



AFSTUDEERSCRIPTIE

STIKSTOFKRISIS IN DE BOUW

Een onderzoek naar de effecten van emissieloos bouwen op de logistiek en bouwmethodes van project 'De Maander' te Ede

Studentgegevens

Student: Stefan Lek
Studentnummer: 1684378
E-mail: Stefan.lek@student.hu.nl
Adres: Viergang 91, Mijdrecht
Telefoon: +31 (0) 6 40 29 88 03

Afstudeerbegeleiders

Hogeschool Utrecht: Teun van Reeuwijk
E-mail: teun.vanreeuwijk@hu.nl

Bébouw Midreth B.V.: Ton Kok
E-mail: tkok@bebouw.nl
Telefoon: +31 (0) 6 15 02 70 39

Opleidingsgegevens

Opleiding: Bachelor Built Environment
Afstudeerrichting: Bouw in Uitvoering
Cursuscode: TBBE-VAFOBAST-18
Onderwijsinstelling: Hogeschool Utrecht

Bedrijfsgegevens

Bedrijfsnaam: Bébouw Midreth B.V.
Adres: Groot Mijdrechtstraat 11, Mijdrecht

Trefwoorden: Stikstofproblematiek; emissieloos; bouwproces; elektrisch; bouwmachines

Aantal woorden: 5888

Voorwoord

Dit is de scriptie “Stikstofcrisis in de bouw”. Het onderzoek voor deze scriptie is uitgevoerd bij bouwbedrijf Bebouw Midreth te Mijdrecht. Deze scriptie is de afstudeeropdracht van de opleiding Bachelor of Built Environment aan de Hogeschool Utrecht .

In samenwerking met de stagebegeleider, Ton Kok, is de onderzoeksvraag voor deze scriptie vastgelegd. Het onderzoek en het schrijven van de scriptie is gebeurd in de periode van februari tot en met mei 2020. In deze periode is de Corona-crisis begonnen en dat heeft invloed gehad op de manier waarop het onderzoek is uitgevoerd. Contacten en interviews met collega's zijn formeler en dat heeft weerslag op een exploratief onderzoek waar een deel van de resultaten op een spontane en interactieve wijze is gebaseerd.

Grote dank gaat uit naar stagebegeleider Ton Kok en HU-afstudeerbegeleider Teun van Reeuwijk voor de goede begeleiding en hun ondersteuning tijdens het afstuderen.

Tevens is een woord van dank op zijn plaats naar de collega's bij Bébouw Midreth voor de fijne samenwerking die er ondanks de in acht te nemen social distancing tijdens het onderzoek was. Tot slot is er veel dank aan familie, vrienden en studiegenoten voor hun ondersteuning tijdens deze laatste fase van de studie.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Stefan Lek

Mijdrecht, 25 mei 2020

Samenvatting

Het doel van dit onderzoek is het inzichtelijk maken wat een emissieloos bouwproject met zich mee brengt. De hoofdvraag is: In hoeverre gaat het emissieloos uitvoeren van project 'De Maander' het bouwproces beïnvloeden? Op basis van een representatief woningbouwproject heeft een exploratief onderzoek met deskresearch plaatsgevonden.

Het is gebleken dat een emissieloos bouwproject op korte termijn alleen mogelijk is door in de zware machines de conventionele aandrijving te vervangen door elektrische aandrijving. Als impact op de bouwplaats betekent dit dat de bouwaansluiting veel meer energie zal moeten transporteren dan in de traditionele situatie. Een zwaardere bouwaansluiting is niet altijd mogelijk en kost veel meer geld. Om dit te voorkomen zijn er enkele mogelijkheden. Een centrale energiebuffer op de bouwplaats, een planning dat zware machines niet gelijktijdig werken of een generator met stikstofafvang-unit op het bouwterrein plaatsen. Een verdere impact is een flinke reductie van geluidsproductie. Als derde grote impact zijn er de hogere kosten door energiemangement en machines. De meerkosten zijn op dit moment niet goed in kaart te brengen maar wel aanzienlijk door de doorberekende ontwikkelingskosten en de kleine markt voor emissieloze machines.

Op basis van het onderzoek wordt aanbevolen om te onderzoeken op welke manier de emissie-uitstoot van machines onafhankelijk kan worden bepaald. Daarnaast zou het wenselijk zijn om het onderzoek uit te breiden met een onderzoek naar de praktijkervaringen op het gebied van impact op de bouwmethoden en de bouwplaats.

The purpose of this research is to provide insight into what an emission-free construction project entails. The main question is: To what extent will the zero-emission project "De Maander" affect the construction process? An exploratory study with desk research was carried out on the basis of a representative building project.

Results turned out that an emission-free construction project in the short term is only possible by replacing the conventional drive with electric drive. As an impact on the construction site, this means that the electric power connection to the grid will have to deliver much more energy than in the traditional situation. A heavier connection is costly and not always possible. There are several options to cope with this on the site. A central energy buffer, a schedule that heavy machines do not work simultaneously or installation of a generator with a nitrogen capture unit. A further impact is a significant reduction in noise production. The third major impact is the higher costs due to expensive machines and energy management equipment. These additional costs cannot be properly mapped out at the moment, but are considerable due to the high development costs and the small market for zero-emission machines.

Based on the research results, it is recommended to investigate how the emission emissions of machines can be determined independently. In addition, it would be desirable to expand the study with empirical field data of the impact on the construction site and methods.

Begrippenlijst

Begrip	Definitie
Aerius Calculator 2019	Aerius Calculator 2019 is een voorgeschreven online rekeninstrument waarmee stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden kan worden berekend (Tritium Advies, 2019). Het programma wordt gebruikt voor vergunningverlening in het kader van de Wet Natuurbescherming.
Emissieloos bouwen	Een bouwproject waarbij geen uitstoot van schadelijke stoffen vrijkomt. Over het algemeen worden de volgende stoffen als schadelijk beschouwd: fijnstof, roet, ozon, koolstofdioxiden en stikstofoxiden. (Milieucentraal, z.d.).
Natura 2000 (*)	Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden. De Natura 2000 zal zorgen voor de bescherming van natuurlijke leefomgeving van bedreigde plant- en diersoorten om de biodiversiteit te behouden. (Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 2020).
Programma Aanpak Stikstof (PAS) (*)	In het kader van enerzijds natuurbescherming en anderzijds economische ontwikkelingen heeft de overheid in 2015 het Programma Aanpak Stikstof tewerkgesteld. Het Programma Aanpak Stikstof is bedoeld voor toestemmingsverlening van Natuurbeschermingswet-vergunningen.
Stikstof (N₂)	Stikstof (N ₂) is op zichzelf niet schadelijk voor mens of milieu. Ongeveer 78% van alle lucht bestaat uit stikstof. Stikstof is een kleur- en reukloos gas. (RIVM, z.d.).
Stikstofoxiden (NO_x)	Stikstofoxiden ontstaan door verbranding van fossiele brandstoffen in verkeer en industrie. Stikstofoxiden komen tot stand als brandstof reageert met zuurstof tijdens de verbranding. De stikstofoxiden in de lucht komen uiteindelijk in de bodem terecht. Dit heeft negatieve gevolgen voor de biodiversiteit in Nederland. (Natuurmonumenten, z.d.).

(*) = In de wet vastgelegd.

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting.....	2
Begrippenlijst	3
Inhoudsopgave	4
1 Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Aanleiding	6
1.2.1 PAS.....	6
1.2.2 Uitspraak Raad van State.....	6
1.2.3 De rol van Bébouw Midreth	6
1.2.4 Onderzoeksproject 'De Maander'	7
1.2.5 Scope	7
1.3 Hoofdvraag	8
1.4 Deelvragen	8
1.5 Relevantie.....	8
1.5.1 Maatschappelijke relevantie	8
1.5.2 Wetenschappelijke relevantie	8
1.6 Leeswijzer	8
2 Theoretisch kader.....	9
2.1 Initiatieven om emissieloos te bouwen.....	9
2.2 Recente marktontwikkelingen.....	9
3 Onderzoeksmethode	10
3.1 Complexiteit	10
3.2 Onderzoeksmethode	10
3.2.1 Beschrijving van de oorspronkelijke situatie.....	11
3.2.2 Analyse van de mogelijke oplossingen	11
3.2.3 Concretiseren van de oplossingen	11
3.2.4 Bepalen van de impact van de wijzigingen	11
4 Huidige situatie en uitgangspunten	12
4.1 Bepaling van de emissiebronnen bij 'De Maander'	12
4.2 Specificatie van emissiebronnen	12
5 Nieuwe situatie	13
5.1 Inperking van het oplossingsveld	13
5.2 Zero emissie oplossingen per emissiebron	13
5.3 Mitigeren van de verkeersemissie	14
5.4 Berekening stikstofdepositie door Aeries Calculator	14
6 Impact analyse	15
6.1 Energie transport analyse.....	15

6.2	Aanvoer van energie naar de bouwplaats	16
6.2.1	Energiebehoefte berekening	16
6.2.2	Net aansluiting verzwaren	16
6.2.3	Energiebuffering op de bouwplaats	17
6.2.4	Energieproductie op de bouwplaats	17
6.2.5	Alternatieve energieaanvoer.....	18
6.3	Energietransport naar de machine	18
6.4	Opslag op machine.....	18
6.5	Omzetting in beweging	18
6.6	Energieplanning.....	18
6.7	Financieel	19
6.8	Geluid	19
6.9	Samenvatting.....	19
7	Conclusie & aanbeveling	20
7.1	Conclusie	20
7.2	Aanbeveling	21
8	Discussie	22
	Literatuurlijst	23
	Bijlage	28
	Bijlage 1 Stappenplan natuurvergunning	29
	Bijlage 2 Plan 'De Maander'	33
	Bijlage 3 Aeries Calculator	37
	Bijlage 4 Uitgangssituatie	40
	Bijlage 5 Planning traditioneel aangedreven machines	49
	Bijlage 6 Nieuwe situatie	51
	Bijlage 7 Planning elektrisch aangedreven machines	66
	Bijlage 8 Energiebehoefte berekening	67
	Bijlage 9 Kostenoverzicht	69
	Bijlage 10 Checklist stikstofvrij project	70
	Bijlage 11 interviews	71

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Al jaren wordt er in Nederland teveel stikstofoxide uitgestoten. Dit heeft gevolgen voor natuurgebieden in Nederland en voor de gezondheid van mensen. (Oneworld, 2019). Stikstofoxide in de bouw ontstaat vooral in de verbrandingsmotoren die de zware machines en transportmiddelen aandrijven. (Elting, 2019). De stikstofoxiden veroorzaken stikstofdepositie in natuurgebieden (Natuurmonumenten, z.d.), alwaar ze een negatieve invloed kunnen uitoefenen op de fauna en flora in die gebieden.

In Nederland zijn 160 natuurgebieden aangewezen als Natura 2000-gebied. Dit is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden. Van deze 160 gebieden hebben er 118 te maken met een overmaat aan stikstof. (Bijl2, 2020).

1.2 Aanleiding

1.2.1 PAS

De overheid startte in 2015 het Programma Aanpak Stikstof (hierna: PAS). Het doel van deze maatregel was om de hoeveelheid stikstof terugdringen, om de natuur versterken en om tegelijkertijd economische ontwikkeling mogelijk maken. Het PAS bood genoeg ruimte om vergunningen voor (bouw)projecten in de buurt van een Natura 2000-gebied toch te verlenen. Ook als dit resulteerde in extra stikstofdepositie in de natuur. (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2020).

1.2.2 Uitspraak Raad van State

Op 29 mei 2019 oordeelde de Raad van State dat het PAS, met onzekere aannames, niet meer als basis mocht fungeren voor het verlenen van toestemming voor activiteiten, die mogelijk stikstof uitstoten. De Raad van State heeft met de uitspraak bepaald dat vooraf zekerheid moet zijn over de effecten van projecten op de natuur. (Raad van State, z.d.). Deze uitspraak veroorzaakte een enorme uitdaging voor de overheid en voor bouw- en landbouw bedrijven. Projecten en vergunningverlening werden stilgezet in verband met ontbreken van een tool om de stikstofuitstoot te kunnen berekenen. In 'Bijlage 1 Stappenplan natuurvergunning' wordt dieper ingegaan op de relevante regelgeving na de uitspraak van de Raad van State.

1.2.3 De rol van Bébouw Midreth

Bébouw Midreth B.V., welke deel uit maakt van het VolkerWessels-concern, is één van de bouwbedrijven waarbij de vergunningverlening voor een bouwproject werd stil gelegd na de uitspraak van de Raad van State.

Al 40 jaar lang is het bouwbedrijf werkzaam in alle bouwdisciplines: van woningbouw tot utiliteitsbouw en van vastgoedontwikkeling tot renovatie. Ze zijn bekend met het stikstofprobleem en te hoge koolstofdioxide uitstoot en er wordt aandacht besteed om dit te beperken (VolkerWessels, z.d.).

1.2.4 Onderzoeksproject 'De Maander'

Het project van Bébouw Midreth, waarbij vertraging is opgelopen is project 'De Maander' te Ede. Het plan bestaat uit de realisatie van 57 woningen. Het gaat om 3 appartementen, 38 rijwoningen, 8 twee onder één kap woningen en 8 vrijstaande woningen. In ‘

Bijlage 2: Plan 'De Maander' is het project en de geschiedenis van de vergunningaanvraag beschreven.

Bouwbedrijf Bébouw Midreth is op het moment dat dit onderzoek wordt gedaan bezig met de mogelijkheden te onderzoeken op het gebied van interne saldering en in het verlengde daarvan emissie-arme oplossingen te bepalen.

1.2.5 Scope

De scope van het onderzoek ligt bij de verschillen tussen de traditionele en de emissieloze wijze van realiseren van woningbouwprojecten.

Bij het onderzoeksproject is nog niet bekend welke traditionele machines of welke alternatieve oplossingen zullen worden toegepast. Voor het onderzoek is echter niet relevant welke exacte machines worden gekozen. De traditionele machines zijn in overleg met Bébouw Midreth vastgesteld zodat er machines met representatieve capaciteiten als uitgangssituatie worden gebruikt.

Om de volgende redenen is het oplossingsveld beperkt tot machines met geen tot extreem lage uitstoot:

- Bij de Aeries berekening is gebleken dat er een minimale uitstoot toelaatbaar is. Door alle beïnvloedbare uitstoters te minimaliseren blijft er ruimte over voor uitstoot waar het bouwbedrijf weinig of geen invloed op uit kan oefenen.
- Zero-emissie oplossingen zijn toekomstbestendig voor het geval dat de normen nog scherper gesteld gaan worden.
- In het kader van de onderzoeksvraag wordt de impact gemaximaliseerd.
- Maatschappelijk gezien is het wenselijk is dat de impact van menselijke activiteiten op het milieu naar nul gaat in de toekomst.
- Om de vergelijking zo gelijk mogelijk te houden zijn er vervolgens oplossingen gekozen die wat capaciteit betreft zo dicht mogelijk bij de traditionele machines liggen.

1.3 Hoofdvraag

Specifiek zal in deze scriptie de volgende hoofdvraag beantwoord gaan worden:

In hoeverre gaat het emissieloos uitvoeren van project 'De Maander' het bouwproces beïnvloeden?

1.4 Deelvragen

De deelvragen die ter ondersteuning dienen bij het beantwoorden van de centrale vraag, zijn de volgende:

- Wat is de relevante wet- en regelgeving i.v.m. stikstofemissie?
- Hoe kan Aerius Calculator toegepast worden om oplossingen te valideren?
- Welke oplossingen zijn er beschikbaar of in ontwikkeling?
- Hoe kan het beste de impact van de emissieloze oplossingen op de huidige bouwmethodiek en logistiek worden beschreven?
- Welke soorten van invloed kunnen onderscheiden worden?

1.5 Relevantie

1.5.1 Maatschappelijke relevantie

Uit het oogpunt van natuurvergunning voor bouwprojecten moet er afgeweken worden van het traditionele bouwproces. Door een concreet project te onderzoeken wordt inzicht verschaft wat een emissieloos bouwproject met zich mee brengt. Dit is interessant voor directies, projectleiders, werkvoorbereiders en planners die op korte termijn moeten afwijken van hun traditionele referentie kader

1.5.2 Wetenschappelijke relevantie

De uitspraak van de Raad van State over het PAS heeft de vraag naar emissieloos bouwen vergroot. Op dit moment staat emissieloos bouwen in de kinderschoenen en hebben onderzoeksinstituten baat bij meer kennis en initiatieven die vanuit de markt worden genomen. Voor dit onderzoek is er gekozen om inzichtelijk te maken wat een emissieloos bouwproject met zich mee brengt, om hiermee een bijdrage te leveren aan de wetenschappelijke kennis van emissieloos bouwen.

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft het theoretisch kader waarin het begrip emissieloos bouwen wordt toegelicht vanuit de belangrijkste theorieën en ontwikkelingen. In hoofdstuk 3 is de onderzoeksmethode beschreven welke als handvat heeft gediend bij het uitvoeren van dit onderzoek. In hoofdstuk 4 t/m 6 zijn de onderzoeksresultaten uitgewerkt. Het rapport wordt in hoofdstuk 7 en 8 afgesloten met een conclusie, aanbeveling en discussie.

2 Theoretisch kader

2.1 Initiatieven om emissieloos te bouwen

Er is een groep initiatiefnemers op de markt die bouwbedrijven helpen bij het realiseren van emissieloze bouwprojecten bij een Natura 2000-gebied. Zij stellen dat een bouwproject sneller emissieloos te maken is dan de meeste denken. (de Leeuw, 2019).

Enkele grote bedrijven, zoals GMB, Heijmans en de Vries & van de Wiel hebben het Emissieloos Netwerk Infra (hierna: ENI) opgericht, waarbij de marktpartijen het bouwen met emissieloos materiaal al in 2026 mogelijk willen maken. Met de ENI willen de marktpartijen duidelijk maken dat Nederland een interessante markt is om emissievrije machines aan te leveren. Wereldspelers uit Scandinavië, Azië en Noord-Amerika zien nog onvoldoende prikkel tot de productie van schonere machines. Dit zorgt vooral bij zwaar emissievrij materieel nog tot een groot obstakel om volledige emissieloos te bouwen. Door het stimuleren van de aanbodkant hopen de marktpartijen hier verandering in brengen. (De Leeuw, 2020).

Tegelijkertijd wil ENI ook de vraagkant stimuleren. Hierbij ligt de ambitie om emissieloos bouwen in aanbestedingen te laten opnemen. Hiervoor gaat het netwerk in gesprek met opdrachtgevers.

Het netwerk is erop gericht om veel kennis te delen. (De Leeuw, 2020).

2.2 Recente marktontwikkelingen

Natuur & Milieu heeft in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en in samenwerking met de branchevereniging BMWT een inventarisatie gedaan onder leveranciers.

Hieruit blijkt dat de marktontwikkelingen snel gaan. Leveranciers geven aan dat verschillende typen elektrische machines in ontwikkeling zijn. (Natuurenmilieu, 2019). Het gaat hierbij vooral om licht emissievrij materieel.

Er zijn reeds enkele fabrikanten in de onderzoeksfase van het ontwikkelen van waterstof aangedreven machines. Als voorbeeld is Hyundai bezig met de allereerste graafmachine op waterstof. (Bouwmachines, 2020).

Volgens geïnterviewde Albert Lusseveld, programmamanager Duurzaamheid en Veiligheid van de branchevereniging voor leveranciers van bouwmachines (BMWT) (Bijlage10) kan de Nederlandse overheid gezien worden als opkomende marktpartij die veel investeert in nieuwe ontwikkelingen. Echter voeren zij een versnipperd beleid op het gebied van werkmaterieel. Er is bijvoorbeeld geen set aan milieu eisen, er vindt nog geen toezicht plaats, er is geen systeem of instantie om emissie te keuren en er is geen tegemoetkoming met subsidies. Na diverse protestacties van werknemers in de bouw is de verwachting dat de overheid in gesprek gaat met de ondernemers om ze met investeringen bij te staan, bijvoorbeeld door het instellen van een aanschafsubsidie of sloopsubsidie.

3 Onderzoeksmethode

3.1 Complexiteit

Ondanks dat het stikstofprobleem al veel langer bekend is, blijkt dat in de praktijk er nog erg veel onbekend is. Zeker nu de wettelijke kaders overhoop zijn gehaald moet veel praktijkervaring worden vernieuwd.

Op dit moment zijn er geen instanties of instituten die onafhankelijk de maatregelen en oplossingen bewaken of controleren. Dit betekent dat de uitvoering van de stikstofproblematiek vooralsnog een papieren aangelegenheid is met veelal weinig gefundeerde aannames van de betrokken partijen.

Dit probleem heeft zich geopenbaard tijdens het verkennende deel van het onderzoek wat zich in eerste instantie richtte op een lijst van oplossingen waar de voor en nadelen van op waarde zijn gerangschikt. De eerste inventarisering op dit vlak resulteerde in een warboel van oplossingen die onbetrouwbare of niet verifieerbare waarden lieten zien. Ook kosten van oplossingen bestonden uit indicatieve waarden of extreem hoge waarden die naar verwachting op zeer korte termijn al zullen wijzigen.

