase (NMD). De producten in de NMD zijn onderverdeeld in drie categorieën: Categorie 1: Merkgebonden data van fabrikanten en toeleveranciers Categorie 2: Merkongebonden data (merkloos) van groepen van fabrikanten en/of toeleveranciers en brancheorganisaties Categorie 3: Merkongebonden data (merkloos) opgesteld door Stichting Nationale Milieudatabase Een belangrijk onderscheid tussen deze categorieën is dat categorie 3-producten openbaar beschikbare productkaarten en basisprofielen bevatten. Deze geven inzicht in de materiaalsamenstelling en -massa van producten. Categorie 1- en 2-producten bieden dit inzicht niet. Omdat het in kaart brengen van materiaalstromen een essentieel onderdeel vormt van dit onderzoek, is ervoor gekozen om uit te gaan van categorie 3-producten uit de NMD. Slechts in enkele uitzonderingsgevallen is gebruikgemaakt van categorie 2-data binnen de B&U-sector, wanneer er geen alternatieve categorie 3-producten beschikbaar waren — bijvoorbeeld voor balansventilatiesystemen en muren van gipsblokken. In deze gevallen is de materiaalsamenstelling en -massa uit andere bronnen verkregen. De keuze voor categorie 3-data maakt het mogelijk om materiaalstromen te modelleren. Daartegenover staat dat voor categorie 1- en 2-data een toetsing op representativiteit plaatsvindt, waardoor de MKI-uitkomsten voor deze categorieën waarschijnlijk representatiever zijn. Tevens wordt er voor de categorie 3 data een 30% opslag op de CO_2 en MKI gerekend. Hierdoor is het mogelijk dat de uitstoot en MKI wordt overschat. Het ontbreken van inzicht in de materiaalsamenstelling en -massa binnen categorie 1 en 2 maakt deze data echter minder toepasbaar voor dit onderzoek.

Hoofdstuk 5: Top down validatie

Beton

Volgens Betonhuis is de productie van beton in Nederland 2023 14.19 miljoen m^3. Volgens experts bij de rondetafel uit het vorige rapport van Metabolic en EIB wordt er in Nederland ongeveer net zoveel beton geïmporteerd als er wordt geëxporteerd, waardoor de productie in Nederland gelijk is aan het gebruik in Nederland. Het totaal van 14.19 miljoen m^3[80] komt uit op totaal 8.860 kton voor de GWW. Onderstaande tabel met data van Betonhuis uit 2023 geeft de toewijzing weer die gedaan is naar de GWW.

Product	Bouw (in kton)	GWW (in kton)

[80] 026-38 iO beton flyer Extern V8.pdf

Betonmortel	7.107	0	Woningbouw
	5.686	0	Utiliteitsbouw
	2.843	0	Agrarische sector
	0	1.042	GWW
	355	0	Overig
	7.107	0	Elementen
Betonproducten	0	4.738	Bestrating
	1.658	0	Heipalen
	0	1.185	Riolering en leidingen
	0	1.895	Veel aannemers gebruiken zelf geproduceerd beton voor wegen, bruggen, viaducten en funderingen, buswegen Eigen betonproductie wordt vooral ingezet bij grootschalige projecten.
Handelaren in bouwmaterialen en aannemers	24.756	8.860	
Totaal massa	33.616		
Omrekenfactor	2.369 kg/m3		
Teruggerekend naar totalen	14,19 mil. m3		

Asfalt

Voor asfalt is informatie van de European Asphalt Pavement Association (EAPA) gebruikt.[81] In het laatste rapportage waren cijfers voor 2023 voor Nederland niet beschikbaar. Het totaalgebruik voor 2023 is daarom hetzelfde als in 2022. De productie van asfalt in Nederland neemt al jaren af.

Asfaltgranulaat

Deze cijfers zijn afkomstig uit een andere rapportage van EIB: De markt voor freesasfalt in 2030. In dit onderzoek heeft het EIB ook een inschatting gemaakt van het vrijkomende en gebruikte asfaltgranulaat in 2023.[82]

Bitumen

Bitumen als grondstof voor wegen is niet apart meegenomen, omdat dit impliciet al verwerkt is in asfalt.

[81] https://eapa.org/asphalt-in-figures-2023/
[82] EIB (2022), De markt voor freesasfalt tot 2030.

Cement

Voor het gebruik van cement is gebruikgemaakt van gegevens van het Cement & Beton Centrum.[83] De gegevens van 5 miljoen ton cement zijn uit 2021, maar de trendlijn laat zien dat de hoeveelheid al sinds eind jaren '80 tussen de 4 en 6 miljoen ton schommelt. We houden dezelfde gegevens als 2021 aan. Het aandeel voor de GWW is hierbij 25%, wat leidt tot een totaal van 1.250 kton. Dit betreft cement wat in beton wordt gebruikt.

Constructiestaal

Voor wapeningsstaal en constructiestaal is hetzelfde rapport van Ketenoverleg Duurzame Metaalbouw, het platform voor overleg, samenwerking en projectuitvoering op het gebied van staal en metaal in de bouwketen gebruikt. De cijfers zijn deels gebaseerd op vorig onderzoek van Metabolic en EIB.

Grind

Grind wordt zowel in Nederland gewonnen als geïmporteerd. Winning van grind is volgens het CBS relatief beperkt met 3.6 kton terwijl import naar Nederland volgens World Integrated Trade Solution 9.176 kton is.[84] Grind en steenslag zijn inputmaterialen bij beton en asfalt en wordt als ballast bij sporen gebruikt en als halfverharding bij wegen ingezet. Voor de verhouding tussen B&U en GWW wordt dezelfde verdeling als het vorige rapport van Metabolic en EIB gebruikt, waarbij 25.1% aan de GWW toebedeeld wordt.

Gebakken klinkers

De methode voor het afleiden van gebakken klinkers wordt behandeld in het hoofdrapport.

Industriezand

Industriezand als grondstof voor beton en asfalt is niet los meegenomen, omdat dit al impliciet verwerkt zit in de top-down cijfers van beton en asfalt.

---

[83] https://cementenbeton.nl/cement-betonmarkt-in-nederland/

[84] Volgens deze bron valt onder deze import "Pebbles, gravel, shingle and flint". Onder deze definitie valt ook spoorballast, welke wij in onze andere overzichten als 'steen' hebben geclassificeerd. Daarom geven wij voor deze vergelijking zowel spoorballast en grind weer. https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2023/tradeflow/Imports/partner/WLD/product. In de praktijk zal er minder spoorballast worden geïmporteerd dan weergegeven, o.a.door het hergebruik van dit materiaal).

Hoofdstuk 6: Productie- en sloopbeeld B&U 2023

6.1 Methodiek woningbouw

Nieuwbouw

Voor de woningnieuwbouw zijn de aantallen en m^2 nieuw gebouwde meergezins- en eengezinswoningen uit de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG) gehanteerd. Bij het berekenen van de aantallen objecten bij nieuwbouw is, naast de microbestanden die veranderingen in status aangeven, ook gebruikgemaakt van nieuwe BAG-bestanden waarin voor alle objecten de status op een specifiek moment is vastgelegd. Dit heeft over de hele linie tot betere schattingen geleid, met name voor de aantallen en oppervlaktes van nieuwbouwwoningen naar type eengezinswoning. Waar de schattingen voor 2019 nog gebaseerd waren op de zeer onvolledige informatie uit WoON, is voor 2023 gebruikgemaakt van nauwkeurige en volledige BAG-informatie.

Sloop

Voor de sloop van woningen is gebruikgemaakt van de BAG. De BAG geeft de aantallen gesloopte meergezins- en eengezinswoningen en de aantallen gesloopte woningen naar verschillende bouwjaarklassen weer. Een woning is als gesloopt gekenmerkt wanneer het in de oude situatie onderdeel van de gebouwenvoorraad vormde en in de nieuwe situatie status 'object ingetrokken' had en status 'gesloopt' of 'sloopvergunning verleend'.

Naast het bouwjaar krijgt iedere waarneming in de BAG ook het aantal m^2 mee en zijn eengezins- en meergezinswoningen te onderscheiden. Om tot de sloop naar bouwjaarklasse en type bebouwing te komen, is in het BAG-overzicht naar bouwjaarklasse het aantal eengezins- en meergezinswoningen in kaart gebracht middels de variabele 'vbosperpand' (voor eengezinswoningen is deze gelijk aan 1). Dit heeft geresulteerd in een overzicht van de sloop naar bouwjaarklasse en per bouwjaarklasse het aantal en de oppervlakte eengezins- en meergezinswoningen.

Het aantal en de oppervlakte gesloopte appartementen naar bouwjaarklasse is op deze manier direct verkregen omdat dit overeenkomt met het aantal en de oppervlakte gesloopte meergezinswoningen. Wat betreft het aantal en de oppervlakte vrijstaande, twee-onder-een kap en seriële woningen is een wijziging toegepast ten opzichte van 2019. Voor de meting van 2019 is dit verkregen door de voorraadverdeling uit WoON te gebruiken. Voor de meting van 2023 was hiervoor preciezere informatie beschikbaar uit de BAG, waardoor er een verschuiving is opgetreden in de aandelen van de verschillende typen eengezinswoningen in sloop.

Herstel en verbouw

De methodiek voor de herstel en verbouw berekening is aangepast, aangezien verduurzaming in deze studie in meer detail is bekeken. De uitkomsten van deze berekeningen, en de nieuwe beschikbare bronnen van informatie over duurzaamheidsmaatregelen, hebben geleid tot andere inzichten over de verdeling van herstel en verbouw tussen corporaties en eigenaar-bewoners en particuliere verhuurders, en de verdeling van de investeringen binnen deze twee groepen tussen energetische en niet-energetische maatregelen.

Het productieniveau in euro van de herstel en verbouw is bekend. Om de materiaalstromen voortkomend uit de herstel en verbouw in kaart te kunnen brengen, is het van belang te weten welke werkzaamheden plaatsvinden wanneer herstel en verbouw wordt gepleegd. De

herstel en verbouwproductie van corporaties is als startpunt van de verdeling naar eigendom genomen omdat dit jaarlijks door AEDES wordt gepubliceerd. Uit gesprekken met corporaties, gevoerd in het kader van de meting over 2014, blijkt dat er vier typen onderhoud zijn waar aanzienlijke materiaalstromen bij vrijkomen:

- Groot planmatig onderhoud
- Grote renovaties
- Woningverbeteringen (kleine renovatiewerkzaamheden)
- Mutatieonderhoud

Een complicerende factor is dat de herstel en verbouwproductie, zoals door de nationale rekeningen gedefinieerd, geen mutatieonderhoud bevat maar wel transformaties. Vanuit het in kaart brengen van materiaalstromen bezien, dienen beide in kaart gebracht te worden. Hieronder wordt de methodiek per onderdeel en type beschreven.

Corporatiesector en transformaties
Hoe zijn de werkzaamheden voor de verschillende typen onderhoud van corporaties en transformaties in kaart gebracht?

- **Groot planmatig onderhoud**. Het volume (in euro) totaal planmatig onderhoud voor corporaties is via AEDES[85] bekend. De verdeling groot en klein planmatig onderhoud echter niet. Allereerst is daarom een onderscheid gemaakt tussen groot en klein planmatig onderhoud. Dit is gedaan omdat alleen het grote planmatige onderhoud grotere materiaalstromen tot gevolg heeft. Op basis van meerjarige onderhoudsplannen van een corporatie in 2014 zijn de vervangingswerkzaamheden gescheiden van de herstelwerkzaamheden. De vervangingswerkzaamheden met een cyclus >15 jaar zijn toegeschreven aan groot planmatig onderhoud. Werkzaamheden met een kortere cyclus betreffen namelijk bijna altijd herstelwerkzaamheden. Naast deze vervangingswerkzaamheden valt een deel van het groot planmatig onderhoud samen met grotere renovatiewerkzaamheden en kleinere verbeteringen/renovatieswerkzaamheden. Om het totale groot planmatig onderhoud in kaart te brengen, hebben wij een veronderstelling moeten doen over welk deel van kleine en grote renovaties door groot onderhoud wordt vervangen. Hier is aangenomen dat 30% van de renovatiewerkzaamheden samenvalt met groot planmatig onderhoud en dat 70% van de renovatiewerkzaamheden additioneel is. De verschillende activiteiten die tijdens groot planmatig onderhoud plaatsvinden zijn op basis van de meerjarige onderhoudsplannen in kaart gebracht (zowel in eenheid als in euro's). Deze zijn vervolgens opgehoogd naar het totale volume groot onderhoud in Nederland. Hier is waar nodig gecorrigeerd voor regionale verschillen in bouwkosten zoals bekend bij bouwkostencompas.nl.

  Bovenstaande methode is gebruikt om tot de cijfers van 2014 te komen. Om te komen tot het totale volume groot onderhoud bij corporaties in 2019 en 2023 is gebruikgemaakt van verschillende groeifactoren, waarbij is aangenomen dat vooral grootschalige verbeteringen relatief sterker zijn toegenomen sinds 2014. Door de ontwikkeling van de bouwkosten van nieuwbouwwoningen in combinatie met passend toewijzen hebben corporaties een sterkere prikkel om woningen grootschalig te renoveren in plaats van woningen te slopen en vervangen met nieuwbouw.

- **Renovaties**. Ook hier geldt dat het volume (in euro) via AEDES bekend is. Renovatiewerkzaamheden bestaan uit grote zogenaamde totaal renovaties en kleinere renovatiewerkzaamheden/woningverbeteringen. Op basis van zes renovatieprojecten van corporatiewoningen op bouwkosten.nl is in kaart gebracht

[85] https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/01/28/staat-van-de-corporatiesector-2025

welke werkzaamheden plaatsvinden wanneer groot- en kleinschalige renovaties worden uitgevoerd. De werkzaamheden zijn vervolgens opgehoogd naar het totale volume van renovaties in Nederland.

