



# OUTLOOK

## Mobiele werktuigen

*De elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op de bouwplaats in 2030*

# Colofon

## **Outlook Mobiele werktuigen De elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op de bouwplaats in 2030**

### **Auteurs**

Jorinde Guldenaar

Bart Oosterhuis

Jessica van Rijn

Coen Melse

Uitgevoerd in opdracht van Topsector Logistiek

Juni 2022



# Samenvatting

De Topsector Logistiek voert binnen het Innovatieprogramma Schoon en Emissieloos Bouwen het onderdeel Bouwlogistiek en Mobiele Werktuigen uit. Vanuit dit programma is Movares gevraagd om te onderzoeken hoe groot de extra elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op de bouwplaats zal zijn in 2030 en welke ontwikkelingen hier invloed op hebben. Deze Outlook onderzoekt middels drie scenario's de elektriciteitsvraag in 2030 indien alle mobiele werktuigen worden geëlektrificeerd of grotendeels worden geëlektrificeerd.

De scenarioberekeningen zijn gedaan op basis van een top-down en bottom-up methode, om de groei in elektriciteitsvraag van verschillende kanten te benaderen en zo de betrouwbaarheid van het onderzoek te vergroten. Daarnaast zijn interviews uitgevoerd met aannemers, leveranciers van bouw materieel en kennisinstellingen om de top-down en bottom-up methoden continue te voeden met nieuwe en relevante informatie uit de praktijk. Er wordt in dit onderzoek gekeken naar de woningbouw en renovatie, wat valt onder de Burgerlijke en Utiliteitsbouw (B&U) en Grond-, Weg en Waterbouw (GWW). Daarnaast wordt onderscheid gemaakt in verschillende projectgroottes, binnen- en buitenstedelijke projecten en worden hoeveelheid en type mobiele werktuigen meegenomen.

## Toekomstige elektriciteitsvraag mobiele werktuigen

In deze Outlook is een bandbreedte voor de verwachte elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen vastgesteld tussen de 3,95 en 6,28 Terawattuur (hierna TWh<sup>1</sup>) indien 100% van de mobiele werktuigen elektrisch zou worden ingezet op de bouwplaats in 2030 (scenario 1). Op basis van de huidige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in de Nieuwbouw, Renovatie en GWW-sector van 0,18 TWh, betekent dit een groei tussen de 2096% en 3389% in de periode van 2021 tot en met 2030. De elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen zou in dat geval stijgen van 0,1% tot ongeveer 3-4% van de (huidige) landelijke elektriciteitsvraag.

Op basis van de bottom-up benadering is ook de groei in elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen tussen 2021 en 2030 berekend voor de andere twee scenario's. Dit bedraagt een groei van 703% indien alleen het grote materieel in 2030 niet elektrisch draait op de bouwplaats (scenario 2) en 56% indien alleen het mini en klein materieel zouden worden geëlektrificeerd (scenario 3). Ook is in de bottom-up methode vastgesteld dat het middelgroot en het grote materieel de grootste impact hebben op de elektriciteitsvraag. Wanneer het mini (tot 19 kW), klein (19-56 kW) en middelgroot (56-130 kW) materieel is geëlektrificeerd in 2030, maar grote mobiele werktuigen (130-560 kW) niet, kost dit naar schatting 63% minder elektriciteit ten opzichte van het scenario waarin alle mobiele werktuigen elektrisch zijn. Wanneer ook het middelgroot materieel nog op fossiele brandstoffen draait, gaat het om 93% minder elektriciteit dan bij een 100% elektrische vloot.

<sup>1</sup> TWh = 1.000.000.000 kWh

## Impact op het elektriciteitsnet en bouwprojecten

De Outlook laat zien dat het massaal inzetten van elektrische mobiele werktuigen in de toekomst ervoor zorgt dat netbeheerders te maken krijgen met vele aanvragen voor grotere middenspanningsaansluitingen in plaats van de gangbare bouwaansluitingen tot 3x35A (laagspanning). Dit heeft grote gevolgen voor het elektriciteitsnet, waarop de beschikbare netcapaciteit al steeds schaarser wordt. Wachttijden voor het aanvragen van een aansluiting kunnen nog verder gaan oplopen, waardoor ook het risico op vertraging van bouwprojecten steeds groter wordt. Er zal in toenemende mate moeten worden gewerkt met andere oplossingen, zoals mobiele batterij containers, zonnepanelen, windenergie, Vehicle to Load (V2L) en waterstof om het net te ontlasten en om projecten op tijd van de benodigde elektriciteitsvraag te voorzien.

Door de handen ineen te slaan en proactief te handelen zou het proces slimmer kunnen worden ingericht. Waar nu de opdrachtnemer verantwoordelijk is voor het realiseren van de aansluiting, wat doorgaans gebeurt op het moment van het verkrijgen van de vergunning, is het advies te onderzoeken in hoeverre het centraliseren en eerder aanvragen van energieaansluitpunten door de opdrachtgever tot de mogelijkheden behoort. De opdrachtgever heeft zicht op de projectplanning en kan dit vroegtijdig verzorgen. Een goede samenwerking tussen opdrachtgever en opdrachtnemer is hierin essentieel. Zonder samenwerking op dit vlak bestaat het risico dat door structurele netcongestie veel bouwprojecten vertraging oplopen of de duurzaamheidsambities in de bouw niet worden gehaald.

Het is met deze Outlook niet de bedoeling om de toekomst te voorspellen. Het betreft namelijk een complex speelveld met veel dynamiek en onzekerheid. De scenario's helpen om inzichten te verwerven die ervoor zorgen dat strategische keuzes worden gemaakt in het licht van de toekomst. Het moet benadrukt worden dat dit onderzoek rust op de analyse van slechts enkele projecten en een aantal noodzakelijke aannames die effect hebben op de uitkomsten. Daardoor moet men de uitkomsten met enige voorzichtigheid behandelen.

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>	
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>6</b>
	1.1 Aanleiding	6
	1.2 Doel en aanpak	6
	1.3 Leeswijzer	7
<b>2</b>	<b>Mobiele werktuigen: type en inzet</b>	<b>8</b>
	2.1 Scope	8
	2.2 Methodiek	9
	2.3 Typering projecten	12
<b>3</b>	<b>Scenario's</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Resultaten</b>	<b>15</b>
	4.1 Stap 1: Top-down benadering	15
	4.2 Stap 2: Bottom-up benadering	15
	4.3 Stap 3: Interviews	19
	4.4 Stap 4: Koppeling top-down en bottom-up benadering	22
	4.4.1 Overzicht top-down en bottom-up	22
	4.4.2 De elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030	23
<b>5</b>	<b>Conclusie, aanbevelingen en discussie</b>	<b>25</b>
	5.1 Aanbevelingen	25
	5.2 Limitaties en vervolgonderzoek	26
	<b>Bijlagen</b>	<b>28</b>
	Bijlage 1: Aannames	28
	Bijlage 2: Typering projecten	32
	Bijlage 3: Inzet mobiele werktuigen	34

# Introductie

## 1.1 Aanleiding

Nederland staat voor de uitdaging om t.o.v. 2017 60% stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) te reduceren, 75% gezondheidswinst te boeken en 0,4 Mton CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren in de bouw in 2030. Tegelijkertijd bevindt Nederland zich midden in de energietransitie waarbij we overgaan van een energiesysteem op fossiele energiebronnen naar een energiesysteem op duurzame energiebronnen, zoals zon- en windenergie. In het kader van de energietransitie en voor een toekomstbestendige bouwsector is verduurzaming van mobiele werktuigen essentieel. Momenteel stoten mobiele werktuigen circa 10% van de totale uitstoot van de sector mobiliteit uit (ruim 3 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten<sup>2</sup>). In onder meer het Klimaatakkoord, Schone Lucht Akkoord en de Aanpak Stikstof zijn doelstellingen vastgesteld voor het terugdringen en voorkomen van uitstoot van mobiele werktuigen en bouwlogistiek. Zo kan de sector een belangrijke bijdrage leveren aan de verbetering van ons klimaat, de natuur en onze gezondheid.

Het elektrificeren van mobiele werktuigen levert een significante bijdrage aan het reduceren van de emissies. De netto-emissies van elektromotoren zijn namelijk slechts een fractie van die van verbrandingsmotoren, indien men gebruik maakt van groene stroom. Daarnaast hebben elektromotoren een hogere brandstofefficiëntie: bij dieselmotoren gaat circa 60 tot 70% van de energie verloren aan warmte, bij elektromotoren is dit slechts 10 tot 20%<sup>3</sup>. In de huidige situatie gebruiken mobiele werktuigen voornamelijk fossiele brandstoffen (96%) tegenover 1,4% elektriciteit<sup>4</sup>. Dit is momenteel nog een fractie van alle mobiele werktuigen, maar de ambitie is dat mobiele werktuigen in 2030 (grotendeels) geëlektrificeerd zijn<sup>5</sup>. De inzet van geëlektrificeerde mobiele werktuigen, maar ook de toepassing van andere innovaties op de bouwplaats in het kader van de energietransitie, hebben impact op het elektriciteitsnet. Momenteel worden er maandelijks 1.100 aanvragen voor bouwaansluitingen gedaan, waarvan het merendeel een aansluitvermogen heeft tot 3x35A (maximale capaciteit van 24 kW)<sup>4</sup>. Met de elektrificatie van mobiele werktuigen neemt de vermogensvraag bij bouwaansluitingen toe, aangezien men vanuit kostenoverwegingen een optimale aansluiting aanvraagt passend bij de elektriciteitsvraag van het project. Dit heeft daarmee ook invloed op netbeheerders, aannemers en andere belanghebbenden.

## 1.2 Doel en aanpak

De Topsector Logistiek voert binnen het Innovatieprogramma Schoon en Emissieloos Bouwen het onderdeel Bouwlogistiek en Mobiele Werktuigen uit. Vanuit dit programma is Movares gevraagd om te onderzoeken hoe groot de extra elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op de bouwplaats zal zijn in 2030 en welke ontwikkelingen hier invloed op hebben. Deze Outlook is opgesteld met als doel om inzicht te krijgen in de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op de bouwplaats in 2030 indien 100% van de mobiele werktuigen wordt geëlektrificeerd in 2030. Daarnaast bekijken we in deze Outlook nog twee andere, meer realistische, scenario's die verschillen in mate van elektrificatie van mobiele werktuigen. De Outlook geeft meer inzicht in de toekomstige uitdagingen met betrekking tot de toename van de vermogensvraag op de bouwplaats.

<sup>2</sup> RWS, (2020). Routeradar 2019 Straatbeeldmonitor.

<sup>3</sup> SGS Search Consultancy, (2017). Elektrificatie van mobiele werktuigen.

<sup>4</sup> CE Delft, (2020). Elektrificatie en Vraagprofiel 2030.

<sup>5</sup> TNO Rapport, (2021). Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod mobiele werktuigen en bouwlogistieke voertuigen.

In totaal bestaat deze Outlook dus uit een drietal scenario's voor de Burgerlijke en Utiliteitsbouw (B&U), uitgesplitst in nieuwbouw en renovatie, en de Grond- weg en waterbouw (GWW) sector. Daarnaast worden verschillende projectgroottes, binnen- en buitenstedelijke aspecten en hoeveelheid en type mobiele werktuigen meegenomen. Deze Outlook geeft handvatten om oplossingsrichtingen te verkennen en biedt mogelijkheden om de juiste investeringsbeslissingen te nemen die de energietransitie op de bouwplaats kunnen versnellen.

### 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 behandelt de scope van dit onderzoek, de methodiek en geeft meer toelichting op de type projecten die zijn onderzocht samen met de huidige samenstelling en inzet van mobiele werktuigen. Hoofdstuk 3 geeft vervolgens een overzicht van de verschillende scenario's die zijn onderzocht. Middels deze scenario's wordt de toekomstige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 doorgerekend. De resultaten hiervan worden gepresenteerd in Hoofdstuk 4 aan de hand van de verworven kennis in de interviews en berekeningen. Vervolgens wordt een beeld geschetst van de impact op het elektriciteitsnet indien (het merendeel van) de mobiele werktuigen in de toekomst elektrisch zou worden ingezet op de bouwplaats.

Het is met deze Outlook niet de bedoeling om de toekomst te voorspellen. Het betreft namelijk een complex speelveld met veel dynamiek en onzekerheid. De scenario's helpen om inzichten te verwerven die ervoor zorgen dat strategische keuzes worden gemaakt in het licht van de toekomst. Het moet benadrukt worden dat dit onderzoek rust op de analyse van slechts enkele projecten en een aantal noodzakelijke aannames die effect hebben op de uitkomsten. Daardoor moet men de uitkomsten met enige voorzichtigheid behandelen. Idealiter wordt er meer projectdata per type project geanalyseerd en worden nog meer verschillende typen projecten en sectoren onderzocht om een completer beeld te krijgen van de toekomstige elektriciteitsbehoefte van mobiele werktuigen in de bouw. Daarnaast is elektrificatie van mobiele werktuigen niet de enige oplossing voor de verduurzaming van de bouwplaats. Het is daarvoor noodzaak om de invloed van mobiele werktuigen op andere brandstoffen en de inzet van andere oplossingen op de bouwplaats (smart batteries, V2L, verwisselbare accu's of bijvoorbeeld waterstof containers).

## Mobiele werktuigen: type en inzet

### 2.1 Scope

Binnen dit onderzoek is gekeken naar de toekomstige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op de bouwplaats. Het is van belang om een nadere definitie te geven aan de verschillende termen die gebruikt worden in dit onderzoek zodat duidelijk is wat wél en wat niet binnen de scope valt en wat daaronder wordt verstaan. Zoals aangegeven in Hoofdstuk 1 worden in dit onderzoek verschillende aspecten meegenomen. Er wordt gekeken naar de B&U sector (zowel nieuwbouw en renovatie) en de GWW-sector, verschillende projectgroottes, binnen- en buitenstedelijke aspecten en de hoeveelheid en type mobiele werktuigen. Een overzicht van de gehanteerde definities staat weergegeven in Tabel 1. Hoe een specifiek type project eruit ziet zal in paragraaf 2.3 aan bod komen.