Uitkomsten van dit onderzoek zouden niet de verwachting waarmaken voor gebruikers in praktijk. Het onderzoeksveld is daarom verlegd naar de impact van emissieloos bouwen op het bouwproces en logistiek.

3.2 Onderzoeksmethode

Het onderzoek is een beschrijvend onderzoek naar de invloed van emissieloos bouwen van project 'De Maander' op het bouwproces. De onderzoeksmethodiek is onderverdeeld in vier fasen zoals in 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 en 3.2.4 beschreven. In de onderstaande hoofdstukken wordt met uitstoter bedoeld de machine die de uitstoot van NO_x veroorzaakt in het traditionele bouwproces. Met oplossing wordt bedoeld de oplossing die zorgt voor de reductie van de NO_x uitstoot bij de betreffende uitstoter.

3.2.1 Beschrijving van de oorspronkelijke situatie

In deze fase wordt de uitgangssituatie beschreven zoals die was bij het project 'De Maander' op het moment dat het werd afgekeurd. Om de basis van het onderzoek van goede handvatten te voorzien zal het uitgangspunt worden beschreven door middel van de werkbeschrijving, de bouwplaats tekeningen, de planning en het Aeriusrapport met de berekende NO_x emissies. Alle uitstoters worden geïnventariseerd en in een lijst gezet zodat dit gebruikt kan worden om oplossingen te bepalen.

3.2.2 Analyse van de mogelijke oplossingen

In deze fase is door middel van desktopresearch en interviews worden er onderzocht welk soort oplossingen beschikbaar zijn. Daarna is een analyse worden gemaakt over welk soort oplossingen geschikt zijn voor het project 'De Maander'.

3.2.3 Concretiseren van de oplossingen

In deze fase wordt er voor elke uitstoter in het referentieproject, met inachtneming van de voorgaande analyse, een oplossing gekozen die meest overeenkomt met de werking van de uitstoter in de huidige bouwmethode.

3.2.4 Bepalen van de impact van de wijzigingen

In de laatste fase wordt voor iedere oplossing gekeken naar de consequenties / nadelen die de oplossingen met zich mee brengen. Omdat er weinig bekend is zal met name deze fase een sterk exploratief karakter krijgen. In deze analyse zal ook aandacht besteed worden aan de gecombineerde impact van alle oplossingen tezamen. Aan de hand van de verkregen resultaten is gekeken. Zodra hier of deze kunnen worden ingedeeld in types zodat er meer inzicht ontstaat in de impact van het emissieloos bouwen.

4 Huidige situatie en uitgangspunten

4.1 Bepaling van de emissiebronnen bij 'De Maander'

Voor het bepalen van de uitstoters is er uit gegaan van de berekeningen welke zijn gemaakt in Aeries voor dit project. Uit deze berekeningen volgt een lijst met machines welke bijdragen aan de uitstoot van stikstofoxiden.

In 'Bijlage 3 Aeries Calculator' is een uitgebreide toelichting op de berekeningen en berekeningsmethodiek welke zijn gedaan met Aeries. De output van de rekentool is een lijst met uitstoters waarbij de uitstoot per item is aangegeven. Deze lijst wordt in het volgende hoofdstuk verder uitgewerkt om een betere specificatie van de machines te krijgen. Deze specificatie is opgesteld in overleg met Bébow Midreth en vormt het uitgangspunt van waaruit alternatieve emissieloze oplossingen worden bepaald.

4.2 Specificatie van emissiebronnen

Exacte types van machines en werkzaamheden voor 'De Maander' zijn nog nader te bepalen door Bébow Midreth. Types en daar bijhorende kernspecificaties van iedere machine en werkzaamheden zijn voor dit onderzoek tot stand gekomen in overleg met praktijkdeskundigen. In Bijlage 4 is een uitgebreide specificatie van de emissiebronnen gemaakt. In tabel Tabel 1: Specificatie van emissiebronnen is een samenvatting te vinden van de capaciteit, de geluidsdruk en het aantal werkzame uren.

	Omschrijving	Capaciteit	Omgevingsgeluid dB(A)		Aantal uur
A1	Telekraan	70 t	Onbekend		59,3
A2	Ruwterreinkraan	63 t	Onbekend		115,5
A3	Verreiker	4,8 t	104		20
A4	Mobiele bouwkraan	72 t	96		1560
A5	Heistelling	46 t	Langzaam	94	205,2
			Snel	98	
			Piek	116	
A6	Betonpomp	28 t	Aandrijving	90 tot 100	
			Storten	85 tot 92	8
	Betonmixer	4,2 t	80 tot 95		
A7	Hydraulische graafmachine	15,3 t	100		475,6

Tabel 1: Specificatie van emissiebronnen

In 'Bijlage 5: Planning traditioneel aangedreven machines' is een uitgebreide planning en beschrijving van werkzaamheden.

5 Nieuwe situatie

5.1 Inperking van het oplossingsveld

Vanuit de vorm van de energie, welke gebruikt wordt voor aandrijving van machines, zijn 4 velden gevonden waarin zich oplossingen kunnen bevinden. Die vormen zijn verbeterde schone brandstoffen, waterstof, elektriciteit en atoomenergie. In de bijlage Voorselectie van het oplossingsveld is een tabel opgenomen met voor en nadelen van de vier energievormen. In deze tabel is duidelijk dat alleen de elektrificatie van het bouwproces op dit moment een realiseerbare zaak is

Een aanvullende randvoorwaarde bij het uitwerken van elektrische oplossingen is dat de oplossingen dicht bij de huidige methode van bouwen ligt en bovendien werkbaar en praktisch uitvoerbaar is. Dit houdt in dat voor iedere huidige machine/werkzaamheid een elektrisch alternatief gekozen wordt met dezelfde capaciteiten.

Het volgende selectiepunt is dat specifieke oplossingen binnen uiterlijk een jaar voor dit project beschikbaar moeten zijn.

5.2 Zero emissie oplossingen per emissiebron

De keuze voor de oplossingen per emissiebron zijn tot stand gekomen binnen de gestelde randvoorwaarden. Op deze manier wordt kwaliteit van het onderzoek gewaarborgd. In 'Tabel 2: Zero emissie oplossingen per emissiebron' staan de geselecteerde emissieloze oplossingen naast de traditionele versies. De grootste problemen zitten in de telekraan en de hydraulische graafmachines. In beide segmenten is geen versie beschikbaar of een zeer beperkte keuze mogelijkheid. In Bijlage 6 is een uitgebreide specificatie van zero emissie oplossingen per emissiebron beschreven.

A1	Telekraan	Liebherr LTM1070-4.1	B1	Mobiele bouwkraan	Spierings SK487-AT3 City Boy
A2	Ruwterreinkraan	Liebherr LTR1060	B2	Zware rups bouwkraan	Potain GTMR 360
A3	Verreiker	Manitou MT625 H	B3	Verreiker	Manitou MT625-E
A4	Mobiele bouwkraan	Spierings SK1265-AT6	B4	Rups bouwkraan	Potain GTMR 350
A5	Heistelling	Junttan PM20	B5	Heistelling	Elektrische Junttan PM20
A6	Betonpomp	Faber m31	B6	Betonkubel	Aanwezige bouwkraan
A6	Betonmixer	Mulder betonmixer	B6	Betonmixer	Wierda-Framo Electric Truckmixer
A7	Hydraulische graafmachine	Volvo EWR150E	B7	Rups hydraulische graafmachine	Caterpillar 323F Z-Line
			B7	Hydraulische graafmachine	Mecalec e12

Tabel 2: Zero emissie oplossingen per emissiebron

5.3 Mitigeren van de verkeersemissie

Zoals aangegeven in de Aerius rapporten (zie Bijlage 3 Aerius Calculator) is er stikstof emissie dat door het verkeer wordt uitgestoten wat de aan en afvoer van de bouwmaterialen verzorgt. Van deze emissie wordt alleen het deel berekend dat wordt uitgestoten vanaf de doorgaande weg tot en met de bouwplaats. Bij de leveranciers en in het transportwezen is het gebruik van elektrische voertuigen nagenoeg niet aan de orde. Het zou een optie zijn om het laatste stuk de bouwmaterialen over te laden op elektrisch aangedreven voertuigen en daarmee het laatste stuk te overbruggen. Dit zou een enorme impact op de logistiek geven voor een relatief kleine winst bij de emissies. Gekozen is om de emissies door middel van de NOx Filterbox 2.0 van OC Filtration Solutions naar beneden te brengen. In bijlage NOx Filterbox 2.0 wordt de werking van de filterbox toegelicht. De unit wordt langs de aanvoerweg opgesteld in de richting van de Natura-2000 gebieden Testresultaten van TNO geven aan dat de filterbox in staat is 80% van alle uitgestoten stikstofoxiden aan de lucht te onttrekken. (Orangeclimate, z.d.).

5.4 Berekening stikstofdepositie door Aerius Calculator

Naarmate de elektrische oplossingen ingevoerd worden zal de stikstof die vrij komt door materieel en machines bij 'De Maander' verdwijnen, aangezien al het materieel elektrisch aangedreven wordt. Een herberekening is opgezet in Aerius Calculator. De machines en werkzaamheden tijdens de realisatiefase van 'De Maander' resulteren nu in geen stikstofemissie.

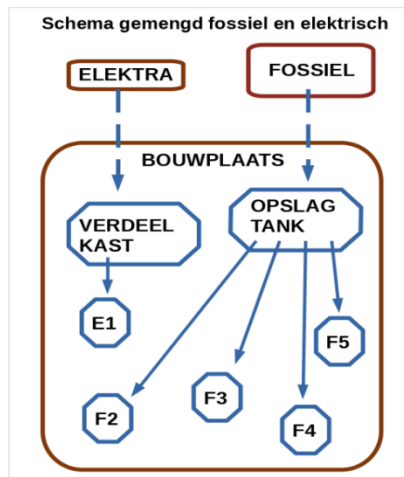
Voor het beperken van de emissie door het bouwverkeer naar 'De Maander' is er gekozen voor de NOx Filterbox 2.0 van OC Filtration Solutions. Hierbij zal er volgens de getoonde berekening een klein restant stikstofemissie van 0,6 mol/ha/jr zijn. Deze oplossing zal interessanter zijn bij projecten met een langere aanvoerroute vanaf de doorgaande openbare weg.

Op basis van deze berekening zal er geen significant effect plaatsvinden op een Natura 2000-gebied en wordt er toestemming verleend voor de realisatie van 'De Maander'. De herberekening is terug te vinden in bijlage 'Herberekening stikstofdepositie door Aerius Calculator'.

6 Impact analyse

6.1 Energie transport analyse

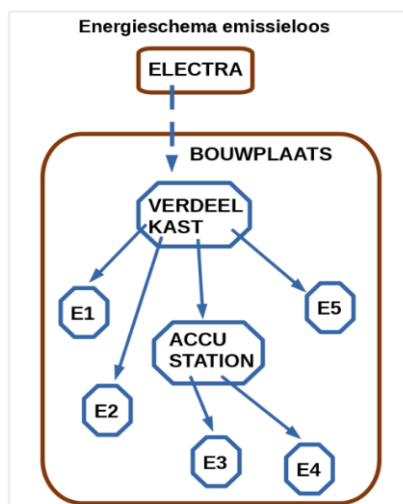
De kern van de veranderingen bij de beschreven oplossingen is het vervangen van fossiele brandstoffen door elektriciteit. Daarom is begonnen met de route waarlangs de energie over de bouwplaats verloopt in kaart te brengen.



Figuur 1: Energieaanvoer gemengd fossiel en elektrisch

De klassieke bouwplaats heeft een gemengde energieaanvoer (Figuur 1). Er is een bouwaansluiting op het elektriciteitsnet en er wordt fossiele brandstof aangevoerd. De fossiele brandstof komt deels mee met de machines in de tank die op de machine is gemonteerd en deels is er een tussenopslag in een buffervat of tankwagen van waaruit graafmachines en verreikers dagelijks worden bijgevuld. De elektra aanvoer is onder andere voor bouwlichten, bouwdrogers, verlichting en elektrisch handgereedschap.

In de nieuwe situatie waarbij alle machines worden geëlektrificeerd is de routing van energie veranderd. Alle energie wordt nu als elektrische energie naar de bouwplaats gevoerd. (Figuur 2)



Figuur 2: Energieaanvoer geheel elektrisch

Voor de verder analyse worden de energiestromen apart geanalyseerd. De volgende substromen kunnen onderscheiden worden:

A transport van energie naar de bouwplaatsverdeelkast

B transport van de verdeelkast naar de machines

C transport en opslag via accu's op de machine

Volgens deze indeling zal de energieroute op de bouwplaats hierna worden geanalyseerd.

6.2 Aanvoer van energie naar de bouwplaats

Het eerste traject dat zwaarder wordt belast is het transport van de elektriciteit naar de bouwplaats. Deze aanvoerleiding (bouwaansluiting) zal veel meer energie moeten transporteren dan in de traditionele situatie. Momenteel is er sprake van 2 aansluitingen van 3x80A. Dit is voor een project van deze omvang een normale aansluiting die door Bébouw Midreth aangevraagd is nog vóór de stikstof uitspraak van de Raad van State op 29 mei 2019.

6.2.1 Energiebehoefte berekening

Om een totaalberekening op te stellen van het piekvermogen is er op de twee momenten met de zwaarste belasting uitgerekend wat het verbruik is. Deze twee piekmomenten zijn in de planning aangegeven als twee verticale rode lijnen (zie 'Bijlage 7 Planning elektrisch aangedreven machines').

Piekmoment A valt in de funderingsfase. In deze periode wordt er nog steeds heikwerk verricht, is een graafmachine bezig met het uitgraven of aanwerken van bouwblokken en wordt met een zware rupskraan funderingsbalken gelegd. Tevens zijn de NOx filterbox en verdere kleinere verbruikers die stroom vragen.

Volgens de berekening in Bijlage 8 Energiebehoefte berekening kan het maximale piekverbruik kan 296 A worden.

Piekmoment B valt in de ruwbouw, daken gevels en afbouw fase. In deze periode wordt er nog steeds aan het betonnen casco gewerkt, is een verreiker werkzaam voor transport op de bouwplaats en worden daken en gevels aangebracht bij bouwblokken waar het betonnen casco al afgerond is. Het overzicht is te vinden in 'Bijlage 8: Energiebehoefte berekening' en geeft een uitkomst van 125 A.

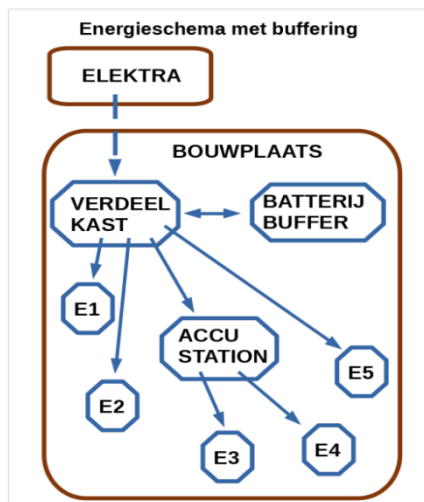
Op beide piekmomenten is te zien dat er een stroomverbruik is dat behoorlijk boven 80 Ampère uit kan komen.

6.2.2 Net aansluiting verzwaren

Uit de berekening op de twee meetmomenten blijkt dat de huidige 2 aansluitingen van 3x80A niet voldoende zijn. Een mogelijkheid om dit probleem op te lossen is het verzwaren van de aansluiting. Een zwaardere uitvoering dan een bouwaansluiting dan 3x80A valt echter onder de industriële aansluitingen. Een industriële uitvoering wordt over het algemeen speciaal aangelegd vanuit een verdeelstation. Dit brengt hogere kosten met zich mee en ook een langere aanvaartijd bij het energiebedrijf. Het vastrecht van een bedrijfsaansluiting is vele malen hoger dan een gewone bouwaansluiting.

6.2.3 Energiebuffering op de bouwplaats

Een manier om te voorkomen dat de maximale waarde van de bouwaansluiting wordt overschreden is om een energiebuffer te creëren op het bouwterrein.

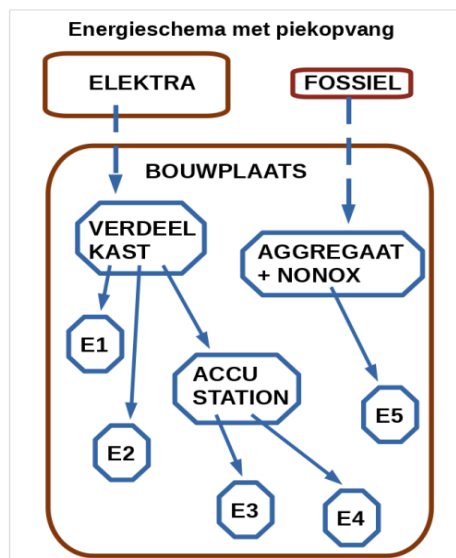


Figuur 3: Energieverloop met buffer

Greener valt dan samen met het opladen van de batterijen van andere machines die overdag op accu's draaien. Omdat hooguit 8 uur wordt verbruikt en 16 uur kan worden opgeladen is de capaciteit van de netaansluiting geen probleem omdat er weinig andere zware machines op accu's lopen.

6.2.4 Energieproductie op de bouwplaats

Een tweede manier om de pieken van energieverbruik te kunnen opvangen is een aggregaat dat op



Figuur 4: Energieverloop met piekontlasting

piekmomenten extra energie op de bouwplaats zelf produceert.

Een dergelijk aggregaat moet worden voorzien van een NoNOx filter unit die de stikstofuitstoot afvangt. De NoNOx unit is beschreven in bijlage NoNOx filter.

De NoNOx filter unit heeft zelf ook stroom nodig via een aansluiting van 63 ampère om te kunnen functioneren.

Het blijkt dat de aggregaat met 513 A genoeg energie levert om de machines zelfs zonder bouwaansluiting te laten draaien. Hiervan kan handig gebruik gemaakt worden als er geen zware bouwaansluiting mogelijk is of als deze pas na de aanvang van de bouwwerkzaamheden wordt opgeleverd.

Het grootste nadeel van de NoNOx-aggregaat combinatie is

dat de energie hieruit veel duurder is dan de energie via een bouwaansluiting. Tevens kan bij langdurig gebruik, ondanks dat de stikstof uitstoot nagenoeg 0 is, uiteindelijk toch een te hoge stikstof depositie in de natuurgebieden terecht komen. Deze oplossing is dus alleen voor kortstondige inzet geschikt.

6.2.5 Alternatieve energieaanvoer

Als alternatief kan op de bouwplaats energie door wind en zon worden opgewekt. Deze vorm van energie opwekken vergt echter veel ruimte en is onbetrouwbaar voor wat betreft de momenten dat de energie beschikbaar komt. Op de bouwplaats is ruimte over het algemeen beperkt en nodig voor bouwmaterieel en materiaalopslag, daarom is deze oplossing niet verder uitgewerkt in dit onderzoek.

6.3 Energietransport naar de machine

Bij grote machines zoals de kranen en de heistelling zal een kabel worden gebruikt om de energie van de verdeelkast naar de machine te brengen. Er is bij de bouwbedrijven redelijk veel ervaring met bouwkransen, welke worden gevoed met elektrische kabels. Aandacht zal moeten gegeven aan het goed afschermen van de kabels tegen beschadiging door het rijden van andere machines over deze kabels en het beschadigen van kabels door dat er bouwmaterialen op worden geplaatst.

Er zal dus extra aandacht moeten worden gegeven bij het maken van het plan voor de bouwplaatsinrichting. Met name aandacht voor het verloop van de kabels over de bouwplaats.

6.4 Opslag op machine

Bij de kleinere mobiele machines zoals hydraulische graafmachines, verreikers of kleinere bouwkransen zal een vorm van energie opslag op de machine worden toegepast. Deze machine zullen moeten worden opgeladen op tijden dat ze niet worden gebruikt, zoals in pauzes en buiten werktijd.

Omdat tijdens het opladen de machines niet kunnen worden gebruikt zal dit impact hebben op de werkplanning. Sommige machines zullen niet een hele werkdag onafgebroken kunnen werken zonder bijladen.

Ook zullen er op de bouwplaats laadstations moeten worden geplaatst met voldoende parkeerruimte om de machines neer te zetten tijdens het laden.

Tevens zullen er veiligheidsmaatregelen moeten worden genomen vanwege het werken met grote accupakketten. Met name brandveiligheidseisen zullen moeten worden bekeken.

6.5 Omzetting in beweging

De besturing van de machines vergt een andere aanpak dan verbrandingsmotoren. Bij vrachtwagens en machines met verbrandingsmotoren krijgen chauffeurs en machinisten een cursus over het energie-efficiënt bedienen van hun voertuigen. Bij elektrische machines zullen deze cursussen moeten worden aangepast om op een efficiënte wijze van de elektrische machines gebruik te kunnen maken. Ook kunnen hier eventuele mogelijkheden, belemmeringen en gevaren van elektrische machines worden uitgelegd.

6.6 Energieplanning

Zoals uit bovenstaande impact analyse al is gebleken zal de energietoevoer erg veel aandacht nodig hebben. Er zal in de planning rekening moeten worden gehouden met de tijden of zelfs perioden dat bepaalde machines tegelijk werken of worden opgeladen.