- **Mutatieonderhoud**. Zoals hiervoor aangeven vormt mutatieonderhoud geen onderdeel van de herstel en verbouwproductie. Niettemin komt bij dit type onderhoud wel materiaal vrij. Ook voor mutatieonderhoud geldt dat het volume (in euro's) via AEDES[86] bekend is. Uit gesprekken met corporaties gevoerd in het kader van de vorige materiaalstromenstudie is naar voren gekomen dat bij mutaties in het woningbestand met name het vervangen van keukens en badkamers tot materiaalstromen leidt. Niet bekend is welk aandeel keukens dan wel badkamers in mutatieonderhoud innemen en met welke frequentie beide worden vervangen. Naar aanleiding van gesprekken met corporaties is verondersteld dat keukens langer meegaan dan badkamers en hierdoor minder vaak worden vervangen (ongeveer 1,5 keer minder). Daarnaast is in 2014 aangenomen dat de helft van het mutatieonderhoud (in euro's) de vervanging van keukens en badkamers betreft. Verder is uit de zes renovatieprojecten van bouwkosten.nl de vervanging van een keuken of badkamer geschat op € 5.000 per woning. Voor 2023 is verondersteld dat het aandeel van de mutaties waarbij keukens/badkamers wordt vernieuwd hetzelfde is als in 2014. Aangezien het bouwvolume van mutaties in 2023 hoger was dan in 2019 en hoger was dan de kosten van vervanging van badkamers en keukens,, is er vanuit gegaan dat de overige stijging van het bouwvolume per woning toe te wijzen is aan meer energetische maatregelen per mutatie. Hierdoor is het aandeel in het bouwvolume van keukens en badkamers nu minder dan de helft. De overige werkzaamheden die bij mutatieonderhoud plaatsvinden, zoals kleine herstelwerkzaamheden en schilderwerk, zijn buiten beschouwing gelaten omdat hier niet de grotere materiaalstromen uit voort komen.

- **Transformaties**. Ook bij transformaties van veelal kantoren naar woningen komen materialen vrij. Voor 2023 is de getransformeerde gebruiksoppervlakte geschat op basis van de gegevens in de maatwerktabel van het CBS "Transformaties in de woningvoorraad 2023". Deze tabel geeft het aantal woningen na transformatie in 2023 naar vijf oppervlakteklassen van woningen. Voor iedere klasse is een 'gewogen gemiddelde' gegeven, op basis waarvan de totale oppervlakte is geschat. Daarnaast is bekend hoeveel van de woningen zijn ontstaan uit getransformeerde kantoren. Door aan te nemen dat ze een vergelijkbare verdeling naar oppervlakteklasse hebben als woningen uit andere types transformaties, is de getransformeerde oppervlakte van kantoren verkregen. De bruto vloeroppervlakte is verkregen door middel van een vormfactor van een appartementenblok.

In de vorige studie zijn de totale investeringen van corporaties afgeleid van verantwoordingsbestanden van corporaties (dvi). De investeringen van marktpartijen was hierbij een restpost. Met de nieuwe methodiek, waarin ook schattingen voor duurzaamheidsmaatregelen zijn opgenomen, bleek echter dat de dvi-cijfers de investeringen van corporaties waarschijnlijk te hoog weergeven, onder meer doordat hierin ook niet-bouwwerkzaamheden en delen van onderhoud zijn meegenomen. Daarom is besloten om de totale investeringen in herstel en verbouw van corporaties op ongeveer ¾ van de cijfers uit dvi te schatten, ten bate van de overige eigenaars. Hierdoor zijn de cijfers van herstel en verbouw in 2023 niet direct vergelijkbaar met die van 2019.

Particuliere sector
Het verdelen van het herstel en verbouwvolume naar de particuliere huursector en de koopsector is complex, omdat hier geen precieze cijfers van zijn. De woningvoorraad van

[86] https://aedes.nl/aedes-benchmark/benchmarkresultaten-en-publicaties

particuliere verhuurders bestaat enerzijds uit goede en grotendeels nieuwe woningen voor de vrije huur en anderzijds uit kwalitatief mindere woningen met een huur onder de liberalisatiegrens. Voor de eerste categorie zal er minder noodzaak zijn om verbeteringen in de woning aan te brengen. Voor de tweede categorie kunnen verbeteringen niet worden terugverdiend in de huurprijs en zijn daarom minder aantrekkelijk. Op basis van de totale herstel en verbouwuitgaven in 2023 in Nederland minus de uitgaven door corporaties zoals hierboven beschreven, zijn de uitgaven voor koop en particuliere huur verdeeld, waarbij de koopsector 15% meer voor haar rekening neemt. De activiteiten bij herstel en verbouw door particuliere huur zijn gebaseerd op dezelfde aannames als bij de corporatiesector.

Koopsector
Het herstel en verbouwvolume in de koopsector is bepaald door het totale herstel en verbouwvolume van de huursector inclusief transformaties van het nationale herstel en verbouwvolume af te trekken. Dit volume is vervolgens op basis van een uitgevoerde enquête van Vereniging Eigen Huis onder woningbezitters tot werkzaamheden vertaald. In de enquête is gevraagd naar de uitgevoerde verbouwingactiviteiten en de kostencategorie waar de verbouwing onder valt. De activiteiten en de bijbehorende gemiddelde kosten zijn vervolgens opgeschaald naar het nationale herstel en verbouwproductieniveau voor de koopsector.

6.2 Methodiek utiliteitsbouw

Nieuwbouw

Om de utiliteitsnieuwbouw (en sloop) in kaart te brengen, is de BAG in combinatie met CBS Statline gebruikt. Er is voor gekozen om niet alleen van de BAG uit te gaan omdat de BAG een zekere mate van vervuiling kent. Derhalve zijn ter controle de aantallen utiliteitsgebouwen per deelsector van Statline als randtotalen gehanteerd.

De nieuwbouwaantallen en oppervlakten utiliteitsbouw zijn allereerst uit de mutatiebestanden van de BAG gehaald. Dit is gebeurd door alle objecten te selecteren met een ‘niet woonfunctie’ en ‘bouwjaar 2023’ waarvoor in 2023 de pandstatus ‘0’, ‘bouwvergunning verleend’ of ‘bouw gestart’ was veranderd in ‘pand in gebruik’ of ‘pand in gebruik niet gemeten’. Vervolgens is dit nieuwbouwtotaaloverzicht naar type utiliteitsgebouw opgesplitst. Verblijfsobjecten met de functies bijeenkomst, cel, sport, logies en overig zijn als ‘overige gebouwen’ aangemerkt.

Voor het verkrijgen van de juiste nieuwbouwaantallen en m^2 is het aantal per type utiliteitsbouw uit de BAG vergeleken met de aantallen per type van Statline. Door alle waarnemingen uit de BAG te wegen naar de Statline aantallen is ervoor gezorgd dat de totale nieuwbouw en de nieuwbouw per type utiliteitsbouw in aantal overeenkomt met de Statline aantallen. Omdat iedere waarneming in BAG ook het aantal m^2 meekrijgt, is op deze manier ook de nieuwbouw in m^2 in kaart gebracht.

Sloop

Voor het in kaart brengen van de sloop is de BAG gebruikt. Voor deze studie is geen gebruik gemaakt van de randtotalen van het CBS. Dit heeft te maken met hoe het CBS omgaat met gesloopte objecten en overige onttrekkingen. Er zijn indicaties dat het CBS een deel van de gesloopte utiliteitsgebouwen aanmerkt als overige onttrekkingen.

De sloop in aantallen en m^2 zijn uit de BAG verkregen door objecten met een ‘niet woonfunctie’ te selecteren die in de oude situatie (voor 2023) een deel van de gebouwenvoorraad vormden maar in de nieuwe situatie (2023) een nieuwe status ‘object ingetrokken’, ‘gesloopt’ of ‘sloopvergunning verleend’ hebben gekregen. Vervolgens is dit

slooptotaaloverzicht op dezelfde manier als de utiliteitsnieuwbouw naar type opgesplitst. Ook hier zijn verblijfobjecten met de functies bijeenkomst, cel, sport, logies en overig als 'overige gebouwen' aangemerkt. De bouwjaarklassen van deze utiliteitsgebouwen zijn vanuit BAG bekend en de aantallen en de oppervlakte gesloopte utiliteitsgebouwen zijn naar bouwjaarklasse ingedeeld.

Herstel en verbouw

Buiten verduurzaming om zijn er een aantal werkzaamheden aan bestaande utiliteitsgebouwen te onderscheiden die naar verwachting een significante materiaalstroom teweegbrengen. Hierbij kan gedacht worden aan vervanging en/of groot onderhoudswerkzaamheden en uitbreiding van utiliteitsgebouwen. Hieronder wordt de methodiek per onderdeel beschreven.

- **Vervanging en/of groot onderhoud**. In de vorige materiaalstromenstudies zijn de verbeterinvesteringen voor bedrijfsruimten en alle overige typen gebouwen gezamenlijk afgeleid aan de hand van twee renovatieprofielen. Voor kantoren was dit gebaseerd op meerjarige onderhoudsplannen (MJOP) voor tien kantoren van SGS Search, terwijl dit voor bedrijfsruimten op een (aangepaste) sporthal van Bouwkosten.nl was gebaseerd. Vervolgens is dit, op basis van de kosten van een renovatieproject en het aandeel van bedrijfsruimten en andere typen gebouwen in de vergunningverlening, opgehoogd naar de totale herstel en verbouwproductie in de utiliteitsbouw.

  Het renovatieprofiel van kantoren is ook voor deze studie gebruikt. Voor scholen zijn meerdere MJOP's ontvangen. Voor bedrijfsruimten en zorggebouwen zijn op basis van de profielen van Structural Collective en levensduren van onderdelen renovatieprofielen opgesteld. In deze studie is de productie per renovatieprofiel geprojecteerd op het aantal betreffende vierkante meters in de vooraad. Hierbij is rekening gehouden met de leeftijd van de voorraad en hoe vaak renovatie ingrepen plaatsvinden (bijvoorbeeld 1x in de 15 jaar).[87]

- **Uitbreiding**. Nieuw in deze studie is een inschatting van het aantal vierkante meters dat in de voorraad is bijgekomen door het vergroten van reeds bestaande gebouwen, waarbij gebruik is gemaakt van de mutatiebestanden van de BAG. Hierbij is gekeken naar het aantal vierkante meters dat per verblijfsobject is toegenomen.

Hoewel er veel cijfers zijn over transformaties en splitsingen/samenvoegingen in de woningbouw, is er weinig bekend over transformaties en splitsingen/samenvoegingen in de utiliteitsbouw. Wel lijkt dit op basis van afgeleide BAG-cijfers bij het CBS een potentiële grote bron van materiaalstromen. Zo waren er in 2023 9.500 objecten door overige toevoegingen bijgekomen (0,8% van de voorraad), wat naar verhouding meer is dan bij de woningbouw (0,25%). Vooral bij de zorggebouwen en logiesgebouwen is dit relatief hoog. Doordat geen duidelijk beeld van deze activiteiten is verkregen, is ervoor gekozen om dit buiten beschouwing te laten.

6.3 Verduurzaming

Zonnepanelen

[87] Deze methodiek wijkt van de studie uit 2022

De basisstatistiek voor zonnepanelen is het opgesteld vermogen volgens het CBS[88]. Voor 2023 betreft dit gerealiseerde cijfers, waarbij het opgesteld vermogen voor woningen direct beschikbaar was. Voor de utiliteitsbouw is het vermogen afgeleid door het totaal opgestelde vermogen te verminderen met het deel voor woningen en het grootvermogen op veldinstallaties.

Verwarmingsinstallaties
Voor de productie van warmtepompen in 2023 (inclusief vaste airco's) is aangesloten bij CBS-cijfers over zowel het aantal als het vermogen van in gebruik genomen, uit gebruik genomen en totaal opgestelde warmtepompen. De data maken hierbij onderscheid tussen woningen en utiliteitsgebouwen en tussen de verschillende typen warmtepompen: bodemwarmtepompen, lucht-lucht warmtepompen en lucht-water warmtepompen (inclusief hybride pompen). Daarnaast is voor het totaal van woningen en utiliteitsgebouwen een verdere uitsplitsing beschikbaar naar hybride en volledig elektrische lucht-waterwarmtepompen. Omdat deze specificatie niet afzonderlijk voor woningen en utiliteitsgebouwen wordt gerapporteerd, is deze verdeling evenredig verdeeld over woningen en utiliteitsgebouwen op basis van het aandeel toegevoegde lucht-water warmtepompen.

Voor de productie van stadsverwarming bij woningen is uitgegaan van cijfers van het CBS over hoofdverwarmingsinstallaties[89], uitgesplitst naar bouwjaarklasse en tijd. Deze schatting is vervolgens gevalideerd aan de hand van beschikbare gegevens over het aantal aansluitingen op stadswarmte[90]. Voor de berekening van de jaarlijkse productie is daarnaast rekening gehouden met de vervanging van afleversets, waarbij is uitgegaan van een levensduur van ongeveer 15. Voor utiliteitsgebouwen zijn geen goede cijfers over stadswarmte beschikbaar en kon dit niet worden afgeleid. Stadsverwarming voor utiliteitsbouw is derhalve buiten beschouwing gebleven.

Voor cv-ketels is gebruikgemaakt van een monitor van RVO waarin productiecijfers zijn opgenomen, uitgesplitst naar woningen en utiliteitsgebouwen[91].

Isolatiemateriaal- en glas
Voor de afzet van isolatiemateriaal- en glas is gebruikgemaakt van een monitor van RVO, uitgesplitst naar woningen en utiliteitsgebouwen[92].

Zonneboilers
Voor de productie van zonneboilers is gebruikgemaakt van CBS-cijfers[93] waarin onderscheid wordt gemaakt tussen kleine en grote afgedekte systemen. Hierbij is verondersteld dat kleine afgedekte systemen betrekking hebben op woningen en grote afgedekte systemen op utiliteitsgebouwen.

Batterijopslag
De productie van batterijopslag is afkomstig uit het rapport 'Nationaal Smart Storage Trendrapport 24/25' van DNE Research[94].

6.4 Vormfactoren GO/BVO

Om de materiaalstromen verbonden aan de woning- en utiliteitsnieuwbouw, herstel en verbouw en sloop in kaart te brengen, zijn de productiebeelden omgezet naar m^2 bruto

[88] CBS (2025), Zonnestroom; vermogen en vermogensklasse, bedrijven en woningen, regio, Den Haag
[89] CBS (2024), Hoofdverwarmingsinstallaties woningen, 2022-2023, Den Haag; CBS (2023), Uitsplitsing hoofdverwarmingsinstallatie woningen, 2022, Den Haag
[90] RVO (2024), Duurzaamheidsrapportage 2023, Utrecht
[91] RVO (2024), Marktinformatie isolatiematerialen, isolatieglas en HR-ketels 2010-2023, Den Haag
[92] RVO (2024), Marktinformatie isolatiematerialen, isolatieglas en HR-ketels 2010-2023, Den Haag
[93] CBS (2025), Zonnewarmte; aantal installaties, collectoroppervlak en warmteproductie, Den Haag
[94] DNE Research (2024), Nationaal Smart Storage Trendrapport 24/25

vloeroppervlak (BVO). Zoals in vorige paragrafen beschreven is, is de BAG gebruikt om van aantallen naar m^2 type bebouwing te komen. De BAG registreert de m^2 echter in gebruiksoppervlak (GO) en niet in BVO. Het model van Structural Collective gaat daarentegen uit van de oppervlakte van gebouwen in m^2 BVO. Om deze reden zijn alle EIB productie- en sloopbeelden omgezet van m^2 GO naar m^2 BVO. De vormfactor GO/BVO kan echter per bouwproject verschillen. Om deze reden zijn de vormfactoren uit de referentieprojecten van SGS Search uit de vorige studie getoetst aan vergelijkbare projecten van Bouwkostenkompas.nl en Bouwkosten.nl en zijn bij grote afwijkingen gemiddelden van de verschillende projecten gehanteerd. De uitkomsten komen nagenoeg overeen met de vormfactoren die van toepassing zijn op de referentiegebouwen van RVO voor woningen en kantoren. De vormfactoren zijn gepresenteerd in tabel 6.1.