**Tabel 1**  
Onderzoeksdefinities

*\*Bepaalde oplossingen, zoals mobiele batterij containers of verwisselbare accu's die worden vervoerd van en naar andere plekken om opgeladen te worden of publieke laadpalen net buiten de bouwplaats, horen bij de bouwplaats en vallen binnen de scope van dit onderzoek. De bouwplaats is in dat geval breder dan alleen het bouwterrein.*

	Definitie en scope
<b>Mobiele werktuigen</b>	Machines die worden ingezet in de Burgerlijke en Utiliteitsbouw (B&U) en Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW), inclusief drijvende werktuigen zoals baggerschepen. Bouwlogistieke voertuigen die worden gebruikt om materieel en materiaal van en naar bouwlocaties te transporteren, vallen buiten de scope van dit onderzoek.
<b>De bouwplaats</b>	Het terrein of de locatie waar de bouwwerkzaamheden plaatsvinden*.
<b>Nieuwbouw</b>	Nieuw te bouwen gebouwen in de B&U sector.
<b>Renovatie</b>	Herstellen of wanneer nodig gedeeltelijk vernieuwen van een bestaand gebouw in de B&U sector, waardoor het weer bruikbaar wordt naar de dan geldende maatstaven en normen.
<b>GWW</b>	Grond-, Weg- en Waterbouw. De projecten hebben betrekking op het ontwerp en de realisatie van wegenbouw, grondwerken, waterbouw en railbouw. Zoals onder andere de bouw van dijken, de aanleg van wegen en het bouwen van bruggen, viaducten en tunnels.
<b>Binnenstedelijk</b>	Het gebied binnen de bebouwde kom (met uitzondering van het gebied binnen de zone van een autoweg of autosnelweg)
<b>Buitenstedelijk</b>	Het gebied buiten de bebouwde kom, alsmede het gebied binnen de bebouwde kom voor zover gelegen binnen de zone van een autoweg of autosnelweg.

Daarnaast hanteren we in dit onderzoek de term 'electriciteitsvraag' van mobiele werktuigen, en niet de termen energiebehoefte of energieverbruik, omdat dit impliceert dat dit onderzoek zich ook richt op de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen die op bijvoorbeeld waterstof of biobrandstoffen draaien. In principe vragen mobiele werktuigen op waterstof ook elektriciteit van het net. De focus in dit onderzoek ligt op mobiele werktuigen met een elektromotor. Hoofdstuk 4 behandelt waterstof in het kort.

Voor de categorisatie van mobiele werktuigen zijn de vermogensklassen gerelateerd aan de emissiewetgeving voor mobiele werktuigen aangehouden. De emissiewetgeving maakt onderscheid tussen mini (tot 19kW), klein (tot 19-37/56 kW), middelgroot (56-130 kW), groot (130-560 kW) en zeer groot (>560 kW) materieel<sup>6</sup>. Daarnaast betreft het hier enkel mobiele werktuigen die worden ingezet bij projecten binnen de nieuwbouw, renovatie of GWW sector. Een overzicht van de categorisering van de mobiele werktuigen is, inclusief voorbeelden, weergegeven in Tabel 2.

<sup>6</sup> TNO Rapport, (2021). *Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod mobiele werktuigen en bouwlogistieke voertuigen*



**Tabel 2**  
Categorisering grootte  
van mobiele werktuigen

Categorie	Vermogen	Voorbeelden mobiele werktuigen
Mini	Tot 19 kW	Mini gravers, trilplaten
Klein	19-37/56 kW	Kleinere graafmachines en wiellaadschoppen, wals, generatoren
Middelgroot	56-130 kW	Middelgrote graafmachines en wiellaadschoppen, mobiele kranen, bulldozers
Groot	130-560 kW	Grote graafmachines en wiellaadschoppen, mobiele kranen, asfalteermachines, bulldozers
Zeer groot	>560 kW	Grotere generatorsets

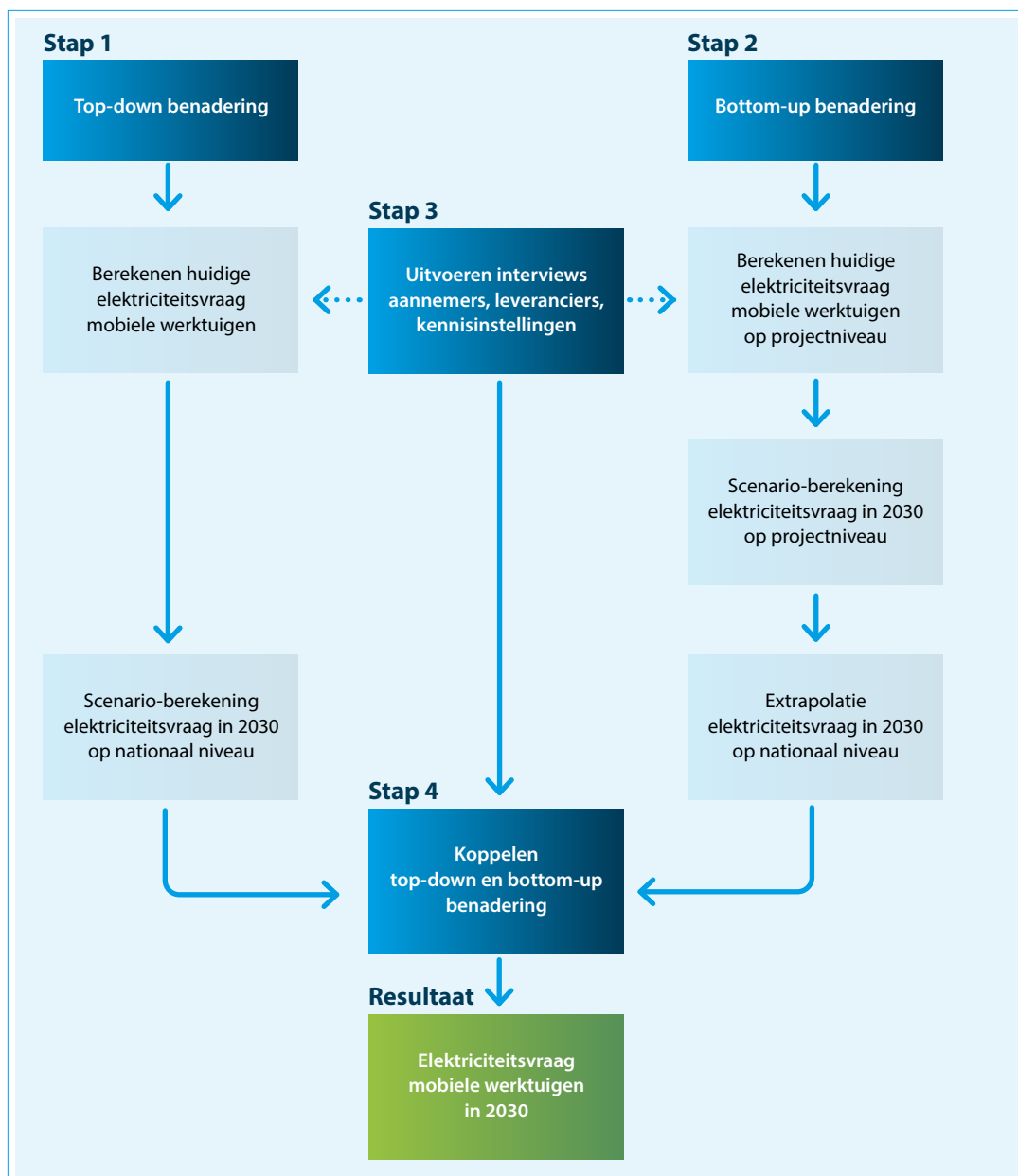
## 2.2 Methodiek

Deze Outlook schetst de verwachte groei in elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen en de benodigde aansluiting op de bouwplaats in 2030. Middels een aantal scenario's, welke verschillen in de mate van elektrificatie op de bouwplaats in 2030, wordt het effect op de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen bekeken. In deze paragraaf lichten we de aanpak om de elektriciteitsvraag in de nieuwbouw, renovatie en GWW beter in beeld te krijgen toe. Het toekomstige elektriciteitsverbruik van mobiele werktuigen is onderzocht middels zowel een top-down als een bottom-up benadering om de groei in elektriciteitsvraag van verschillende kanten te benaderen en zo de betrouwbaarheid van het onderzoek te vergroten. De gehanteerde aanpak is weergegeven in Figuur 1 op de volgende pagina.

**Bron:**  
Beeldbank Movares



**Figuur 1**  
Aanpak Outlook  
elektriciteitsvraag  
mobiele werktuigen op  
de bouwplaats



### Stap 1: Top-down benadering

Voor de top-down benadering is in stap 1 een doorrekening gemaakt op basis van een bestaand onderzoek van CE Delft over de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op de bouwplaats<sup>7</sup>. In het onderzoek van CE Delft gaat men dieper in op de huidige en het toekomstige vraagprofiel van verschillende modaliteiten, waaronder dat van mobiele werktuigen. Middels de omzetverhoudingen tussen B&U en GWW is de huidige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen per sector afgeleid. Vervolgens is een scenarioberekening gemaakt van de verwachte elektriciteitsvraag in 2030 indien 100% van de mobiele werktuigen elektrisch zouden draaien. Dit scenario wordt nader toegelicht in Hoofdstuk 3. In Bijlage 1 worden de aannames verder uiteengezet die zijn gedaan over voor de berekening van de huidige elektriciteitsvraag, aangezien de beschikbare data vrij beperkt is. Daarnaast worden hier de aannames toegelicht die zijn gedaan over toekomstige ontwikkelingen in bijvoorbeeld bouwomzet en mobiele werktuigen tussen 2021 en 2030. In de top-down benadering is gekeken naar verschillende projecttypen (nieuwbouw, renovatie en GWW) en niet naar verschillende projectgrootten en inzet van mobiele werktuigen.

<sup>7</sup> CE Delft, (2020). *Elektrificatie en Vraagprofiel 2030. Elektrificatie en vraagprofiel 2030 - CE Delft*

## Stap 2: bottom-up benadering

De bottom-up benadering in stap 2 bestaat uit een doorrekening op basis van de inzet van mobiele werktuigen in de praktijk en ervaringen bij aannemers en leveranciers. In tegenstelling tot de top-down benadering is er in de bottom-up benadering naast projecttype ook gekeken naar verschillende projectgrootten en -locaties (binnen- en buitenstedelijk) en is de inzet van mobiele werktuigen (type, vermogen, draaiuren) meegenomen. Om een juiste inschatting te maken van de toekomstige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen is in de bottom-up benadering een gevarieerde set aan projecten geanalyseerd. Paragraaf 2.3 gaat dieper op deze projecten in. Het analyseren van een gevarieerde set aan projecten geeft een realistischer beeld van de werkelijkheid, aangezien bij verschillende typen projecten ook verschillende typen en hoeveelheden mobiele werktuigen worden ingezet die allemaal verschillen in hun energiebehoefte. Hiervoor is data verzameld over de inzet van mobiele werktuigen (hoeveelheid, type en draaiuren) bij verschillende bouwprojecten bij aannemers en binnen de eigen organisatie.

Voor de bottom-up benadering is eerst berekend wat de huidige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op project is en op basis daarvan is een inschatting gemaakt van de verwachte elektriciteitsvraag op projectniveau in 2030. Vervolgens is een bandbreedte berekend voor de benodigde aansluiting in 2030 per project. Daarna is de verwachte elektriciteitsvraag geëxtrapoleerd naar nationaal niveau. In Bijlage 1 worden de gemaakte aannames verder toegelicht. De dataset bestond voor B&U uit woningbouwprojecten met zowel nieuwbouw en renovatie en dus geen utiliteitsbouw. In de extrapolatie is utiliteitsbouw wel meegenomen door middel van omzetverhoudingen.

## Stap 3: Uitvoeren interviews met aannemers, leveranciers en kennisinstellingen

Naast het uitvoeren van de top-down en bottom-up benadering, zijn er in stap 3 interviews gehouden met aannemers, leveranciers en kennisinstellingen om de top-down en bottom-up methoden continu te voeden met nieuwe en relevante informatie uit de praktijk. Tijdens de interviews zijn er meer inzichten verkregen over de ontwikkelingen rondom de emissieloze bouwplaats. Zo kan er worden gedacht aan onderwerpen als ontwikkelingen in elektrische mobiele werktuigen, maar ook aan bredere innovaties op de bouwplaats (energieopslag, waterstof, batterijen, laadpalen etc.). Ook is er tijdens de interviews dieper ingegaan op belemmeringen en verwachtingen van de geïnterviewde over de transitie op de bouwplaats. De verkregen informatie diende ook als input voor de top-down en bottom-up benaderingen. Zo is voor de top-down benadering met de kennisinstelling CE Delft gesproken, om meer inzicht te verkrijgen over de doorgerekende prognoses voor mobiele werktuigen en de redenering achter de kengetallen die ten grondslag liggen aan dit onderzoek. Dit is gedaan om de betrouwbaarheid van het onderzoek te vergroten. Daarnaast is tijdens de interviews met aannemers en leveranciers data opgehaald over de inzet van mobiele werktuigen in verschillende typen projecten voor de berekening van de toekomstige elektriciteitsvraag.