Zoals bij grote projecten de bouwplaatsen met een kleine afmeting een planning vergt, waarbij het materiaal op een externe hub wordt aangevoerd en vervolgens volgens een strak schema op het juiste moment naar de bouw wordt verplaatst, zal bij een project met veel elektrische machines een planning moeten worden gemaakt die is afgestemd op de maximale hoeveelheid energie die er op een bepaald moment gelijktijdig kan worden verbruikt.

6.7 Financieel

Op het gebied van kosten is het lastig om exacte waarden te bepalen. Een kleine inventarisatie laat extreem hoge bedragen zien die naar verwachting op zeer korte termijn al zullen wijzigen.

Hoge aanschafprijzen zijn te wijten aan het doorberekenen van de ontwikkelkosten, aangezien er sprake is van een eerste generatie elektrische machines. Omdat er sprake is van een opkomende markt is er ook binnen fabrikanten nog onduidelijkheid over productiekosten omdat er geen goede inschatting gemaakt kan worden over de uiteindelijke productievolumes.

Volgens geïnterviewde Albert Lusseveld (Bijlage 11) is er daarnaast nog sprake van een groot probleem omdat de aanbodkant bestaat uit slecht enkele wereldspelers. Deze fabrikanten worden onvoldoende geprikkeld vanuit de beperkte vraagkant, en zien daarom geen reden tot overgang naar schonere machines. Hierdoor is concurrentie niet aanwezig of erg beperkt.

De reeds genoemde verhoogde energieaanvoer zal leiden tot een duurdere netaansluiting of extra kosten voor buffer systemen of lokale energieopwekking. In 'Bijlage 8 Energiebehoefte berekening' is een inventarisatie van de te verwachten extra kosten per oplossing.

Het is te overwegen om machines eerst te huren voor een project. Hiermee kan er sneller worden overgestapt op nieuwere generaties zodra deze beschikbaar komen.

6.8 Geluid

Het inzetten van elektrische machines resulteert in een verlaging van de geluidsdruk. Elektrische machines zijn stiller en leveren minder geluidsoverlast op voor zowel werknemers als nabijgelegen omgeving. Gemiddeld over een werkdag ligt de blootstelling voor lawaai rond een grenswaarde van 80 dB(A). Van de grondwerkers heeft 47% klachten over lawaai.(Arbocatalogus Bouw en Infra, z.d.). Verschillende geïnterviewde praktijkdeskundigen (bijlage 11) geven aan dat de elektrische machines resulteren in een behoorlijke vermindering in geluidsimpact, maar dat er nog geen cijfers bekend zijn over exacte waardes.

6.9 Samenvatting

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat de impact van een emissieloos bouwproject verschillende soorten invloeden heeft op het bouwproces. Advies aan bouwbedrijven is om dit beheersbaar te maken. Een hulpmiddel hierbij is de checklist, opgenomen in 'Bijlage 10 Checklist stikstofvrij project'. Deze checklist bestaat uit een opsomming van verschillende taken die gekoppeld zijn aan functies om al in een vroeg stadium rekening te houden met de impact van een emissieloos project.

7 Conclusie & aanbeveling

7.1 Conclusie

Vanuit de kennisvraag "Wat zijn de effecten van specifieke emissieloze oplossingen ten opzichte van traditionele bouwmethodiek, op het gebied van bouwmethoden en logistiek?" kan als antwoord op de praktijkvraag "In hoeverre gaat het emissieloos uitvoeren van project 'De Maander' het bouwproces beïnvloeden?" het volgende worden aangegeven.

Er zullen op de bouwplaats grote technische voorzieningen moeten worden getroffen om de energietoevoer te regelen, maar er zijn op dit moment werkbare oplossingen beschikbaar.

Voor de bouwmethoden op zichzelf zal de impact zich beperken tot de planning van de machines en het zo mogelijk verkleinen van de grote elementen van de bouw. Deze impact komt voor een groot deel voort uit de beperkte aanbod van elektrische alternatieven. Hierdoor zullen op meerdere gebieden concessies moeten worden gedaan.

In hoofdzaak is de impact van een emissieloze bouwplaats op het project als geheel een financiële aangelegenheid. Ook deze impact komt vooral voort uit het feit dat het zich allemaal in de beginfase bevindt, waarbij nog maar net het stadium van prototypes gepasseerd is.

Het emissieloos maken van bouwplaatsen staat nog in de kinderschoenen, de keuze voor elektrische uitvoeringen van machines is nog beperkt en er zullen concessies gedaan moeten worden in capaciteit of agility. Naar verwachting zal een deel van de impact minder worden naarmate er meer keuze komt op het gebied van de machines.

7.2 Aanbeveling

In het stadium van het bepalen van de oplossingen welke worden ingezet voor het onderzoek is besloten om alleen elektrische oplossingen toe te passen. Dit is gebeurd op grond van het ontbreken van duidelijke informatie over de emissie van machines. Het zou wenselijk zijn te onderzoeken op welke manier de emissieuitstoot van machines onafhankelijk kan worden bepaald.

Omdat Bébouw Midreth niet eerder projecten op geheel emissieloze wijze heeft uitgevoerd kon toetsing of vergelijking met de praktijk niet plaatsvinden. Het zou wenselijk zijn om het onderzoek uit te breiden met een onderzoek naar de praktijk ervaringen op het gebied van de impact op de bouwmethoden en de bouwplaats.

8 Discussie

Uit het onderzoek is gebleken dat het volledig emissieloos uitvoeren van een bouwplaats op korte termijn alleen mogelijk is door het veranderen van de energiebron van conventionele diesel verbrandingsmotoren naar elektrisch aangedreven motoren. Dit geeft een grote impact op de aanvoer en management van energie op de bouwplaats. Ook is er een hoge financiële impact, maar deze is niet te kwantificeren om diverse redenen.

De gegevens die in het onderzoek zijn gebruikt en onderzoeksresultaten laten zien dat er nog veel onduidelijkheden zijn in een mate die bij aanvang van het onderzoek niet was verwacht. Een onverwachte uitkomst bij het onderzoek is dat er al meerdere manieren beschikbaar zijn om de technische impact te mitigeren.

Vanwege de Corona-crisis werden rechtstreekse contacten niet meer mogelijk, waardoor informatieoverdracht werd beperkt en enkele vooraf vastgestelde meetmomenten niet plaats konden vinden.

De gebruikte informatie is door bouwmachine producenten hebben verstrekt. Het lag buiten het onderzoek deze informatie te controleren. Daarnaast zijn aannames over het gelijktijdig werken van machines welke in de praktijk misschien anders zullen uitvallen om redenen die hier niet zijn voorzien.

Dit onderzoek is bedoeld voor bouwbedrijven die af willen stappen van het traditioneel aangedreven bouwmachines. Omdat er voor de machines en de oplossingen een algemene keuze is gemaakt die niet specifiek aan Bebouw Midreth zijn gebonden kunnen de resultaten goed bruikbaar voor andere woningbouwprojecten.

De gekozen oplossingen zijn in de beginfase van ontwikkeling. Het zou op termijn kunnen blijken dat sommige oplossingen niet werkbaar of optimaal zijn voor deze woningbouw situatie.

Het zou erg mooi zijn als de resultaten uit dit onderzoek worden bevestigd met praktijkwaarden uit een vervolgonderzoek.

Daarmee kunnen bouwers zich nog beter voorbereiden op milieubewust bouwen in de 21^e eeuw.

Literatuurlijst

- Arbocatalogus Bouw en Infra. (z.d.). *Arbocatalogus Bouw en Infra*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van <http://www.arbocatalogus-bouweninfra.nl/beroepen/grondwerker/lawaai/index.htm>
- Bébouw Midreth B.V. (2018, 6 november). *Bebouw Midreth en Woonstede gaan woningen op Somaterrein in Ede realiseren*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van <https://www.bebouw.nl/nl/nieuws/detail/bebouw-midreth-en-woonstede-gaan-woningen-op-somaterrein-in-edre-realiseren>
- Bij12. (2020, 27 februari). *Herstelmaatregelen in beeld*. Geraadpleegd op 16 maart 2020, van <https://www.bij12.nl/onderwerpen/stikstof-en-natura2000/herstelmaatregelen-in-beeld/>
- Boekestijn. (2016, 1 januari). *60 meter mobiele torenkraan Spierings SK1265-AT6*. Geraadpleegd op 21 april 2020, van <https://www.boekestijn.nl/wp-content/uploads/2016/01/60m-SK1265-AT6.pdf>
- Boekestijn. (2009). *Liebherr LTM 1070-4.1* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.boekestijn.nl/wp-content/uploads/2012/11/70t-LTM170-41.pdf>
- Boekestijn. (2009, 1 januari). *Liebherr LTM 1070-4.1*. Geraadpleegd op 20 april 2020, van Boekestijn. (2009). *Liebherr LTM 1070-4.1* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.boekestijn.nl/wp-content/uploads/2012/11/70t-LTM170-41.pdf>
- Boekestijn. (2010, 1 september). *Liebherr LTR 1060* [Foto]. Geraadpleegd op 20 april 2020, van <https://www.boekestijn.nl/wp-content/uploads/2012/11/60t-LTR1060.pdf>
- Boekestijn. (2010, 1 september). *Liebherr LTR 1060*. Geraadpleegd op 20 april 2020, van <https://www.boekestijn.nl/wp-content/uploads/2012/11/60t-LTR1060.pdf>
- Boekestijn. (2012, 17 december). *Order LIEBHERR LTR1060*. Geraadpleegd op 20 april 2020, van <https://www.boekestijn.nl/nieuws/nieuw-materieel/order-liebherr-ltr1060/>
- Boekestijn. (2013, 8 augustus). *Torenkranen*. Geraadpleegd op 21 april 2020, van <https://www.boekestijn.nl/diensten/torenkranen/>
- Bouwmachines. (2020, 24 februari). *Hyundai werkt aan graafmachine op waterstof*. Geraadpleegd op 14 februari 2020, van <https://www.bouwmachines.nl/materieel/nieuws/2020/02/hyundai-werkt-aan-graafmachine-op-waterstof-10146340>
- BKF. (2013, 1 maart). *Loopkattorenkraan (132 tm) Spierings SK 1265-AT6 (kraan 60 m. vlucht)*. Geraadpleegd op 21 april 2020, van <https://www.bkf.nl/wp-content/uploads/2013/03/loopkattorenkraan-SK-1265-AT-6-132-tm1.pdf>
- BKF. (2013). *Loopkattorenkraan (132 tm) Spierings SK 1265-AT6 (kraan 60 m. vlucht)* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.bkf.nl/wp-content/uploads/2013/03/loopkattorenkraan-SK-1265-AT-6-132-tm1.pdf>
- Cobouw. (2019, 8 november). *Transitie naar een emissievrij wagenpark*. Geraadpleegd op 15 februari 2020, van <https://www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2019/11/transitie-naar-een-emissievrij-wagenpark-101278563>
- Construnoticias. (2018). *NUEVA PLATAFORMA DE VENTAS EN LÍNEA PARA CHILE* [Foto]. Geraadpleegd van <http://www.construnoticias.com/chile/nueva-plataforma-de-ventas-en-linea-para-chile/>
- Elting, W. (2019, 18 oktober). *Waarom is stikstof een probleem als je een huis wilt bouwen?* Geraadpleegd op 16 maart 2020, <https://www.lc.nl/friesland/Waarom-is-stikstof-een-probleem-als-je-een-huis-wilt-bouwen-24937284.html>
- de Leeuw, M. (2019, 31 oktober). *Project stikstofvrij maken? 'Niet zo duur en ingewikkeld als het lijkt'*. Geraadpleegd op 14 februari 2020, van <https://www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2019/10/project-stikstofvrij-maken-niet-zo-duur-en-ingewikkeld-als-het-likt-101278311>

- de Leeuw, M. (2020, 21 april). *GMB, Heijmans en de Vries & van de Wiel richten netwerk op voor emissievrij materieel*. Geraadpleegd op 29 april 2020, van <https://www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2020/04/gmb-heijmans-en-de-vries-van-de-wiel-richten-netwerk-op-voor-emissievrij-materieel-101284149>
- Faberbetonpompen. (2019, 15 maart). *M 31 Faber betonpomp*. Geraadpleegd op 24 april 2020, van <https://www.faberbetonpompen.nl/betonpompen/m-31-betonpomp/>
- Faberbetonpompen. (2019). *M 31 Faber betonpomp* [Foto]. Geraadpleegd van Faberbetonpompen. (2019, 15 maart). *M 31 Faber betonpomp*. Geraadpleegd op 24 april 2020, van <https://www.faberbetonpompen.nl/betonpompen/m-31-betonpomp/>
- Fd. (z.d.). *Vraag naar elektrische bouwmachines groeit aanbod blijft nog achter* [Foto]. Geraadpleegd van <https://fd.nl/achtergrond/1324192/vraag-naar-elektrische-bouwmachines-groeit-aanbod-blijft-nog-achter>
- Fklowry. (2002). *Transport dimensions* [Foto]. Geraadpleegd van <https://fklowry.com/assets/pdfs/Junttan-PM20.pdf>
- Fklowry. (2002, 25 maart). *Datasheet PM 20 Hydraulic Pile Driving Rig*. Geraadpleegd op 21 april 2020, van <https://fklowry.com/assets/pdfs/Junttan-PM20.pdf>
- Funda. (z.d.-a). *Nieuwbouw Ede* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.funda.nl/nieuwbouw/ede/project-40100664-de-maander/#foto-4>
- Greener. (z.d.). *Greener mobiele batterij* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.greener.nl/batteries/#toggle-id-3>
- Greener. (z.d.). *Technical specifications*. Geraadpleegd op 13 mei 2020, van <https://www.greener.nl/batteries/#toggle-id-3>
- Herweijer, T. C. (2020, 24 februari). *Energy Expert Willem Stehouwer: 'Waterstof wordt het reële alternatief'* Geraadpleegd op 14 februari 2020, van <https://www.bouwmaschinen.nl/ondernemen/artikel/2019/09/energy-expert-willem-stehouwer-waterstof-wordt-het-reele-alternatief-10144900>
- Hydraulicspneumatics. (2020). *Mobile Hydraulics: Challenges and Opportunities* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.hydraulicspneumatics.com/fluid-power-basics/hydraulics/article/21120591/mobile-hydraulics-challenges-and-opportunities>
- Immovlan. (2016). *Interview* [Foto]. Geraadpleegd van <https://immo.vlan.be/nl/nieuws/7805/hoe-vaak-vindt-de-algemene-vergadering-van-mede-eigenaars-plaats>
- Manitou. (z.d.). *Technische fiche MT625 H*. Geraadpleegd op 21 april 2020, van <https://www.manitou.com/nl/p/UtUwcAEAAH0wtltO>
- Manitou. (z.d.). *Tekening met afmetingen* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.manitou.com/nl/p/UtUwcAEAAH0wtltO>
- Materieeldienst. (2020, 4 februari). *Factsheet NoNOx*. Geraadpleegd op 13 mei 2020, van https://www.materieeldienst.nl/dynamics/modules/SFIL0200/view.php?fil_Id=6526
- Mecalec. (z.d.). *MECALAC | 12MTX, Wheel Excavator Loader*. Geraadpleegd op 28 april 2020, van <https://www.mecalac.com/en/machine/12mtx-1.html>
- Mecalec. (z.d.). *Mecalec multifunctions wheeled machine 12MTX* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.lectura-specs.nl/nl/datasheet-viewer/18113>
- Mijnders, P. (2019, 10 december). *Delivers ESS to 8 Caterpillar, 25 tonne, zero-emission excavators*. Geraadpleegd op 10 mei 2020, van <https://www.est-floattech.com/est-floattech-delivers-ess-to-8-caterpillar-25-tonne-zero-emission-excavator/>

- Milieucentraal. (z.d.). *Luchtvervuiling: tips tegen fijnstof*. Geraadpleegd op 14 april 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/in-en-om-het-huis/gezonde-leefomgeving/luchtvervuiling/>
- Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. (2020, 10 april). *Natura 2000*. Geraadpleegd op 14 april 2020, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/natuur-en-biodiversiteit/natura-2000>
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2020, 14 april). *Over de uitspraak van de Raad van State*. Geraadpleegd op 17 maart 2020, van <https://www.aanpakstikstof.nl/achtergrond/de-stop-op-het-programma-aanpak-stikstof>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2020, 26 maart). *Toestemmingverlening stikstofdepositie bij nieuwe activiteiten*. Geraadpleegd op 12 april 2020, van <https://www.woningmarktbeleid.nl/onderwerpen/stikstof/documenten/publicaties/2019/10/04/toestemmingverlening-stikstofdepositie-bij-nieuwe-activiteiten>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2020, 26 maart). *Toestemmingverlening stikstofdepositie bij nieuwe activiteiten* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.woningmarktbeleid.nl/onderwerpen/stikstof/documenten/publicaties/2019/10/04/toestemmingverlening-stikstofdepositie-bij-nieuwe-activiteiten>
- Muis, R. (2018, 7 november). *Somaterrein Ede transformeert tot gemengde woonwijk*. Geraadpleegd op 8 februari 2020, van <https://architectenweb.nl/nieuws/artikel.aspx?ID=45190>
- Muldereurope. (z.d.). *4-10 m3 betonmixers - Mulder Europe B.V.* Geraadpleegd op 24 april 2014, van <https://www.muldereurope.com/nl/producten-2/4-10-m3-betonmixers>
- Muldereurope. (z.d.-b). *Standaard uitvoering betonmixers 4-10m3* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.muldereurope.com/nl/producten-2/4-10-m3-betonmixers>
- Myownhome. (2019, 7 september). *De Maander brochure start verkoop*. Geraadpleegd op 19 april 2020, van <https://www.myownhome-demaander.nl/media/17/177d3e919f35a02bfe4ef4e32b32fcbb/de-maander-brochure-start-verkoop-rijwoningen.pdf>
- Myownhome. (2019, 7 september). *De Maander brochure start verkoop Lintwoningen*. Geraadpleegd op 19 april 2020, van <https://www.myownhomedemaander.nl/media/12/1242c9899db08f14c5e5b54b31a37662/de-maander-brochure-start-verkoop-lintwoningen-vrij-en-twee-kappers.pdf>
- Myownhome. (2019, 29 september). *Maander Bos - Huurwoningen - De Maander*. Geraadpleegd op 19 april 2020, van <https://www.myownhome-demaander.nl/woningen/huurwoningen/>
- Myownhome. (2019). *Omgeving De Maander* [Foto]. Geraadpleegd van myownhome. (2019, 7 september). *De Maander brochure start verkoop Lintwoningen*. Geraadpleegd op 19 april 2020, van <https://www.myownhomedemaander.nl/media/12/1242c9899db08f14c5e5b54b31a37662/de-maander-brochure-start-verkoop-lintwoningen-vrij-en-twee-kappers.pdf>
- Myownhome. (2019). *Schetsontwerp De Maander* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.myownhome-demaander.nl/media/47/47b5e96b01e2f5fb2f81c89da84ab113/preview-brochure-de-maander.pdf>
- Myownhome. (2019, 29 september). *Start verkoop zomer 2019 - De Maander*. Geraadpleegd op 19 april 2020, van <https://www.myownhome-demaander.nl/media/47/47b5e96b01e2f5fb2f81c89da84ab113/preview-brochure-de-maander.pdf>

Natuurenmilieu. (z.d.). *Elektrische mobiele werktuigen in beeld*. Geraadpleegd op 15 februari 2020, van <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/2019/09/Elektrische-mobiele-werktuigen-in-beeld.pdf>

Natuurmonumenten. (z.d.). *Stikstof*. Geraadpleegd op 13 maart 2020, van <https://www.natuurmonumenten.nl/standpunten/stikstof>

Nederhoff. (z.d.). *Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive*. Geraadpleegd op 28 april 2020, van <https://www.nederhoff.nl/wp-content/uploads/2020/03/P98-4-Spierings-SK487-AT3-40-m-Hybride.pdf>

Orangecimate. (z.d.). *NOx Filterbox 2.0*. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://www.orangecimate.com/nl/oc-fs/producten/nfbox>

Oneworld. (2019, 14 november). *Alles wat je moet weten over stikstof*. Geraadpleegd op 15 maart 2020, van <https://www.oneworld.nl/lezen/klimaat/alles-wat-je-moet-weten-over-stikstof/>

Orangecimate. (z.d.). *NOx Filterbox 2.0* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.orangecimate.com/nl/oc-fs/producten/nfbox>

Orangecimate. (z.d.). *Inwendige NOx Filterbox 2.0* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.orangecimate.com/document/download/eb0da2cc104aba625a4112f9a54fc9bf7938ba44.png>

Orangecimate. (z.d.). *Brochure NOx Filterbox 2.0*. Geraadpleegd op 13 mei 2020, van <https://www.orangecimate.com/document/download/e26a0efdf733781b48eeec88fcc4f3d9afa75c6.pdf>

Pon-cat. (z.d.). *Cat 323F Z-line | Pon Equipment*. Geraadpleegd op 10 mei 2020, van <https://www.pon-cat.com/no/produkter/gravemaskiner/mellomstore-gravere/cat-323f-z-line>