Tabel 6.1: Gehanteerde vormfactoren (GO/BVO) per type bouwwerk

Type bouwwerk	Vormfactor GO/BVO
Woningen	
Seriematig	0,69
2-onder-1-kap	0,75
Vrijstaand	0,67
Appartement	0,92
Utiliteitsgebouwen	
Bedrijfsruimten klein en middelgroot <10.000m2	0,97
Bedrijfsruimten groot >10.000 m2	0,99
Kantoor klein <1.000 m2	0,92
Kantoor middelgroot 1.000 - 10.000 m2	0,9
Kantoor groot >10.000 m2	0,89
Basisschool	0,92
Middelbare school	0,93
Hoge school/universiteit	0,93
Zorggebouw <1.500 m2	0,91
Zorggebouw >1.500 m2	0,88
Winkels	0,91
Bijeenkomst (<1.000 m2, 1.000-10.000 m2, >10.000m2)	0,95; 0,92; 0,91
Sport (<1.000 m2 en >1.000 m2)	0,9; 0,97
Overig (<1.500 m^2 en >1.500 m^2)	0,91; 0,94

Hoofdstuk 7: Productie- en sloopbeeld 2030, 2040 en 2050

In dit hoofdstuk wordt voor de B&U voor de woningbouw, utiliteitsbouw en verduurzaming toegelicht hoe de resultaten voor de doorkijk zijn berekend.

Voor de prognose in het business-as-usual scenario tot en met 2030 is zoveel mogelijk gebruikgemaakt van de 'Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2025' van het EIB. Voor de prognose na 2030 is in de basis gebruikgemaakt van de methodologie die in de materiaalstromenstudie uit 2022 is gebruikt. Hierbij worden productiecijfers voornamelijk aan de hand van structurele factoren zoals de huishoudensgroei en bbp-groei afgeleid. Hiervoor is gebruikgemaakt van de meest recente bevolkings- en huishoudensprognose van het CBS. Een belangrijk gegeven is dat de demografische groei in de CBS-huishoudensprognose over tijd afneemt en daarmee ook de structurele vraag naar woningen en gebouwen. Voor de economische ontwikkelingen is zoveel mogelijk gebruikgemaakt van beschikbare CPB-studies. Verondersteld is dat de arbeidsproductiviteit in de Nederlandse economie met gemiddeld 1% per jaar groeit, wat samen met de verwachte groei van de beroepsbevolking de verwachte bbp-groei in de toekomst bepaalt in het business-as-usual scenario (gemiddeld 1,2% tussen 2030 en 2050). De huishoudensgroei tussen 2030 en 2050 is gemiddeld 33.000 per jaar.

In de prognoses wordt naast het business-as-usual scenario gewerkt met twee scenario's: een behoedzaam scenario en een dynamisch scenario. Het behoedzame en dynamische scenario zijn deels gebaseerd op de studie 'Toekomstverkenning WLO: Vier scenario's voor Nederland in 2040, 2050 en 2060'[95] van het PBL[96]. Het behoedzame scenario is gebaseerd op het WLO-laag scenario, waarin sprake is van een meer gematigde demografische ontwikkeling en een meer bescheiden economische groei. Het dynamische scenario is gebaseerd op WLO-hoog, en gaat uit van zowel een relatief hoge bevolkingsgroei als hoge economische groei. Omdat met name de bevolkingsgroei in de WLO-scenario's zeer uiteenloopt, is ervoor gekozen om de 67%-intervallen van CBS-prognoses als basis te hanteren. Hierbij is de bovenkant van het interval gehanteerd voor het dynamisch scenario en de onderkant voor het behoedzame scenario. De leeftijdsverdeling uit de WLO-scenario's is vervolgens op de CBS-cijfers geprojecteerd. Hetzelfde geldt voor de verhouding van het aantal werkenden.

Voor deze scenario's zijn de volgende parameters gehanteerd voor de periode 2030-2050[97]:

- In het behoedzame scenario groeit het aantal huishoudens met gemiddeld 23.000 per jaar, en neemt de arbeidsproductiviteit met gemiddeld 0,4% per jaar toe, terwijl de werkgelegenheid met gemiddeld 0,1% per jaar groeit (BBP-groei is daarmee geraamd op 0,5% per jaar).
- In het dynamische scenario bedraagt de gemiddelde jaarlijkse huishoudensgroei 56.000 huishoudens, groeit de arbeidsproductiviteit met gemiddeld 1,5% per jaar, en de werkgelegenheid met gemiddeld 0,6% per jaar (BBP-groei is daarmee geraamd op 2,1% per jaar)

7.1 Ontwikkelingen woningbouw

Nieuwbouw
Het startpunt voor het woningnieuwbouwbeeld en het beeld voor de komende jaren vormen de 'Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2025'. De woningnieuwbouw

[95] PBL (2025), Toekomstverkenning WLO: Vier scenario's voor Nederland in 2040, 2050 en 2060. Den Haag: PBL.
[96] In de bevolkings- en huishoudensprognose is afgeweken van WLO aangezien de bandbreedte daar zeer groot is. Door voor het 67% interval van CBS-prognoses te kiezen komen de scenario's dichter bij elkaar te liggen. De ontwikkeling van de bevolking naar leeftijd is wel overgenomen uit WLO.
[97] Voor de periode 2023-2030 zijn de scenario's gelijk obv EIB-ramingen.

bestaat uit uitbreidende nieuwbouw (vraag naar additionele woningen) en vervangende nieuwbouw (nieuwbouw die na sloop wordt teruggebouwd) minus toevoegingen anderszins (dit is een toename van het aantal woningen door woningsplitsingen of functieveranderingen naar woningen. Dit betreft een klein aantal). Om tot het beeld voor de nieuwbouw tot 2030 en 2050 te komen, is de ontwikkeling van de uitbreidingsnieuwbouw, de vervangende nieuwbouw en de toevoegingen anderszins in kaart gebracht. Voor de uitbreidingsnieuwbouw is de verwachte huishoudensgroei leidend. Hier is gebruikgemaakt van de huishoudensprognose die door het CBS in december 2024 is gepubliceerd. Voor de vervangingsnieuwbouw zijn de ontwikkeling van de sloop en demografische ontwikkelingen van belang. In krimpgebieden worden gesloopte woningen immers niet allemaal teruggebouwd waardoor de vervangingsvraag kleiner zal zijn dan de sloop. In randstedelijke gebieden zullen alle gesloopte woningen wel worden teruggebouwd en is de vervangingsvraag gelijk aan de sloop. Voor de ontwikkeling van de sloop zijn de leeftijd en kwaliteit van de voorraad en de ontwikkeling van kwaliteitseisen in de tijd belangrijke gehanteerde determinanten.

De verdeling naar één- en meergezinswoningen is gemaakt op basis van de huidige verdeling binnen de verschillende regio's in Nederland (corops). Zo worden in stedelijke corops naar verhouding meer meergezinswoningen gebouwd dan in landelijke regio's. Richting 2030 en 2050 is verondersteld dat het aandeel meergezinswoningen toeneemt vanwege de focus op binnenstedelijk bouwen en betaalbaarheid in de huidige programmering. Dit leidt tot een aandeel van 55% meergezinswoningen in 2030 en 60% in 2050 bij de nieuwbouw ten opzichte van 52% in 2023. Op basis van de beschrijving van de WLO-scenario's is aangenomen dat in 2050 het aandeel meergezinswoningen binnen de nieuwbouw 62% bedraagt in het dynamische scenario en 50% in het behoedzame scenario.

Sloop
Zoals hiervoor aangegeven zijn de leeftijd en kwaliteit van de voorraad en de ontwikkeling van kwaliteitseisen in de tijd belangrijke determinanten van de sloop. Met behulp van sloopfracties (aandeel van de voorraad dat jaarlijks wordt gesloopt) en het verwachte voorraadniveau per bouwjaarklasse is voor eengezins- en meergezinswoningen de sloop in kaart gebracht. In 2030 is de sloop bij meergezinswoningen naar verwachting een stuk hoger dan in 2023. Zo lag de sloop van meergezinswoningen in 2023 relatief laag. Daarnaast is aangenomen dat de sloop door corporaties sterker gaat toenemen richting 2030 (waardoor een sterkere groei bij sloop van meergezinswoningen te verwachten is) om meer woningen te kunnen toevoegen (verdichten) en de kwaliteit van de voorraad te verbeteren. Hieronder zijn de gehanteerde slooppercentages voor 2030 en 2050 weergegeven.

Tabel 7.1: Slooppercentages woningbouw naar bouwjaarklasse ten opzichte van de voorraad (behoedzaam, midden en dynamisch scenario), procenten, 2030 en 2050

		Behoedzaam	Midden	Dynamisch
	2030	2050	2050	2050
Eengezins	**0,11%**	**0,13%**	**0,13%**	**0,15%**
Tot 1945	0,18%	0,18%	0,18%	0,20%
1945-1970	0,24%	0,25%	0,26%	0,29%
1971-1998	0,06%	0,08%	0,10%	0,12%
Vanaf 1998	0,04%	0,05%	0,06%	0,07%
Meergezins	**0,24%**	**0,24%**	**0,27%**	**0,27%**

Tot 1945	0,16%	0,17%	0,18%	0,20%
1945-1970	0,65%	0,70%	0,80%	0,85%
1971-1998	0,13%	0,15%	0,21%	0,22%
Vanaf 1998	0,09%	0,10%	0,11%	0,12%
Totaal	**0,17%**	**0,17%**	**0,19%**	**0,20%**

Herstel en verbouw
Voor de herstel en verbouwproductie vormde het beeld uit de Verwachtingen tot en met 2029 de basis. Vervolgens is voor de periode na 2029 uitgegaan van de groei van de woningvoorraad (in oppervlakte) met een vertraging van 15 jaar plus groei door kwaliteitsverbeteringen (25% van BBP-groei) in het business-as-usual scenario. In het behoedzame scenario is uitgegaan van een groei van 1% tussen 2030 en 2040 en 0,5% tussen 2040 en 2050. In het dynamische scenario is dit respectievelijk 2% en 1,5%.

7.2 Ontwikkelingen Utiliteitsbouw

Nieuwbouw
Ook voor de utiliteitsnieuwbouw vormen de beelden uit de Verwachtingen tot en met 2029 de basis. Vervolgens is voor iedere deelsector afzonderlijk gekeken naar de verwachte ontwikkeling van de belangrijkste economische en demografische determinanten en is op basis hiervan het pad naar 2030, 2040 en 2050 vormgegeven. Voor de nieuwbouw van bedrijfsruimten speelt de verwachte economische groei een belangrijke rol, terwijl voor de nieuwbouw van kantoren de groei in de dienstensector (kantoorhoudende banen) van belang is. Voor winkels zijn ontwikkelingen in bestedingen en online winkelen belangrijke determinanten en bij de nieuwbouw van zorggebouwen speelt onder andere de leeftijdsopbouw van de bevolking een belangrijke rol. Voor de nieuwbouw van onderwijsgebouwen is de ontwikkeling in het leerlingenaantal de belangrijkste determinant. Hierbij is rekening gehouden met verborgen leegstand bij primair onderwijs en voortgezet onderwijs, waardoor een deel van de verwachte groei opgevangen kan worden in bestaande gebouwen. In het behoedzame scenario daalt het aantal leerlingen en de daarmee samenhangende vraag naar onderwijsgebouwen.

Sloop
Net als bij de sloop van woningen spelen bij de sloop van utiliteitsgebouwen de leeftijd en kwaliteit van de voorraad en toenemende kwaliteitseisen die aan gebouwen worden gesteld een belangrijke rol. Met behulp van sloopfracties en het verwachte voorraadniveau per bouwjaarklasse is de sloop per type utiliteitsbouw in kaart gebracht. Hieronder zijn de gehanteerde slooppercentages voor 2030 en 2050 weergegeven.

Tabel 7.2: Slooppercentages utiliteitsbouw naar bouwjaarklasse ten opzichte van de voorraad (behoedzaam, midden en dynamisch scenario), procenten, 2030 en 2050

		Behoedzaam	Midden	Dynamisch
	2030	**2050**	**2050**	**2050**
Bedrijfsruimten	0,55%	0,63%	0,63%	0,73%
Kantoren	0,55%	0,54%	0,58%	0,64%

Winkels	0,64%	0,67%	0,70%	0,77%
Onderwijsgebouwen	0,79%	0,76%	0,85%	0,91%
Zorggebouwen	0,80%	0,76%	0,83%	0,91%
Overige gebouwen	0,55%	0,63%	0,66%	0,73%
Totaal	**0,58%**	**0,63%**	**0,66%**	**0,74%**

Herstel en verbouw
Voor de herstel en verbouwproductie vormt het beeld uit de Verwachtingen tot en met 2029 de basis. Vervolgens zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als voor de woningbouw.