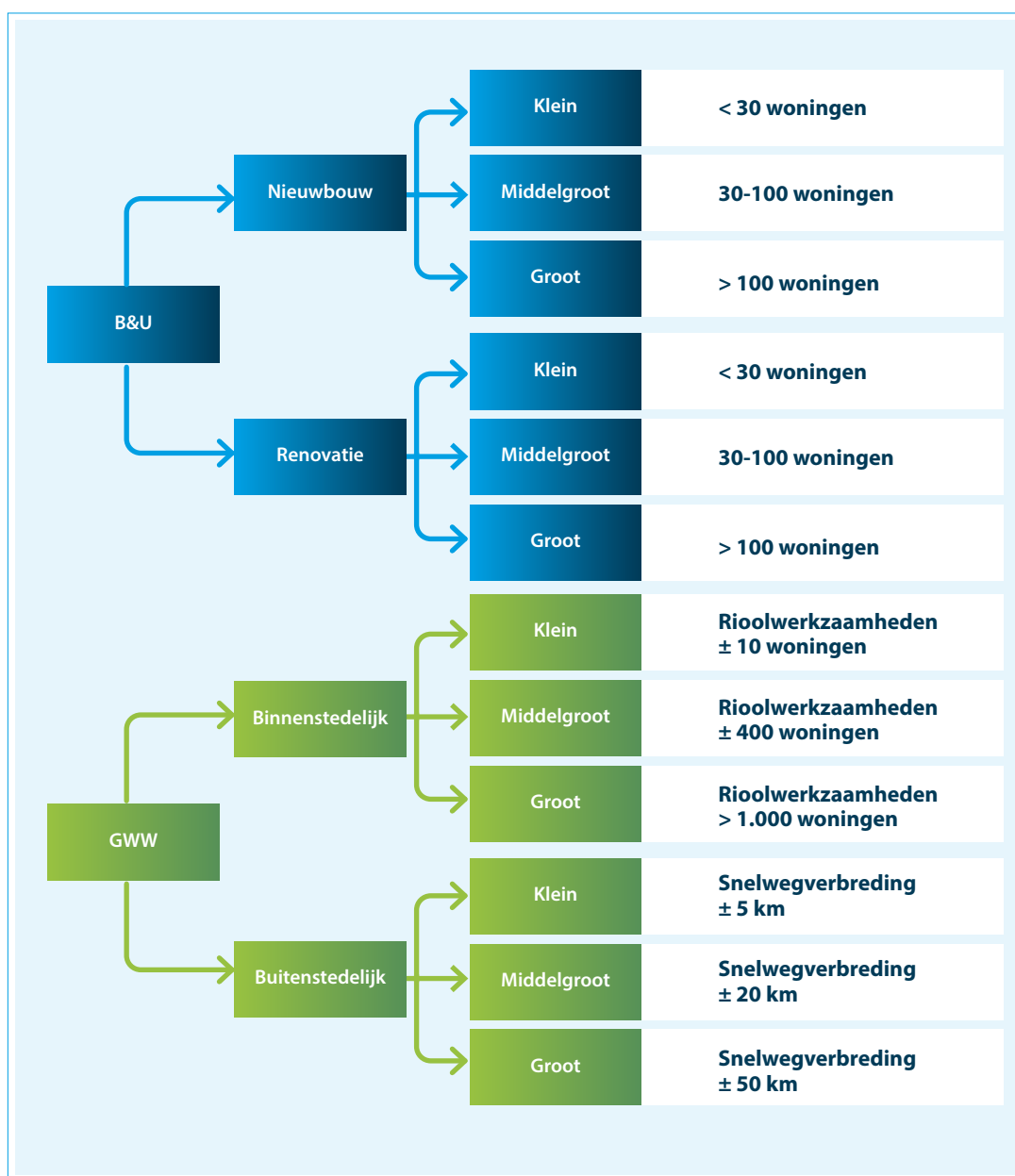
## Stap 4: Koppelen top-down en bottom-up benadering

Tenslotte zijn de resultaten van de top-down en de bottom-up benadering aan elkaar gekoppeld om te komen tot een bandbreedte voor de verwachte elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 op de bouwplaats. Stap 4 gaat verder dan het naast elkaar leggen van de resultaten: Er wordt ook antwoord gegeven op de vraag: Wat betekent de groeiende elektriciteitsvraag voor de betrokken partijen en het elektriciteitsnet? Dit is gedaan door ook de uitkomsten van de interviews te interpreteren en naast de resultaten van de bottom-up en top-down benadering te leggen.

## 2.3 Typering projecten

Dit onderzoek maakt onderscheid in de nieuwbouw, renovatie (onderdeel van de B&U) en GWW projecten. De definities zoals weergegeven in Tabel 1 worden voor zowel de top-down als de bottom-up benadering gehanteerd. Aangezien de bottom-up benadering een andere aanpak betreft, namelijk op projectniveau, wordt in Bijlage 2 een verdere toelichting van de onderzochte projecten gegeven. Op basis van aan-geleverde data van aannemers en interviews zijn voor de bottom-up benadering een aantal voorbeeldprojecten geselecteerd. Deze voorbeeldprojecten verschillen in de typering (sector) en in de projectgrootte. Zo is er een doorrekening gemaakt voor een klein, middelgroot en groot project. In Figuur 2 is weergegeven hoe dit is opgebouwd. Bijlage 2 licht uitgangspunten van de voorbeeldprojecten uit de figuur verder toe en Bijlage 3 geeft de inzet van de mobiele werktuigen (type, vermogen, draaiuren) per type project weer. Dit onderzoek rust op de analyse van slechts enkele projecten, daardoor moeten de uitkomsten met enige voorzichtigheid worden behandeld. Hierop wordt dieper ingegaan in de discussie.

**Figuur 2**  
Typering van projecten  
zoals gehanteerd in dit  
onderzoek



## Scenario's

Dit hoofdstuk presenteert een drietal scenario's die zijn doorgerekend om de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 te bepalen. De scenario's<sup>8</sup> zijn bepaald op basis van

- 1 prognoses van TNO over marktontwikkelingen van elektrische mobiele werktuigen en
- 2 op basis van de inzichten uit de interviews met aannemers, leveranciers en kennisinstellingen die zijn uitgevoerd in stap 3 van de aanpak, zoals beschreven in paragraaf 2.2.

De scenario's verschillen in mate van elektrificatie van mobiele werktuigen in bouwprojecten in 2030. Waar in het ene scenario bepaalde categorieën mobiele werktuigen (zie Tabel 2) wél geëlektrificeerd zijn, draaien die in andere scenario's nog op fossiele brandstoffen. Door drie verschillende scenario's door te rekenen, kunnen de uitkomsten met elkaar worden vergeleken. Dit onderzoek rekent de volgende scenario's door:

<b>Scenario 1:</b>	Alle mobiele werktuigen op de bouwplaats zijn elektrisch in 2030.
<b>Scenario 2:</b>	Alle mobiele werktuigen op de bouwplaats zijn elektrisch in 2030, behalve het grote materieel.
<b>Scenario 3:</b>	Al het middelgrote en grote materieel op de bouwplaats draait nog steeds op fossiele brandstoffen in 2030, maar het mini en het klein materieel zijn elektrisch.

Scenario 1 laat het totaal aan extra elektriciteitsvraag zien indien alle mobiele werktuigen elektrisch worden ingezet op de bouwplaats in 2030. Dit scenario is opgesteld aan de hand van de nationale ambitie in het Klimaatakkoord<sup>9</sup>. Dit scenario geeft een beeld van de totale opgave die er ligt op de bouwplaats met het oog op de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen.

In scenario 2 ontbreekt de laatste stap naar een gehele elektrische vloot mobiele werktuigen (alleen groot materieel niet elektrisch) en in scenario 3 is de ambitie van een 100% emissieloze bouwplaats verder afgeschaald (zowel middelgroot en groot materieel zijn niet elektrisch). Op basis van het onderzoek van TNO kunnen we stellen dat scenario 2 en 3 realistischer zijn<sup>10</sup>. De prognose van TNO laat zien dat na 2023 het middelgrote uitstootvrijmaterieel hun marktintroductie zal doen<sup>11</sup> (meerdere type voertuigen verkrijgbaar in nichemarkten) en dat na 2025 het middelgrote materieel wordt opgeschaald, waarbij de machines worden uitgebreid tot landelijk dekkend. Voor het grote materieel begint volgens de prognoses van TNO de marktintroductie pas na 2025 en vindt opschaling plaats na 2030. Aangezien de voorspelling is dat voor 2030<sup>12</sup> het middelgrote materieel (landelijk dekkend) elektrisch zal zijn en het grote materieel pas na 2030 aan de beurt komt, is de verwachting dat scenario 2 het dichtstbij de realiteit zit.

<sup>8</sup> TNO Rapport, (2021). *Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod mobiele werktuigen en bouwlogistieke voertuigen*

<sup>9</sup> Rijksoverheid, (2019). *Klimaatakkoord*

<sup>10</sup> TNO Rapport, (2021). *Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod mobiele werktuigen en bouwlogistieke voertuigen*

<sup>11</sup> Dit betreft dus ook andere technologieën dan een elektromotor, zoals waterstof

<sup>12</sup> Deze trend is geverifieerd in interviews met aannemers en leveranciers.

Voor de bottom-up benadering worden alle drie de scenario's doorgerekend. Om de berekeningen voor scenario 2 en 3 uit te voeren is projectdata noodzakelijk over inzet van mobiele werktuigen. Doordat de top-down benadering een andere aanpak volgt, is hiervoor alleen scenario 1 doorgerekend. De resultaten van de scenarioberekening laten de situatie in 2030 zien en niet van de jaren tussen 2021 en 2030. Bij de top-down benadering is wel rekening gehouden met een stijgende trend in bouwomzet tot 2030. De aanpak van de top-down benadering leent zich er goed voor omdat de top-down benadering is gebaseerd op gegevens over bouwomzet in de verschillende sectoren.

Voor beide benaderingen is de ontwikkeling van de hoeveelheid bouwmaterieel op de bouwplaats buiten beschouwing gelaten. Hiervoor is het uitgangspunt gehanteerd dat de aantallen en typen mobiele werktuigen in 2030 gelijk blijft ten opzichte van 2021. Bijlage 1 kan worden geraadpleegd voor verdere toelichting op de aannames in de scenario modellering.

Om een inschatting te doen van de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 is aan de hand van de methodiek beschreven in paragraaf 2.2 een doorrekening gemaakt. De resultaten van zowel de top-down als de bottom-up benadering worden hieronder behandeld. Bijlage 1 gaat dieper in op de aannames die zijn gemaakt in de doorrekening van de verschillende scenario's voor beide benaderingen. Deze aannames hebben betrekking op bijvoorbeeld vermogens van mobiele werktuigen en oplaadtijden. Deze aannames zijn gebaseerd op eerdere studies en hebben vanzelfsprekend invloed op de resultaten. Dit wordt verder behandeld in Hoofdstuk 5.

#### 4.1 Stap 1: Top-down benadering

Tabel 3 laat een overzicht zien van de resultaten van de top-down benadering voor de nieuwbouw, Renovatie en de GWW-sector. Zoals aangegeven in de gehanteerde methodiek in paragraaf 2.2, is eerst de huidige elektriciteitsvraag berekend door middel van omzetverhoudingen tussen verschillende bouwsectoren. Voor de gehanteerde omzetverhoudingen kan Tabel 7 in Bijlage 1 worden geraadpleegd. Vervolgens is op basis van bestaande prognoses van het onderzoek van CE Delft de verwachte elektriciteitsgroei in 2030 berekend indien alle mobiele werktuigen zouden worden geëlektrificeerd (scenario 1)<sup>13</sup>. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 3. De totale opgave voor het elektrificeren van mobiele werktuigen in de nieuwbouw, Renovatie en GWW-sector komt uit op een benodigde 6,28 Terawattuur (hierna TWh<sup>14</sup>) in 2030. Dit is een verschil van 3435% ten opzichte van het jaar 2021 (0,18 TWh), en een gemiddelde jaarlijkse stijging van 382%. Er wordt hierbij rekening gehouden met een jaarlijkse groei in bouwomzet van 3,5% tussen de periode 2021 en 2030 (zie Bijlage 1).

**Tabel 3**  
Overzicht resultaten  
top-down benadering:  
scenario 100%  
emissieloze mobiele  
werktuigen in 2030<sup>15</sup>

	Huidige vraag (TWh)	Verwachte elektriciteitsgroei tot 2030 (TWh)	Electriciteitsvraag 2030 (TWh)
<b>Nieuwbouw</b>	0,09	3,24	3,34
<b>Renovatie</b>	0,04	1,46	1,50
<b>GWW</b>	0,04	1,40	1,44
<b>Totaal</b>	<b>0,18</b>	<b>6,11</b>	<b>6,28</b>

#### 4.2 Stap 2: Bottom-up benadering

Tabel 4 bevat een overzicht van de resultaten van de bottom-up benadering. In deze tabel staat weergegeven wat de elektriciteitsvraag in 2030 is per projectgrootte en projecttype voor scenario's 1, 2 en 3. In de tabel is te zien dat voor de snelwegverbreding in scenario 3 het elektriciteitsverbruik gelijk staan aan nul. Dit komt doordat er op basis van de aangeleverde data over de inzet van mobiele werktuigen bij de autosnelwegverbreding geen mini en klein materieel wordt ingezet, terwijl er bij dit scenario vanuit wordt gegaan dat alleen het mini en klein materieel elektrisch wordt ingezet. Er zal hierdoor in dit scenario geen elektrificatie plaatsvinden. Het is aannemelijk dat er in praktijk in andere projecten wel mini en klein materieel wordt ingezet. Wij willen nogmaals benadrukken dat dit onderzoek rust op de analyse van slechts enkele projecten, waardoor deze getallen met enige voorzichtigheid dienen te worden behandeld.

<sup>13</sup> CE Delft, (2020). Elektrificatie en Vraagprofiel 2030. Elektrificatie en vraagprofiel 2030 - CE Delft

<sup>14</sup> 1 TWh = 1.000.000.000 kWh

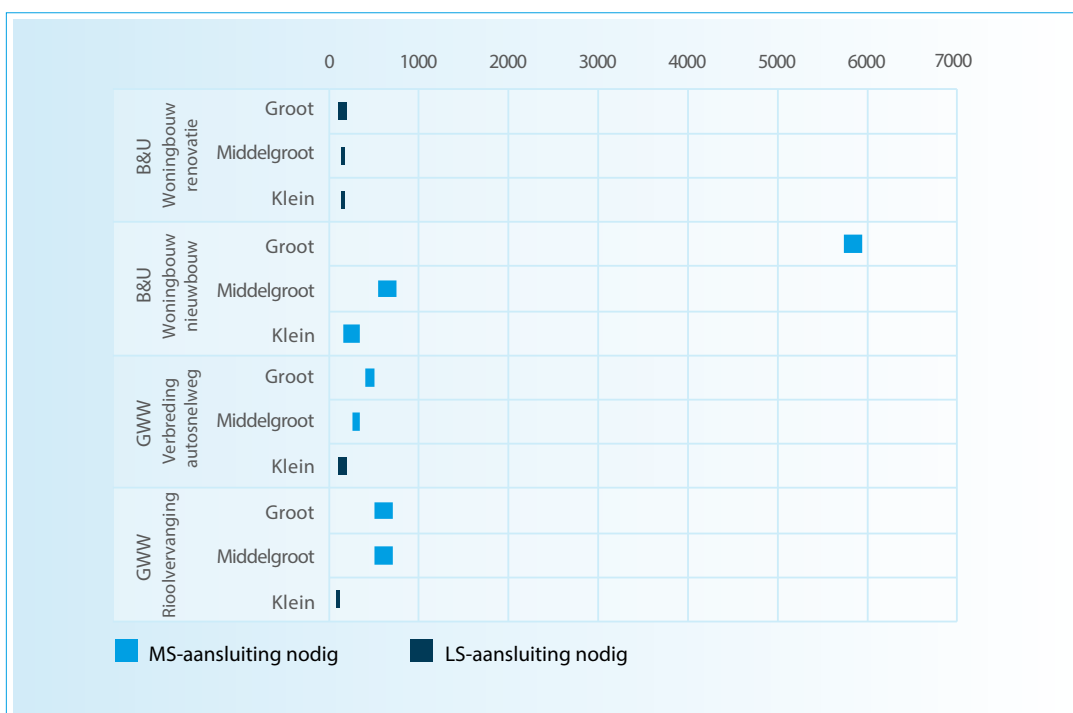
<sup>15</sup> Optelsom van totalen wijkt mogelijk af door afronding.