Primonederland. (2019). *Niet alles kan* [Foto]. Geraadpleegd van <https://primonederland.eu/niet-alles-kan/>

Raad van State. (z.d.). *Programma Aanpak Stikstof*. Geraadpleegd op 18 maart 2020, van <https://www.raadvanstate.nl/programma-aanpak/>

RIVM. (z.d.). *Stikstof | RIVM*. Geraadpleegd op 14 april 2020, van <https://www.rivm.nl/stikstof>

Ruimtelijkeplannen. (z.d.). *Bestemmingsplan Ede, Somaterrein*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van https://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0228.BP2017MAAW0002-0301/t_NL.IMRO.0228.BP2017MAAW0002-0301.pdf

Ruimtelijkeplannen. (z.d.). *Ligging onderzoekslocatie ten opzichte van de Natura 2000* [Foto]. Geraadpleegd van https://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0228.BP2017MAAW0002-0301/t_NL.IMRO.0228.BP2017MAAW0002-0301.pdf

Satoshinakamotoblog. (2019, 29 januari). *World's first industrial electric excavator has a 300 kWh battery pack that triples Tesla's P100D*. Geraadpleegd op 10 mei 2020, van <https://www.satoshinakamotoblog.com/worlds-first-industrial-electric-excavator-has-a-300-kwh-battery-pack-that-triples-teslas-p100d/>

Spieringcranes. (z.d.). *SK487-AT3 | City Boy (EN)* [Foto]. Geraadpleegd op 28 april 2020, van https://issuu.com/spieringsmobilecranes/docs/spie_brochure_issuu_en_v1

Tankpro. (2018). *Nieuwe Greenpoint-locatie* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.tankpro.nl/brandstof/2018/08/22/waterstof-vanaf-2019-beschikbaar-bij-nieuwe-greenpoint-locatie/>

Teka-kranen. (z.d.). *Potain GTMR 350*. Geraadpleegd op 26 april 2020, van <https://www.teka-kranen.com/wp-content/uploads/2017/10/Potain-GTMR-350-3.pdf>

- Teka-kranen. (z.d.). *Potain GTMR 350* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.teka-kranen.com/wp-content/uploads/2017/10/Potain-GTMR-350-3.pdf>
- Teka-kranen. (z.d.). *Potain GTMR 360*. Geraadpleegd op 27 april 2020, van <https://www.teka-kranen.com/wp-content/uploads/2017/10/Potain-GTMR-360-2.pdf>
- Teka-kranen. (z.d.). *Potain GTMR 360* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.teka-kranen.com/wp-content/uploads/2017/10/Potain-GTMR-360-2.pdf>
- Tritium Advies. (2019, 20 november). *AERIUS Calculator 2019*. Geraadpleegd op 15 april 2020, van <https://www.tritium.nl/aerius-calculator-2019/>
- VAB-Magazine. (2019). *Zo rijdt en tank je met een auto op waterstof* [Foto]. Geraadpleegd van <https://magazine.vab.be/op-weg/mobiliteit/auto-op-waterstof/>
- VolkerWessels. (z.d.). *Duurzaamheid - VolkerWessels*. Geraadpleegd op 19 maart 2020, van <https://www.volkerwessels.com/nl/over-ons/duurzaamheid/duurzaamheid>
- VolkerWessels. (2020, 6 februari). *Het NoNOx filter leverbaar via het Portal van VolkerWessels Bouwmaterieel - VolkerWessels Bouwmaterieel*. Geraadpleegd op 15 maart 2020, van <https://www.materieeldienst.nl/nl/nieuws/detail/nonox-filter>
- VolkerWessels. (z.d.). *Materieeldienst*. Geraadpleegd op 7 mei 2020, van <https://portal.materieeldienst.nl/catalogus>
- VolkerWessels. (2020). *NoNOx filter* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.volkerwessels.com/nl/nieuws/nonox>
- VolkerWessels. (2020). *NoNOx filter* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.volkerwessels.com/nl/nieuws/nonox>
- VolkerWessels. (2020a, 4 februari). *VolkerWessels ontwikkelt duurzame technologie waarmee stikstofprobleem tijdens realisatiefase wordt opgelost - VolkerWessels*. Geraadpleegd op 13 mei 2020, van <https://www.volkerwessels.com/nl/nieuws/nonox>
- Volvoce. (z.d.). *EW150E, EWR170E*. Geraadpleegd op 27 april 2020, van https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/products/excavators/wheeled-excavators/brochures/brochure_ewr150e_ewr170e_stagev_en_21_20057590_a.pdf?v=z4REPW
- Volvoce. (z.d.-b). *EW150E, EWR170E* [Foto]. Geraadpleegd van https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/products/excavators/wheeled-excavators/brochures/brochure_ewr150e_ewr170e_stagev_en_21_20057590_a.pdf?v=z4REPW
- Voordewereldvanmorgen. (z.d.). *Greener mobiele batterij* [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.voordewereldvanmorgen.nl/sites/default/files/styles/780x400/public/wttv.jpg?itok=YI3rpEt0>
- Wing. (z.d.). *Het AERIUS-instrumentarium en de praktijk* [Foto]. Geraadpleegd op 19 april 2020, van <https://www.wing.nl/projecten/het+aerius-instrumentarium+en+de+praktijk>

Bijlage

Bijlage 1: Stappenplan toestemmingsverlening stikstofdepositie

Bijlage 2: Plan 'De Maander'

Bijlage 3: Aeries Calculator

Bijlage 4: Huidige situatie

Bijlage 5: Planning traditioneel aangedreven machines

Bijlage 6: Nieuwe situatie

Bijlage 7: Planning elektrisch aangedreven machines

Bijlage 8: Energiebehoefte berekening

Bijlage 9: Financiën

Bijlage 10: Checklist stikstofvrij project

Bijlage 11: Interviews

Bijlage 1 Stappenplan natuurvergunning

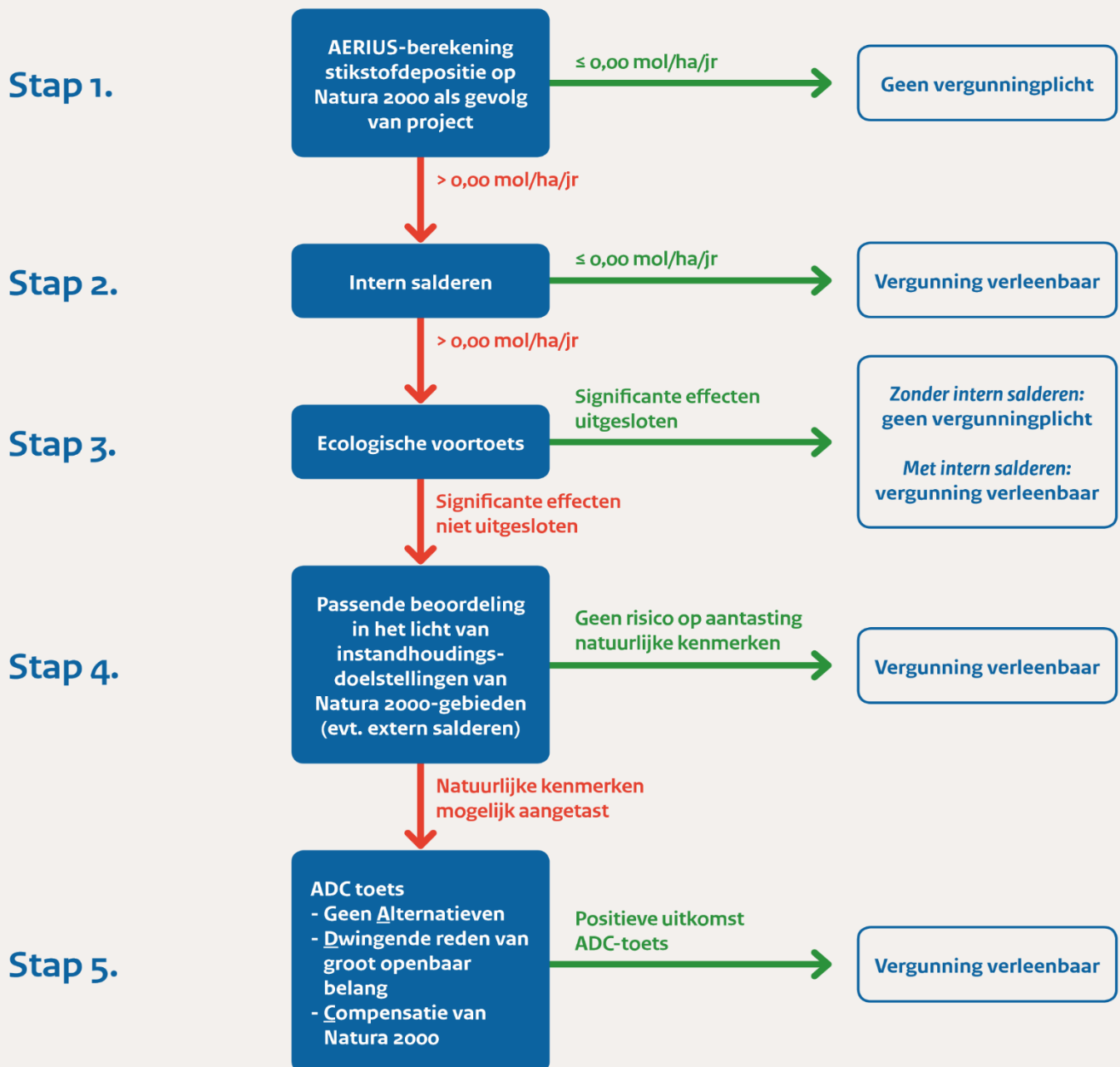


Bijlage figuur 1: De noodgedwongen stop op vergunningverlening middels het PAS resulteerde in een enorm probleem voor de overheid en voor bouw- en landbouw bedrijven (Primonederland, 2019).

1 Toelichting op het stappenplan

In deze bijlage wordt dieper ingegaan op de relevante regelgeving voor toestemmingsverlening van stikstofdepositie bij nieuwe activiteiten na uitspraak van de Raad van State op 29 mei 2019.

Aan de hand van onderstaand stappenplan kan vastgesteld worden of er sprake is van een vergunningplicht onder de Wet Natuurbescherming en welke instrumenten ingezet kunnen worden om voor een natuurvergunning in aanmerking te komen.



Bijlage figuur 2: Stappenplan toestemmingverlening stikstofdepositie bij nieuwe activiteiten (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2020).

1.1 Stap 1: Aerius-berekening stikstofdepositie Natura 2000 gebieden

De eerste stap is toetsing van de totale emissie voor realisatie en gebruik van een bepaalde activiteit op een van de 118 kwetsbare Natura 2000-gebieden. Als uit het resultaat van de toetsing blijkt dat er geen significant effect plaatsvindt, een stikstofdepositie kleiner of gelijk aan 0,00 mol/h/j op een overbelast Natura 2000-gebied, zal er geen natuurvergunning nodig zijn. Indien dit wel het geval is zal er rekening gehouden moeten worden met vervolgstappen om alsnog in aanmerking te komen voor een natuurvergunning. Is er sprake van stikstofdepositie door de nieuwe activiteit maar is intern salderen mogelijk, dan moet naar stap 2 worden gegaan. Ook kan door voortoets uitgesloten worden dat een toename van depositie tot significant negatieve effecten leidt, dit is te zien in stap 3.

(Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2020). Indien er na stap 1 al zekerheid is dat de significante negatieve effecten niet uitgesloten kunnen worden en intern salderen ook niet mogelijk is, kan de voortoets overgeslagen worden en is stap 4 de vervolgstap.

1.2 Stap 2: Intern salderen

Bij intern salderen vindt er onderzoek plaats naar oplossingen binnen het bedrijf zelf. Een voorbeeld hiervan is de bouw van een woonwijk op agrarische grond. Bij intern salderen zal er een verschil berekening gemaakt worden tussen de huidige stikstofdepositie in de bestaande situatie en de stikstofdepositie in de nieuwe situatie. Resulteert deze berekening in geen significant effect op een overbelast Natura 2000-gebied, dan is er geen natuurvergunning nodig. Indien er sprake zal zijn van een significant effect zal een ecologische voortoets uitgevoerd worden die beschreven staat onder stap 3. De resultaten uit stap 2 worden meegewogen in de voortoets. De conclusie die hieruit kan voortvloeien is dat er geen toename van stikstofdepositie plaatsvindt na uitvoering van een activiteit. Dit moet aangevraagd worden bij het bevoegd gezag.

1.3 Stap 3: Ecologische voortoets

Indien de uitkomst van stikstofemissie door de activiteit dermate laag is en leidt tot tijdelijke of zeer geringe stikstofdepositie op overbelaste Natura 2000-gebied, kan het significante negatieve effect uitgesloten worden door middel van de ecologische voortoets. Dit zal meestal niet voldoende zijn op overbelaste natuurgebieden, omdat de effecten bij voorbaat niet uitgesloten kunnen worden.

Nieuwe projecten die door een ecologische voortoets uitgesloten worden op negatieve significante effecten hebben geen natuurvergunning nodig, tenzij er in de voortoets rekening gehouden wordt met intern salderen (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2020). Indien het niet mogelijk is om door een ecologische voortoets de negatieve effecten uit te sluiten zal een passende beoordeling teweeggebracht worden.

1.4 Stap 4: Passende beoordeling

De activiteit zal getoetst worden of er kans bestaat op aantasting van de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied. Hierbij moet beoordeeld worden of de stikstofdeposities een risico vormen voor het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen die voor elk Natura 2000-gebied zijn bepaald. Indien het resultaat van deze stap is dat er geen risico bestaat op aantasting van de natuurwaarden kan de natuurvergunning door het bevoegd gezag worden verleend.

Als er toch nog risico bestaat op schade aan het overbelaste Natura 2000-gebied zal een ADC-toets in stap 5, de laatste mogelijkheid zijn tot toestemmingsverlening van de activiteit.

1.5 Stap 5: ADC toets

Om toch nog in aanmerking te komen voor een natuurvergunning zal er bij de ADC-toets minimaal sprake moeten zijn van de onderstaande kenmerken:

- Ontbreken van Alternatieven;
- Dringende reden voor uitvoering van de activiteit;
- Compensatie voor schade aan kwetsbaar Natura 2000-gebied.

Het succesvol doorlopen van dit stappenplan zorgt voor toestemmingsverlening van de activiteit.

Bijlage 2 Plan 'De Maander'



Bijlage figuur 3: 'De Maander' is een aantrekkelijke nieuwe woonwijk in het hart van Ede. (Funda, z.d.).

1 Beschrijving plan ‘De Maander’

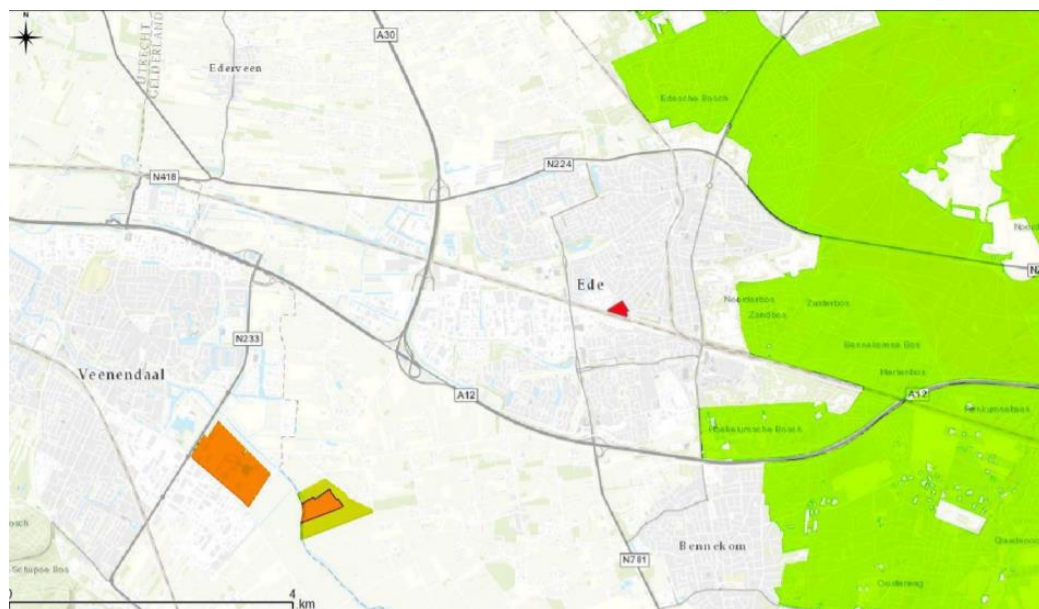
Het voormalige Somaterrein met de functie van gemengde bedrijvigheid wordt herontwikkeld tot een robuuste duurzame wijk. Bébouw Midreth zal samen met woningcorporatie Woonstede de woningen realiseren. In totaal zal de toekomstige wijk uit 113 nieuwe woningen bestaan, waarvan 57 gerealiseerd worden door Midreth¹. (Bébouw Midreth B.V., 2018). De woningen worden deels prefab in elkaar gezet, volgens het “PlusWonen” systeem. PlusWonen is een flexibel en duurzaam bouwconcept van VolkerWessels. Pluswoningen zijn energiezuinig en worden gasloos aangesloten (Muis, 2018)

1.1 Situering

De ligging aan de noordzijde van de spoorlijn Utrecht- Arnhem is vlakbij het centrum van Ede. De locatie ligt vlakbij de uitvalswegen richting Utrecht, Amersfoort, Arnhem en station Ede-Wageningen. ‘De Maander’ betreft grofweg de driehoek tussen de spoorlijn, de Kerkweg en de Verlengde Maanderweg.

De afstand tussen het plangebied en de nabij gelegen Natura 2000-gebieden “Veluwe” en “Binnenveld” betreft respectievelijk ca.1,5km en ruim 4km. Het onherroepelijke bestemmingsplan van ‘De Maander’ stelt in 2018 de volgende interessante uitspraak in het kader van het onderzoek: “Er worden geen negatieve effecten verwacht op het de twee aanwezige Natura 2000-gebieden. Er is daarom ook geen vergunning noodzakelijk voor het onderdeel gebiedsbescherming in het kader van de Wet Natuurbescherming”. (Ruimtelijkeplannen, p.29).

Het voormalige Somaterrein dankt zijn naam aan de voormalige gebruiker, het SOMA College. Dit is een machinistenschool, bestaande uit een gebouwencomplex met een groot oefenterrein voor bouwmachines. In 1999 verhuisde de school naar Harderwijk. Sindsdien zijn de bestaande gebouwen lang in gebruik geweest door diverse stichtingen. (Myownhome, 2019).



Bijlage figuur 5: Ligging ‘De Maander’ ten opzichte van Natura 2000-gebieden. groen: De Veluwe, oranje: Binnenveld (Ruimtelijkeplannen, z.d.)



Bijlage figuur 4: De omgeving van ‘De Maander’ (Myownhome, 2019).

¹ Voor dit afstudeerscriptie wordt het plan van Woonstede buiten beschouwing gelaten

1.2 Woningaanbod

De 57 woningen die Bébouw Midreth gaat realiseren zijn in te delen in 4 bouwblokken, namelijk: Maander Poort, Maander Lint, Maander Park en Maander Bos.



Bijlage figuur 6: Bouwplokken van 'De Maander' (Myownhome, 2019).

1. Maander Poort:

Maander Poort wordt gerealiseerd aan de zuid westelijke rand van 'De Maander'. De woningen liggen in een aaneengesloten blok en verbinden de twee groenzones van Maander Park en Maander Poort. In totaal zullen er 5 rijen woningen gerealiseerd worden in Maander Poort. Deze woningen hebben een breedte van 5,40 meter, drie bouwlagen en een zadeldak. (Myownhome, 2019).

2. Maander Lint:

Het noorden van 'De Maander' wordt afgegrensd met lintwoningen. Maander Lint bestaat uit een mix van 4 rijwoningen, 8 twee-onder-een-kap woningen en 8 vrijstaande woningen. De rijwoningen hebben een tuin op het zuiden en zijn opgebouwd uit een breedte van 5,40 meter, een diepte van ca.9 meter en drie bouwlagen met een zadeldak. De 8 twee-onder-een-kap woningen worden gekenmerkt door afwisselende bouwhoogtes en kapvormen. De twee-onder-een-kap woningen hebben een breedte van 6,00 meter en een diepte van ruim 10 meter en drie bouwlagen met een zadeldak. Net zoals de twee-onder-een-kap woningen worden de acht vrijstaande woningen ook gekenmerkt door afwisselende bouwhoogtes en kapvormen. De vrijstaande woningen hebben een breedte van 6,60 meter en zijn ruim 10 meter diep met drie bouwlagen. De dakvormen bestaat uit een mix van verschillende kapvormen, zoals een langskap of een dwarskap.(Myownhome, 2019).

3. Maander Park:

Maander Park wordt gerealiseerd rond de groene speelweide midden in de woonwijk. Het woningaanbod van Maander Park bestaat uit 13 rijwoningen bestaande uit een breedte van 5,70 meter en drie woonlagen. Kenmerkend aan de typen woningen is dat ze bestaan uit verschillende dakvormen, zoals een langskap of 3-laags plat dak. In combinatie met variatie in gevelindelingen en verschillende kleuren metselwerk en accenten, ontstaat een afwisselend gevelbeeld. (myownhome, 2019).