7.3 Ontwikkelingen verduurzaming

Zonnepanelen

Voor de woningbouw is de productie in 2024 ingeschat op basis van het 'Nationaal Solar Trendrapport 2025'[98] van DNE Research. Vervolgens is de prognose tot en met 2029 gebaseerd op het beeld uit de Verwachtingen Bouwproductie en werkgelegenheid. Het verwachte aantal zonnepanelen dat in 2050 op woningen zal liggen, is gebaseerd op het beeld dat nu zichtbaar is op daken van woningen, tot welk punt plaatsing mogelijk rendabel is en de fysieke beschikbaarheid op woningen. Op basis hiervan is ingeschat dat in 2050 bij gemiddeld 90% van de eengezinswoningen zonnepanelen op de daken zullen liggen, met gemiddeld 12 panelen per woning (van 375 Watt per paneel en een opwekcapaciteit van 4.000 KWh per jaar). Voor eengezinswoningen die na 2015 zijn gebouwd, hebben nu al 90% zonnepanelen, en hetzelfde aandeel wordt realistisch en rendabel geacht voor de totale woningvoorraad. Aan het aantal panelen per woning is meer onzekerheid verbonden, aangezien dit mede afhangt van het energieverbruik van woningen in de toekomst (onder andere door het gebruik van warmtepompen en elektrische auto's) en van het punt waarop plaatsing daarbij nog rendabel is. Voor meergezinswoningen ligt het gemiddelde aantal panelen per woning naar verwachting lager dan bij eengezinswoningen, waarbij wordt verondersteld dat dit gemiddeld vier panelen per woning betreft. In het behoedzame scenario is aangenomen dat het vermogen per woning in 2050 10% lager ligt dan in het middenscenario. Dit komt door factoren zoals beperkingen op het net, minder subsidies, minder technologische vooruitgang en een minder rijke bevolking. In het dynamische scenario is aangenomen dat het vermogen per woning in 2050 15% hoger ligt dan in het middenscenario (vanwege dezelfde redenen maar dan andersom). Met betrekking tot vervanging is aangenomen dat zonnepanelen gemiddeld 25 jaar meegaan, wat korter is dan de technische levensduur van 25 tot 40 jaar. Hierbij is rekening gehouden met het feit dat zonnepanelen eerder vervangen worden om te kunnen profiteren van nieuwere zonnepanelen met een beter rendement.

Voor de utiliteitsbouw is tot en met 2029 uitgegaan van het beeld uit de Verwachtingen. Voor de periode na 2029 is verondersteld dat de uitbreiding van het aantal zonnepanelen op utiliteitsdaken zich op dezelfde manier ontwikkelt als in de woningbouw. Hierdoor zouden zonnepanelen op utiliteitsgebouwen naar schatting 25 TWh in 2050 opleveren. Bij de utiliteitsbouw wordt de invloed van de hiervoor genoemde factoren als sterker ingeschat dan bij woningen. Daarom is aangenomen dat het vermogen per m^2 in 2050 15% lager ligt in het behoedzame scenario dan in het middenscenario, en 25% hoger in het dynamische scenario. Met betrekking tot vervanging is dezelfde methodiek gehanteerd als bij woningen.

[98] DNE Research (2025), Nationaal Solar Trendrapport 2025, Heerhugowaard

Verwarmingsinstallaties

Voor de prognose van het aantal bestaande woningen dat overstapt op een gasloze oplossing (elektrische warmtepomp of warmtenet) of hybride warmtepomp is voor de periode tot en met 2029 (met uitzondering van warmtepompen in 2024) aangesloten op de groeipercentages die voor de Verwachtingen Bouwproductie en werkgelegenheid zijn gehanteerd. Voor 2024 zijn afwijkende cijfers gehanteerd ten opzichte van de Verwachtingen omdat het rapport 'Nationaal warmtepomp trendrapport 2024/2025'[99] aangeeft op basis van de verkopen dat het aantal geïnstalleerde warmtepompen in 2024 fors lager is uitgekomen dan een jaar eerder (-35% inclusief nieuwbouw). Doordat bij de nieuwbouw naar verwachting nauwelijks krimp is, betekent dit dat er vooral fors minder bestaande woningen een (hybride) warmtepomp hebben aangeschaft en is om deze reden een sterkere krimp verondersteld bij bestaande woningen. Voor de periode na 2029 is aangenomen dat het aantal woningen dat overstapt op zowel een elektrische warmtepomp als een warmtenet gestaag zal doorgroeien en dat de productie van hybride warmtepompen na 2035 weer gaat afnemen. Uitgangspunt hiervoor is het scenario van klimaatneutraliteit in 2060 uit de studie 'Klimaatambities in de gebouwde omgeving'[100] van het EIB. Hierbij is verondersteld dat er vanaf 2045 geen nieuwe cv-ketels worden geïnstalleerd die werken met aardgas.

Aangenomen wordt dat in 2060 een derde van de woningen is aangesloten op stadswarmte en twee derde gebruikmaakt van een elektrische warmtepomp. In het dynamische scenario wordt uitgegaan van gasloos in 2055, en in het behoedzame scenario in 2065. Wat betreft hybride warmtepompen is verondersteld dat de vraag hiernaar nog licht oploopt tot 2035, waarna ieder jaar steeds minder huiseigenaren nog een hybride warmtepomp aanschaffen. Vanaf dat jaar wordt de business case voor een hybride warmtepomp steeds ongunstiger vanwege het streven om in 2050 klimaatneutraal te zijn, terwijl de hybride warmtepomp een levensduur heeft van 15 jaar. Doordat de productie van hybride warmtepompen na 2035 afneemt, zal met enkele jaren vertraging ook de voorraad beginnen af te nemen. Net als bij cv-ketels op aardgas wordt ook bij hybride warmtepompen verondersteld dat de productie na 2045 nul zal zijn. In het behoedzame scenario wordt verondersteld dat de productie van hybride warmtepompen in 2050 nul zal zijn, terwijl in het dynamische scenario de productie in 2040 nul zal zijn.

Voor de utiliteitsbouw is voor de prognose tot en met 2029 van elektrische warmtepompen in de bestaande bouw de prognose vanuit de Verwachtingen gehanteerd, waarna het veronderstelde groeipad uit het scenario van klimaatneutraliteit in 2060 uit de studie 'Klimaatambities in de gebouwde omgeving' is gehanteerd. Met betrekking tot cv-ketels en hybride warmtepompen is dezelfde groeivoet gehanteerd als bij de woningbouw en voor stadsverwarming is geen prognose gemaakt in verband met onvoldoende informatie. Met betrekking tot vervanging is dezelfde methodiek gehanteerd als bij woningen.

Airco

In de afgelopen jaren is de vraag naar vaste airco's sterk toegenomen in de woningbouw. Deze toename lijkt samen te hangen met een aantal jaren waarin de temperatuur in de zomer relatief hoog lag en het koel houden van woningen lastig was. Dit hoge productieniveau lijkt tijdelijk, omdat een (vaste) airco niet nodig is bij huishoudens die een (lucht-water of bodem) warmtepomp hebben geïnstalleerd. Dit zal vooral de vraag naar airco's bij eengezinswoningen drukken. Daarnaast is het minder waarschijnlijk dat een vaste airco geïnstalleerd zal worden bij woningen die lager in een flat liggen en bij huurwoningen in het algemeen. Op basis hiervan is verondersteld dat de productie van airco's in de toekomst zal afnemen en dat de voorraad op termijn zal krimpen. Doordat de penetratiegraad van

[99] DNE Research (2024), Nationaal warmtepomp trendrapport 2024/2025, Heerhugowaard
[100] EIB (2024), Klimaatambities in de gebouwde omgeving, Amsterdam

warmtepompen op korte termijn laag is en de vraag naar koeling door warmere zomers toeneemt, is aangenomen dat de productie tot en met 2040 nog relatief hoog zal blijven. Na 2040 is verondersteld dat de vraag naar airco's zal afnemen door de toenemende penetratiegraad van warmtepompen en een groter aandeel van de woningen die al airco's hebben. Voor 2050 is verondersteld dat circa 45% van de woningen die een cv-ketel hebben of aangesloten zijn op stadswarmte ook een airco hebben en dat alle andere woningen geen vaste airco's hebben. In het dynamische scenario is dit aandeel 40%, terwijl dit in het behoedzame scenario 50% bedraagt.

De ontwikkeling van het aantal airco's bij de utiliteitsbouw heeft in de afgelopen jaren een andere ontwikkeling doorgemaakt dan bij woningen. Zo neemt bij de utiliteitsbouw het aantal geïnstalleerde airco's al enkele jaren af, vermoedelijk vanwege de opkomst van warmtepompen. Verondersteld is dat deze daling tot en met 2030 gematigd doorzet. Na 2030 zal, net als bij de woningen, de vraag naar airco's sterk gedrukt worden door een toenemende penetratiegraad van warmtepompen en is het waarschijnlijk dat de voorraad in eerste instantie nog maar beperkt groeit en daarna gaat krimpen. Voor de prognose na 2030 is grotendeels hetzelfde patroon verondersteld als bij woningen. Alleen met betrekking tot vervanging vanaf 2040 is verondersteld dat een kleiner deel van de warmtepompen die aan het einde van de levensduur zijn vervangen worden door een nieuwe airco. Dit hangt samen met het feit dat in de utiliteitsbouw naar verwachting een kleiner deel van de voorraad gebruikmaakt van stadswarmte en de penetratiegraad van airco's hoger lijkt te liggen dan bij woningen.

Zonneboiler
De productie met betrekking tot zonneboilers voor woningen is constant verondersteld tot en met 2050; zo is bij de woningbouw de voorraad sinds 2014 min of meer stabiel en schommelt ook de productie sinds 2018 rond hetzelfde niveau. Voor de utiliteitsbouw is verondersteld dat de productie nog enigszins toeneemt over de tijd; hier is in de afgelopen jaren een duidelijke toename van de voorraad gezien, wat vooral geconcentreerd zat bij de agrarische sector. In deze studie is ervoor gekozen om dezelfde cijfers aan te houden in alle scenario's aangezien de installatie van zonneboilers minder afhankelijk lijkt te zijn van economische ontwikkelingen op basis van historische gegevens.

Isolatiemateriaal
Voor de woningbouw is voor de productie tot en met 2029 uitgegaan van het beeld uit de Verwachtingen. Voor de groei na 2029 is de groei van het gasloos maken van de woningvoorraad gevolgd. Hierbij is verondersteld dat als het aantal gasloze woningen dat per jaar wordt toegevoegd bij bestaande woningen met 1% groeit, dat dit zich vertaalt in ¼% extra groei bij isolatiemateriaal.

Bij het gasloos maken van utiliteitsgebouwen is hetzelfde uitgangspunt aangenomen als bij woningbouw. Wel is verondersteld dat de groei van het aantal warmtepompen een stuk sterker terugvertaald in de groei van isolatiemateriaal bij de utiliteitsbouw dan bij de woningbouw (⅓%). Daarnaast is een autonome groei van ½% per jaar verondersteld omdat de productie van een lager niveau komt dan in de woningbouw.

Isolatieglas
De groei van de hoeveelheid isolatieglas dat per jaar vervangen moet worden is een stuk beperkter dan dat van isolatiemateriaal. Zo heeft ruim 40% van de woningen al HR++ glas of beter. Daarnaast wordt verondersteld dat veel van de ramen met gewone dubbele beglazing vervangen zullen worden door HR++ glas op het moment dat de oude beglazing stuk gaat of af is. Verondersteld is dat de afzet van isolatieglas toeneemt met de groei van de woningvoorraad met een vertraging van 15 jaar terug plus 0,25% (vanwege verduurzaming). Dezelfde veronderstelling is gemaakt voor de utiliteitsbouw, maar dan op basis van de voorraad zonder bedrijfsruimten (waar relatief weinig ramen worden gebruikt).

Hoofdstuk 8: Van productie naar materiaalstromen in de B&U

8.1 B&U profielen

Net als in de GWW-studie is hier gekozen voor een 'bottom-up' modelleringsaanpak. Dit houdt in dat referentiegebouwen worden gecombineerd met productiecijfers om de materiaalstromen in te schatten. De referentiegebouwen zijn gemodelleerd met bouwproducten uit de Nationale Milieudatabase (NMD). Aan deze producten is een 'materialisatie' toegekend op basis van beschikbare data of eigen onderzoek. Zo kan een trap bijvoorbeeld bestaan uit een specifiek gewicht aan houten treden en een stalen leuning.

Door deze methodiek hebben individuele keuzes binnen de profielen een grote invloed op de uitkomsten. Daarnaast is het bij een bottom-up benadering gebruikelijk dat materiaalstromen worden onderschat, aangezien de gehanteerde productiecijfers zelden de volledige scope van het materiaalgebruik omvatten.

Voor de bepaling van de CO2-impact en de MKI is gebruikgemaakt van categorie 3-data uit de NMD. Dit is de belangrijkste databron in Nederland die openbaar beschikbaar is en tevens een uitsplitsing van impacts naar verschillende bouwfasen biedt. Zoals beschreven in hoofdstuk 4, kennen deze data een opslag van 30% op de impact ten opzichte van categorie 1- en 2-data.

Voor de B&U is gewerkt met een set van twaalf referentiegebouwen. Deze omvatten diverse woningtypen (tussenwoning, hoekwoning, vrijstaande woning, woongebouw) en utiliteitsgebouwen (kantoor, bedrijfshal, school, winkel, zorgcentrum). In de studie uit 2019 is voor woningen en kantoren gebruikgemaakt van de RVO-referentiegebouwen, gematerialiseerd door W/E Adviseurs en LBPISIGHT.

Matching profielen aan gebouwen
Een matchingtabel legt de koppeling vast tussen de gebouwtypen uit de productiecijfers en de gebruikte referentiegebouwen.[1]

Tabel 8.1: Overzicht matching gebouwen uit productiecijfers aan nieuwbouw referentiegebouwen (selectie)

Type bouwwerk	Gehanteerd referentiegebouw
Woningen	
Seriematig	Woning, tussen, small (hellend dak)
2-onder-1-kap	Woning, hoek, medium
Vrijstaand	Woning, vrij
Appartement	Woongebouw, medium
Utiliteitsgebouwen	
Bedrijfsruimten klein en middelgroot <10.000 m²	Bedrijfshal met kantoor
Bedrijfsruimten groot >10.000 m²	Distributiecentrum

Kantoor klein <1.000 m²	Kantoorgebouw, medium
Kantoor middelgroot 1.000 - 10.000 m²	Kantoorgebouw, medium
Kantoor groot >10.000 m²	Kantoorgebouw, extra large (met atrium)
Basisschool	Brede school
Middelbare school	School VO
Hoge school/universiteit	School VO
Zorggebouw <1.500 m²	Kantoorgebouw, medium
Zorggebouw >1.500 m²	Woonzorgcentrum
Winkels	Winkel met appartementen
	Kantoorgebouw, medium;
	Kantoorgebouw, medium;
Bijeenkomst (<1.000 m², 1.000-10.000 m², >10.000m²)	Kantoorgebouw, extra large (met atrium)
	Kantoorgebouw, medium;
Sport (<1.000 m² en >1.000 m²)	Distributiecentrum
	Bedrijfshal met kantoor;
Overig (<1.500 m² en >1.500 m²)	Distributiecentrum

Opbouw van de profielen
Elk profiel is opgebouwd uit een selectie van producten uit de Milieudatabase B&U (versie 3.1). Deze productsamenstelling geeft bijvoorbeeld aan hoeveel m^2 binnenwanden er in een gebouw zit en of dit betonnen prefab elementen zijn, of dat het om hsb wanden gaat. Deze productsamenstelling is gebruikt voor de berekenen van de MKI waarden van de gebouwen en ingrepen. Daarnaast bevat elk profiel informatie over de materiaalsamenstelling van het gebouw. Hiervoor is de productsamenstelling omgerekend naar de massa van de verschillende materialen. De volledige profielen voor alle jaargangen zijn opgenomen in Bijlage B. Voor elk profiel is weergegeven de samenstelling in termen van welke producten uit de NMD zijn toegepast en wat de materiaalsamenstelling is.