**Tabel 4**  
Overzicht resultaten  
bottom-up benadering

		Scenario 1 (100% elektrisch)	Scenario 2 (alles elektrisch, behalve het grote materieel)	Scenario 3 (alles elektrisch, behalve het middelgrote en grote materieel)
Projecttype	Projectgrootte	Elektraverbruik (MWh) <sup>16</sup>	Elektraverbruik (MWh)	Elektraverbruik (MWh)
Nieuwbouw	Klein	150	18	8
	Middelgroot	156	54	29
	Groot	20.799	5.706	1.238
Renovatie	Klein	12	3	3
	Middelgroot	20	6	6
	Groot	100	29	29
GWW (rioolwerkzaamheden)	Klein	11	4	1
	Middelgroot	455	147	53
	Groot	1.348	434	159
GWW (snelwegverbreding)	Klein	216	119	0
	Middelgroot	863	477	0
	Groot	2.158	1.193	0

In Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5 is te zien welke type aansluiting nodig zou zijn op de bouwplaats. In de figuren wordt weergegeven of een laagspanningsaansluiting (t/m 240 A) toereikend is of dat er een middenspanningsaansluiting gerealiseerd zou moeten worden (t/m 21.739 A). Blauw geeft aan dat het project op een laagspanningsaansluiting (LS) zou kunnen worden aangesloten, terwijl oranje betekent dat er een middenspanningsaansluiting (MS) benodigd zou zijn.

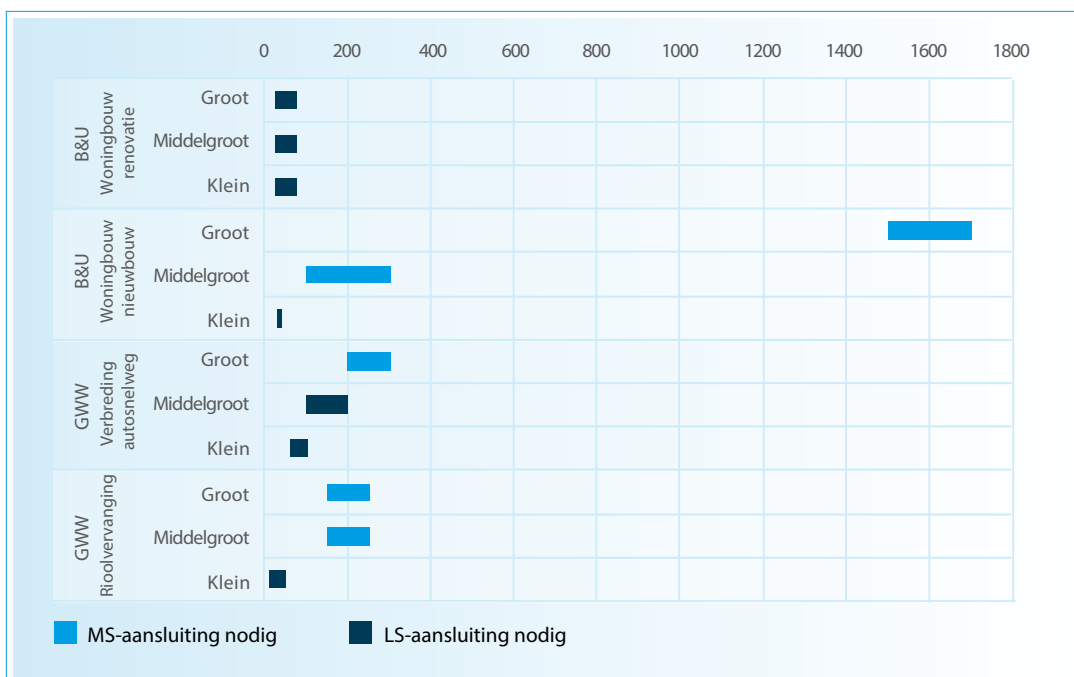
**Figuur 3**  
Scenario 1: 100%  
elektrisch. Bandbreedte  
aansluitvermogen per  
bouwproject (Ampère)



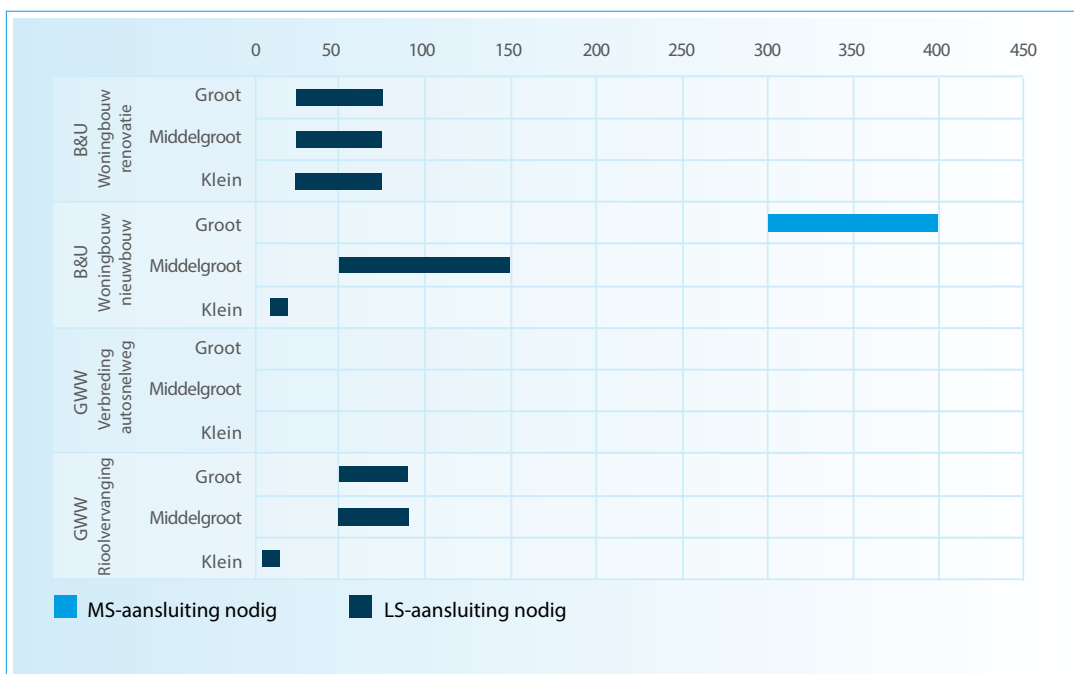
<sup>16</sup> 1 TWh = 1.000.00 MegaWattuur (MWh)



**Figuur 4**  
 Scenario 2: Alles elektrisch, behalve het grote materieel. Band-breedte aansluitvermogen per bouwproject (Ampère).



**Figuur 5**  
 Scenario 3: Alles elektrisch, behalve het grote en middelgrote materieel. Band-breedte aansluitvermogen per bouwproject (Ampère).



Aan de hand van bovenstaande figuren valt op dat in scenario 1, wanneer 100% van de mobiele werktuigen elektrisch zou worden ingezet op de bouwplaats in 2030, in de meeste projecten een aansluiting op het MS-net benodigd zou zijn. Alleen voor alle projectgrootten van renovatie en de kleinere projecten in de GWW (rioolwerkzaamheden en snelwegverbredingen) blijft een LS-aansluiting toereikend. De aansluiting voor een groot nieuwbouwproject, berekend aan de hand van data over een project met meer dan 600 grondgebonden nieuwbouwwoningen, steekt er in scenario 1 met een aansluitwaarde tussen 5750 en 5950 Ampère met kop en schouders boven uit. Verder loopt de benodigde hoeveelheid Ampère af van grote, middelgrote tot aan kleine projecten. Dit heeft te maken met de verlaagde inzet van de mobiele werktuigen op middelgrote en kleine projecten (type, hoeveelheid en draaiuren). Zo zijn er bijvoorbeeld soms minder mobiele werktuigen nodig, is er een lager vermogen nodig of maken ze in vergelijking met de projectduur gemiddeld minder draaiuren.

In scenario 2 is een LS-aansluiting in meer projecten toereikend dan in scenario 1. In scenario 2 zou het namelijk wél mogelijk zijn om op het LS-net aan te sluiten bij een klein nieuwbouwproject en een middelgrote snelwegverbreding. Daarnaast ligt in scenario 2 de maximum benodigde hoeveelheid Ampère voor de aansluitingen voor alle projecten lager dan in scenario 1. Dit komt doordat in scenario 2 de grote mobiele werktuigen niet zijn geëlektrificeerd, terwijl deze machines door hun hoge vermogens (130-560 kW) relatief veel elektriciteit van het net zouden vragen in vergelijking met mini (tot 19 kW), klein (19-56 kW) en middelgroot materieel (56-130 kW).

In scenario 3 ligt de indicatie van de maximum benodigde hoeveelheid Ampère nog lager dan in scenario 2, aangezien in dit scenario alleen het mini en het klein materieel elektrisch zouden draaien op de bouwplaats. Naast het grote materieel is er dan ook voor het middelgrote materieel geen stroom benodigd op de bouwplaats, omdat deze zouden werken op fossiele brandstoffen. Dit scheelt aanzienlijk in de benodigde aansluiting. Er is te zien dat in scenario 3 slechts voor één project (groot nieuwbouw project) een MS-aansluiting zou moeten worden gerealiseerd, en dat de rest van de projecten met een LS-aansluiting uit de voeten zouden kunnen.

Indien voor elk van de doorgerekende projecten per sector (nieuwbouw, renovatie en GWW) de verwachte elektriciteitsvraag wordt doorgerekend op nationaal niveau resulteert dit voor de drie scenario's in de elektriciteitsvraag zoals aangegeven in Tabel 5.

**Tabel 5**

*Extrapolatie naar nationaal niveau bottom-up benadering<sup>17</sup>*

*\*Dit is de huidige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen op nationaal niveau zoals berekend in de top-down benadering van dit onderzoek*

	Sector	Huidige elektriciteitsvraag*	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Elektriciteitsvraag op nationaal niveau (TWh)</b>	<b>Nieuwbouw</b>	0,09	1,86	0,48	0,13
	<b>Renovatie</b>	0,04	0,34	0,10	0,10
	<b>GWW</b>	0,04	1,75	0,86	0,05
	<b>Totaal</b>	<b>0,18</b>	<b>3,95</b>	<b>1,45</b>	<b>0,28</b>

In totaal zal de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in scenario 1 uitkomen op 3,95 TWh in 2030. Voor scenario 2 en 3 ligt dit lager, namelijk 1,45 TWh en 0,28 TWh. Hiermee kunnen we stellen dat indien alleen grote mobiele werktuigen niet worden geëlektrificeerd in 2030 dit 63% minder elektriciteit vraagt van het net in 2030 in vergelijking met scenario 1 (100% elektrisch). Voor scenario 3, alleen het mini en klein materieel elektrisch, betekent dit zelfs een vermindering van 93% elektriciteit ten opzichte van scenario 1. Dit betekent dat het middelgrote en grote materieel de grootste impact op de elektriciteitsvraag zullen hebben in de toekomst.

Daarnaast valt op dat in scenario 1 renovatie een lagere verwachte elektriciteitsvraag heeft dan nieuwbouw en GWW. In tegenstelling tot de meeste projecten in de GWW en bij nieuwbouw is er bij renovaties meestal geen grondwerk (waaronder bouwrijp maken van de grond) nodig, terwijl voor grondwerk vaak mobiele werktuigen benodigd zijn met een hoog vermogen. Dit heeft daarom effect op de verschillen in verwachte elektriciteitsvraag tussen Renovatie en andere sectoren indien de mobiele werktuigen worden geëlektrificeerd. In scenario 2 en 3 komt Renovatie in vergelijking wel hoger uit. In dit scenario draaien de hoog vermogens mobiele werktuigen die bij nieuwbouw en GWW worden ingezet, voor bijvoorbeeld het grondwerk, op fossiele brandstoffen. Dit verlaagd de elektriciteitsvraag bij deze projecten aanzienlijk.

17 Optelsom van totalen wijkt mogelijk af door afronding.

### 4.3 Stap 3: Interviews

In deze paragraaf worden de inzichten weergegeven die zijn opgehaald bij de verschillende interviews en aanvullend bureauonderzoek. Er zijn verschillende gesprekken gevoerd om de huidige en verwachte ontwikkelingen op de bouwplaats in beeld te krijgen. Hieronder zetten we de meest opvallende ontwikkelingen op een rij.

#### Het verkrijgen van een aansluiting

Uit de interviews komt naar voren dat de geïnterviewde aannemers nog geen problemen ondervinden bij de aanvraag van een bepaalde capaciteit die benodigd is voor een aansluiting voor hun project. Met een 3x80A kunnen ze (nog) altijd uit de voeten. Echter is voor zowel binnenstedelijke als buitenstedelijke projecten de doorlooptijd voor het aanvragen van een aansluiting een groeiende uitdaging die er soms voor zorgt dat er niet tijdig met het project kan worden gestart of dat de inzet van fossiele brandstoffen genoodzaakt is.

Er wordt verder aangegeven dat er een verschil zit in de belemmeringen die zij ervaren bij het verkrijgen van een aansluiting bij binnenstedelijke projecten en de belemmeringen die er zijn bij buitenstedelijke projecten. Capaciteitsproblemen van het net worden eerder verwacht bij binnenstedelijke projecten in vergelijking met buitenstedelijke projecten. Echter is bij buitenstedelijke projecten de infrastructuur voor de benodigde aansluiting niet altijd beschikbaar. Beide belemmeringen zorgen voor vertraging en de nood voor alternatieve oplossingen.

Ook verschilt het per type project welke uitdagingen er spelen en welke oplossingen mogelijk zijn. Zo is het bij GWW projecten minder goed mogelijk om gebruik te maken van elektrisch materieel omdat de bouwplaats van deze projecten vaak veel groter is dan bij nieuwbouw en renovatie projecten. Hierdoor is de laadinfrastructuur verder weg gelegen en wordt inefficiëntie verhoogd. Ook is het krijgen van een aansluiting vaker een probleem dan bij bijvoorbeeld nieuwbouw of renovatie projecten omdat in de laatste gevallen de elektriciteitsinfrastructuur er veelal al ligt of de aanleg hiervan al is vastgelegd.