4. Maander Bos:

Maander Bos wordt gesitueerd aan de groene rand, ten zuiden van 'De Maander'. In totaal zullen 19 huurwoningen gerealiseerd worden, waarvan 16 rijwoningen en 3 appartementen. De 16 rijwoningen zullen als hoekwoningen op de koppen van het blok gebouwd worden en bestaan uit een breedte van 5,10 meter, een diepte van ca. 8,5 meter, drie bouwlagen en een platdak. De 3 appartementen zullen gebouwd worden in de knik in het midden van het bouwblok. De appartementen hebben een oppervlakte van ca. 65 m². (Myownhome, 2019).

De 57 woningen die Bébouw Midreth gaat realiseren zijn in te delen in 3 appartementen, 38 rijwoningen, 8 twee-onder-één kap woningen en 8 vrijstaande woningen. De woningen worden voor een deel prefab in elkaar gezet, volgens het "PlusWonen" systeem. PlusWonen is een flexibel en duurzaam bouwconcept van VolkerWessels. Pluswoningen zijn energiezuinig en worden gasloos aangesloten (Muis, 2018).

1.3 Verwachte oplevering

Op 28 juni 2018 is het bestemmingsplan voor 'De Maander' vastgesteld. De koopovereenkomst met tussen de gemeente en Bébouw Midreth is ondertekend op 6 november 2018. Het ondertekenen hiervan gaf Bébouw Midreth toestemming om aan de slag te gaan. Een definitieve bouwplanning moest in het voorjaar van 2019 afgerond zijn, zodat na de zomer van 2019 gestart kon worden met de bouw. Verwachting is dat de bouw van alle woningen ongeveer 1 jaar duurt, waarbij oplevering eind waarbij oplevering eind 2020/begin 2021 het doel is. (Bébouw Midreth B.V., 2018).

1.4 Probleem met vergunning

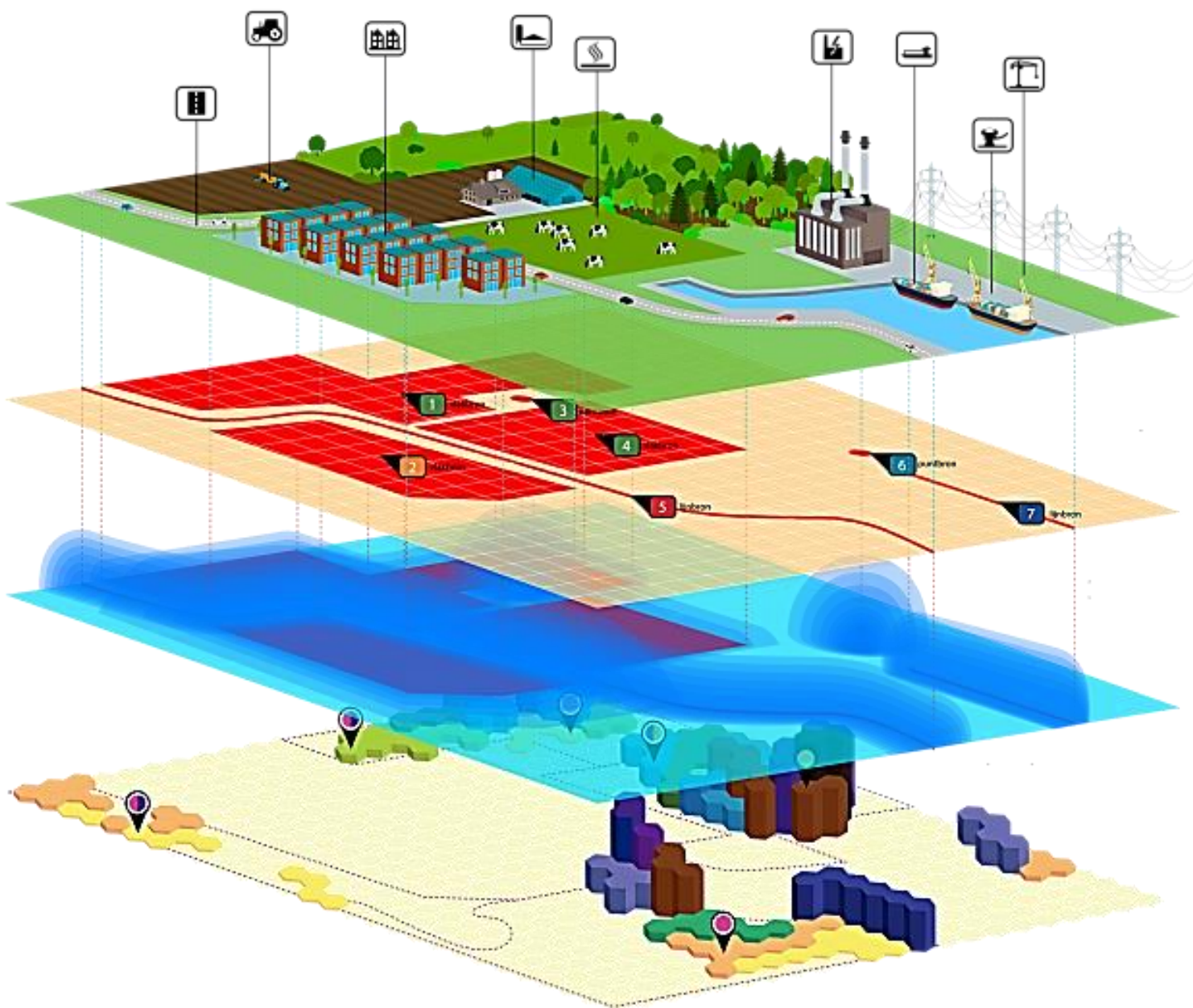
Ten tijde van de uitspraak van de Raad van State op 29 mei was de vergunning in het kader van de Wet Natuurbescherming voor Bébouw Midreth over plan 'De Maander' in behandeling bij de gemeente volgens het PAS.

De noodgedwongen stop op vergunning verlening middels het PAS resulteerde in een flinke vertraging voor Plan 'De Maander'. De verwachte start van de bouw na de zomer van 2019 is uitgesteld tot juni 2020. De verwachte oplevering is eind mei 2021. De streep door het PAS betekende voor dit project namelijk dat de Wet Natuurbescherming vergunning opnieuw aangevraagd moest worden op basis van de huidige regels.

De relevante regelgeving schrijft voor dat er geen significante effect meer mag plaatsvinden op een Natura 2000-gebied. Dit houdt in dat er bij bouwplannen geen sprake mag zijn van stikstofdepositie ($\leq 0,00$ mol/ha/jr) op Natura-2000-gebieden.

Nadat een stikstofdepositie berekening op 'De Maander' resulteerde in een overschrijding van de maximale stikstofdepositie ($\leq 0,00$ mol/ha/jr) op een Natura 2000-gebied betekende dit voor Bébouw Midreth dat er extra stappen ondernomen moesten worden om de vergunning rond te krijgen. Een algemeen stappenplan om toestemming te krijgen voor uitvoering van activiteiten die stikstof uitstoten is bijgevoegd in Bijlage 1.

Bijlage 3 Aeries Calculator



Bijlage figuur 7: Aeries Calculator is bedoeld voor vergunningverlening in het kader van de Wet Natuurbescherming. (Wing, z.d.).

1 Berekening stikstofdepositie door Aerius Calculator

De hoeveelheid stikstofoxide die in het natuurgebied neerslaat als gevolg van de bouw van 'De Maander' is door Bébouw Midreth vastgesteld met behulp van de Aerius Calculator. De Aerius Calculator is een rekentool die ontwikkeld is in opdracht van Rijksoverheid en gemeentes om stikstofdeposities te bepalen.

De locatie waar 'De Maander' uitgevoerd gaat worden is herleidbaar ingevoerd in de rekentool.

Bronnen die uitstoot van emissie vormen zijn aan de desbetreffende locatie gekoppeld.

Voor de uitvoering van het project zijn zware machines nodig, met name bij het verzetten van grond en het maken van de fundering. Ook zijn er veel transportmiddelen om alle materialen aan te voeren en hijsmiddelen om het materiaal te verplaatsen en op de juiste plek in de gebouwen aan te brengen. Op dit moment worden de meeste van deze machines aangedreven door verbrandingsmotoren en vormen daarmee de grootste bron van emissie.

De emissiebronnen zijn in Aerius Calculator gecategoriseerd in een drietal types: puntbronnen, lijnbronnen en oppervlaktebronnen. Het verschil tussen deze types bronnen is de geografische vorm van de bron. Onder andere de vorm, de locatie en de afstand van de bron worden gebruikt voor het berekenen van de depositie. De emissiebronnen zijn gespecificeerd met de daarbij horende kernwaardes, bijvoorbeeld de stageklasse en inzet van een machine op de activiteit. Deze kernwaardes geven de mate van de uitstoot aan.

Bij 'De Maander' is er sprake van een realisatiefase en een gebruikersfase. Bij de stikstofberekeningen bestaat de emissie van realisatiefase uit een opsomming van emissies die worden gedaan bij de bouw van het project. Bij de gebruikersfase bestaat dit uit een opsomming van emissies die worden veroorzaakt door het in gebruik zijn van de woningen.

Beide fasen zijn getoetst op stikstofdepositie in het natuurgebied, waarbij de effecten van de situatie met de grootste depositie leidend is voor de beoordeling. De gebruikersfase wordt hierna buiten beschouwing gelaten omdat deze geen invloed heeft op dit onderzoek.

De resultaten van de realisatiefase zijn opgedeeld in twee tabellen. Een tabel betreft de uitstoot van de bouwmachines en de tweede tabel betreft de uitstoot van het extra transport verkeer wat wordt gegenereerd op de openbare weg ten gevolge van de bouw.

Bijlage tabel 1: Realisatiefase, overzicht stikstofemissie machines bij 'De Maander'

Materieel, machine	Vermogen Emissiefactor		Aantal uur	Motorische belasting [%]	NOx [kg]
	Stageklasse	[kW] [g/kWh]			
Telekraan	IV	370 0,4	59,3	60%	4,7
Ruw terreinkraan (mobiel)	IV	330 0,4	115,5	60%	8,2
Verreiker	IV	75 0,4	20	60%	0,3
Mobiele bouwkraan	IV	168 0,4	1560	60%	56,6
Heistelling met trilblok	IV	165 0,4	205,2	60%	7,3
Betonpomp	IV	34,4 0,4	8	60%	0,1
Hydraulische graafmachine	IV	105 0,4	475,6	60%	10,8
Totaal					88,0

Bijlage tabel 2 Realisatiefase, overzicht stikstofemissie verkeer en transport 'De Maander'

Omschrijving		Aantal verkeersbewegingen	Afstand per vracht (m)	Afstand (km)	Emissiefactor (g/km)	NOx kg
Licht verkeer	Personeel bouwplaats	1.436	200	287,2	0,36	0,1
Zwaar verkeer	Van en naar bouwplaats	3.240	200	648,0	5,7/3,1	2,7
Totaal						2,8

Voor de realisatiefase van 'De Maander' blijkt dat de stikstofemissie van 90,8 kg leidt tot een toename van stikstofdepositie op nabijgelegen Natura 2000-gebied: De Veluwe van 0,02 mol/ha/j. Voor de gebruiksfase blijkt dat de stikstofemissie van 11,3 kg niet leidt tot een toename van stikstofdepositie op nabijgelegen Natura 2000-gebieden.

Deze scriptie focust zich alleen op de mogelijkheden van de machines en werkzaamheden tijdens de realisatiefase bij 'De Maander'. Voor iedere machine en werkzaamheid wordt een zero emissie oplossing uitgewerkt. De stikstofemissie bij de gebruikersfase valt buiten de directe invloed van het uitvoerende bouwbedrijf en daarmee ook buiten dit onderzoek.

Bijlage 4 Uitgangssituatie

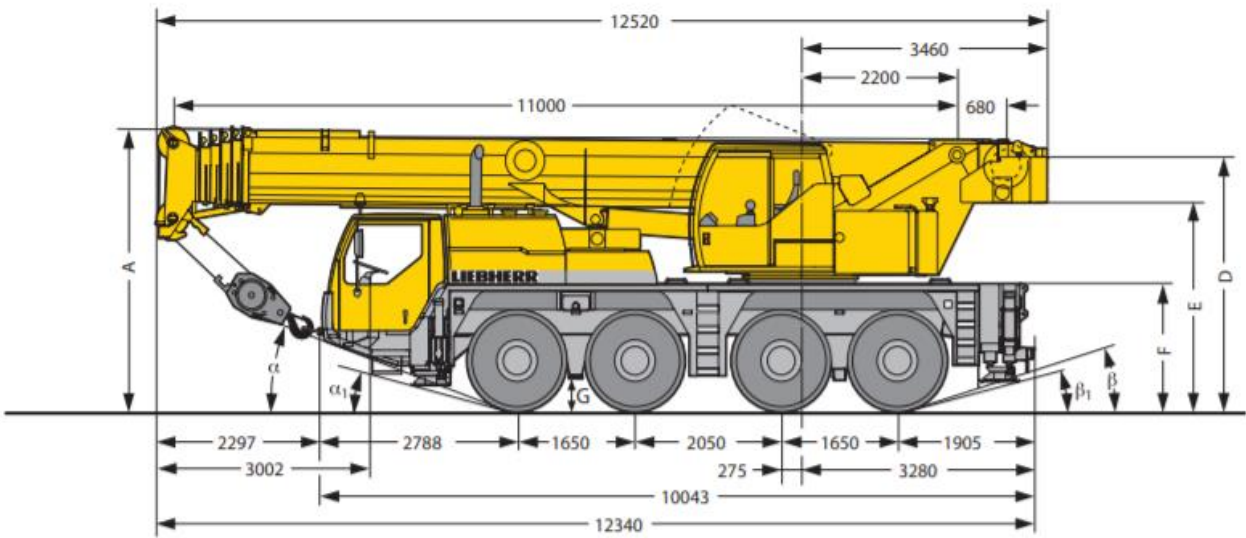


Bijlage figuur 8: Verschillende emissiebronnen (Construnoticias, 2018).

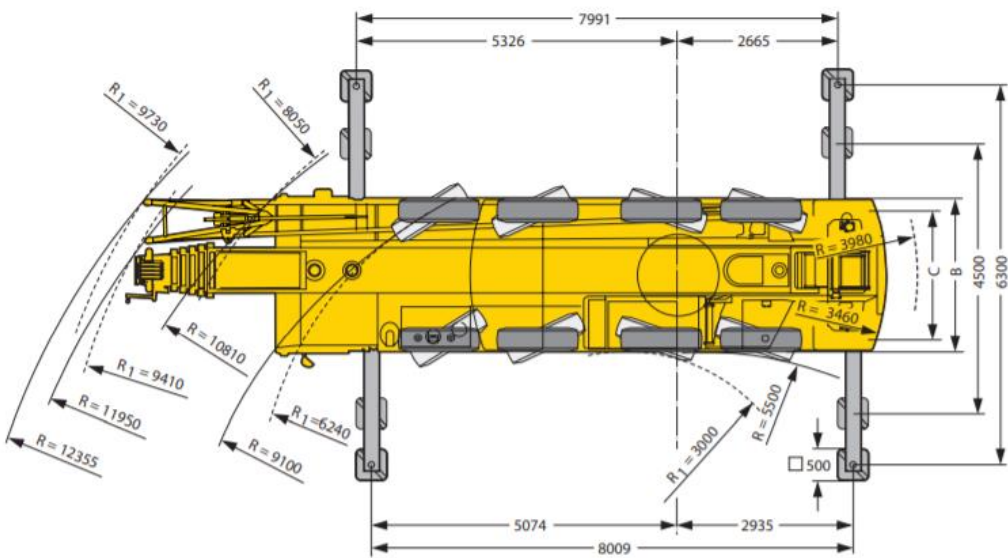
1 Specificatie van emissiebronnen

1.1 A1 Telekraan

De telekraan betreft een **Liebherr LTM1070-4.1**. ²



Bijlage figuur 9: Afmetingen Liebherr LTM1070-4.1 (Boekestijn, 2009).



Bijlage figuur 10: Afmetingen Liebherr LTM1070-4.1 (Boekestijn, 2009).

Maattabel (mm)											
A	A*	B	C	D	E	F	G	α	α ₁	β	β ₁
3950	3850	2680	2231	3632	2982	1874	460	22°	16°	20°	16°
* = 100mm verlaagd											

Bijlage tabel 3: Maattabel Liebherr LTM1070-4.1 (Boekestijn, 2009).

Algemene informatie											
Stempelschotten	Stempelbasis	Hoofdmastlengte	Jiblengte	Hijsblokken (gewicht)	Reeptrek	Max. hijslast	Eigen gewicht	Omgevingsgeluid	Motor norm	Werkzaamheden	
2,10 x 1,12 m	8,00 x 6,30 m	50 m	9,5 m	SWL 5,7 t (110 kg)	5,7 t	70 t	70 t	Onbekend	Diesel STAGE IV	Steigerbouw	
			16 m	SWL 16 t (300 kg)						Dakelementen	
				SWL 38,3 t (450 kg)						Gevels	

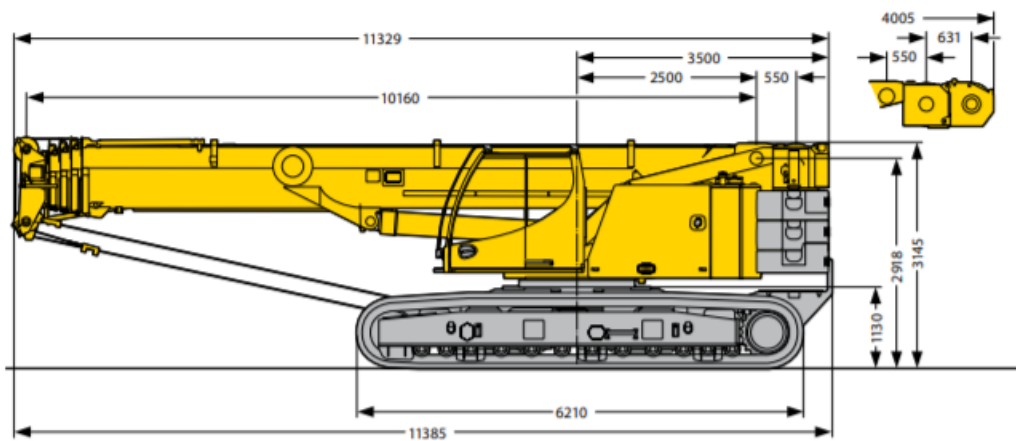
Bijlage tabel 4: Algemene informatie Liebherr LTM1070-4.1 (Boekestijn, 2009).

De Liebherr LTM1040-4.1 is een 70 ton telekraan op met een onderstel op wielen. De giek is maximaal uitgeschoven 50 meter en kan verlengd worden met een klap-jib van 16 meter. Om stabiliteit te waarborgen is de kraan voorzien van meerdere stempels van 8,00 bij 6,30 meter. De maximale hijscapaciteit van de telekraan bedraagt 70 ton. De Liebherr LTM1040-4.1 zal bij project ‘De Maander’ ondersteuning bieden bij het plaatsen van de steiger, dakelementen en de gevels. De werkzaamheden zijn vrijwel identiek aan de mobiele bouwkraan, echter is een telekraan mobieler op het bouwterrein, gezien het verschil in oppervlakte. Daarnaast is de telekraan over het algemeen goedkoper op wekelijkse huurkosten.

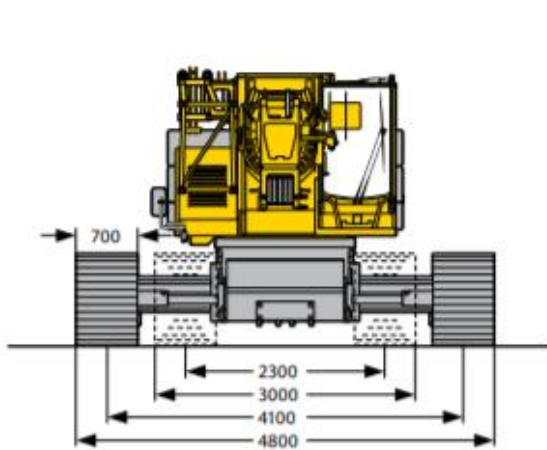
² Exacte typen machines en werkzaamheden zijn nog nader te bepalen door Bébouw Midreth.
Gekozen typen kranen zijn gebaseerd op Boekestijn, het kraanverhuurbedrijf van Bébouw Midreth en in overleg met een praktijkdeskundige van Bébouw Midreth.