Voor de huidige studie is in de basis uitgegaan van dezelfde profielen met dezelfde koppeling, maar met enkele wijzigingen. Deze aanpassingen zijn gebaseerd op nieuwe referentiegebouwen die in 2025 door LBPISIGHT voor DGMR zijn ontwikkeld, gasloos bouwen en aangepaste materialisaties en nieuwe inzichten in de marktaandelen.

8.2 Materiaalkeuzes en aanpassingen 2023

Actualisatie van materiaalprofielen voor nieuwbouw en historische Cohorten

Voor de analyse zijn de onderliggende materiaalprofielen voor zowel nieuwbouw als de historische gebouwenvoorraad (relevant voor sloop) op een aantal punten geactualiseerd ten opzichte van de vorige meting in 2019. Hieronder worden de belangrijkste aanpassingen toegelicht.

Nieuwbouwprofielen: transitie naar gasloos

Alle nieuwbouwprofielen zijn aangepast om de transitie naar gasloos bouwen te reflecteren. Concreet houdt dit in dat CV-ketels en gasleidingen uit de profielen zijn verwijderd. Ter vervanging hiervan is de materialisatie van warmtepompen (inclusief bijbehorend leidingwerk) of een aansluiting op een warmtenet toegevoegd.

Historische profielen: correcties prefab beton

Verder richting het verleden is de materialisatie van gebouwen is ook gewijzigd. Zo zal een gebouw uit de jaren 30 een andere materiaalopbouw kennen dan een gebouw uit de jaren 90. Om de vrijkomende materiaalstromen uit sloopwerkzaamheden ook representatief naar het bouwjaar van het te slopen gebouw te modelleren, zijn de profielen ook aangepast om rekening te houden met deze jaargangen. De volgende jaargangen worden onderscheiden: Voor 1945; 1945 - 1970; 1971 - 2000; 2000 tot 2019.

In de profielen voor de historische cohorten (1970-2000 en 2000-2018) is een correctie doorgevoerd op de modellering van geprefabriceerde betonelementen, zoals kanaalplaatvloeren en funderingselementen. De toepassing van deze elementen in de vorige analyse was niet volledig representatief voor de bouwpraktijk in die periodes. De impact van deze aanpassing op de totale berekende betonvolumes is naar verwachting marginaal, aangezien de grootschalige toepassing van deze producten pas sinds circa 1990 is opgeschaald. De herziene aannames zijn op hoofdlijnen geverifieerd in overleg met experts uit de sloopsector.

Installaties: actualisatie materialisatie

De materiaalsamenstelling (materialisatie) van warmtepompen en zonnepanelen is geactualiseerd op basis van recente data en expertinterviews.

- **Warmtepompen:** Voor een deel van de warmtepompen is gebruikgemaakt van de geactualiseerde materialisatiedata uit een studie van Bos. [101]
- **Zonnepanelen:** De gemiddelde materiaal-input voor zonnepanelen is verlaagd. Dit reflecteert de trend dat zonnepanelen lichter zijn geworden. De aanpassing is gebaseerd op openbare data van de Nationale Milieudatabase (NMD)[1] en gevalideerd via expertinterviews.[102]

8.3 Herstel en Verbouw - Verduurzaming

Isolatie
Voor de analyse van isolatiematerialen binnen de verduurzamingstransitie zijn specifieke aannames gedaan voor het marktaandeel van biobased isolatie in 2023, de verdeling van minerale wol, het representatieve product voor biobased, en de modellering van de uitstroom (vervangen materiaal).

Het marktaandeel van biobased isolatie is per subsector ingeschat voor 2023. Deze

[101] Bos, J. (2025). The Heat is On: Mapping Material Demands, Risks and Circular Economy Pathways for Dutch Heat Pumps Towards 2050 (Master's thesis, Utrecht University, Copernicus Institute of Sustainable Development).
[102] Bron: NMD Categorie 3 Rapportage PV-panelen (12-12-2023)

aannames zijn gebaseerd op data van NABB en RVO, en ramingen voor 2025[103].

Aangezien de aandelen in 2023 waarschijnlijk lager waren dan de ramingen voor latere jaren, zijn de volgende percentages aangenomen:

- **Sociale huur:** 3,0% (gebaseerd op een indicatie van 4% in 2025).
- **Particuliere huur:** 5,0% (gebaseerd op een indicatie van 5,5% voor kleinschalige koopwoningen in 2024).
- **Koopwoningen:** 5,0% (gebaseerd op een indicatie van 5,5% voor kleinschalige koopwoningen in 2024).
- **Utiliteitsgebouwen:** 1,5% (gebaseerd op een indicatie van 1,95% in 2025).

Aannames minerale wol - voor de 'overige markt' (niet-biobased) is beperkte informatie beschikbaar over de opsplitsing tussen glas- en steenwol. Op basis van prijsvoordeel, brede inzetbaarheid en marktdynamiek is gekozen voor een verdeling:

- Circa 55% glaswol
- Circa 45% steenwol

Representatief product biobased isolatie - om aan te sluiten bij de granulariteit van de studie is gekozen voor één product, ondanks dat er 60 productkaarten beschikbaar zijn, is een marktaandeel voor 2023 niet te bepalen. Het gekozen product voor deze studie is "Houtvezel flexibele isolatie"[104].

Modellering uitstroom (vervanging) - de uitstroom van isolatie (materiaal dat vrijkomt bij renovatie) is complex te modelleren, omdat onbekend is welke materialen in de bestaande bouw aanwezig zijn.

- **Aanname vervanging:** Er wordt aangenomen dat 50% van de nieuw aangebrachte hoeveelheid isolatie (bij verduurzaming in de bestaande bouw) daadwerkelijk een bestaande isolatielaag vervangt.
- **Aanname materiaal uitstroom:** Voor de vrijkomende stromen wordt aangenomen dat dit voornamelijk steenwol betreft. In de praktijk zullen er ook andere isolatiestromen vrijkomen, zoals EPS.
- **Nieuwbouw:** De isolatiestromen voor nieuwbouw zijn apart gemodelleerd conform de bottom-up methodiek. Voor de toekomstscenario's zijn geen aparte metingen gedaan.

Isolatieglas

De analyse van vlakglas richt zich primair op de verschuiving naar hoogrendementsglas. In de Bestaande Bouw is de gemodelleerde toepassing HR++ (dubbel) glas, inclusief coating en argon-gasvulling. In nieuwbouw wordt een significante trend naar drievoudig glas gemodelleerd. Circa 25% van het totale te plaatsen vlakglas in nieuwbouw wordt modelmatig aan drievoudig glas toegewezen. De gemodelleerde vervanging van bestaand dubbel glas door HR++ resulteert in een significante uitstroom van glas. Desondanks lopen onze gemodelleerde cijfers (ca 144 kton uitstroom van glas) niet significant uit de pas met top-down inschattingen (130 kton).[105]

PV-Panelen

[103] Cijfers zijn gebaseerd op de laatste update op 1 november 2024 voor RVO: Dashboard Nationale Aanpak Biobased Bouwen – Burgerlijke en utiliteitsbouw. NABB. https://nabb.databank.nl/mosaic/dashboard-nationale-aanpak-biobased-bouwen/burgerlijke-en-utiliteitsbouw

[104] Dit product presteert per vierkante meter gemiddeld 20-50% beter dan de gehanteerde productkaarten voor glas- en steenwol.

[105] Getal uit interview met Bouwend Nederland Vlakglas.

Om de totale materiaalvraag te bepalen, is het geïnstalleerde vermogen omgerekend naar oppervlakte op basis van de NMD-standaard uit 2023. Hierbij is uitgegaan van een representatief Monokristallijn (Mono-Si) paneel van 1,85 m^2 met een vermogen van 400 Wp[106]. Dit resulteert in een gehanteerde rekenwaarde van circa 216 Wp per m^2. Deze vermogensdichtheid vormt de basis om via NMD-profielen de massa van het totale systeem te berekenen, inclusief panelen (ca. 15,8 kg/m^2), montagesystemen en omvormers[107].

Voor de milieu-impact is gekeken naar de integrale levenscyclusanalyse (LCA) van het complete systeem. De schattingen per paneel, exclusief omvormers, bekabeling en randapparatuur (BoS), lopen uiteen van 800 tot 1.300 kg CO_2 per kWp. Voor de omvormers liggen de schattingen tussen 25 en 40 kg CO_2 per kWp, en voor de montagesystemen tussen 60 en 450 kg CO_2 per kWp.

Hoewel de interne verdeling van de impact tussen panelen en randapparatuur (BoS) in de NMD soms afwijkt van internationale benchmarks, zoals die van het IEA, is de totale som conservatief maar representatief voor de huidige markt. Concluderend is voor de berekeningen een integrale CO_2-voetafdruk gehanteerd van 1,48 kg CO_2-eq per Wp voor de PV opgave van 2023.

Prefabricage
Een van de meest significante trends in de betonsector is de verschuiving van in-situ storten naar prefabricage. Deze industrialisatieslag wordt niet alleen gedreven door duurzaamheidsoverwegingen, maar primair door de arbeidsschaarste, de behoefte aan bouwsnelheid, kwaliteitsborging en de reductie van stikstofemissies op de bouwplaats. Volgens Betonhuis (2023) bestaat het totale volume van de betonproductie (inclusief GWW) voor 53,7% uit betonmortel en voor 46,3% uit prefab betonproducten. Voor het basisjaar 2023 is daarom uitgegaan van een aandeel prefabricage van circa 40%. De literatuur laat zien dat prefab beter presteert per functionele unit op zowel op massa per als CO_2 [108][109][110] Prefabricage maakt bijvoorbeeld holle constructies mogelijk.

Het correct modelleren van de prefab-trend vereist niet simpelweg het aanpassen van een volume, maar het creëren van een compleet nieuw 'geïndustrialiseerd profiel'. Hierin moet de balans tussen het lagere volume en de hogere impact per kg cement (door CEM I) nauwkeurig worden vastgelegd. Wij hebben er daarom voor gekozen de huidige profielen te handhaven. Dit betekent dat de milieu-impact en materiaalstromen van de scenario's voor 2040 en 2050 waarschijnlijk een overschatting zijn van de werkelijke impact. Aan de andere kant is zijn de de profijten van prefabricage (qua CO2) wel meegenomen in de decabornisatieanalyse.

Toepassing betongranulaat
Uit de analyse van data uit de Nationale Milieudatabase (NMD) blijkt dat er geen eenduidige relatie is tussen het percentage granulaat en CO2-reductie. In sommige gevallen leidt de inzet van granulaat zelfs tot een verhoging van de milieu-impact. Het proces om oud beton om te zetten in hoogwaardig granulaat (breken, wassen, zeven) kost energie. Daarnaast heeft

[106] *Duurzaamheidsaspecten en Marktscan Duurzamere Zonnepanelen - Circulaire Maakindustrie*, geraadpleegd 22 juli 2025; *Milieu Centraal & Pianoo*, 2023.
[107] *Rapport categorie 3 data Nationale Milieudatabase (PV)*, geraadpleegd 23 november 2025.
[108] Wang, J., Densley Tingley, D.O. orcid.org/0000-0002-2477-7629, Mayfield, M. et al. (1 more author) (2018) Life cycle impact comparison of different concrete floor slabs considering uncertainty and sensitivity analysis. Journal of Cleaner Production, 189. pp. 374-385. ISSN 0959-6526
[109] Van Gorkum, C. (2010). CO2 emissions and energy consumption during the construction of concrete structures: Comparison between prefab and insitu concrete viaducts. Delft University of Technology
[110] Stichting NMD. (2025). Nationale Milieudatabase (NMD): Milieuverklaringen en productkaarten voor de bouwsector. Geraadpleegd op 30 november 2025, van https://milieudatabase.nl

granulaat door zijn soms grillige vorm en porositeit een hogere waterbehoefte dan primair grind. Om dezelfde verwerkbaarheid en sterkte (water-cementfactor) te behouden, moet dit vaak gecompenseerd worden door het toevoegen van extra cement of andere chemische hulpstoffen.

Voorbeeld uit de NMD
Funderingspalen, Beton, Energiepaal, 0% granulaat; 290x290 mm -> 39.9 kg CO_2 per m^1
Funderingspalen, Beton, Energiepaal, 20% granulaat; 290x290 mm -> 40.1 kg CO_2 per m^1

Hoofdstuk 9. Methodiek voor het bepalen van reducties door sectorale decarbonisatie

Voor het bepalen van de reducties door decarbonisatie is de volgende methode toegepast:

1. **Gebruik van categorie-3 data uit de NMD**
   De milieubelasting van elk bouwproduct is ontleend aan categorie-3 data uit de Nationale Milieudatabase (NMD). Ieder bouwproduct heeft daarbij een gedetailleerde materialisatie, zoals gerapporteerd in de categorie-3 documentatie.

2. **Toewijzing van materialen per bouwproduct**
   Een bouwproduct bestaat doorgaans uit meerdere materialen. Zo kan een houten trap bestaan uit: treden (hout), bevestigingsmiddelen (staal), reling (hout of staal). Deze materialisaties zijn rechtstreeks overgenomen uit de NMD-rapportages.

3. **Allocatie van Fase A-impact naar materialen**
   De totale Fase A-impact van het bouwproduct (A1–A3) is verdeeld over de afzonderlijke materialen op basis van: proxies uit de NMD - database, Ecoinvent en de relatieve massa van elk materiaal in het product. Hierbij wordt de impact per kg uit de proxy gebruikt om de verdeling proportioneel te maken. Zo wordt de impact van bijvoorbeeld houtproductie en staalproductie naar rato toegewezen.

4. **Toepassing van jaarlijkse reductiepercentages**
   Op basis van de toegewezen materiaaleffecten zijn jaarlijkse reductiepercentages toegepast. Hierdoor kan per materiaal binnen een product worden bepaald hoe de impact afneemt in lijn met de veronderstelde sectorale decarbonisatie.

Via deze werkwijze ontstaat een sectorbrede inschatting van de potentiële impactreductie door decarbonisatie. Een belangrijke beperking van deze methode is echter dat intrasectorale variatie niet wordt meegenomen. Zo kan het staal in een installatiebehuizing een ander productieproces doorlopen dan het staal dat wordt toegepast voor dragende liggers, terwijl beide binnen dezelfde materiaalcategorie vallen.