#### Geen plek op het net, en dan?

Er worden verschillende oplossingen geopperd vanuit de geïnterviewde aannemers en leveranciers indien er geen plek meer is op het net, namelijk:

- Het plaatsen van een zelfvoorzienende bouwkeet (met zonnepanelen of windenergie).
- Het plaatsen van containers met batterijen (al dan niet aangesloten op het net of met zonnepanelen).
- Mobiele zonnepanelenvelden (SolarBalance Lander). Dit kan een oplossing zijn voor bijvoorbeeld buitenstedelijke GWW projecten die zich over een grote afstand bewegen.
- Mobiele laadpalen.

Het gebruik van windenergie heeft niet de voorkeur omdat het op dit moment nog een erg onvoorspelbare uitwerking heeft. Zo zou het kunnen voorkomen dat er geen constante toevoer van elektriciteit kan worden gegarandeerd wat ervoor zorgt dat de bouwkeet tijdelijk niet functioneel is of dat accu's niet kunnen worden opgeladen. Dit is voor aannemers dus een groter risico, waardoor deze optie minder aantrekkelijk wordt om in te investeren. Daarnaast geldt voor zowel zonnepanelen als windenergie bij binnenstedelijke projecten dat ruimtegebrek een belemmering vormt. Zodoende kan er niet genoeg energie worden opgewekt in stedelijke gebieden voor het laden van een gehele elektrische vloot. Toch komt zonne-energie op steeds meer manieren terug. Zo worden er steeds vaker zonnepanelen op de bouwkeet geplaatst, vaak in combinatie met een SmartGrid container of batterijpakketten. Hierdoor kan de energie worden opgeslagen en op latere momenten worden gebruikt. Dit beperkt de onvoorspelbaarheid van deze manier van stroom opwekken enigszins.

Vooral bij binnenstedelijke projecten kan men voor het huidige elektrisch materieel afspraken maken over het gebruik van openbare laadpalen. Dit vergemakkelijkt de inzet van elektrisch materieel. Voor buitenstedelijke projecten moet er veelal met machines gereden worden naar plekken waar de laadinfrastructuur wel aanwezig is om deze te kunnen opladen. Batterijcontainers kunnen hier een oplossing voor bieden. Zo kan het werktuig op de bouwplaats blijven, de container zelf zal echter na verloop van tijd moeten worden vervangen/opgeladen. Wanneer er met de batterij container moet worden gereden, neemt de bereidheid dit te gebruiken snel af. Het verplaatsen van batterij containers wordt als inefficiënt ervaren en brengt veelal hoge kosten met zich mee.

Een voorbeeld van een andere innovatieve oplossing is het gebruik van 'Vehicle to load' (V2L). Hierbij kan een elektrische auto stroom leveren aan het netwerk of aan bijvoorbeeld een bouwkeet. Een van de geïnterviewde aannemers is recent een pilot gestart in samenwerking met Hyundai en AirQon om deze technologie uit te testen in de bouwbranche. Op deze manier kunnen wellicht dieselaggregaten uitgespaard worden en kan de druk op het elektriciteitsnet worden verlicht. Daarnaast kan men hierdoor ook al een bouwkeet plaatsen wanneer de aansluiting op het net nog niet gereed is.

Andere, meer gangbare, oplossingen zijn het gebruik van aggregaten op biodiesel of hydrozine. Deze zijn aanzienlijk schoner dan de huidige diesel aggregaten. Zo werkt biodiesel op basis van plantaardige olie of dierlijk vet en werkt hydrozine op basis van vloeibare waterstof.

### **Elektrificatie van mobiele werktuigen hangt af van de mogelijkheden en aanbestedingseisen**

Het verschilt sterk per aannemer hoe hoog het percentage elektrische mobiele werktuigen momenteel in de vloot is. Toch is bij alle aannemers in meer of mindere mate een groei te zien in het aandeel van elektrische mobiele werktuigen. Momenteel is vooral de inzet van kleine elektrische mobiele werktuigen gangbaar bij aannemers (graafmachines, wielladers, shovels etc.) en worden in sommige gevallen grotere mobiele kranen en rupskranen elektrisch ingezet. Elektrisch middel tot groot materieel (o.a. grotere kranen, heimachines, asfaltspreidmachines) zijn nog niet massaal beschikbaar, maar deze markt is wel in beweging en zal naar verwachting vanaf 2025 flink worden opgeschaald<sup>18</sup>. Eerder heeft Natuur & Milieu in samenwerking met de branchevereniging BMWWT een inventarisatie gedaan van de huidige elektrische mobiele werktuigen<sup>19</sup>. Hierin komt eenzelfde beeld terug.

De groei van het elektrische deel van de vloot zet door doordat de mogelijkheden steeds groter worden, geven ook de leveranciers aan. Het is steeds beter mogelijk om ook zwaardere machines te elektrificeren. Een voorwaarde is wel dat een machine een dag lang kan draaien en dat is bij de grote mobiele werktuigen nog niet altijd haalbaar. Het verwisselen van accu's van grote machines is niet gemakkelijk, waardoor het tijdverlies hier te groot is. Het gaat vaak om grotere, zware accu's waarvoor bijvoorbeeld ander materieel nodig is om deze te vervangen. Dit zorgt ervoor dat ook de transportbewegingen toenemen, er moet immers een nieuwe accu gehaald worden en de oude moet worden weggebracht. Indien dit met niet-elektrisch materieel gebeurt, zorgt dit daarnaast ook voor extra uitstoot. Hybride mobiele werktuigen zijn dan ook vaak een uitkomst indien er geen elektrische variant beschikbaar is die een volle dag meegaat op een accu. Hybride machines bieden wel de zekerheid dat het werk door kan gaan en stoten minder uit ten opzichte van machines die worden aangedreven op alleen fossiele brandstoffen. Mobiele werktuigen op waterstof worden op dit moment onder de geïnterviewden niet tot nauwelijks gebruikt, vanwege hun beperkte beschikbaarheid.

18 Movares, (2021). *Onderzoek naar Duurzaam bouwmaterieel Knooppunt Hoevelaken Rijkswaterstaat*.

19 <https://natuurenmilieu.nl/app/uploads/Elektrische-mobiele-werktuigen-in-beeld.pdf>

Naast de 'fabrieksklare' elektrische mobiele werktuigen, zijn er momenteel steeds meer partijen actief die elektrische kits aanbieden. Zij ontwikkelen en produceren batterij-elektrische en hybride brandstofcel-aandrijflijnen die de dieselmotor vervangen. Hierdoor kunnen ook machines die nu nog niet in een elektrische variant op de markt zijn, worden geëlektrificeerd. Bovendien is op dit moment de prijs van een ombouwvariant aanzienlijk lager dan van een nieuw elektrisch exemplaar indien deze wél op de markt is. Het verschil per partij of de fabrieksgarantie ook intact blijft en in hoeverre veiligheidseisen een rol spelen. Daarnaast zit er een grote mate van inefficiëntie in: deze machines worden geïmporteerd met een dieselmotor, welke vervolgens wordt verwisseld voor een elektrische aandrijving. Hier geven zowel aannemers, ombouwers als leveranciers aan dat er nog een stap te zetten is. Wel zijn er ook op dit vlak ontwikkelingen, aangezien verschillende samenwerkingsverbanden worden opgezet in de sector om deze mobiele werktuigen direct al bij de fabrikant te laten elektrificeren.

Daarnaast wordt er per project ander materieel gebruikt en blijkt, zoals verwacht, dat er ook binnen de categorie mobiele werktuigen een grote verscheidenheid zit in de grootte van het materieel. Vooral bij GWW projecten blijkt dat er een groter onderling verschil is tussen bijvoorbeeld rioolwerkzaamheden en een snelwegverbreding. Bij een snelwegverbreding wordt veel zwaarder materieel gebruikt. Dit betekent niet dat hier minder vaak elektrisch wordt gewerkt. Meerdere aannemers hebben bijvoorbeeld aangegeven ofwel te werken aan een elektrische asfaltspreidmachine ofwel deze in bezit te hebben. Het ligt volgens hen vooral aan het feit of het lonend is om een dergelijke set te hebben. Dit hangt sterk samen met externe prikkels zoals aanbestedingseisen.

### **De weg naar 2030**

Momenteel zijn verschillen in houding tegenover nieuwe technologieën (zoals waterstof) bij mobiele werktuigen op te merken bij aannemers. Scepticisme van sommige partijen tegenover waterstof-technologieën zorgt ervoor dat aannemers anders handelen met betrekking tot investeringen in mobiele werktuigen op alternatieve vormen van energie.

Zo zijn er op dit moment twee groepen te onderscheiden bij aannemers: er is een groep die nu begint met het uitfasen van het materieel op fossiele brandstof en er is een groep die nog afwacht. Een van de meest genoemde redenen voor de afwachtende houding bij sommige aannemers in het elektrificeren van hun bouw materieel: de technologische ontwikkelingen die wellicht nog in het verschiet liggen. Zo is waterstof één van de innovaties die nog in de kinderschoenen staat, maar volgens sommigen wel grote potentie heeft. Men wil afwachten wat er met de technologie gebeurt voordat er stevig wordt geïnvesteerd in elektrisch materieel. De eerste groep, die reeds begonnen is met uitfasen, geven aan dat zij niet verwachten dat waterstof voor 2030 een (groot) onderdeel zal zijn van de energiemix door onder andere logistieke belemmeringen en de veiligheidseisen die nog niet zijn opgenomen in de huidige regelgeving. Deze partijen kiezen er daarom voor om nu volledig in te zetten op het elektrificeren van de mobiele werktuigen. Dit is een van de redenen wat ervoor zorgt dat de weg naar 2030 geen lineaire lijn zal volgen, maar dat het gebruik van elektrische mobiele werktuigen eerder exponentieel zal groeien. Dit is ook de verwachting in de Outlook van ElaadNL<sup>20</sup>. Zij denken dat de groei van elektrische mobiele werktuigen vanaf 2025 versnelt.

Ondanks de verschillende belemmeringen komt ook uit de gesprekken naar voren dat Nederland een van de koplopers is op het gebied van elektrisch materieel. Scandinavië heeft nog een iets verder ontwikkelde markt, maar Nederland is hard op weg. De belemmeringen die leveranciers op dit moment vooral zien is de grootte van de afzetmarkt. De Nederlandse afzetmarkt is niet groot genoeg voor leveranciers om in de volgende versnelling te gaan. Hiervoor zal er ook internationaal een grotere vraag moeten komen. De verwachting is dat wanneer de afzetmarkt groeit, er meer verschillende soorten materieel op de markt komen en deze tegen een lagere prijs te verkrijgen zijn. Ook dit zal de groei van het aandeel elektrische mobiele werktuigen doen stijgen.

<sup>20</sup> Elaad, (2021). [https://elaad.nl/wp-content/uploads/2022/05/21Q1\\_Elaad\\_Outlook\\_Bouwmaterieel\\_def.pdf](https://elaad.nl/wp-content/uploads/2022/05/21Q1_Elaad_Outlook_Bouwmaterieel_def.pdf)

## 4.4 Stap 4: Koppeling top-down en bottom-up benadering

In deze paragraaf worden de resultaten van de top-down benadering (paragraaf 4.1) gekoppeld aan de bottom-up benadering (paragraaf 4.2). De koppeling wordt gemaakt voor het scenario waarin 100% van de mobiele werktuigen op de bouwplaats is geëlektrificeerd, aangezien alleen dit scenario is doorgerekend in de top-down benadering. De resultaten worden daarnaast ook in verhouding geplaatst tot de landelijke elektriciteitsvraag. Tenslotte wordt de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 verder besproken en genuanceerd, door ook de uitkomsten van de interviews (paragraaf 4.3) hierin mee te nemen.

### 4.4.1 Overzicht top-down en bottom-up

In Tabel 6 wordt een overzicht gegeven van de resultaten bij de top-down en bottom-up benadering in scenario 1. Waarbij met de top-down benadering een verwachte elektriciteitsbehoefte voor mobiele werktuigen in 2030 een totaal is berekend van 6,28 TWh, is dat met de bottom-up benadering vastgesteld op 3,95 TWh. Op basis van de resultaten stellen we dat de toekomstige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 tussen de 3,95 en 6,28 TWh zal komen te liggen indien 100% van de mobiele werktuigen wordt geëlektrificeerd (scenario 1). Indien we rekenen met de huidige nationale elektriciteitsbehoefte van mobiele werktuigen volgens de top-down methode van 0,18 TWh, dan zou de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen kunnen stijgen tussen de 2096% en 3389% tussen 2021 en 2030 bij een 100% inzet van elektrische mobiele werktuigen in 2030.

**Tabel 6**  
Samenvattend  
overzicht toekomstige  
electriciteitsvraag 2030:  
Top-down versus  
Bottom-up benadering  
in scenario 1.<sup>21</sup>

	Top-down: Electriciteitsvraag in 2030 (TWh)	Bottom-up: Electriciteitsvraag in 2030 (TWh)
<b>Nieuwbouw</b>	3,34	1,86
<b>Renovatie</b>	1,50	0,34
<b>GWW</b>	1,44	1,75
<b>Totaal</b>	<b>6,28</b>	<b>3,95</b>

Om deze hoeveelheden in verhouding te plaatsen: het landelijke elektriciteitsverbruik bedroeg in 2020 in totaal 123 TWh<sup>22</sup>. Met 0,18 TWh aan huidige elektriciteitsvraag, is dit momenteel ongeveer 0,1% van de landelijke elektriciteitsvraag. De verwachte elektriciteitsvraag zal volgens onderzoek van CE Delft groeien naar 147 TWh in 2030<sup>23</sup>. De verwachting op basis van de top-down en bottom-up benadering is zodoende dat de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen zou stijgen van 0,1% tot circa 3-4% van de elektriciteitsvraag op nationaal niveau indien 100% van de mobiele werktuigen wordt geëlektrificeerd.

De kanttekening die hierbij gemaakt dient te worden, is dat scenario 2 en 3 realistischer zijn (zoals gesteld in Hoofdstuk 3). In de bottom-up benadering komt de totale elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 uit op 1,45 TWh voor scenario 2 en 0,28 TWh voor scenario 3. Dit is aanzienlijk lager dan in scenario 1. Voor de top-down benadering zijn scenario 2 en 3 niet doorgerekend, maar is wel de huidige elektriciteitsbehoefte van mobiele werktuigen op 0,18 TWh vastgesteld. Bij het koppelen van deze uitkomsten komen we uit op een stijging in elektriciteitsvraag van 703% ten opzichte van de huidige elektriciteitsvraag indien alleen het grote materieel in 2030 niet elektrisch draait op de bouwplaats (scenario 2) en op een stijging van 56% indien alleen het mini en klein materieel zou worden geëlektrificeerd (scenario 3). Daarnaast betekent dit dat in scenario 2 de elektrische mobiele werktuigen goed zouden zijn voor 1,0% en in scenario 3 voor 0,2% van de landelijke elektriciteitsvraag in 2030.