1.2 A2 Ruwterreinkraan

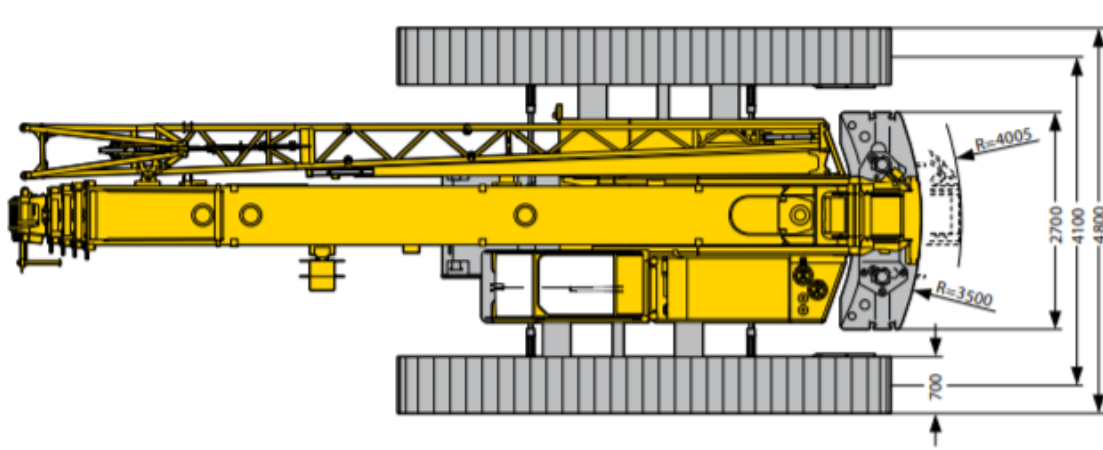
De ruwterreinkraan betreft een **Liebherr LTR 1060**.



Bijlage figuur 11: Afmetingen Liebherr LTR 1060 (Boekestijn, 2010).



Bijlage figuur 12: Afmetingen Liebherr LTR 1060 (Boekestijn, 2010).



Bijlage figuur 13: Afmetingen Liebherr LTR 1060 (Boekestijn).

Transport maatvoeringen						
Breedte (ingeschoven)	Breedte (uitgeschoven)	Breedte rupsen	Rupslengte	Transport gewicht	Hoogte	Lengte (overall)
3,00 m	4,80 m	700 mm	6,21 m	38,0 t (excl. ballast)	3,15 m	11,84 m (incl. 2e lier)
				63,0 t (compleet)		11,39 m (excl. 2e lier)

Bijlage tabel 5: Transport maatvoeringen Liebherr LTR 1060 (Boekestijn, 2010).

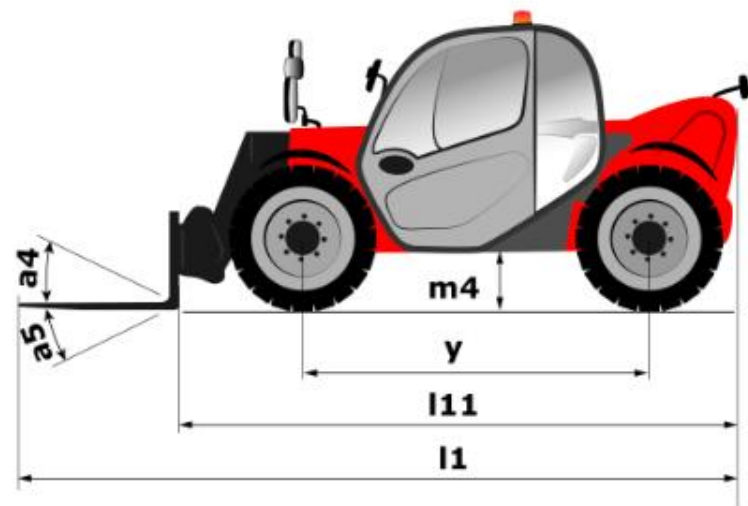
Algemene gegevens										
Hoofdmastlengte	Jiblengte	Spoorbreedte	Ballast	Hijsblokken (massa)	Reeptrek	Optie	Max. Hijslast	Omgevingsgeluid	Motor norm	Werkzaamheden
40,0 m	9,5 m	3,0 – 4,8 m	10 + 15,6 t	SWL 4 t (75 kg)	4,5 t	2e lier	60 t	Onbekend	Diesel STAGE IV	Ruwbouw casco
	16 m (optie)			SWL 13,3 t (195 kg)		Camera				
				SWL 30 t (280 kg)						

Bijlage tabel 6: Algemene informatie Liebherr LTR 1060 (Boekestijn, 2010).

De 60 ton Liebherr LTR 1060 ruwterreinkraan is een verrijdbare kraan met een rupsonderstel. De onderwagen heeft een breedte van 4,80 meter welke inschuifbaar is tot 3,00 meter, waardoor transport op een dieplader mogelijk is. De rupsen zijn 6,20 meter lang en 0,7 meter breed. De hoofdmast heeft een basislengte van 10,2 meter en een maximale lengte van 40 meter. De giek kan met een 9,5 of 16 meter lange klap-jib verlengd worden en beschikt over een tweede lier. Voordelen van de ruwterreinkraan zijn enerzijds de goede manoeuvreerbaarheid in ruw terrein en verplaatsbaarheid met last en anderzijds korte opbouwtijd en variabele giek lengtes. (Boekestijn, 2010). De werkzaamheden van de ruwterreinkraan op project ‘De Maander’ is het aanbrengen van de ruwbouw casco.

1.3 A3 Verreiker

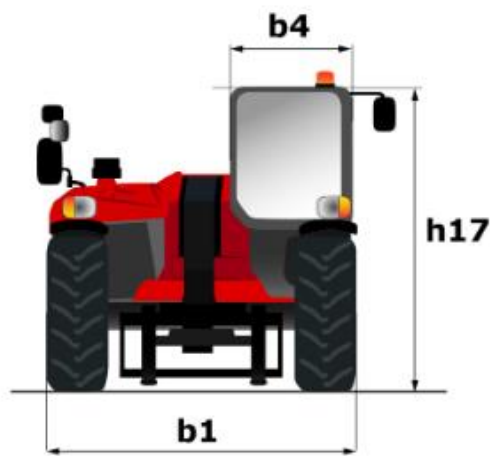
De verreiker betreft een **Manitou MT625 H**.³



Bijlage figuur 14: Afmetingen Manitou MT625 H (Manitou, 2020).



Bijlage figuur 15: Afmetingen Manitou MT625 H (Manitou, 2020).



Bijlage figuur 16: Afmetingen Manitou MT625 H (Manitou, 2020).

Transport maatvoeringen				
Totale lengte aan het schutbord	Totale breedte	Totale hoogte	Totale breedte cabine	Onbelast gewicht (met vorken)
l11	b1	h17	b4	
3,90 m	1,81 m	1,92 m	0,84 m	4,8 t

Bijlage tabel 7: Transport maatvoeringen Manitou MT625 H (Manitou, 2020).

Algemene gegevens										
Max. hijshoogte	Max. reikwijdte	Wielbasis (y)	Bodemvrijheid machine	Graafhoek	Buitenste draaicirkel	Draaistraal	Max. hijslast	Omgevingsgeluid	Motor norm	Werkzaamheden
h3	l4	y	m4	a4	Wa3	Wa1	Q			Ruwbouw
5,85 m	3,40 m	2,30 m	0,33 m	12°	3,31 m	3,31 m	2,5 t	104 dB(A)	Diesel STAGE IV	Daken
										Gevels
										Afbouw
										Terreinwerkzaamheden
										Infrawerkzaamheden

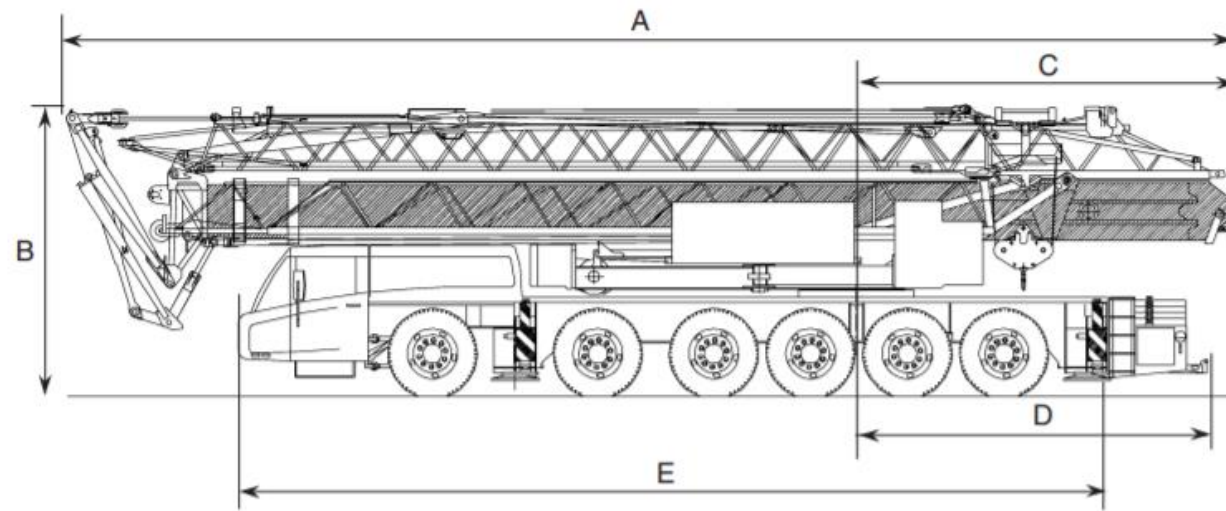
Bijlage tabel 8: Algemene gegevens Manitou MT625 H (Manitou, 2020).

De 5 ton Manitou MT625 H is een starre verreiker met een vaste telescooparm. Met een breedte van 1.80 meter en een hoogte van minder dan 2 meter is deze compacte verreiker gemakkelijk te transporten naar het bouwterrein. Dankzij een draaicirkel van 3,30 meter is de verreiker makkelijk te manoeuvreren. De MT625 H beschikt over een hefcapaciteit van 2,5 ton en kan een hefhoogte tot 5,85 meter bereiken. De werkzaamheden van de verreiker op project ‘De Maander’ is ondersteuning bieden bij kleinschalig transport over de bouwplaats en kleinschalig opperwerk tijdens de ruwbouw, dak-, gevel-, afbouw-, terrein- en infrawerkzaamheden.

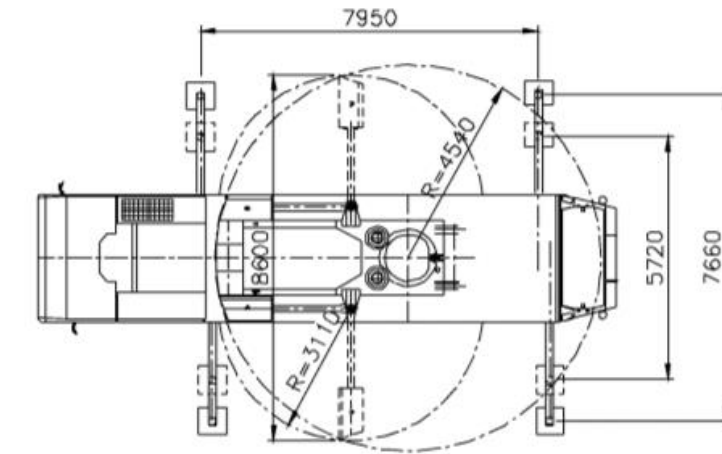
³ Exacte typen machines en werkzaamheden zijn nog nader te bepalen door Bébouw Midreth. Gekozen type verreiker is in overleg met een praktijkdeskundige van Bébouw Midreth.

1.4 A4 Mobiele bouwkraan

De mobiele bouwkraan betreft een Spierings SK1265-AT6.



Bijlage figuur 17: Afmetingen Spierings SK1265-AT6 (BKF, 2013).



Bijlage figuur 18: Afmetingen Spierings SK1265-AT6 (BKF, 2013).

Maattabel (m)				
A	B	C	D	E
16,27	4,00	5,25	4,65	12,10

Bijlage tabel 9: Maattabel Spierings SKT1265-AT6 (BKF, 2013).

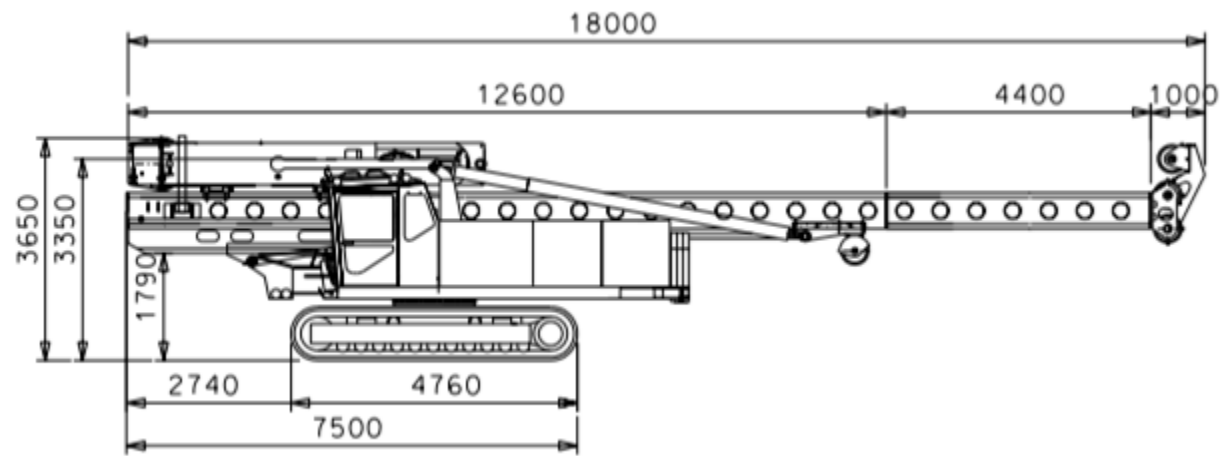
Algemene informatie											
Stempelschotten	Stempelbasis	Torenhoogte	Gieklengte	Opstelling	Breedte	Max. hijscapaciteit	Max. hijslast	Eigen gewicht	Omgevingsgeluid	Motor norm	Werkzaamheden
2,40 x 1,00 m	7,95 x 7,66 m	35,0 m	60,0 m	Giek 360° uitvouwbaar	3,00 m	132 tm	10 t	72 t	87 dB(A)	Diesel STAGE V	Steigerbouw
	7,95 x 5,72 m	25,2 m									Dakelementen
											Gevels

Bijlage tabel 10: Algemene gegevens Spierings SKT1265-AT6 (Boekestijn, 2016).

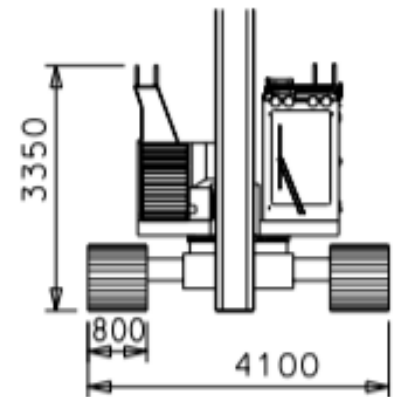
De Spierings SK1265-AT6 is een 72 ton mobiele bouwkraan. De mobiele bouwkraan kenmerkt zich door de uitklapbare toren en giek welke in een kort tijdsbestek van 15 minuten opgebouwd wordt. De gieklengte bedraagt maximaal 60 meter. De maximale hijslast bedraagt 10 ton. De mobiele bouwkraan zal bij project 'De Maander' ondersteuning bieden bij het plaatsen van de steiger, dakelementen en de gevels. De werkzaamheden zijn vrijwel identiek aan de telekraan, echter heeft een mobiele bouwkraan een ruimer bereik en biedt dit type kraan de mogelijkheid om de kraancabine op meerdere hoogtes te plaatsen, waardoor de machinist een goed overzicht heeft.(Boekestijn, 2013). De mobiele bouwkraan kan dus elementen aanbrengen op locaties die de telekraan niet kan bereiken.

1.5 A5 Heistelling met trilblok

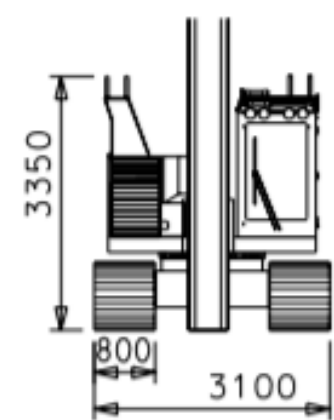
De heistelling die toegepast wordt betreft een **Junttan PM20**.⁴



Bijlage figuur 19: Afmetingen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).



Bijlage figuur 20: Afmetingen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).



Bijlage figuur 21: Afmetingen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).

Transport maatvoeringen						
Breedte (ingeschoven)	Breedte (uitgeschoven)	Breedte rupsen	Rupslengte	Transport gewicht	Hoogte	Lengte (overall)
3,10 m	4,10 m	800 mm	4,76 m	46,0 t (excl. hamer en optioneel apparaatuur)	3,65 m	18,0 m

Bijlage tabel 11: Transport maatvoeringen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).

Algemene informatie											
Leider	Telescopische ruimte	Verticale beweging	Giek lengte	Katrol hoogte	Hoofdlieër (hamer)	Hulpplier (stapel)	2e hulpplier (optioneel)	Max. paal lengte	Omgevingsgeluid	Motor norm	Werkzaamheden
17,0 m	4,0 m	1000 mm (omhoog)	21,0 m	1,00 m	10,0 t	8 t	5 t	15 m	Langzaam 94 dB(A)	Diesel STAGE IV	Fundering
		500 mm (omlaag)	23,0 m (optioneel)						Snel 98 dB(A)		
									Piek 116 dB(A)		

Bijlage tabel 12: Transport maatvoeringen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).

De Junttan PM20 is een heistelling aangedreven op rupsbanden. Met een breedte van 4,10 meter die inschuifbaar is tot 3,10 meter van de onderwagen is de heistelling gemakkelijk te transporteren naar het bouwterrein. De rupsen zijn 4,76 meter lang en 0,8 meter breed. De hoofdmast heeft een maximale lengte van 23 meter. De Junttan beschikt over een uitstekende stabiliteit voor snelle en veilige paalbehandelingen. De heistelling kan ingezet worden voor aangedreven, geboorde of trillende palen. Het is mogelijk om palen te slaan met een maximale lengte van ca. 15 meter. De werkzaamheden van de heistelling op project ‘De Maander’ betreft het heien van prefab betonnen heipalen.

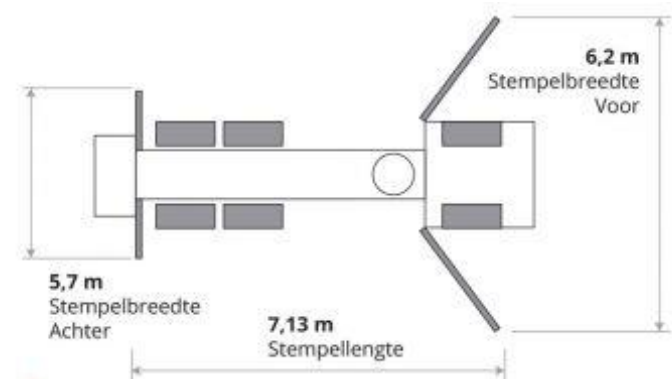
⁴ Exacte typen machines en werkzaamheden zijn nog nader te bepalen door Bébouw Midreth. Gekozen type heistelling is in overleg met heibedrijf M.Kool. Dit is een onderaannemer van Project ‘De Maander’ en in overleg met een praktijkdeskundige van Bébouw Midreth.

1.6 A6 Betonpomp

De betonpomp die toegepast wordt betreft een **Faber M 31 Swing betonpomp**.⁵



Bijlage figuur 22: Afmetingen Faber M 31 Swing betonpomp (Faberbetonpompen, 2019).



Bijlage figuur 23: Afmetingen Faber M 31 Swing betonpomp (Faberbetonpompen, 2019).

Maattabel Faber M 31 Swing betonpomp (m)		
Voertuiglengte	Voertuigbreedte	Uitvouwhoogte
10	2,5	5,85

Bijlage tabel 13: Maattabel Faber M 31 Swing betonpomp (Faberbetonpompen, 2019).

Algemene informatie Faber M 31 Swing betonpomp										
Afstempelbreedte voor	Afstempelbreedte achter	Reikhoogte	Reikwijdte	Giekdelen	Max. opbrengst	Max. betondruk	Eigen gewicht	Omgevingsgeluid	Motor norm	Werkzaamheden
6,2 m	5,7 m	30,5 m	26,5 m	4	164 m³/u	85 bar	28 t	Aandrijving trilbalk 90 tot 100 dB(A)	Diesel STAGE IV	Breedplaatvloer blok 3
								Storten 85- 92 dB(A)		

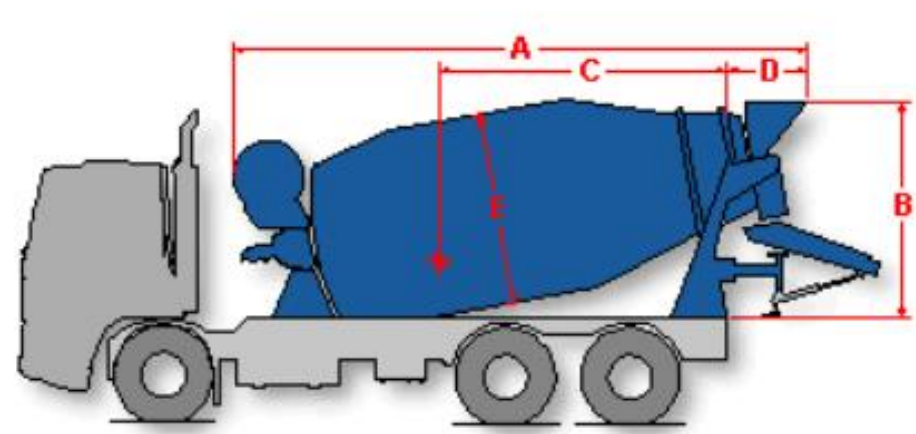
Bijlage tabel 14: Algemene informatie Faber M 31 Swing betonpomp (Faberbetonpompen, 2019).