Wij verwachten dat voor verscheidene van de meest impactvolle materiaalstromen decarbonisatie van de productie en toeleveringsketens plaatsvinden. Hiertoe zijn ook verscheidene klimaatakkoorden geketend en transitieagenda's opgezet met sectorpartjen, zoals bijvoorbeeld het Betonakkoord. Over de daadwerkelijke mate van de realisatie van de ambities in deze akkoorden doen wij in dit rapport geen uitspraak. Om deze reden hebben wij deze sectorale decarbonisatie ambities buiten beschouwing gelaten in de initiële presentatie van de resultaten in de scenario's, en presenteren wij deze als een gevoeligheidsanalyse. Dit stelt ons in staat om de potentiële invloed van sectorale verduurzaming op de totale milieu-impact te kwantificeren. Wij hebben de decarbonisatiewaarden voor de geselecteerde materialen op de volgende redenaties gebaseerd:

9.1. Decarbonisatie beton

De decarbonisatie van de betonindustrie draait grotendeels om cement, dat verantwoordelijk is voor het overgrote deel (>80%) van de CO_2-uitstoot van beton. De strategieën om deze uitstoot te verlagen stuiten op chemische beperkingen en risico's in de toeleveringsketen.

Binnen de cementproductie zijn er twee soorten uitstoot[111]:

- **Procesgerelateerde emissies (ca. 60-65%)**: Deze komen vrij bij de chemische reactie (calcinatie) van kalksteen. Ze zijn inherent aan het proces en onafhankelijk van de gebruikte energiebron.
- **Energiegerelateerde emissies (ca. 35-40%)**: Afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen om de klinkerovens te verhitten tot circa 1450°C.

Zelfs een volledige overstap op hernieuwbare energie kan dus de meerderheid van de cementemissies niet wegnemen.

Reductiemogelijkheden
Carbon Capture and Storage (CCS) - Omdat 60-65% van de emissies procesgebonden is, ziet de cementsector CCS als de "belangrijkste maatregel" voor 2050. Het is momenteel de meest voorgestelde technologie die deze emissies op grote schaal kan aanpakken[112]. De haalbaarheid hangt af van een hoge CO_2-prijs onder het EU Emissiehandelssysteem (ETS) en de realisatie van transport- en opslaginfrastructuur zoals Porthos en Aramis[113][114].

Grondstof- en procesinnovatie - De belangrijkste strategie is het verlagen van het klinkergehalte in cement, bijvoorbeeld met alternatieve bindmiddelen zoals gecalcineerde klei. Nederlands beton heeft nu al een relatief lage CO_2-voetafdruk dankzij het gebruik van hoogovencement (CEM III), waarin hoogovenslak een deel van de klinker vervangt[115].

Deze aanpak kent twee uitdagingen:

- **Verminderde beschikbaarheid:** De vergroening van de staalindustrie vermindert de beschikbaarheid van hoogovenslak.
- **Milieudruk op reststromen:** Andere reststromen zoals LD-staalslakken staan onder druk[116]. RIVM-onderzoek wijst op risico's door de hoge pH, die bodem en oppervlaktewater kan verstoren.

Circulariteit - Het Betonakkoord gaat uit van 100% hoogwaardig hergebruik in 2030[117], maar dit is in de praktijk lastig te realiseren. Het meeste betongranulaat wordt nu gedowncycled tot funderingsmateriaal, omdat opwerking economisch weinig aantrekkelijk is. Bovendien leidt meer betongranulaat niet automatisch tot lagere CO_2-emissies; daarvoor is grootschalige terugwinning van cement nodig.

---

[111] Centrum Cement&Beton (C&BC). (2024, november). Roadmap CO_2-reductie voor cement en beton in Nederland. Cement&Beton Centrum.
[112] Betonakkoord. (2020). Roadmap CO_2 reductie (18-05-2020). Geraadpleegd op https://www.betonakkoord.nl/wp-content/uploads/sites/43/166796/20200518_roadmap_co2_reductie.pdf; Betonhuis. (n.d.). Beton en CO_2-reductie. Geraadpleegd op https://betonhuis.nl/beton-en-co2-reductie
[113] Porthos - The CCUS Hub & Aramis - The CCUS Hub, accessed September 29, 2025, https://ccushub.ogci.com/focus_hubs/aramis/
[114] New research from SINTEF and TU Delft shows that CCS can result in significant CO2 reductions at a marginal cost, accessed September 29, 2025, https://www.sintef.no/en/latest-news/2023/new-research-from-sintef-and-tu-delft-shows-that-ccs-can-result-in-significant-co2-reductions-at-a-marginal-cost/
[115] In Nederland ligt het gemiddelde klinkergehalte met circa 55–60% duidelijk lager dan het Europese niveau (circa 77%), vooral door het brede gebruik van CEM III/B.
[116] Broekman, M. H. (2023). Milieuhygienische kwaliteit LD-staalslakken. Literatuurstudie (RIVM rapport 2022-0180). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. https://www.rivm.nl/publicaties/milieuhygienische-kwaliteit-ld-staalslakken
[117] https://www.betonakkoord.nl/het-betonakkoord/

Materiaalefficiëntie - Maatregelen als 'slanker bouwen' en optimalisatie van het cementgehalte zijn relatief goedkope strategieën met aanzienlijk reductiepotentieel.

Gekwantificeerde paden
Het Betonakkoord streeft naar circa 30%-50% CO_2-reductie per m^3 beton in 2030 t.o.v. 1990. In het Dynamisch scenario wordt tot 2030 gereduceerd zonder CCUS, vooral via aangepaste mengsels en schonere bindmiddelen.[118] Na 2030 volgt verdere reductie door investeringen in CCUS en procesinnovatie. In het Behoedzaam scenario stagneert de reductie door afhankelijkheid van beperkte efficiëntiewinsten.

Jaar		Scenario Dynamisch (% reductie ten opzichte van 2023)	Scenario Behoedzaam (% reductie ten opzichte van 2023)
2030		-30% (-40% tov 1990)[119]	-10% (-23% tov 1990)
2040		-65% (-70% tov 1990)	-35% (-44% tov 1990)
2050		-90% (-91% tov 1990)	-50% (-57% tov 1990)

*Tabel: Aangenomen reductiepaden ten opzichte van 2023 en 1990. Aangenomen baseline reductie van 1990 tot 2023 is 15%. Voorbeeldberekening reductie tov 1990 voor Scenario Dynamisch 2030: 1 - (1 - 0,15) * (1- 0,3) = 0,405*

9.2 Decarbonisatiepad staal

De verduurzaming van staal in de Nederlandse bouw vraagt om een ingrijpende verandering van het productieproces. De CO_2-uitstoot van staal verschilt sterk per producttype:

- **Platte staalproducten** (zoals koudgewalst staal en quartoplaat) maken 77% uit van het totale volume. Deze worden vrijwel volledig geproduceerd via de hoogovenroute (BF-BOF). Hoewel de directe productie-uitstoot rond de 1.900 kg ligt, rekenen we in de bouw vaak met forfaitaire waarden tot 3.300 kg CO_2 per ton
- **Balkstaal** wordt voor 84% geproduceerd via de elektrische oven (EAF), die werkt op schroot. Dit is veel schoner: circa 1.200 kg CO_2 per ton.[120]

De kern van de aangenomen verduurzaming is het 'Groen Staal'-plan van Tata Steel. Dit plan vervangt de kolengestookte hoogovens door een nieuwe technologie: Direct Reduced Iron (DRI) gekoppeld aan een elektrische oven (EAF). De DRI-installatie draait eerst op aardgas en schakelt later over op groene waterstof, zodra die voldoende beschikbaar en betaalbaar is.[121] De planning volgens Tata Steel is:

- **2030**: eerste hoogoven vervangen, 40% minder CO_2-uitstoot (5 miljoen ton minder)
- **2045**: volledige klimaatneutrale productie na vervanging tweede hoogoven[122]

[118] Betonakkoord. (2020). Roadmap CO_2 reductie (18-05-2020). Geraadpleegd op https://www.betonakkoord.nl/wp-content/uploads/sites/43/166796/20200518_roadmap_co2_reductie.pdf; Betonhuis. (n.d.). Beton en CO_2-reductie. Geraadpleegd op https://betonhuis.nl/beton-en-co2-reductie
[119] Tussen het ambitieniveau 49% en de onderwaarde van 30%.
[120] Bouwen met Staal, & Hoekstra Bonnema, B. (2023, mei). Roadmap met handelingsperspectieven richting 2030 (Versie 7). Bouwakkoord Staal.
[121] Tata steel laat duurzame staalfabriek ontwerpen, https://www.verduurzamingindustrie.nl/industrieroutes/waterstof/nieuws-waterstof/2294724.aspx
[122] Green Steel Plan | Tata Steel, https://www.tatasteelnederland.com/en/sustainability/green-steel-plan

De nieuwe EAF-technologie maakt het ook mogelijk om meer schroot te verwerken: van 17% nu naar circa 30% vanaf 2030. Dit vermindert de behoefte aan nieuwe grondstoffen en verlaagt de uitstoot verder.[123]

Jaar	**Scenario Dynamisch** (% reductie ten opzichte van 2023)	**Scenario Behoedzaam** (% reductie ten opzichte van 2023)
2030	-30% (-49% tov van 1990)	-10% (-23% tov 1990)
2040	-70% (-75% tov 1990)	-40% (-49% tov 199)
2050	-90% (-91% tov 1990)	-50% (-57% tov 1990)

Tabel: aangenomen reducties in uitstoot CO2 van staal in decarbonisatiepaden ten opzichte van 2023. Aangenomen baseline reductie van 1990 tot 2023 is 15%.

9.3 Decarbonisatiepad vlakglas

De CO_2-uitstoot van vlakglasproductie kent twee bronnen. De CO_2-voetafdruk van isolatieglas wordt grotendeels bepaald door de productie van het basisglas (78%), waarbij ovens tot 1.600°C worden verhit. De overige emissies ontstaan tijdens de nabewerking en assemblage (22%).[124]

Strategieën voor verduurzaming
De belangrijkste route voor decarbonisatie is de overstap naar elektrische smeltovens of het gebruik van waterstof.[125] Hoewel elektrisch smelten voor verpakkingsglas al wordt toegepast, bevindt deze technologie zich voor de grootschalige productie van vlakglas nog in de pilotfase; de hoge optische kwaliteitseisen maken dit technisch complex.[126] Succesvolle implementatie kan de energiegerelateerde uitstoot (het overgrote deel van de totale emissies) elimineren. Voor de resterende procesemissies, die vrijkomen uit de grondstoffen zelf, blijft CO_2-afvang (CCUS) noodzakelijk.[127] Deze oplossingen zijn echter kapitaalintensief en sterk afhankelijk van netversterking en de beschikbaarheid van groene waterstof.

De scenario's houden rekening met de huidige technologische onzekerheden; elektrische ovens voor de hoge kwaliteit van vlakglas verkeren nog in de pilotfase. De trage start tot 2030 in beide paden weerspiegelt deze R&D-periode. In het scenario Dynamisch breken deze technologieën na 2035 door: de sprong naar 55% (2040) en uiteindelijk 90% (2050) veronderstelt een succesvolle opschaling van elektriciteit of waterstof, aangevuld met CCUS voor de hardnekkige procesemissies. In het scenario Behoedzaam blokkeren netcongestie en technische complexiteit de fundamentele overstap. De reductie stagneert hierdoor op

[123] Green Steel Plan | Tata Steel, https://www.tatasteelnederland.com/en/sustainability/green-steel-plan
[124] Glass and Embodied Carbon - Vitro Glass Education Center, https://glassed.vitroglazings.com/topics/glass-and-embodied-carbon
[125] Blue and green hydrogen production for the Glass industry - Air Products, https://www.airproducts.co.uk/-/media/files/en/337/337-23-001-us-blue-and-green-hydrogen-in-glass_the-american-ceramic-society.pdf https://ww3.rics.org/uk/en/modus/natural-environment/renewables/the-75-percent-problem--making-greener-glass.html
[126] All-Electric Melting Furnaces - Electroglass, https://www.electroglass.co.uk/products/electric-furnaces/
[127] The 75 per cent problem: making greener glass - MODUS | RICS,

35% in 2050, een plafond dat bereikt wordt via recycling (scherven) en procesoptimalisatie, zonder dat de ovens fossielvrij worden.

Jaar	Scenario Dynamisch (% reductie ten opzichte van 2023)	Scenario Behoedzaam (% reductie ten opzichte van 2023)
2030	-20% (-32% tov van 1990)	-10% (-23% tov 1990)
2040	-55% (-61% tov 1990)	-25% (-36% tov 199)
2050	-90% (-91% tov 1990)	-35% (-44% tov 1990)

Tabel: aangenomen reducties in uitstoot CO2 van glas in decarbonisatiepaden ten opzichte van 2023.

9.4 Decarbonisatiepad minerale wol

De productie van minerale wol kent een tweeledige emissie-uitdaging die de strategische keuzes bepaalt. De uitstoot is deels energiegerelateerd (verbranding in ovens) en deels procesgerelateerd (vrijkomen van CO_2 uit grondstoffen en bindmiddelen).[128]

De sector richt zich op het gelijktijdig aanpakken van beide emissiebronnen via drie hoofdroutes:

- **Elektrificatie van het smeltproces:** De overstap op volledig elektrische smeltovens is cruciaal om de energiegerelateerde uitstoot te elimineren.[129][130] De technologie is volwassen, maar succes hangt af van externe factoren: de aanleg van zware netaansluitingen en het oplossen van netcongestie. Zonder tijdige infrastructuur dreigt een 'carbon lock-in', waarbij fabrieken noodgedwongen fossiel blijven draaien.
- **Waterstof als alternatief:** Als alternatief voor elektrificatie wordt het gebruik van (groene) waterstof onderzocht. Een proefproject van ROCKWOOL in het Verenigd Koninkrijk test de vervanging van aardgas door waterstof.[131] Uitdagingen hierbij zijn de hoge kosten, de benodigde infrastructuur en technische aanpassingen aan de ovens.
- **Procesinnovatie met Bio-Binders:** Om de procesemissies aan te pakken, worden fossiele bindmiddelen vervangen door bio-gebaseerde varianten, zoals ECOSE® Technology of NeoLigno®.[132] Dit is een autonome route die losstaat van het energievraagstuk en reeds wordt toegepast.

De rol van CO_2-opslag (CCUS) In tegenstelling tot de cementindustrie is CCUS voor minerale wol een niche-oplossing. Voor elektrische ovens is de totale hoeveelheid uitstoot te gering om afvang rendabel te maken. CCUS fungeert hierdoor enkel als tijdelijke 'end-of-pipe'-oplossing voor fabrieken die nog met cokesovens werken en niet direct kunnen elektrificeren.