<sup>21</sup> Optelsom van totalen wijkt mogelijk af door afronding.

<sup>22</sup> CBS (2016). StatLine - Electriciteitsbalans; aanbod en verbruik (cbs.nl)

<sup>23</sup> CE Delft, (2020). Elektrificatie en Vraagprofiel 2030.

#### 4.4.2 De elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030

Paragraaf 4.4.1 laat voor alle drie de scenario's een grote stijging zien in elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 op basis van de top-down en bottom-up benadering. Dit heeft gevolgen voor de betrokken partijen en het elektriciteitsnet. Op basis van de resultaten uit de interviews (paragraaf 4.3) wordt de indicatie van de toekomstige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in 2030 genuanceerd.

Een belangrijke conclusie uit de bottom-up benadering is dat naarmate meer mobiele werktuigen op de bouwplaats zullen elektrificeren, steeds vaker een grotere aansluiting op het MS-net nodig zal zijn (paragraaf 4.2). Een aansluiting van 3x80A, die nu nog op de meeste bouwplaatsen volstaat volgens aannemers, zou in de toekomst niet meer toereikend kunnen zijn. Dit zal vooral het geval zijn wanneer het middelgrote en grote materieel overgaat op een elektromotor en opgeladen dient te worden op of nabij de bouwplaats. Er is bij de berekeningen van de toekomstige benodigde aansluiting in de top-down en bottom-up vanuit gegaan dat alle mobiele werktuigen op de bouwplaats worden opgeladen via een directe netaansluiting. In praktijk kan dit echter verschillen. Een directe netaansluiting is bijvoorbeeld bij sommige typen projecten minder van belang. Ook kunnen alternatieve oplossingen worden ingezet om de elektriciteitsvraag op de bouwplaats te beperken. Daarnaast kunnen andere vormen van energie ook een rol gaan spelen op de bouwplaats in 2030. Deze factoren hebben invloed op de elektriciteitsvraag op de bouwplaats en worden hieronder nader toegelicht.

Ten eerste kunnen accu's en lokale duurzame energieopwekking de elektriciteitsvraag of benodigde aansluiting op de bouwplaats verlagen. Zo kunnen mobiele batterij containers worden ingezet om inefficiënte piekbelastingen in de energievraag te voorkomen en de vraag te spreiden over de dag. Aangezien de batterijen een deel van de elektriciteitsvraag kunnen opvangen, kan er vaak een lagere aansluiting worden aangevraagd. Ook lokale vormen van energieopwekking met zonnepanelen en windmolens of V2L (paragraaf 4.3.2) kunnen een deel van de benodigde stroomopvangen, indien dit direct aan de bouwplaats kan worden geleverd. Dit zou de benodigde aansluiting kunnen verlagen.

Ook de inzet van het type mobiele werktuig heeft invloed op de elektriciteitsvraag op de bouwplaats, aangezien sommige elektrische mobiele werktuigen direct dienen te worden ingeplugd in het stopcontact of externe accu, terwijl andere mobiele werktuigen ingebouwde accu's kunnen bevatten die mogelijk ook op andere locaties kunnen worden opgeladen. Indien met verwisselbare accu's op andere locaties wordt gewerkt, kan de elektriciteitsvraag op de bouwplaats voor een bouwproject afnemen.

Bovendien kunnen mobiele werktuigen op waterstof in combinatie met een brandstofcel ook een belangrijke rol gaan spelen richting 2030. Waterstof heeft vooral potentie bij het verduurzamen van de grotere mobiele werktuigen, aangezien het voor deze machines lastig is om deze te ontwikkelen met een accu die een gehele dag kan draaien (paragraaf 4.3.1). Waar waterstof bepaalde voordelen biedt, zoals de opslagmogelijkheden om het efficiënt op de juiste momenten in te zetten, gaat er bij het gebruik van waterstof ook veel energie verloren. Bij het omzetten van elektriciteit in waterstof gaat zo'n 25% van de energie verloren, en ook bij het omzetten van waterstof naar elektriciteit is er sprake van 40% energieverlies<sup>24</sup> (afhankelijk van het type cel). Indien een gedeelte van de vloot in 2030 dus zou bestaan uit mobiele werktuigen op waterstof, is er voor het uitvoeren van dezelfde werkzaamheden naar verwachting over de gehele keten meer elektriciteit benodigd.

Tenslotte is het type project bepalend voor de elektriciteitsvraag op de bouwplaats. In de bottom-up benadering (paragraaf 4.2) is te zien dat kleine, middelgrote en grote voorbeeldprojecten van buitenstedelijke snelwegverbredingen een hogere elektriciteitsvraag hebben dan de binnenstedelijke rioolwerkzaamheden. Echter is voor sommige buitenstedelijke projecten een directe aansluiting op het net minder van belang. Zo zal bijvoorbeeld bij bepaalde buitenstedelijke GWW projecten, zoals voor de snelwegverbreding, een directe netaansluiting op de bouwplaats vaak lastig in te passen zijn, omdat de werkzaamheden zich langs een tracé verplaatsen. Dit bemoeilijkt het inpluggen en opladen van de mobiele werktuigen aangezien de stekker simpelweg niet toereikend kan zijn. Zodoende komen hier andere problemen om de hoek kijken met betrekking tot het verkrijgen van de geschikte hoeveelheid elektriciteit op de juiste tijd en locatie. Er zal gewerkt moeten worden met andere oplossingen zoals verwisselbare interne accupakketten, mobiele batterij containers, waterstofcontainers of waterstof-aggregaten. De toepassing van alternatieve oplossingen voor buitenstedelijke projecten zal waarschijnlijk minder van het elektriciteitsnet vragen op de bouwplaats zelf, maar alsnog elders in het land voor een groeiende elektriciteitsvraag gaan zorgen. Sterker nog, bij de projecten waar een directe aansluiting niet mogelijk zou zijn kan zelfs meer energieverlies optreden en zullen de transportbewegingen mogelijk toenemen door het toepassen van alternatieve oplossingen. Een directe netaansluiting blijft de meest efficiënte oplossing voor de benodigde energiebehoefte op de bouwplaats. Echter zijn deze aansluitingen eerder beschikbaar en eenvoudiger te realiseren in binnenstedelijke gebieden.

Afgezien van welke combinatie van technologieën wordt toegepast op de bouwplaats, laten de resultaten van deze studie zien dat het elektrificeren van mobiele werktuigen veel van het elektriciteitsnet zal gaan vergen. Dit kan grote consequenties hebben voor zowel aannemers, leveranciers, opdrachtgevers maar ook de maatschappij in brede zin gezien de toenemende schaarste aan beschikbare netcapaciteit<sup>25</sup>. Netcongestie is een steeds vaker voorkomend probleem, waardoor in sommige delen van Nederland er geen plek meer is voor nieuwe gebruikers van het net. Daarnaast lopen de wachttijden voor grote aanvragen en vergunningstrajecten steeds meer op aan de kant van netbeheerder, waardoor projecten vertraging oplopen. Naast dat het aanleggen van een middenspanningskabel vanaf een station naar de bouwplaats of het bouwen van een geheel nieuw middenspanningsstation technisch moeilijker inpasbaar en erg kostbaar is, zal dit daarom ook enorme impact hebben op de doorlooptijd van bouwprojecten.

<sup>24</sup> *Waterstof: welke kansen zijn er?* | Milieu Centraal

<sup>25</sup> *Capaciteitskaart elektriciteitsnet (netbeheernederland.nl)*



## Conclusie, aanbevelingen en discussie

Middels zowel een top-down als een bottom-up benadering is in deze Outlook een bandbreedte voor de verwachte elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen vastgesteld tussen de 3,95 en 6,28 TWh indien 100% van de mobiele werktuigen elektrisch wordt ingezet op de bouwplaats in 2030 (scenario 1). Op basis van de huidige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in de nieuwbouw, renovatie en GWW-sector van 0,18 TWh (zie top-down benadering) betekent dit een groei tussen de 2096% en 3389% in de periode van 2021 tot en met 2030. Om dit in perspectief te plaatsen ten opzichte van de landelijke elektriciteitsvraag: de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen zou stijgen van 0,1% tot ongeveer 3-4% van de (huidige) landelijke elektriciteitsvraag indien 100% van de mobiele werktuigen zou worden geëlektrificeerd.

Op basis van de bottom-up benadering is de groei in elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen tussen 2021 en 2030 geschat op 703% indien alleen het grote materieel in 2030 niet elektrisch draait op de bouwplaats (scenario 2) en 56% indien alleen het mini en klein materieel worden geëlektrificeerd (scenario 3). Ook is in de bottom-up benadering door middel van scenario-berekeningen vastgesteld dat het middelgroot en het grote materieel de grootste impact zal hebben op de elektriciteitsvraag. Als het mini (tot 19 kW), kleine (19-56 kW) en middelgrote (56-130 kW) materieel is geëlektrificeerd en alleen grote mobiele werktuigen (130-560 kW) in 2030 op fossiele brandstoffen zouden draaien, zou dat naar schatting 63% minder elektriciteit vragen ten opzichte van het scenario waarin alle mobiele werktuigen elektrisch draaien. Mocht alleen het mini en klein materieel elektrisch zijn op de bouwplaats in 2030 zou dat naar schatting 93% minder elektriciteit vragen dan bij een 100% elektrische vloot.

Bovendien is voor de meeste van de onderzochte projecttypen in plaats van een LS-aansluiting een MS-aansluiting benodigd in 2030 indien alle mobiele werktuigen op de bouwplaats elektrisch worden ingezet. Dit heeft grote gevolgen voor het elektriciteitsnet, waarop de beschikbare netcapaciteit al steeds schaarser wordt. Wachttijden voor het aanvragen van een aansluiting kunnen nog verder oplopen, waardoor ook het risico op vertraging van bouwprojecten steeds groter wordt. Er zal in toenemende mate moeten worden gewerkt met andere oplossingen, zoals mobiele batterij containers, zonnepanelen, windenergie, V2L en waterstof om het net te ontzorgen en om projecten op tijd van de benodigde elektriciteitsvraag te voorzien.

### 5.1 Aanbevelingen

Op basis van de Outlook over de elektriciteitsbehoefte mobiele werktuigen in 2030 wordt duidelijk dat het van groot belang is netbeheerders nauw te betrekken bij de ontwikkelingen in de groeiende elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen. Dit met als doel om gezamenlijk te onderzoeken hoe de verwachte elektriciteitsbehoefte van mobiele werktuigen kan worden opgevangen in de toekomst. Het verzwaren en uitbreiden van het net gebeurt momenteel reactief, aangezien aannemers een bouw-aansluiting aanvragen op het moment van het verkrijgen van de bouwvergunning. Indien in de toekomst mobiele werktuigen massaal elektrisch worden ingezet, heeft dat tot gevolg dat netbeheerders te maken krijgen met vele aanvragen voor grote aansluitingen die niet binnen afzienbare realiseerbaar zijn. Grote afnemers zullen in dat geval lang moeten wachten op hun aansluiting.

Zoals toegelicht in paragraaf 4.4.2, zouden opdrachtgevers in het uitvragen in toenemende mate rekening moeten houden met het risico op netcongestie op een bepaalde projectlocatie. Het is noodzakelijk dat dit proces efficiënt wordt ingericht om projecten zo goed mogelijk voor te bereiden en risico's tot vertraging te beperken. Waar nu de opdrachtnemer verantwoordelijk is voor het realiseren van de aansluiting, is het een advies om te onderzoeken of het haalbaar is om dit meer te centraliseren bij de opdrachtgever. De opdrachtgever heeft namelijk uiteindelijk zicht op de projectplanning en zou dit vroegtijdig kunnen verzorgen. Ook zou de opdrachtgever kunnen signaleren of er al een bestaande aansluiting of MS-station bij de bouwplaats aanwezig is. Een goede samenwerking tussen opdrachtgever en opdrachtnemer is hierin essentieel.

Door de handen ineen te slaan en met elkaar op voorhand (pro-actief) inzichtelijk te maken waar en wanneer er een bepaalde elektriciteitsbehoefte in de bouwsector plaatsvindt, kan dit slimmer worden ingericht. Zonder samenwerking op dit vlak bestaat het risico dat door structurele netcongestie veel bouwprojecten vertraging oplopen of worden de duurzaamheidsambities in de bouw niet gehaald.

## 5.2 Limitaties en vervolgonderzoek

Wat opvalt is dat voor zowel nieuwbouw, renovatie als GWW de verwachte elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen bij de bottom-up lager uitkomt dan bij de top-down benadering. De verwachte elektriciteitsvraag is voor de bottom-up benadering 37% lager dan voor de top-down benadering. In dit onderzoek wordt niet één van de uitkomsten als goed of als fout gezien: het geeft een bandbreedte aan van de extra elektriciteitsvraag die kan ontstaan indien een groot aantal van de mobiele werktuigen elektrisch wordt ingezet in 2030. Beide methoden zijn gebaseerd op een aantal aannames om een benadering te kunnen doen die zo dicht mogelijk bij de realiteit ligt. Opnieuw moet benadrukt worden dat er ook daarom met enige voorzichtigheid dient te worden omgegaan met de resultaten. De paragrafen hieronder gaan dieper in op de aannames die zijn gemaakt, de impact hiervan op de resultaten en de richtingen voor vervolgonderzoek.

### Aannames in de top-down en bottom-up benadering

Voor de top-down benadering liggen de prognoses over 2030 van het onderzoek van CE Delft ter grondslag<sup>26</sup>. Met deze gegevens is vervolgens de elektriciteitsvraag afgeleid. De prognoses van CE Delft geven een globale inschatting van de verwachte elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen waarbij geen rekening is gehouden met andere factoren, zoals de energie efficiëntie, groei in bouwomzet, mogelijke verandering van het aantal of type bouwmachines en de toepassing van andere oplossingen (batterijen of waterstof) op de bouwplaats. In praktijk is het energieverlies afhankelijk van het gevraagde vermogen, type werkzaamheden, machine, voertuigconfiguratie (d.i. afstellingsmogelijkheden) en bijvoorbeeld het aandeel stationair draaien. Dit zijn hiermee automatisch ook uitgangspunten in de top-down benadering van dit onderzoek, aangezien gerekend is met de inzichten uit het onderzoek van CE Delft. Echter is voor de top-down benadering in dit onderzoek wel een schatting gedaan van de invloed van de omzetgroei in de bouwsector op de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen. De overige genoemde factoren worden niet meegenomen in de top-down benadering van dit onderzoek.