De Faber M 31 Swing vormt een verrijdbare betonpomp die met behulp van stabilisatoren op een stationaire plek wordt opgesteld. Dankzij de lage uitvouwhoogte van 5,85 m is de betonpomp uitermate geschikt waar beperkte ruimte is. De unit wordt gevuld met beton vanuit een 10 m³ betonmixer. De dichtstbijzijnde betoncentrale ligt op ongeveer 4 km afstand. Aangezien er gebouwd wordt door middel van een prefab snelbouwsysteem zal de betonpomp beperkt ingezet worden. De betonpomp zal ingezet worden voor de in het werk te storten breedplaatvloer in bouwblok 3.

⁵ Exacte typen machines en werkzaamheden zijn nog nader te bepalen door Bébouw Midreth. Gekozen type betonpomp is in overleg met een praktijkdeskundige van Bébouw Midreth.

1.7 A6 Betonmixer

Beton wordt aangevoerd door een **Mulder 10m³ betonmixer**.⁶



Bijlage figuur 24: Afmetingen 10 m³ betonmixer (Muldereurope, z.d.).

Maattabel 10m³ betonmixer (mm)				
A	B	C	D	E
6940	2695	3065	910	2150

Bijlage tabel 15: Maattabel 10 m³ betonmixer (Muldereurope,z.d.).

Algemene informatie 10m³ betonmixer									
Voertuiglengte	Voertuigbreedte	Voertuighoogte	Drumcapaciteit	Geometische capaciteit	Water tanks	Eigen gewicht	Omgevingsgeluid	Motor norm	Werkzaamheden
6,96 m	2,2 m	2,71 m	10 m³	16 m³	650 l	4,2 t	80 tot 95 dB(A)	Diesel STAGE IV	Breedplaatvloer blok 3

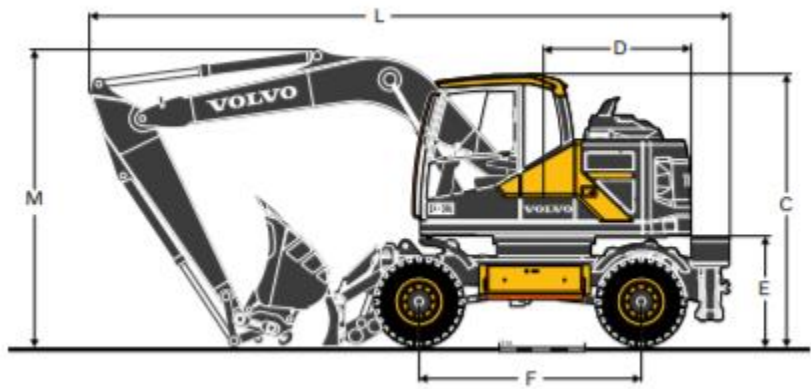
Bijlage tabel 16: Algemene informatie 10 m³ betonmixer (Muldereurope,z.d.).

Een 10m³ betonmixer zal beton verpompen naar de betonmixer. De dichtstbijzijnde betoncentrale ligt op ongeveer 4 km afstand. Aangezien er gebouwd wordt door middel van een prefab snelbouwsysteem zal de betonmixer beperkt ingezet worden. Beton zal aangevoerd worden voor de in het werk te storten breedplaatvloer in bouwblok 3.

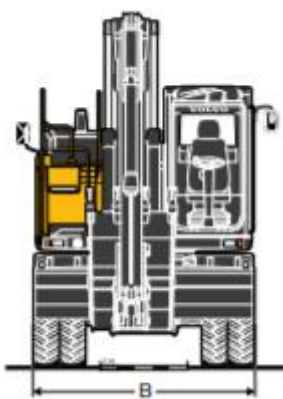
⁶ Exacte typen machines en werkzaamheden zijn nog nader te bepalen door Bébouw Midreth. Gekozen type betonmixer is in overleg met een praktijkdeskundige van Bébouw Midreth

1.8 A7 Hydraulische graafmachine

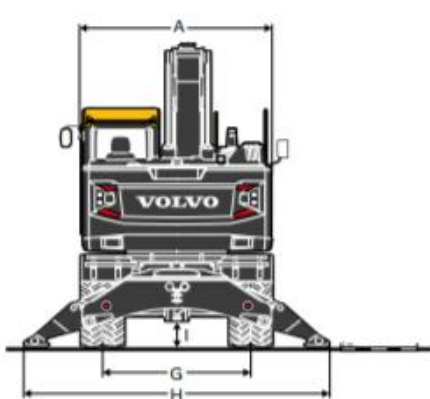
De hydraulische graafmachine die toegepast wordt betreft een **Volvo EWR150E**. ⁷



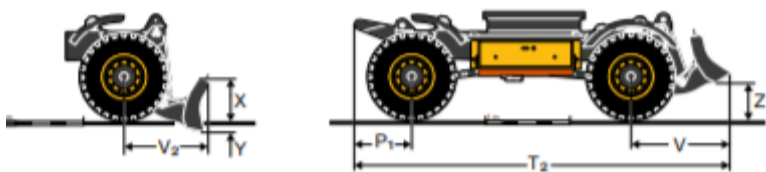
Bijlage figuur 25: Afmetingen Volvo EWR150E (Volvoce, z.d.).



Bijlage figuur 26: Afmetingen Volvo EWR150E (Volvoce, z.d.).



Bijlage figuur 27: Afmetingen Volvo EWR150E (Volvoce, z.d.).



Bijlage figuur 28: Afmetingen Volvo EWR150E (Volvoce, z.d.).

Transport maatvoeringen (m)																					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	P	P1	Q	R	T	T2	V	V2	X	Y	Z
2,52	2,54	3,15	1,72	1,26	2,6	1,94	3,99	0,340	7,64	2,95	1,18	0,75	1,150	1,03	4,81	4,47	1,12	0,92	0,450	0,150	0,52

Bijlage tabel 17: Transport maatvoeringen Volvo EWR150E (Volvoce, z.d.).

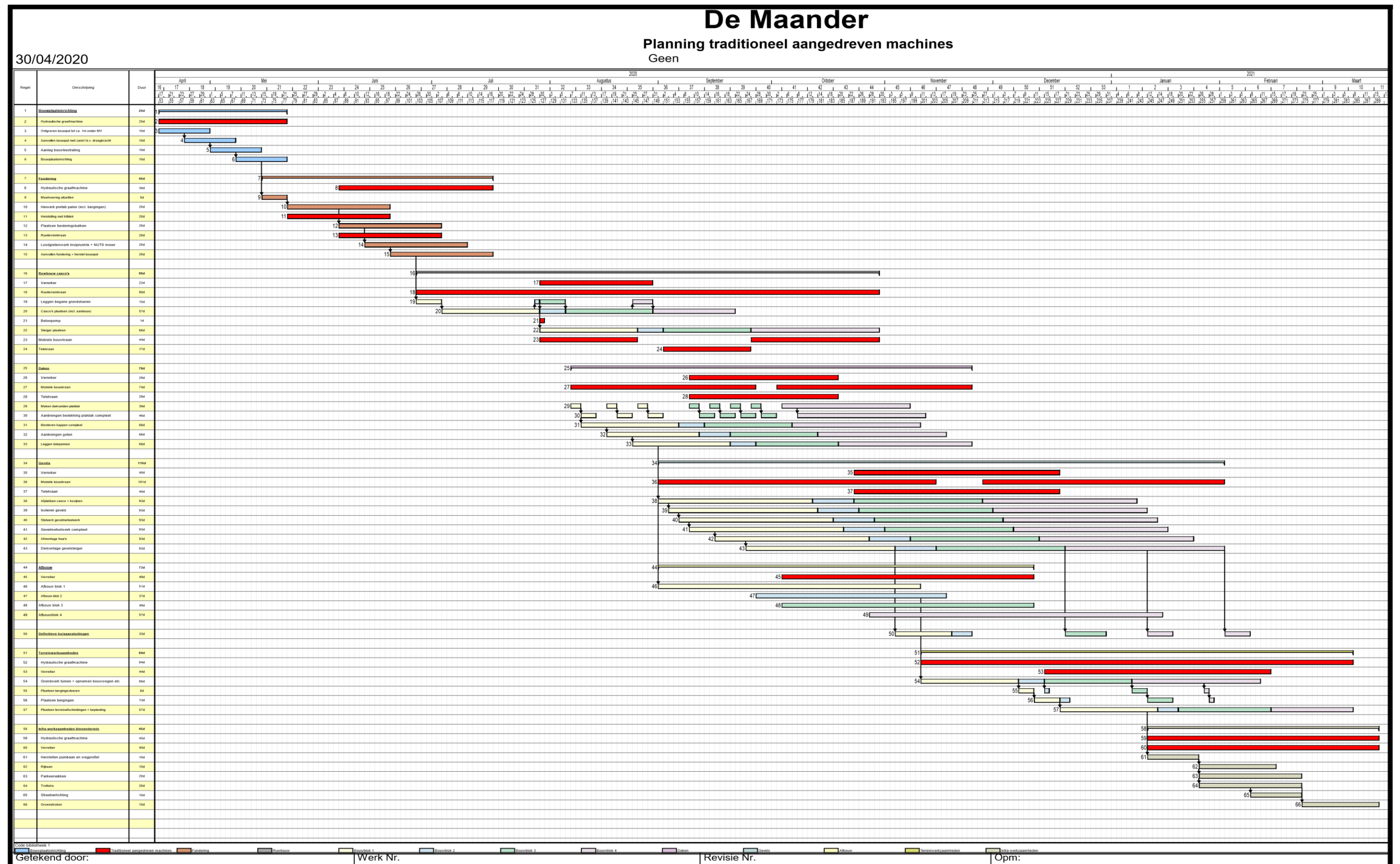
Algemene informatie										
Uitrusting		Max. graafhoogte	Max. storthoogte	Max. graafdiepte	Max. graafbereik	Max. hijslast	Eigen gewicht	Omgevingsgeluid	Motor norm	Werkzaamheden
Mono boom 4,32 m	Arm 2,0 m	7,77	5,50 m	4,61 m	7,98 m	9,3 ton	15 t	100 dB(A)	Diesel STAGE IV	Bouwplaatsinrichting
										Fundering
										Terreinwerkzaamheden
										Infrawerkzaamheden

Bijlage tabel 18: Algemene informatie Volvo EWR150E (Volvoce, z.d.).

De Volvo EWR150E is een hydraulische graafmachine op een onderstel met banden. Met een totale lengte van 7,64 meter, een breedte van 2,54 meter en een hoogte van 3,15 meter is de graafmachine gemakkelijk te transporteren naar het bouwterrein. De graafmachine beschikt over een monoboomb met een maximale graafhoogte van 7,77 meter, een maximale graafdiepte van 4,61 meter en een maximale graafbereik van 8,20 meter. De graafmachine verricht verschillende werkzaamheden tijdens de bouwplaatsinrichting, fundering, terreinwerkzaamheden en infrawerkzaamheden.

⁷ Exacte typen machines en werkzaamheden zijn nog nader te bepalen door Bébouw Midreth.
Gekozen type hydraulische graafmachine is in overleg met een praktijkdeskundige van Bébouw Midreth.

Bijlage 5 Planning traditioneel aangedreven machines



Bijlage figuur 29: Planning traditioneel aangedreven machines

1 Toelichting op de planning

Onderstaand zijn de machines en de bijbehorende werkzaamheden beschreven.

1.1.1 Telekraan

De telekraan zal steigers plaatsen tijdens de ruwbouw. Daarnaast zal de telekraan gevels en daken aanbrengen. De periode waarin de werkzaamheden van de telekraan op bouwterrein 'De Maander' kan worden ingezet is 74 werkdagen.

1.1.2 Ruwterreinkraan

De ruwterreinkraan zal de begane grondvloeren plaatsen en casco's plaatsen tijdens de ruwbouw. De periode waarin de werkzaamheden van de ruwterreinkraan op bouwterrein 'De Maander' kan worden ingezet is 105 werkdagen.

1.1.3 Verreiker

De verreiker zal incidenteel ondersteunen bij klein transport over de bouw tijdens de ruwbouw, daken, gevels, afbouw, terrein werkzaamheden en infra-werkzaamheden. De periode waarin de werkzaamheden van de verreiker op bouwterrein 'De Maander' kan worden ingezet is 163 werkdagen.

1.1.4 Mobiele bouwkraan

De telekraan zal steigers plaatsen tijdens de ruwbouw. Daarnaast zal de telekraan gevels en daken aanbrengen. De periode waarin de werkzaamheden van de telekraan op bouwterrein 'De Maander' kan worden ingezet is 131 werkdagen.

1.1.5 Heistelling met trilblok

De heistelling zal prefab funderingspalen heien tijdens de fundering. De periode waarin de werkzaamheden van de heistelling op bouwterrein 'De Maander' kan worden ingezet is 20 werkdagen.

1.1.6 Betonpomp

De betonpomp zal een braadplaatvloer met beton storten tijdens de ruwbouw. De periode waarin de werkzaamheden van de betonpomp op bouwterrein 'De Maander' kan worden ingezet is 17 werkdagen

1.1.7 Hydraulische graafmachine

De hydraulische graafmachine zal graafwerkzaamheden verrichten tijdens de bouwplaatsinrichting, fundering, terrein- en infra-werkzaamheden. De periode waarin de hydraulische graafmachine op bouwterrein 'De Maander' kan worden ingezet is 144 werkdagen.

Bijlage 6 Nieuwe situatie



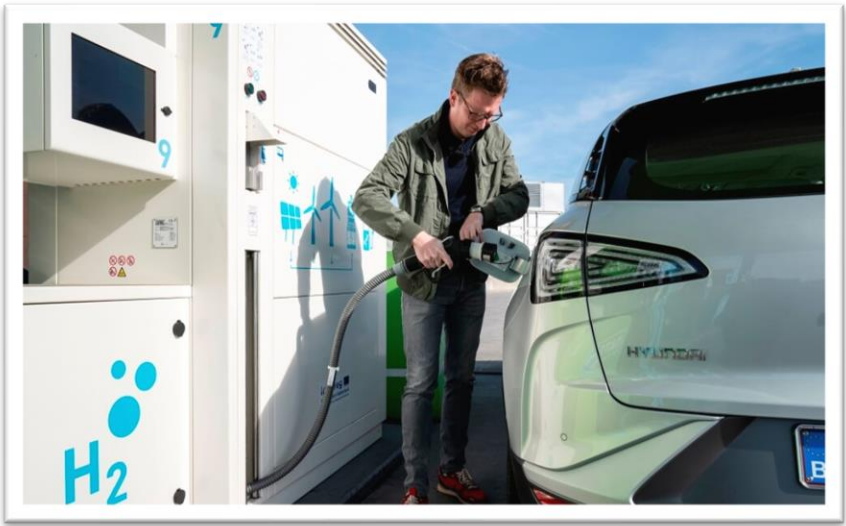
Bijlage figuur 30: Oplossingen bij emissiebronnen (Hydraulicspneumatics, 2020).

1 Voorselectie van het oplossingsveld

Soort energie					
Chemische energie			Brandstofcel	Elektrische energie	Kern energie
Diesel/benzine	HVO	Technische aanvulling op diesel	Waterstof	Elektrisch	Atoomenergie
Dit is de huidige energiebron van alle machines en werkzaamheden bij project 'De Maander'. Deze vorm genereert een hoge uitstoot van diverse ongewenste chemische verbindingen in de vorm van stikstofoxide, koolstofoxiden, koolstof en koolstofwaterstofverbindingen. Dit zijn schadelijke stoffen die impact hebben op de luchtvervuiling.	HVO staat voor Hydrotreated Vegetable Oil. Dit is een synthetische dieselbrandstof met als basis grondstof afgewerkte plantaardige oliën. De hoeveelheid stikstofreductie moet voor ieder voertuig door een test bepaald worden. De respectievelijke reductie van stikstof ligt gemiddeld tussen 5 en 10%. Dit ligt ver buiten de streefwaardes voor vergunning verlening en daarom wordt deze vorm van energie niet nader meegenomen in het onderzoek.	Hiermee worden meerdere technieken die de uitstoot van stikstof reduceren met katalysatoren of additieven als AdBlue. Van deze vorm wordt een reductie van de uitstoot geclaimd van tussen 60 en 90%. Ook dit ligt buiten de streefwaardes. Daarom wordt deze vorm niet nader meegenomen in het onderzoek	Er zijn meerdere oplossingen in onderzoek waar waterstof als energiebron wordt gebruikt. Helaas zijn al deze oplossingen nog ver van praktische uitvoering verwijderd. De huidige resultaten zijn veel belovend maar er moeten nog veel problemen worden opgelost. Zowel de technische implementatie als het beheersbaar maken van de risico's van het gebruik van waterstof moeten nog verder worden ontwikkeld voor het in de praktijk toepasbaar is.	Van deze energiebron zijn al een aantal oplossingen aanzuigen en komen op korte termijn steeds meer alternatieven beschikbaar. Ook voor het aanvoeren van deze energie naar de bouwplaats is al tot bepaalde hoogte infrastructuur beschikbaar, Ook is er op bouwmachinegebied en op aangrenzende sectoren als transport tot bepaalde hoogte al ervaring met deze materie.	Het is gebleken dat deze energiebron alleen beschikbaar is voor veel grotere motoren dan dat in de bouw worden toegepast. Een voorbeeld is een atoomonderzeeër. Tevens is de maatschappelijke weerstand tegen deze energievorm enorm groot vanwege vermeende veiligheids-risico's en de nog niet opgeloste problemen met betrekking tot het afvoeren van de afvalproducten.



Bijlage figuur 31: Alternatieve brandstoffen (Tankpro, 2018).



Bijlage figuur 33: Waterstof (VAB-Magazine, 2019).



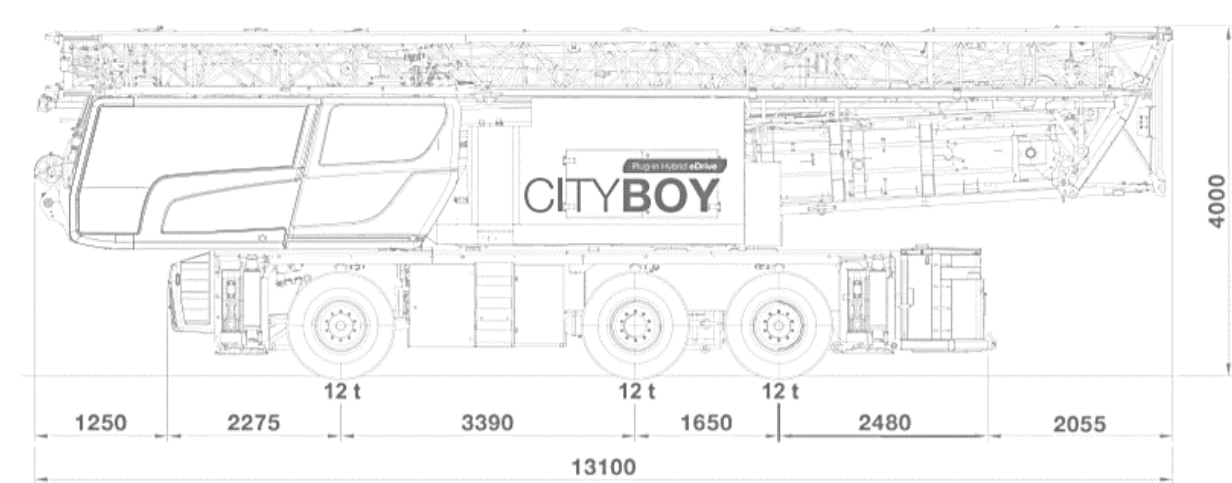
Bijlage figuur 32: Elektrische machines (Fd, z.d.).

Bijlage tabel 19: Soorten energie

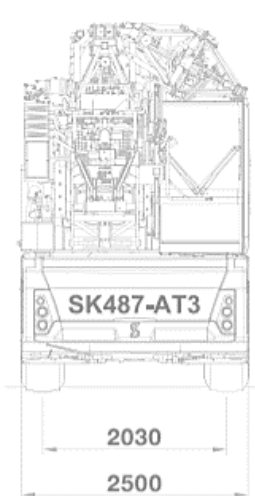
2 Specificatie van zero emissie oplossingen bij emissiebronnen

2.1 Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive

Het alternatief van de telekraan betreft een Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive.⁸



Bijlage figuur 34: Afmetingen Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive (Spieringcrames, z.d.).



Bijlage figuur 35: Afmetingen Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive (Spieringcrames, z.d.).