[128] Environmental product declaration - Rockwool, geraadpleegd 30 september 2025, https://www.rockwool.com/siteassets/rw-it/documentazione-tecnica/epd/epd_spagna.pdf
[129] Melting Furnace For Rock Wool Production Lines - Gamma Meccanica, geraadpleegd 30 september 2025, https://www.gamma-meccanica.it/en/mineral-wool-production-lines/rock-wool/melting-surface/
[130] The Evolution of Electric Furnaces Technology in Rock Wool ..., geraadpleegd 30 september 2025, https://www.rwoolworld.com/the-evolution-of-electric-furnaces-technology-in-rock-wool-production/
[131] Can Hydrogen be Used to Fuel Insulation Production? - Hydrogen ..., geraadpleegd 30 september 2025, https://hydrogenindustryleaders.com/can-hydrogen-be-used-to-fuel-insulation-production/
[132] NeoLigno® Therm for Insulation - NeoLigno® by Stora Enso | Bio ..., geraadpleegd 30 september 2025, https://www.storaenso.com/en/products/bio-based-materials/neoligno-by-stora-enso/insulation

De reductiepaden tonen de afhankelijkheid van externe infrastructuur, met een omslagpunt rond 2035. De beperkte reductie in 2030 weerspiegelt trage vergunningstrajecten en aansluitingen. In het scenario Dynamisch maakt opgeloste netcongestie daarna grootschalige elektrificatie mogelijk, wat samen met bio-binders leidt tot 95% reductie in 2050. In het scenario Behoedzaam dwingt blijvende netschaarste tot een fossiele 'lock-in'. De reductie stagneert hier op 35%, enkel behaald door optimalisatie en bio-binders zonder de noodzakelijke brandstofwissel.

Tabel: aangenomen reducties in uitstoot CO2 van minerale wol in decarbonisatiepaden ten opzichte van 2023. Aangenomen baseline reductie van 1990 tot 2023 is 15%.

Jaar	Scenario Dynamisch (% reductie ten opzichte van 2023)	Scenario Behoedzaam (% reductie ten opzichte van 2023)
	Totale Reductie (%)	**Totale Reductie (%)**
2030	20% (-32% tov van 1990)	10% (-23% tov van 1990)
2040	75% (-78% tov van 1990)	25% (-36% tov van 1990)
2050	95% (-95% tov van 1990)	35% (-44% tov van 1990)

5. Decarbonisatiepad baksteen

De decarbonisatie van de Nederlandse baksteenindustrie wordt gekenmerkt door een andere dynamiek dan die van beton. Waar de uitdaging voor beton primair chemisch van aard is, is die voor baksteen voornamelijk infrastructureel. De technologische oplossingen zijn grotendeels beschikbaar, maar de implementatie ervan wordt bepaald door externe factoren.

De verhouding CO_2-intensiteit voor de productie van metselbaksteen (A1-A3) wordt voor het referentiejaar 2023 vastgesteld op

- **Energiegerelateerde emissies (ca. 70%)**: Deze zijn primair afkomstig van de verbranding van aardgas in de tunnelovens en vormen de dominante emissiebron.
- **Procesgerelateerde emissies (ca. 30%)**: Dit is een onvermijdelijk gevolg van de calcinatie van carbonaten die van nature aanwezig zijn in de rivierklei tijdens het bakproces.[133]

De verhoudingen impliceren dat de meest impactvolle decarbonisatiestrategie gericht moet zijn op het elimineren van de emissies uit het energieverbruik.

De Nederlandse keramische industrie bestaat uit productielocaties die geografisch verspreid over het land liggen, dicht bij kleiwinlocaties. Ze vormen geen industrieel cluster en kunnen daardoor niet eenvoudig aansluiten op collectieve netwerken voor energie of CO_2-transport. De sector richt zich op het gelijktijdig aanpakken van beide emissiebronnen via drie hoofdroutes:

- **Energietransitie**: Dit is de meest impactvolle hefboom, met een technisch potentieel om de circa 70% energiegerelateerde emissies volledig te elimineren. De primaire routes zijn de overstap naar volledig elektrische tunnelovens of het gebruik van groene waterstof. De technologie voor elektrificatie is volwassen (TRL 8-9) en

[133] CERAMIC ROADMAP TO 2050

demonstratieprojecten tonen reducties tot 80-90%.[134][135][136] De implementatie is echter volledig afhankelijk van de aanleg van zware netaansluitingen en waterstofleidingen naar de verspreide locaties, wat een omvangrijke publieke investering vereist.

- **CCUS**: Dit is de meest voorgestelde technologie om de resterende circa 30% procesemissies aan te pakken. Net als bij de energietransitie is de haalbaarheid volledig afhankelijk van de aanleg van collectieve CO_2-transportinfrastructuur. In het hoog-snelscenario wordt dit verwezenlijkt in 2050
- **Materiaalefficiëntie**: Dit is een mogelijke strategie die in beide scenario's rendabel kan zijn. Productinnovaties zoals dunnere bakstenen of steenstrips kunnen de benodigde hoeveelheid materiaal per m^2 gevel theoretisch met 30% reduceren, wat direct leidt tot minder energieverbruik en procesemissies[137]. De effectiviteit en vergelijkbaarheid van deze producten is echter beperkt onderzocht.
- **Circulariteit**: Direct hergebruik van bakstenen biedt een zeer hoog reductiepotentieel (tot 80%-95% in A1-A3 voor alleen de baksten). De MKI per vierkante meter is voor hergebruikt baksteen inclusief cementarme mortel 65% lager dan een vergelijkbare bakstenen buitenblad[138]. De schaalbaarheid wordt beperkt door logistiek, de noodzaak van verwijderbare (kalk)mortels en de voorlopige limitaties van het aanbod[139]. De matching percentages groeien echter tot wel 80-125% % in 2050 in zowel de business-as-usual scenario's als de behoedzame en dynamische scenario's wat een kansrijk effect kan hebben.

De twee scenario's schetsen een verschil in de toekomst van de sector. In het dynamische scenario wordt de "infrastructuur aangelegd voor de energietransitie, wat na 2030 een snelle decarbonisatie mogelijk maakt. In het 'Behoedzame'-scenario blijft deze infrastructuur uit, waardoor de sector vastzit' en de reductie stagneert op het niveau dat met efficiëntie alleen haalbaar is.

Tabel: aangenomen reducties in uitstoot CO2 van bakstenen in decarbonisatiepaden ten opzichte van 2023. Aangenomen baseline reductie van 1990 tot 2023 is 15%.

Jaar	Scenario Dynamisch (% reductie ten opzichte van 2023)	Scenario Behoedzaam (% reductie ten opzichte van 2023)
2030	25% (-36.5% tov van 1990)	10% (-23.5 tov van 1990)
2040	55% (-61.75% tov van 1990)	25% (-36.25% tov van 1990)
2050	90% (-91.5% tov van 1990)	40% (-49% tov van 1990)

De ambities uit de sectorale 'Technology Roadmap Bouwkeramiek 2030', die streven naar een "substantiële CO_2-reductie", zijn enkel haalbaar onder de gunstige omstandigheden van

[134] IMPACT OF USING HYDROGEN IN FIRING CERAMIC TILES. A PRACTICAL VIEW. - Qualicer, accessed September 19, 2025, https://www.qualicer.org/programa/2024/ING/Ponencias/C/27%20pon%20ing.pdf

[135] Dombey, A., Gregg, D., & Le Gresley, S. (2023). Deep decarbonisation of brick manufacturing: Industrial fuel switching feasibility study (Public report). Net Zero Associate

[136] Zi Brick and Tile Industry International. (n.d.). A flagship project for sustainable brick production. Zi Brick and Tile Industry International. https://www.zi-online.info/en/artikel/a-flagship-project-for-sustainable-brick-production-4193824.html

[137] Dematerialisatie | Vandersanden, accessed September 19, 2025, https://www.vandersanden.com/nl-be/dematerialisatie

[138] Stichting Nationale Milieudatabase. (z.d.). Milieuverklaring (NMD_201759). In Viewer Nationale Milieudatabase. Geraadpleegd op 8 december 2025, van https://milieudatabase.nl/nl/viewer/milieuverklaring/nmd_201759/

[139] Technology Roadmap Bouwkeramiek 2030 - Knb-keramiek.nl, accessed September 19, 2025, https://www.knb-keramiek.nl/media/268631/technology-roadmap-bouwkeramiek-2030-online.pdf

het 'Dynamische'-scenario. In het 'Behoedzame'-scenario is de haalbare reductie in 2030 slechts 10%, wat de sectorale doelen onrealistisch maakt.

Annex A: Profielen koppeling

Type asset	Type	Subtype	Eigenaar	Asset naam	Bron
Wegen	Rijkswegen	Asfalt	RWS	Wegvak (RWS)	Dubocalc objectenbibliotheek, toplaag afgeschaald obv gesprekken Dura Vermeer 2019
Wegen	Rijkswegen	Overig	RWS	Wegvak (RWS)	Dubocalc objectenbibliotheek, toplaag afgeschaald obv gesprekken Dura Vermeer 2019
Wegen	Provinciale wegen	Asfalt	Provincie	N-weg (met berm) (RWS, wegdek uit PNH)	Dubocalc objectenbibliotheek, wegdek uit PNH
Wegen	Provinciale wegen	Overig	Provincie	N-weg (met berm) (RWS, wegdek uit PNH)	Dubocalc objectenbibliotheek, toplaag afgeschaald obv gesprekken Dura Vermeer 2019
Wegen	Gemeentewegen	Asfalt	Gemeente	Gebiedsontsluiting weg (GO weg)	Dubocalc objectenbibliotheek, toplaag afgeschaald obv gesprekken Dura Vermeer 2019
Wegen	Gemeentewegen	Gebakken klinkers	Gemeente	Rijbaan lokale weg, gebakken klinkers	PNH, menggranulaat toegevoegd
Wegen	Gemeentewegen	Betonklinkers	Gemeente	rijbaan autoweg, betonstraatstenen	PNH, menggranulaat toegevoegd
Wegen	Fietswegen	Asfalt	Gemeente	Fietspad (PNH)	PNH, menggranulaat toegevoegd
Wegen	Fietswegen	Betonklinkers	Gemeente	Fietspad, betonstraatstenen	PNH, menggranulaat toegevoegd
Wegen	Fietswegen	Gebakken klinkers	Gemeente	fietspad, gebakken klinkers	PNG, menggranulaat toegevoegd

Voetpad	Voetpad	Voetpad	Gemeente	Voetpaden (PNH)	PNH
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen beton	RWS	Brug 40m beton (2x3)_nebest	Dubocalc objectenbibliotheek, aangepast door Nebest
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen beton	Prorail	Brug 40m beton (2x3) (RWS, wegdek verwijderd)_nebest	Dubocalc objectenbibliotheek, aangepast door Nebest
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen beton	Provincie	Brug 19m (2x2) PNH	PNH
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen beton	Gemeente	Brug 19m (2x2) PNH	PNH
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen beton	Waterschap	Brug 19m (2x2) PNH	PNH
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen staal	RWS	Brug 80m staal (2x3)_nebest	Nebest
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen staal	Prorail	Brug 80m staal (2x3) (RWS,wegdek verwijderd)_nebest	Nebest
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen staal	Provincie	Brug 80m staal (2x3)_nebest	Nebest
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen staal	Gemeente	Brug 80m staal (2x3)_nebest	Nebest
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen staal	Waterschap	Brug 80m staal (2x3)_nebest	Nebest
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen hout	RWS	Fietsbrug over weg 12m (hout)	Dubocalc objectenbibliotheek
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen hout	Prorail	Fietsbrug over weg 12m (hout)	Dubocalc objectenbibliotheek
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen hout	Provincie	Fietsbrug over weg 12m (hout)	Dubocalc objectenbibliotheek
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen hout	Gemeente	Fietsbrug over weg 12m (hout)	Dubocalc objectenbibliotheek
Bruggen + viaducten	Bruggen vast	Bruggen hout	Waterschap	Fietsbrug over weg 12m (hout)	Dubocalc objectenbibliotheek
Bruggen + viaducten	Viaducten	Viaducten	RWS	Viaducten_nebest	Dubocalc objectenbibliotheek, aangepast door Nebest
Bruggen + viaducten	Viaducten	Viaducten	Prorail	Viaducten_(RWS, wegdek verwijderd) nebest	Dubocalc objectenbibliotheek
Bruggen + viaducten	Viaducten	Viaducten	Provincie	Viaduct voor semi-directe verbindingsweg (PNH)	PNH
Bruggen + viaducten	Viaducten	Viaducten	Gemeente	Viaduct voor semi-directe verbindingsweg (PNH)	PNH
Bruggen + viaducten	Viaducten	Viaducten	Waterschap	Viaduct voor semi-directe verbindingsweg (PNH)	PNH
Bruggen + viaducten	Bruggen beweegbaar	Beweegbaar	RWS	Leeghwaterbrug (PNH)	PNH

Bruggen + viaducten	Bruggen beweegbaar	Beweegbaar	Prorail	Leeghwaterbrug (PNH)	PNH
Bruggen + viaducten	Bruggen beweegbaar	Beweegbaar	Provincie	Leeghwaterbrug (PNH)	PNH
Bruggen + viaducten	Bruggen beweegbaar	Beweegbaar	Gemeente	Leeghwaterbrug (PNH)	PNH
Bruggen + viaducten	Bruggen beweegbaar	Beweegbaar	Waterschap	Leeghwaterbrug (PNH)	PNH
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Tunnels	RWS	Tunnel_nebest - (4 rijstroken, lengte 2.3km)	Nebest
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Tunnels	Prorail	Tunnel (RWS, wegdek verwijderd)_nebest - lengte 847m)	RWS
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Tunnels	Provincie	Tunnel (4 rijbanen, lengte 195m)	PNH
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Tunnels	Gemeente	Tunnel (4 rijbanen, lengte 195m)	PNH
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Tunnels	Waterschap	Tunnel (4 rijbanen, lengte 195m)	PNH
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Onderdoorgang	Provincie	Onderdoorgang (RWS)_nebest (lengte 25m)	Dubocalc objectenbibliotheek, aangepast door Nebest
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Onderdoorgang	Gemeente	Onderdoorgang (RWS)_nebest (lengte 25m)	Dubocalc objectenbibliotheek, aangepast door Nebest
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Onderdoorgang	Waterschap	Onderdoorgang (RWS)_nebest (lengte 25m)	Dubocalc objectenbibliotheek, aangepast door Nebest
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Onderdoorgang	RWS	Onderdoorgang (RWS)_nebest (lengte 25m)	Dubocalc objectenbibliotheek, aangepast door Nebest
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnel	Onderdoorgang	Prorail	Onderdoorgang (RWS - wegdek verwijderd)_nebest (lengte 25m)	Dubocalc objectenbibliotheek, wegdek verwijderd
Sluizen	Sluizen	Schutsluizen	RWS	Sluis (PNH)	PNH
Sluizen	Sluizen	Spuisluizen	RWS	Poldergemaal groot (STOWA)	STOWA
Sluizen	Sluizen	Schutsluizen	Provincie	Sluis (PNH)	PNH
Sluizen	Sluizen	Spuisluizen	Provincie	Poldergemaal groot (STOWA)	STOWA
Sluizen	Sluizen	Schutsluizen	Gemeente	Sluis (PNH)	PNH
Sluizen	Sluizen	Spuisluizen	Gemeente	Poldergemaal groot (STOWA)	STOWA
Sluizen	Sluizen	Schutsluizen	Waterschap	Sluis (PNH)	PNH
Sluizen	Sluizen	Spuisluizen	Waterschap	Poldergemaal groot (STOWA)	STOWA