Daarentegen is er in de bottom-up methode wél rekening gehouden met het vermogen per type machine, de inzet van verschillende typen mobiele werktuigen en met verschillende typen werkzaamheden in de nieuwbouw, renovatie en GWW-sector. De uitkomsten van de bottom-up methode lijken hiermee dus dicht bij de realiteit te liggen. Echter is wel de kanttekening te maken dat de uitkomsten van dit onderzoek vermoedelijk aan de hoge kant liggen aangezien er is gerekend met het totale vermogen per machine per draaiuur op een project.

<sup>26</sup> CE Delft, (2020). *Elektrificatie en Vraagprofiel 2030. Elektrificatie en vraagprofiel 2030 - CE Delft*

Het is van belang dat men verder onderzoekt wat het gevraagde vermogen van elke machine per uur per type project is om een nog nauwkeuriger beeld te krijgen van het toekomstig elektriciteitsverbruik van mobiele werktuigen. Daarnaast kunnen factoren als voertuigconfiguratie, het aandeel stationair draaien, het motortype, bouwjaar en eventuele laadverliezen het onderzoek nog verder uitdiepen. Ook zullen in realiteit niet alle mobiele werktuigen 's nachts worden opgeladen. Bij sommige werken, zoals in de wegenbouw, wordt er ook 's nachts gewerkt. Dit zal de elektriciteitsvraag en ook de manier hoe er met energie op de bouwplaats wordt omgegaan beïnvloeden.

Daarnaast is de dataverzameling over de inzet van mobiele werktuigen bij aannemers een limitatie in dit onderzoek. In veel gevallen is data niet makkelijk voorhanden of beschikbaar. Indien de data wel beschikbaar is, wordt het gezien als gevoelige klantinformatie. De resultaten in dit onderzoek, van met name de bottom-up methode, zijn afhankelijk van de aangeleverde data. Zo is op te merken in de resultaten dat de verwachte elektriciteitsvraag van een groot nieuwbouw project er ver bovenuit steekt. De reden hiervoor is dat de data van een groot nieuwbouwproject een project van meer dan 600 woningen betrof. Dit is een groot verschil met de data over de inzet van de mobiele werktuigen bij een middelgroot (44 woningen) en klein project (29 woningen). De toekomstige elektriciteitsvraag bij projecten is sterk afhankelijk van inzet van met name grotere mobiele werktuigen. Zo is bij het grote nieuwbouw project een grote bouwkraan nodig is, welke verantwoordelijk is voor een groot deel van de benodigde elektriciteitsvraag. Bovendien hangt de inzet van mobiele werktuigen af van de gekozen bouwmethode. De draaiuren, type machines en het vermogen zijn nooit exact gelijk in ieder project. Dit heeft effect op de elektriciteitsvraag.

### Vervolgonderzoek

Zoals hiervoor beschreven, is het onderzoek gebaseerd op slechts enkele projecten, wat voor uitschieters kan zorgen en de representativiteit voor de gehele sector verlaagd. Door de limitatie in de beschikbare data en door onzekerheden in toekomstige ontwikkelingen zijn er een aantal aannames gedaan. Het is aan te bevelen een sensitiviteitsanalyse uit te voeren om te onderzoeken in welke mate het resultaat wordt beïnvloed door een verandering in deze uitgangspunten. Daarnaast is het nodig om meer projectdata per type project te analyseren om nog nauwkeurigere resultaten te verkrijgen. Dit zou er ook voor zorgen dat de relatie tussen projectgrootte op basis van het aantal te bouwen woningen en de benodigde bouw-aansluiting beter inzichtelijk kan worden gemaakt. Hierdoor kunnen betere voorspellingen worden gedaan van de toekomstige elektriciteitsvraag van projecten in de nieuwbouw en renovatiebouw. Bovendien wordt in dit onderzoek gefocust op standaard projecten in de verschillende sectoren, waaronder rioolwerkzaamheden en herbestratingsprojecten, de verbreding van een autosnelweg en de nieuwbouw of renovatie van grondgebonden woningen. Echter bestaat de GWW sector in realiteit uit veel meer type projecten (denk aan civiele beton projecten of bijvoorbeeld baggerwerk) met verschillende bouwmethoden. Om de representativiteit van de resultaten per sector te verhogen, kunnen de verschillende type onderzochte projecten nog meer worden uitgebreid. Er zouden zelfs andere sectoren moeten worden onderzocht (Land- & tuinbouw, Groenvoorziening, Evenementen, Handel, Diensten & Industrie) om een compleet beeld te krijgen van de toekomstige elektriciteitsbehoefte van mobiele werktuigen in de bouw.

Ook moet nogmaals benadrukt worden dat elektrificatie van mobiele werktuigen niet de enige oplossing is voor de verduurzaming van de bouwplaats. Het is daarvoor noodzaak om de invloed van mobiele werktuigen op andere brandstoffen en de inzet van andere oplossingen op de bouwplaats (smart batteries, V2L, verwisselbare accu's of bijvoorbeeld waterstof containers) op de verwachte elektriciteitsbehoefte van mobiele werktuigen in 2030 verder te onderzoeken. Tenslotte is het ook nodig de kant van opdrachtgever en netbeheerder verder te belichten om een compleet beeld te krijgen van de toekomstige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen alsmede om verschillende oplossingen te verkennen voor een toekomstbestendige bouwsector.

## Aannames

In deze Bijlage worden de aannames verder toegelicht die zijn gedaan voor de berekening van de huidige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen. Dit is opgesplitst in de top-down en bottom-up benadering. Tenslotte worden de aannames uiteengezet die zijn gedaan voor de scenariomodellering over de periode 2021 tot en met 2030. De toekomst is namelijk lastig te voorspellen, waardoor het onoverkomelijk is om aannames te doen voor bepaalde factoren. Deze aannames zijn dus gedaan met als doel om de toekomstige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen te berekenen.

### Top-down benadering

#### Omzetverhoudingen

De toekomstige elektriciteitsvraag is afgeleid van omzetverhoudingen in de bouw van het EIB (zie Tabel 7)<sup>27</sup>. De omzetverhoudingen van de B&U en GWW zijn gebruikt voor de berekening van de huidige elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen (zie paragraaf 4.1). De omzetverhoudingen in de B&U zijn verder uitgesplitst in nieuwbouw (69%) en renovatie (31%) op basis van gegevens van het EIB<sup>28</sup>. Deze zijn vermenigvuldigd met het procentuele omzetaandeel van de B&U (77%). Dit resulteert in een aandeel bouwomzet van 53% voor nieuwbouw en 24% voor renovatie.

Tabel 7  
Bouwomzet op basis van  
cijfers van het EIB

Sector	Bouwomzet (€)	Aandeel bouwomzet (%)
<b>B&amp;U</b>	59.575	77
Nieuwbouw	41.058	53
Renovatie	18.517	24
<b>GWW</b>	17.750	23
<b>Totaal</b>	<b>77.325</b>	<b>100</b>

#### Huidige elektriciteitsvraag mobiele werktuigen

In het onderzoek van CE Delft is de energievraag van de mobiliteitssector in 2019 vastgesteld op 510 Peta Joule (PJ) en wordt aangegeven dat 1,4% hiervan een elektriciteitsvraag is (7 PJ)<sup>29</sup>. Binnen de sector hebben mobiele werktuigen een aandeel van 9% van de energievraag van de mobiliteitssector (45,9 PJ). Indien we ervan uitgaan dat 9% van de elektriciteitsvraag toe te rekenen is aan mobiele werktuigen en mobiele werktuigen goed zijn voor 1,4% van de totale energievraag komt de totale huidige elektriciteitsvraag voor mobiele werktuigen uit op 0,64 PJ (omgerekend 0,18 TWh, zie paragraaf 4.1)<sup>30</sup>.

### Bottom-up benadering

#### Vermogens mobiele werktuigen

Middels desk research is het bijhorende vermogen van de dieselmotor per type mobiel werktuig opgezocht, zoals aangeleverd en beschreven in de ruwe data. Voor een indicatie van het benodigde vermogen dat nodig is om die dieselmotor te vervangen door een elektromotor zijn we op basis van expert judgement uitgegaan van een opslag van 10% op het vermogen van de dieselmotor. De machine op elektromotor zal in dat geval nog steeds in staat zijn om dezelfde hoeveelheid arbeid te leveren om dezelfde taken te kunnen uitvoeren.

<sup>27</sup> EIB, (2021). *Kerncijfers Productie - Bouwend Nederland*

<sup>28</sup> EIB, (2018). *Bedrijfs economische kerncijfers: B&U- en GWW-bedrijven 2018*.

<sup>29</sup> CE Delft, (2020). *Elektrificatie en Vraagprofiel 2030. Elektrificatie en vraagprofiel 2030 - CE Delft*

<sup>30</sup>  $1,4\% * 9\% * 510 \text{ PJ} = 0,64 \text{ PJ}$

## Draaiuren

Voor een aantal typen projecten in de bottom-up benadering was niet voor elke projectgrootte data beschikbaar, namelijk een middelgroot en klein renovatie project en een middelgroot en groot GWW project. In de GWW is een middelgroot of groot project een opeenvolging van meerdere kleine projecten. Het type materieel is daarom gelijk, maar het aantal draaiuren is een veelvoud van een klein project. Daarom zijn voor de bepaling van de elektriciteitsvraag van GWW projecten met behulp van data van een klein project de draaiuren van de mobiele werktuigen afgeleid voor een middelgroot en groot project. Voor de snelwegverbreding in de GWW zijn zodoende de draaiuren berekend naar rato van de lengte (aantal kilometer) van het wegproject en voor de rioolwerkzaamheden en herbestrating is de berekening gedaan naar rato van het aantal woningen.. Op basis van desk research naar een aantal voorbeeldprojecten van aannemers is een gangbaar aantal woningen gekozen voor de omrekening naar het middelgrote en grote project. Ook voor renovatie is gerekend met het aantal draaiuren van een groot project naar rato van het aantal woningen. Op basis van expert judgement is vastgesteld dat de draaiuren ongeveer evenredig toenemen naarmate er meer woningen worden gerenoveerd. Dezelfde machines zullen namelijk voor dezelfde werkzaamheden en voor ongeveer dezelfde duur bij een volgende woning worden ingezet.

## Scenario modellering

### Verwachte groei in bouwomzet

In dit onderzoek is de verwachte groei in totale bouwomzet over de periode tot en met 2030 op de elektriciteitsvraag meegenomen om een benadering te doen die zo dicht mogelijk bij de realiteit ligt. We gaan er hierbij vanuit dat een groei in bouwomzet betekent dat er ook een groei is in de inzet van mobiele werktuigen. Zodoende zal dit ook de elektriciteitsvraag verhogen. We hebben in dit onderzoek de aanname gedaan dat de elektriciteitsvraag evenredig met de bouwomzet zal toenemen. Er is door het EIB een gemiddelde toename in de bouwproductie van 3,5% per jaar vastgesteld over de periode 2022-2024. Voor de berekening van de verwachte bouwomzet in 2030 is de aanname gedaan dat deze groei ook na 2024 jaarlijks blijft doorzetten tot en met 2030. Dit kan mogelijk een overschatting zijn. De groei in bouwproductie kan namelijk beïnvloed worden door veranderingen in het economische klimaat (denk aan een financiële crisis of bijvoorbeeld de coronacrisis) of door bijvoorbeeld regelgeving (zoals rondom stikstof en PFAS).

### Opladen op de bouwplaats

Om de benodigde aansluiting op de bouwplaats te kunnen berekenen, is in dit onderzoek uitgegaan dat alle mobiele werktuigen op de bouwplaats worden opgeladen. Daarnaast wordt een oplaadtijd van 12 uur gehanteerd en wordt ervan uitgegaan dat alle mobiele werktuigen in de nacht worden opgeladen. Deze aanname is gebaseerd op eerder onderzoek van TNO<sup>31</sup>.

### Prognoses groei elektriciteitsvraag in 2030

Het onderzoek van CE Delft bevat kengetallen over de groei in elektriciteitsvraag voor mobiele werktuigen bij twee verschillende doorgerekende scenario's, namelijk een scenario waarin 10% en 20% van de mobiele werktuigen Zero Emissie in 2030 zou zijn. Met het oog op het doel van dit onderzoek, namelijk het in kaart brengen van de elektriciteitsvraag in 2030 indien 100% van de mobiele werktuigen elektrisch draaien, zijn deze prognoses ten grondslag gebruikt in de scenarioberekening in de top-down benadering. Volgens de prognoses van CE Delft zal dit voor een toekomstige groei in elektriciteit van 0,5 TWh en 1,1 TWh tot 2030 zorgen. Voor de Outlook is een extrapolatie gemaakt van de groei in elektriciteit indien 100% van de mobiele werktuigen zou worden geëlektrificeerd in 2030. Inclusief de groei in bouwomzet (zie aanname 'verwachte groei in bouwomzet') komt dit neer op een groei van 6,1 TWh indien 100% van de mobiele werktuigen op nationaal niveau elektrisch worden ingezet (paragraaf 4.1).

<sup>31</sup> TNO (2021). *Opties laad- en tankinfrastructuur voor mobiele werktuigen en bouwlogistiek*

## Aantal nieuwbouwwoningen in 2030

Voor de extrapolatie van de elektriciteitsvraag van grondgebonden woningen, zoals geanalyseerd met de voorbeeldprojecten, is het van belang om te weten hoe groot de bouwopgave in 2030 gaat zijn voor grondgebonden woningen. Hiervoor is de ambitie van het kabinet aangehouden om tot en met 2030 zo'n 900.000 woningen te hebben gebouwd<sup>32</sup>. Dat komt neer op gemiddeld zo'n 100.000 woningen per jaar, en dus ook in het jaar 2030. In dit onderzoek is er gekeken naar projecten met grondgebonden woningen. Er is geïnventariseerd dat de planvoorraad in veel meer appartementen voorziet dan grondgebonden woningen. Waar de huidige woningvoorraad in Nederland bestaat uit 35% appartementen en 65% grondgebonden woningen, bestaat de planvoorraad voor 65% uit appartementen en voor 35% uit grondgebonden woningen. Hieruit kan men afleiden dat de planvoorraad aanstuurt op een sterke groei in het aantal appartementen, wat verband houdt met het hoge aandeel binnenstedelijke bouwplannen<sup>33</sup>. Op basis hiervan gaan we er vanuit dat in 2030 35% van de 100.000 te bouwen woningen grondgebonden woningen zullen betreffen (35.000 woningen).

## Aantal renovatieprojecten in 2030

Voor de extrapolatie van de resultaten op projectniveau naar landelijk niveau is voor de renovatiebouw gekeken naar het totaal aantal gerenoveerde woningen in Nederland in 2021. Aan de hand van kengetallen over de totale investeringen in de renovatie en onderhoudsmarkt (21,7 miljard euro)<sup>34</sup> en een gemiddeld investeringsbedrag van € 55.000 in de renovatiebouw<sup>35</sup> in 2021 is het huidige aantal renovaties afgeleid door dit door elkaar te delen. Dit resulteert in een schatting van 394.545 renovaties op jaarbasis in 2021.

De woningvoorraad telde in 2021 zo'n 8 miljoen woningen. De woningvoorraad zal met de huidige ambitie zijn toegenomen met 900.000 woningen tot een woningvoorraad van 8,9 miljoen woningen in 2030. Dit is een stijging van circa 11% over de periode 2021-2030. Met de redenering dat meer bestaande woningen ook zullen leiden tot meer renovatieprojecten, is aangenomen dat het aantal renovaties ook zal stijgen met 11%. Dit zou betekenen dat er in 2030 in totaal 242.182 renovaties zouden plaatsvinden.

Zoals eerder vermeld, is het aandeel grondgebonden woningen in Nederland momenteel 65%. Dit zijn dus in totaal 5,2 miljoen grondgebonden woningen in 2021. Met de planvoorraad van 65% voor appartementen en 35% grondgebonden woningen tot en met 2030 zal het aantal grondgebonden woningen stijgen met 315.000 woningen. Wij gaan er zodoende vanuit dat er in 2030 in totaal zo'n 5,52 miljoen grondgebonden woningen staan. Indien 5,52 van de in totaal 8,9 woningen in 2030 grondgebonden zouden zijn, is dit dus goed voor 62% van de totale woningvoorraad. Zodoende zijn we er ook vanuit gegaan dat 62% van de renovaties zou plaatsvinden bij grondgebonden woningen in 2030 (150.152 renovaties).

<sup>32</sup> NOS (2022). *Kabinet komt met nationaal bouwplan, vanaf 2024 100.000 woningen extra* | NOS

<sup>33</sup> EIB (2021). *De kwalitatieve woningvraag in 2030*.

<sup>34</sup> Bouwkennis, (2019). *Bouwproductie en prognoses 2019-2021*.

<sup>35</sup> Mitros. *5\_-\_expeditie\_doorbraak\_-\_feiten\_en\_cijfers\_-\_basisinfo\_factsheet\_5.pdf* (mitros.nl)

## Extrapolatie rioolwerkzaamheden en snelwegverbreding

Voor de extrapolatie van de resultaten op projectniveau is op basis van omzetcijfers van een klein, middelgroot en groot project afgeleid hoeveel projecten op nationaal niveau worden uitgevoerd. Zo geeft het EIB aan dat grondwerk/riolering 17% en wegprojecten 25% van de totale omzet van de GWW-sector in 2011 betreffen<sup>36</sup>. Deze bron kan mogelijk verouderd zijn. Echter zijn cijfers met dit detailniveau niet beschikbaar voor een recenter jaartal. Daarnaast geeft de Rijksoverheid aan dat 2 tot 3 miljard van het totaal van 19 miljard euro voor de aanleg van nieuwe wegen gaat naar het verbeteren van wegen (waaronder wegenverbredingen)<sup>37</sup>. Zodoende nemen wij in dit onderzoek aan dat ongeveer 16% van de projecten in de wegenbouw snelwegverbredingen betreffen.

Vanuit de deelmarkten in de GWW is de elektriciteitsvraag steeds breder getrokken tot op nationaal niveau. Dit is gedaan met behulp van de omzetverhoudingen, waarmee is afgeleid wat de verwachte elektriciteitsvraag zou zijn voor de gehele bouwsector bestaande uit zowel GWW, Nieuwbouw als Renovatie op nationaal niveau. Er is hierbij de aanname gedaan dat de omzetaandelen gelijk blijven in het jaar 2030 t.o.v. van het jaar 2021.

<sup>36</sup> EIB, (2011). *Trends en ontwikkelingen in de wegenbouw tot 2017*.

<sup>37</sup> Rijkswaterstaat, (2022). *Aanleg nieuwe wegen | Wegen | Rijksoverheid.nl*

### Nieuwbouw

De geanalyseerde nieuwbouwprojecten zijn woningbouwprojecten<sup>38</sup>. Deze projecten kenmerken zich omdat er op één bepaalde locatie wordt gebouwd en omdat er een nieuwe aansluiting moet worden gerealiseerd op het net. De aangeleverde data over inzet van mobiele werktuigen voor verschillende nieuwbouwprojecten is afkomstig van verschillende partijen. In nieuwbouwprojecten worden mobiele werktuigen van allerlei categorieën gebruikt, van mini tot aan grote mobiele werktuigen. Deze verschillen behoorlijk in het aantal draaiuren bij verschillende projectgrootten. Waar er bij het kleine en middelgrote project slechts vijf mobiele werktuigen worden gebruikt, zijn dit er voor het grote project 21. Hiervan worden drie mobiele werktuigen gebruikt bij het bouwrijp maken van de locatie en 18 mobiele werktuigen worden ingezet tijdens de bouwfase. De exacte types en inzet van mobiele werktuigen die bij deze type projecten benodigd zijn staan vermeld in Bijlage 3.

### Renovatie

De voorbeeldprojecten in de renovatie zijn gericht op de woningbouw<sup>39</sup>. Bij renovatie bouwprojecten blijft het casco (skelet, dragende constructie) van het pand vaak intact. Deze projecten kenmerken zich omdat er op één bepaalde locatie wordt gebouwd. Bij renovaties wordt er zo veel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande aansluitingen. Er is in de renovatiebouw voor zowel kleine, middelgrote en grote projecten relatief weinig en veelal vergelijkbaar materieel nodig, namelijk één stuks groot (mobiele telescoopkraan, 320 kW) en één stuk klein materieel (heftruck, 36 kW). De verschillende projectgrootten verschillen wel aanzienlijk in draaiuren die de mobiele werktuigen maken op het project. De exacte types en inzet van mobiele werktuigen die bij deze type projecten benodigd zijn staan vermeld in Bijlage 3.

### De GWW

GWW projecten kenmerken zich doordat er vaak niet op één vaste locatie wordt gewerkt, maar langs een lang tracé, zoals een snelweg. Voor de GWW zijn in dit onderzoek zowel een binnenstedelijk (rioolwerkzaamheden) als een buitenstedelijk project geselecteerd (autosnelwegverbredingen) om goed de vergelijking te kunnen maken in elektriciteitsvraag. Riolwerkzaamheden en snelwegverbredingen zijn vrij standaard projecten in de GWW.

De rioolwerkzaamheden en herbestrating betreffen een binnenstedelijk project. Bij rioolwerkzaamheden worden de rioolbuizen vervangen. Dit zijn ingrijpende werkzaamheden. De hele bestrating moet worden weggehaald, er moet een sleuf worden gegraven, de aansluitingen en putten moeten worden weggehaald en vervangen door nieuwe en tenslotte wordt na het aanleggen van nieuwe rioolbuizen de grond aangevuld en de weg herbestraat. We gaan er in dit project vanuit dat bronbemaling niet nodig is. Er zijn mini, kleine, middelgrote als grote mobiele werktuigen benodigd bij dit type project. De inzet van mobiele werktuigen die bij dit type project benodigd zijn, staan vermeld in Bijlage 3. Met name bij het afgraven van de grond en het verwijderen en aanbrengen van nieuwe rioolbuizen, huis- en kolkaansluitingen en putten worden de grotere mobiele werktuigen ingezet (grotere graafmachines, 188 kW).

<sup>38</sup> De geanalyseerde voorbeeldprojecten betreffen een nieuwbouwproject van 26 woningen (klein), 44 woningen (middelgroot) en 645 woningen (groot).

<sup>39</sup> De geanalyseerde voorbeeldprojecten betreffen een nieuwbouwproject van 26 woningen (klein), 44 woningen (middelgroot) en 246 woningen (groot).



De snelwegverbreding vindt buitenstedelijk plaats. Het betreft een verbreding van de autosnelweg met een extra rijstrook voor beide richtingen. Voor de snelwegverbreding, zoals gehanteerd in dit onderzoek, vinden er freeswerkzaamheden plaats, dient de grond te worden ontgraven en verwerkt en worden funderingslagen en de asfaltverharding aangebracht. Diverse opbreekwerkzaamheden (en het weer herstellen/terugplaatsen ervan) die, afhankelijk van de werkelijke lokale situatie, mogelijk van toepassing kunnen zijn, zijn niet meegenomen. Hierbij valt te denken aan het verwijderen van bijvoorbeeld geleiderails, lichtmasten, geluidsschermen, bomen en overige begroeiing. Ook het eventueel noodzakelijk verleggen van sloten en het aanpassen van toe- en afritten of kruisende infrastructuur is niet meegenomen. De inzet van mobiele werktuigen die bij dit type project benodigd zijn, staan vermeld in Bijlage 3. Bij dit type project zijn alleen grote en middelgrote mobiele werktuigen benodigd. De grootste mobiele werktuigen zijn benodigd tijdens de freeswerkzaamheden (veeg-/zuigauto, 324 kW) en het aanbrengen van de asfaltverharding (asfaltspreidmachine van 294 kW en sproeiwagen van 272 kW).

## Bijlage 3

## Inzet mobiele werktuigen

In deze bijlage wordt de inzet van mobiele werktuigen per type project getoond (Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10 en Tabel 11), zoals meegenomen in de scenario berekeningen. De inzet van mobiele werktuigen is verkregen bij aannemers en via de eigen bedrijfsorganisatie. Er zijn verder geen toevoegingen gedaan op de aangeleverde data voor de inzet van mobiele werktuigen. Zo is volgens de aangeleverde data bijvoorbeeld geen heistelling benodigd bij het grote project, maar wel bij het middelgrote en kleine project. De data is dus afhankelijk van de ingezette bouwmethode. Ook kan het zijn dat de compleetheid niet overal volledig is, omdat bepaalde data mogelijk niet voorhanden was.

**Tabel 8**

Inzet van mobiele werktuigen bij verschillende nieuwbouwprojecten

\* Deze machines worden ingezet voor het bouwrijp maken van de locatie

\*\* Deze machines worden ingezet voor het bouwen van de woningen

Project	Mobiel werktuig	Aantal per project	Draaiuren per project	Vermogen	Categorie
<b>Klein</b>	Heistelling	1	80	200	Groot
	Mobiele telescoopkraan	1	320	320	Groot
	Graafmachine	1	80	114	Middelgroot
	Trilplaat	1	24	10	Mini
	Heftruck/Verreiker	1	200	36	Klein
<b>Middel-groot</b>	Heistelling	1	135	200	Groot
	Mobiele telescoopkraan	1	200	320	Groot
	Graafmachine	1	200	114	Middelgroot
	Trilplaat	1	16	10	Mini
	Heftruck/verreiker	1	720	36	Klein
<b>Groot</b>	Mobiele kraan*	1	600	85	Middelgroot
	Shovel*	1	800	74,5	Middelgroot
	Dumper/trekker*	1	1800	55	Middelgroot
	Bouwkraan**	6	8385	270	Groot
	Shovel**	6	8385	74,5	Middelgroot
Heftruck/verreiker**	6	5160	36	Klein	

**Tabel 9**

Inzet van mobiele werktuigen bij verschillende nieuwbouwprojecten

Project	Mobiel werktuig	Aantal per project	Draaiuren per project	Vermogen	Categorie
<b>Klein</b>	Mobiele telescoopkraan	1	23	320	Groot
	Heftruck/verreiker	1	84	36	Klein
<b>Middel-groot</b>	Mobiele telescoopkraan	1	39	320	Groot
	Heftruck/verreiker	1	142	36	Klein
<b>Groot</b>	Mobiele telescoopkraan	1	200	320	Groot
	Heftruck/verreiker	1	720	36	Klein

**Tabel 10**

Inzet van mobiele werktuigen bij een klein project van rioolwerkzaamheden (GWW)\*

De inzet van mobiele werktuigen van een middelgroot en groot project kan worden afgeleid van een klein project. Middelgrote en grote projecten zijn in principe herhalingen van meerdere kleine projecten

Mobiel werktuig	Aantal per project	Draaiuren per project	Vermogen	Categorie
Graafmachine, mobiel, hydraulisch, bakinhoud 600 liter	1	8	85	Middelgroot
Wiellaadschop, bakinhoud 1.000 liter	1	21	45	Klein
Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.200 liter	1	37	188	Groot
Graafmachine, mobiel, hydraulisch, bakinhoud 500 liter	1	19	74,4	Middelgroot
Trilplaat, 690 kg	1	16	10,3	Mini
Trilstamper, 60 kg	1	16	2,8	Mini
Trilplaat, 176 kg	1	10	6,6	Mini

**Tabel 11**

Inzet van mobiele  
werktuigen bij een  
kleine snelweg-  
verbreding (GWW)

De inzet van mobiele  
werktuigen van een  
middelgroot en groot  
project kan worden  
afgeleid van een klein  
project. Middelgrote en  
grote projecten zijn in  
principe herhalingen  
van meerdere kleine  
projecten

Mobiel werktuig	Aantal per project	Draaiuren per project	Vermogen	Categorie
Veeg-/zuigauto 7 m <sup>3</sup>	1	54	324	Groot
Freesmachine met voorlader, werkbreedte 1m	1	48	240	Groot
Freesmachine met laadband, werkbreedte 1,5m	1	48	240	Groot
Freesmachine met laadband, werkbreedte 0,5m	1	48	105	Middelgroot
Graafmachine, rups, hydraulisch, bakinhoud 1.500	1	254	124	Middelgroot
Wiellaadschop, bakinhoud 2.000 liter	1	393	119	Middelgroot
Grader, tandemas aangedreven, 15 ton	1	84	162	Groot
Asfaltspreidmachine	1	91	294	Groot
Wiellaadschop, bakinhoud 1.500 liter	1	56	74,5	Middelgroot
Drierolwals, asfalt/puin, > 10.000 kg	1	235	85	Middelgroot
Sproeiwagen	1	22	272	Groot

**Topsector Logistiek**

Ezelsveldlaan 59

2611 RV Delft

+31 15 251 65 65

[www.topsectorlogistiek.nl](http://www.topsectorlogistiek.nl)