Kustverdediging	Zandsuppletie		RWS	Zand[140]	Structural
Vaargeul	Vaargeulonderhoud	Zout	RWS	Zout	TNO
Vaargeul	Vaargeulonderhoud	Zoet	RWS	Zoet	TNO
Vaargeul	Vaargeulonderhoud	Zout	Overig	Zout	TNO
Vaargeul	Vaargeulonderhoud	Waterschappe n	Waterschap	Waterschappen	TNO
Riolering	Riool	Vrijverval	Gemeente	Vrijverval riolering gemiddeld (eigen) 300mm	Structural, obv gespekken Rioned
Riolering	Riool	Transportleidi ng	Waterschap	Betonnen vrijverval riolering (eigen) 500mm	Structural, obv gespekken Rioned
Riolering	Riool	Mechanisch riolering	Gemeente	Mechanische riolering (eigen) diameter 70 mm	Structural, obv gespekken Rioned
Riolering	Riool	Persleiding	Waterschap	Persleiding 300mm	Structural, obv gespekken Rioned
Waterkering en oeverbescherming	Waterkering	Primair	RWS	Primaire dijk gemiddeld (STOWA)	STOWA
Waterkering en oeverbescherming	Waterkering	Primair	Waterschap	Primaire dijk gemiddeld (STOWA)	STOWA
Waterkering en oeverbescherming	Waterkering	Regionaal en overig	RWS	Regionale dijk (STOWA)	STOWA
Waterkering en oeverbescherming	Waterkering	Regionaal en overig	Waterschap	Regionale dijk (STOWA)	STOWA
Waterkering en oeverbescherming	Oeverbeschoeiing	Hout	Verschillende	Hout	NMD categorie 3 rapporten, zie uitleg voor dieptes en verhoudingen tropisch en europees hout
Waterkering en oeverbescherming	Oeverbeschoeiing	Overig	Verschillende	Hout	NMD categorie 3 rapporten, zie uitleg voor dieptes
Waterkering en oeverbescherming	Damwand	Staal	Verschillende	Staal	NMD categorie 3 rapporten, zie uitleg voor dieptes
Spoor	Trein/Prorail		Prorail	Enkel treinspoor (RWS)	Dubocalc Objectenbibliotheek , geluidsschermen afgeschaald obv van aanname dat 5-10% van de nieuwbouw geluidsschermen heeft
Spoor	Tram/metro/lightrail		GVB	Tram, metro en lightrail - RET GVB	Dubocalc objectenbibliotheek
Spoor	Tram/metro/lightrail		HTM	Tramspoor (RWS)	Dubocalc objectenbibliotheek

[140] Zand is hier enkel toegevoegd om de massa te berekenen. Om de CO2-impact te berekenen is de TNO studie "Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw" gehanteerd.

Spoor	Tram/metro/lightrail		U-OV	Metro (RWS)	Dubocalc objectenbibliotheek
Spoor	Tram/metro/lightrail		RET	Tram, metro en lightrail - RET GVB	Dubocalc objectenbibliotheek
Gemalen	Gemalen	Rioolgemaal	Gemeente	Rioolgemaal klein (STOWA)	STOWA
Gemalen	Gemalen	Rioolgemaal	Waterschap	Rioolgemaal klein (STOWA)	STOWA
Gemalen	Gemalen	Oppervlaktegemaal	Waterschap	Poldergemaal groot (STOWA)	STOWA
Zuiveringsinstallaties	Zuiveringsinstallaties	Zuiveringsinstallaties	Waterschap	RWZI groot (STOWA)	STOWA
Ondergrondse infrastructuur	Electricteitskabels	Laagspanning	Overig	Laagspanning	NMD categorie 3 rapporten, koper
Ondergrondse infrastructuur	Electricteitskabels	Middenspanning	Overig	Middenspanning	NMD categorie 3 rapporten, koper (0.2) aluminimum (0.8)
Ondergrondse infrastructuur	Electricteitskabels	Hoogspanning	Overig	Hoogspanning	NMD categorie 3 rapporten, koper (0.2) aluminimum (0.8)
Ondergrondse infrastructuur	Electricteitskabels	Extra hoogspanning	Overig	Hoogspanning	NMD categorie 3 rapporten, koper (0.2) aluminimum (0.8)
Ondergrondse infrastructuur	Gasleidingen		Overig	Gasleidingen	NMD categorie 3 rapporten
Ondergrondse infrastructuur	Telecomkabels		Overig	Telecomkabels	NMD categorie 3 rapporten
Ondergrondse infrastructuur	Waterleidingen	PVC	Overig	PVC	NMD categorie 3 rapporten
Ondergrondse infrastructuur	Waterleidingen	Gietijzer	Overig	Gietijzer	NMD categorie 3 rapporten
Ondergrondse infrastructuur	Waterleidingen	Asbestcement	Overig	Asbestecement	NMD categorie 3 rapporten
Ondergrondse infrastructuur	Warmteleidingen	Distributienet	Overig	Distributieleiding	Structural, DN600
Ondergrondse infrastructuur	Warmteleidingen	Transportnet	Overig	Hoofdtransportleiding	Structural, DN250

Annex B: Materialenkoppeling

Materiaal	Materiaal categorie
Perhiphalt NC100	Bitumen
Bitumen emulsie	Bitumen
Teelaarde	Grond
Voorspanstaal	Constructiestaal
Staal, gemoffeld	Constructiestaal
Polypropyleen	Kunststoffen
Baksteen (klei)	Gebakken klinker
Gerecycled PVC	Kunststoffen
Wilg (Europees hardhout)	Hout
Waterbouwsteen	Steen
Klei	Klei
Polyurethaan	Kunststoffen
Menggranulaat	Menggranulaat
Hoogovenslakken	Vulstof
PVC	Kunststoffen
Glasparels	Glas
Titanium oxide	Overige Metalen
Synthetische hars	Overig
Staal, verzinkt	Constructiestaal
Zink	Overige Metalen
Bevestigingsmiddelen (metaal)	Overige Metalen
Bitumen 40/60	Bitumen
Bitumen 70/100	Bitumen
Afdruipremmende stof	Overig
Additieven, colorfalt Red	Overig
HDPE	Kunststoffen

Materiaal	Materiaal categorie
Wapeningsstaal primair	Wapeningsstaal
Wapeningsstaal secundair	Wapeningsstaal
Productiestaal (primair)	Constructiestaal
Productiestaal (secundair)	Constructiestaal
Constructiestaal primair	Constructiestaal
Constructiestaal secundair	Constructiestaal
Staal ongelegeerd (primair)	Constructiestaal
Staal laaggelegeerd (secundair)	Constructiestaal
Staal hooggelegeerd	Constructiestaal
Polyamide	Kunststoffen
Rubber	Kunststoffen
Anti-graffiti coating (polyurethane, flexible foam)	Kunststoffen
DG3 folie	Kunststoffen
Aluminium primair	Aluminium
Aluminium secundair	Aluminium
Glas	Glas
Steenwol	Isolatie
Ophoogzand	Ophoogzand
Grenen	Hout
Naaldhout	Hout
Hardhout	Hout
Azobé	Hout
Conservering	Overig
Bomen	Hout
Veen	Grond
Grond	Grond

Asfaltgranulaat	Asfaltgranulaat
Eigen stof	Overig
Vulstof middelsoort + hydroxide	Vulstof
Vulstof	Vulstof
Zwakke vulstof	Vulstof
Zeer zwakke vulstof	Vulstof
Steenslag algemeen	Steen
Steenslag kalksteen	Steen
Steenslag Morene	Steen
Steenslag Bestone	Steen
Steenslag Schots graniet	Steen
Brekerzand	Industriezand
Brekerzand Bestone	Industriezand
Brekerzand Morene	Industriezand
Zand	Industriezand
Grind	Grind
AVI-b	Vulstof
Beton granulaat	Menggranulaat
CEM I	Cement
CEM III A	Cement
CEM III	Cement
Water	Water
Kalksteen	Steen
Hulpstof	Vulstof

Compost	Grond
Zuid-Amerikaans hout	Hout
Plasticiser	Overig
Gietijzer	Constructiestaal
Poederkoolvliegas	Vulstof
Poedercoating	Overig
Aluminium met poedercoating	Aluminium
Vlakglas	Glas
Siliconen	Kunststoffen
Polymethyl methacrylate	Kunststoffen
Light emitting diode	Elektronica
Electronica	Elektronica
Fosforslakmengsel	Industriële reststoffen
Staal, warmgewalst	Constructiestaal
Graniet (0-16mm)	Steen
Vliegas	Industriële reststoffen
Super plastificeerder	Hulpstof
Hout	Hout
Koper	Overige Metalen
Epoxy	Kunststoffen
Aluminium	Aluminium
Staal en ijzer	Constructiestaal

Annex C: Oorsprong van materialen

Material	Primaire bron	Hernieuwbare bron	Secundaire bron (recycling)	Secundaire bron (hergebruik)
Perhiphalt NC100	100%			
Gietijzer	55%		45%	
Bitumen emulsie	100%			
Grond	50%		50%	
Voorspanstaal	55%		45%	
Staal, gemoffeld	55%		45%	
Polypropyleen	90%		10%	
Baksteen (klei)	22%	30%		48%
Klei	43%	57%		
Menggranulaat			100%	
Hoogovenslakken			100%	
PVC	90%		10%	
Glasparels	75%		25%	
Titanium oxide	76%		24%	
Synthetische hars	100%			
Staal, verzinkt	55%		45%	
Zink	76%		24%	
Bevestigingsmiddel en (metaal)	55%		45%	
Bitumen 40/60	100%			
Bitumen 70/100	100%			
HDPE	90%		10%	
Asfaltgranulaat			100%	
Eigen stof	100%			
Vulstof middelsoort + hydroxide	100%			
Vulstof	100%			
Zwakke vulstof	100%			
Steenslag algemeen	98%		2%	
Steenslag kalksteen	98%		2%	
Steenslag Morene	98%		2%	

Steenslag Bestone	98%		2%
Brekerzand			100%
Brekerzand Bestone			100%
Brekerzand Morene			100%
Zand	100%		
Grind	100%		
AVI-b			100%
Beton granulaat			100%
CEM I	95%		5%
CEM III A	60%		40%
CEM III	10%		90%
Water	100%		
Hulpstof	100%		
Wapeningsstaal primair	100%		
Wapeningsstaal secundair			100%
Productiestaal (primair)	100%		
Productiestaal (secundair)			100%
Constructiestaal primair	100%		
Constructiestaal secundair			100%
Staal ongelegeerd (primair)	100%		
Staal laaggelegeerd (secundair)			100%
Staal hooggelegeerd	55%		45%
Polyamide	90%		10%
Rubber		100%	
Conservering	100%		
Aluminium primair	100%		
Aluminium secundair			100%
Steenwol	79%		21%
Ophoogzand	50%		50%
Hardhout		100%	

Azobé		100%	
Poederkoolvliegas			100%
Poedercoating	100%		
Plasticiser	100%		
Aluminium met poedercoating	100%		
Vlakglas	88%		12%
Siliconen	100%		
Polymethyl methacrylate	100%		
Light emitting diode	93%		7%
Electronica	93%		7%
Fosforslakmengsel			100%
Zeer zwakke vulstof	100%		
Aluminium	100%		
Staal en ijzer	55%		45%
Staal, warmgewalst	55%		45%
Grenen		100%	
Graniet (0-16mm)	100%		
Vliegas			100%
Super plastificeerder	100%		
Hout		100%	
Koper	79%		21%
Glas	88%		12%
Epoxy	100%		
Polyurethaan	100%		

Annex D: Achtergrondanalyse CO_2-eq impact van airconditioning

Voor de bepaling van de milieu-impact van koeling is specifiek onderzoek gedaan naar de *Global Warming Potential* (GWP) van twee airconditioningsystemen in de context van de schaal van de hele bouw.

Marktomvang en capaciteit Per 2025 zijn er in Nederland naar schatting 259.261 airconditioningunits geïnstalleerd in woningen, met een gecombineerd koelvermogen van 1.203 MW. In de utiliteitsbouw dragen 17.653 units bij aan een totaal koelvermogen van 317 MW. Op basis hiervan is een gemiddeld vermogen per unit vastgesteld van 4,64 kW voor residentiële systemen en 17,95 kW voor commerciële systemen.

Referentiemodellen en impact Om representatieve marktstandaarden te bepalen, is gekozen voor modellen van Daikin :

- **Woningbouw:** De *Sky Air Alpha*-serie (bereik 3,5 - 6,0 kW).
- **Utiliteitsbouw:** De *VRV 5 Heat Recovery Outdoor Unit* (bereik 22,4 - 56 kW).

Op basis van de milieuverklaringen (EPD) van deze systemen zijn de GWP-waarden geïnterpoleerd naar de gemiddelde capaciteiten:

- **Residentieel (4,64 kW):** Een GWP100-waarde (fase A1-A5) van **485,77 kg CO_2-eq per kW**.
- **Commercieel (17,95 kW):** Een GWP100-waarde (fase A1-A5) van **134,51 kg CO_2-eq per kW**.

Hieruit blijkt dat de emissies per kW voor residentiële units aanzienlijk hoger liggen dan die voor commerciële systemen. De grootste impact vindt plaats in de A1–A3 levenscyclusfasen (winning van grondstoffen en productie). Deze impactfactoren worden gehanteerd om de totale GWP van de airconditioningvoorraad in Nederland voor de periode 2025-2050 te berekenen.