Maattabel (m)			
Onderstellengte	Voertuiglengte	Voertuigbreedte	Voertuighoogte
9,79	13,1	2,5	4,0

Bijlage tabel 20: Maattabel Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid (Nederhoff, z.d.).

Algemene gegevens															
Stempelscho tten	Stempelbasis	Haakhoogte	Gieklengte	Opstelling	Max. hijscapaciteit	Max. hijslast	Eigen gewicht	Omgevings geluid	Max. vermogen	Aandrijving	Aansluitwa arde	Oplaadtijd	Effectieve werktijd	Verkrijgbaar in NL	Werkzaamhed en
0,75 x 0,6 m	7,20 x 4,56 m	55,45 m	40,0 m	Giek 360° uitvouwbaar	82 tm	7 t	36 t	Onbekend	330 kW kraan	Voedings kabel	15 of 25 A	N/A	8	Niet direct beschikbaar	Steigerbouw
									370 kW rijden						
	7,20 x 5,70 m								85 kWh	Accu			4		Dakelementen
	7,20 x 7,25 m														

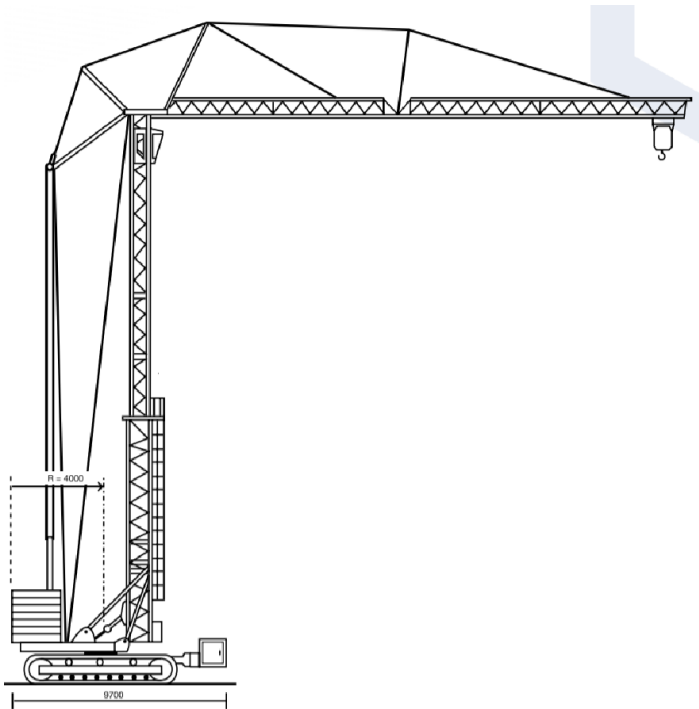
Bijlage tabel 21: Maattabel Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid (Nederhoff, z.d.).

De Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive is een 36 ton hybride mobiele torenkraan. De kraan bestaat uit een 3-in1-functie, waarbij in de bovenwagen een generator-elektromotor aangedreven door een John Deere dieselmotor. De elektromotor is gekoppeld aan een hydromotor. De onderwagen is volledige elektrisch aangedreven. Indien er naar de hijsklus gereden wordt wekt de dieselmotor in de bovenwagen stroom op voor de elektrische aandrijving. De laatste 10 tot 20 kilometer kan de kraan volledig elektrisch rijden op het accupakket. De mobiele torenkraan beschikt over een gieklengte van 40 meter en een hijscapaciteit van 7 ton. De Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive zal bij project ‘De Maander’ ondersteuning bieden bij het plaatsen van de steiger, dakelementen en de gevels. Na aankomst op het bouwterrein kan de kraan 4 uur draaien op de accu in de ondermotor of 8 uur door aansluiting van een voedingskabel.

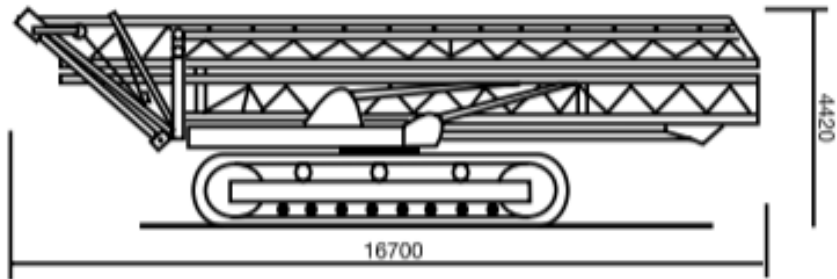
⁸ Het huidige marktaanbod beschikt niet over een elektrische telekraan. De keuze is daarom gevallen op de Spierings SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive

2.2 B2 Potain GTMR 360

Het alternatief van de ruwterreinkraan is de **Potain GTMR 360**.



Bijlage figuur 36: Afmetingen Potain GTMR 360 (Teka- kranen, z.d.).



Bijlage figuur 37: Afmetingen Potain GTMR 360 (Teka- kranen, z.d.).

Transport maatvoeringen					
Totale breedte	Breedte rupsen	Rupslengte	Rupshoogte	Totale hoogte	Lengte (overall)
5,9 m	900 mm	7,60 m	1,20 m	4,44 m	9,7 m

Bijlage tabel 22: Transport maatvoeringen Potain GTMR 360 (Teka-kranen, z.d.).

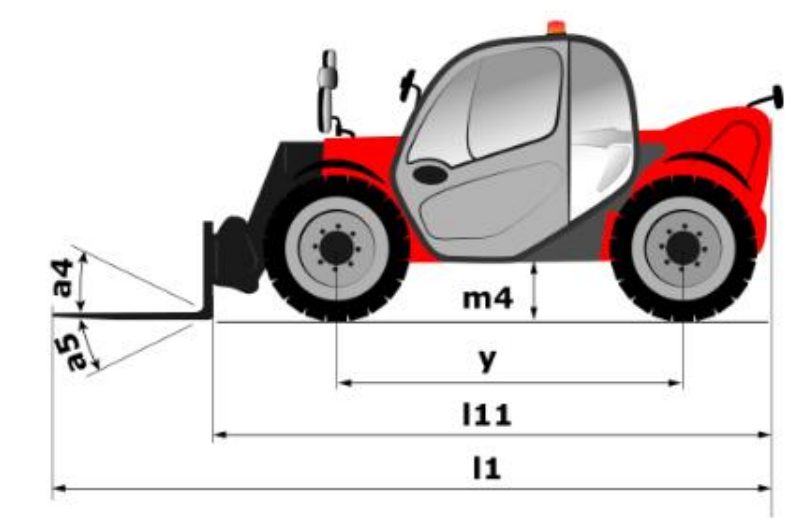
Algemene gegevens										
Gieklengte	Max. haakhoogte	Max. hijslast	Eigen gewicht	Omgevingsgeluid	Max. vermogen	Aandrijving	Aansluitwaarde	Effectieve werktijd	Verkrijgbaar in NL	Werkzaamheden
30 - 35 m	29 m	8 t	26,5 t	Max 20 dB(A)	30 kW	Voedingskabel	Draaien 63 A	8 u	Reeds verkrijgbaar	Ruwbouw casco
							Rijden 125 A			

Bijlage tabel 23: Algemene gegevens Potain GTMR 350 (Teka-kranen, z.d.).

De Potain GTMR 360 is een ton elektrische mobiele torenkraan op een rupsonderstel. De elektrische mobiele torenkraan kan door middel van een aansluiting op het netstroom volledig elektrisch draaien. De horizontale giek van 30 – 35 m zorgen voor een goed overzicht over het bouwterrein. De Potain GMTR 360 zal bij project ‘De Maander’ ondersteuning bieden bij het plaatsen van de ruwbouw casco. De maximale last die gehesen dient te worden is een prefab woningscheidende wand van 6,7 ton op 7 meter afstand. De Potain GMTR 360 is in staat 8 ton te hijsen tot 14 meter afstand en heeft voldoende capaciteit om de woningscheidende wand op locatie aan te brengen. De woningscheidende wanden zijn de zwaarste elementen die bij dit project gebruikt worden. De kraan is direct beschikbaar en zal via een trailer per vracht getransporteerd worden.

2.3 B3 Manitou MT625-E

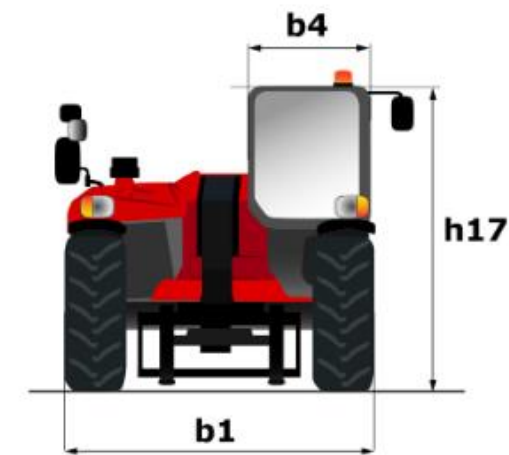
Het alternatief van de verreiker betreft een **Manitou MT625-E**



Bijlage figuur 38: Afmetingen Manitou MT625-E (Manitou, z.d.).



Bijlage figuur 39: Afmetingen Manitou MT625-E (Manitou, z.d.).



Bijlage figuur 40: Afmetingen Manitou MT625-E (Manitou, z.d.).

Transport maatvoeringen				
Totale lengte aan het schutbord	Totale breedte	Totale hoogte	Totale breedte cabine	Onbelast gewicht (met vorken)
l11	b1	h17	b4	
3,90 m	1,81 m	1,92 m	0,84 m	4,8 t

Bijlage tabel 24: Transport maatvoeringen Manitou MT625-E (Manitou, z.d.).

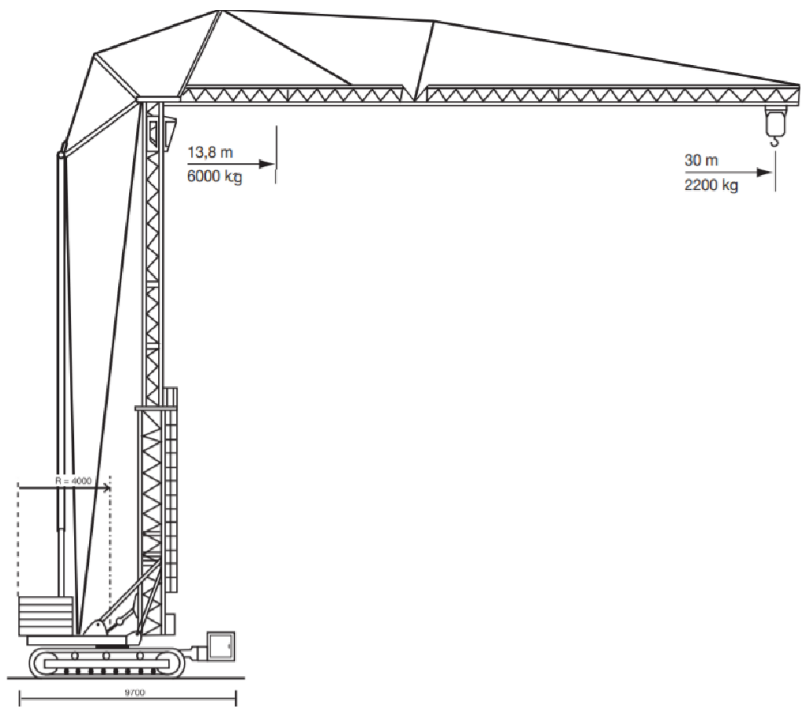
Algemene gegevens															
Max. hijshoogte	Max. reikwijdte	Wielbasis (y)	Bodemvrijheid machine	Graafhoek	Buitenste draaicirkel	Draaistraal	Max. hijslast	Omgevingsgeluid	Max. vermogen	Aandrijving	Aansluitwaarde	Oplaadtijd	Effectieve werktijd	Verkrijgbaar in NL	Werkzaamheden
h3	l4	y	m4	a4	Wa3	Wa1	Q								Ruwbouw
5,85 m	3,40 m	2,30 m	0,33 m	12°	3,31 m	3,31 m	2,5 t	Indicatie 15- 25 dB(A)	Indicatie: 55 kW	Accu	Indicatie: 20 A	Indicatie: 6.5 u	8 u	Eind 2021	Daken
															Gevels
															Afbouw
															Terreinwerkzaamheden
															Infrawerkzaamheden

Bijlage tabel 25: Transport maatvoeringen Manitou MT625-E (Manitou, z.d.).

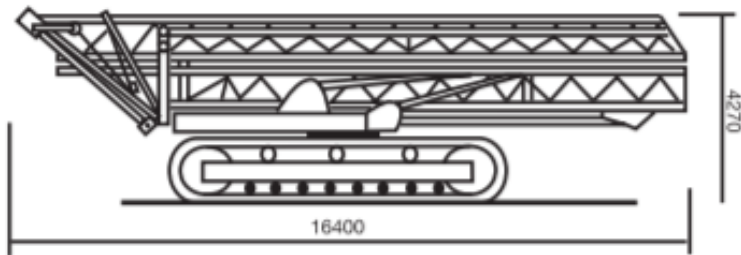
De zero-emissie oplossing voor de verreiker betreft de Manitou MT625-E verreiker. De verreiker is gebaseerd op de diesel variant Manitou MT625-H en beschikt over dezelfde specificaties. De verreiker zal naar verwachting eind 2021 op de markt beschikbaar zijn. De Manitou MT625-E zal door een trailer aangevoerd worden naar de bouwlocatie. De verreiker vergt dagelijks onderhoud, aangezien de accu's op niveau moeten blijven, zuur bijgevuld moet worden en de hydrauliek olie vervangen dient te worden. De werkzaamheden van de verreiker op project 'De Maander' is ondersteuning bieden bij kleinschalig transport over de bouwplaats en kleinschalig opperwerk tijdens de ruwbouw, daken, gevels, afbouw, terreinwerkzaamheden en infrawerkzaamheden.

2.4 B4 Potain GTMR 350

Het alternatief van de mobiele bouwkraan is de **Potain GTMR 350**.



Bijlage figuur 41: Afmetingen Potain GTMR 350 (Teka-kranen, z.d.).



Bijlage figuur 42: Afmetingen Potain GTMR 350 (Teka-kranen, z.d.).

Transport maatvoeringen					
Totale breedte	Breedte rupsen	Rups lengte	Rupshoogte	Totale Hoogte	Lengte (overall)
5,3 m	900 mm	7,60 m	1,20 m	4,27 m	9,7 m

Bijlage tabel 26: Transport maatvoeringen Potain GTMR 350 (Teka-kranen, z.d.).

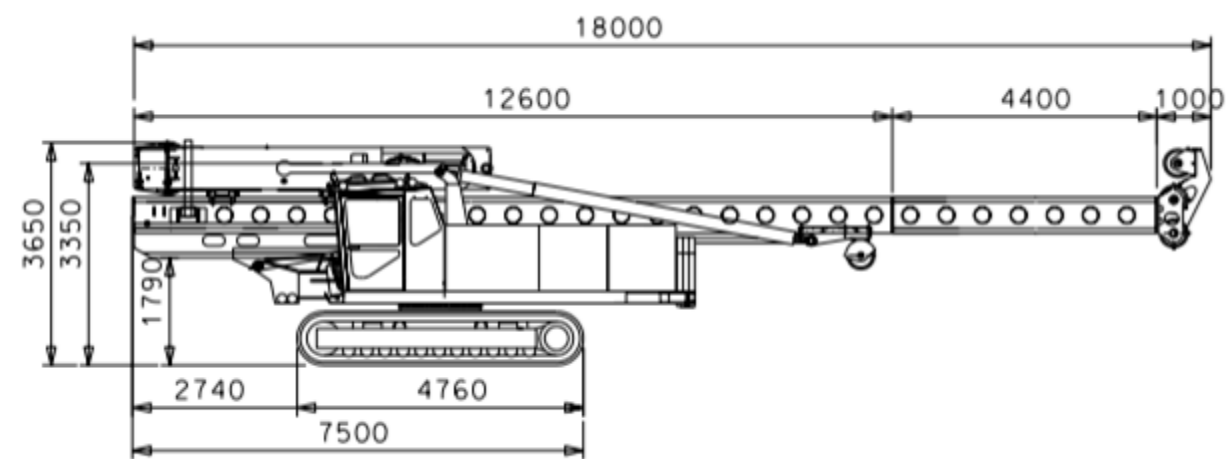
Algemene gegevens										
Gieklengte	Max. haakhoogte	Max. hijslast	Eigen gewicht	Omgevingsgeluid	Max. vermogen	Aandrijving	Aansluitwaarde	Effectieve werktijd	Verkrijgbaar in NL	Werkzaamheden
30 m	29 m	6 t	24,9 t	Max 20 dB(A)	30 kW	Voedingskabel	Draaien 63 A	8 u	Reeds verkrijgbaar	Steigerbouw
							Rijden 80 A			Dakelementen
										Gevels

Bijlage tabel 27: Algemene gegevens Potain GTMR 350 (Teka-kranen, z.d.).

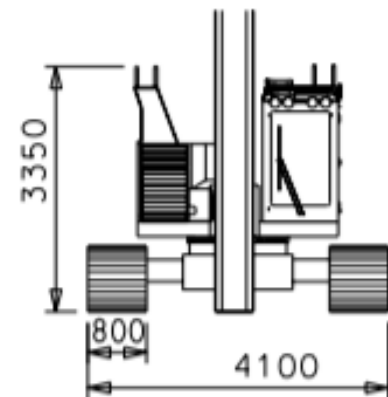
De Potain GTMR 350 is een elektrische mobiele torenkraan op een rupsonderstel. De voordelen van de Potain GTMR 350 ten opzichte van de huidige telekraan zijn enerzijds een volledig elektrische aandrijving door een aansluiting op het netstroom en anderzijds een groter bereik door een horizontale giek. De gieklengte bedraagt maximaal 30 meter. De maximale hijscapaciteit bedraagt 6 ton. De Potain GTMR 350 zal bij project 'De Maander' ondersteuning bieden bij het plaatsen van de steiger, dakelementen en de gevels. De kraan is direct beschikbaar en zal via verschillende vrachten naar het bouwterrein getransporteerd worden.

2.5 B5 Junttan PM20

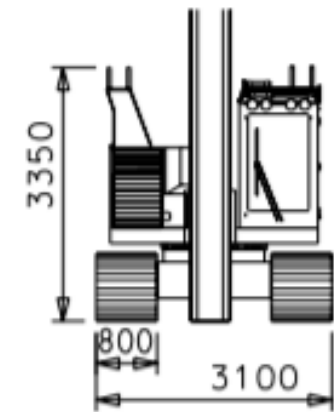
De huidige Juntann PM20 heistelling zal omgebouwd worden en elektrisch aangedreven worden.



Bijlage figuur 43: Afmetingen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).



Bijlage figuur 44: Afmetingen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).



Bijlage figuur 45: Afmetingen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).

Transport maatvoeringen						
Breedte (ingeschoven)	Breedte (uitgeschoven)	Breedte rupsen	Rupslengte	Transport gewicht	Hoogte	Lengte (overall)
3,10 m	4,10 m	800 mm	4,76 m	46,0 t (excl. hamer en optioneel apparatuur)	3,65 m	18,0 m

Bijlage tabel 28: Transport maatvoeringen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).

Algemene informatie															
Leider	Telescopische ruimte	Verticale beweging	Gieklengte	Katrol hoogte	Hoofdlier (hamer)	Hulplier (stapel)	2e hulplier (optioneel)	Max. paal lengte	Omgevingsgeluid	Max. vermogen	Aandrijving	Aansluitwaarde	Effectieve werktijd	Verkrijgbaar in NL	Werkzaamheden
17,0 m	4,0 m	1000 mm (omhoog)	21,0 m	1,00 m	10,0 t	8 t	5 t	15 m	Langzaam 94 dB(A)	150 kW	Voedingskabel	Indicatie: 125 A	8 u	Direct beschikbaar	Fundering
		500 mm (omlaag)	23,0 m (optioneel)						Snel 98 dB(A)						
									Piek 116 dB(A)						

Bijlage tabel 29: Transport maatvoeringen Junttan PM20 (Fklowry, 2002).

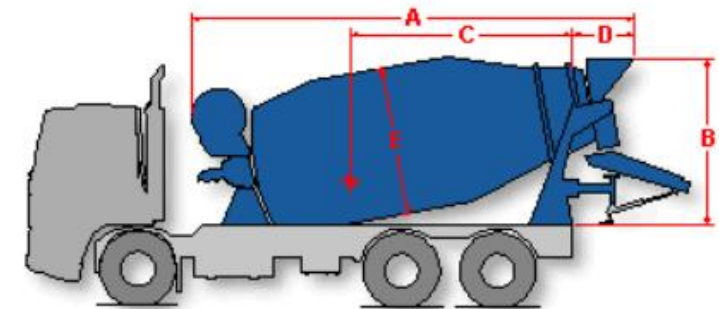
De huidige Junttan PM20 zal omgebouwd worden tot een elektrisch aangedreven heistelling, waarbij de specificaties niet veranderen. Momenteel is er nog geen elektrische heistelling op de markt beschikbaar en is deze oplossing een primeur. De elektrische Junttan PM20 zal bij project ‘De Maander’ werkzaam zijn tijdens het heien van prefab betonnen heipalen. Na transport op een dieplader is de heistelling direct toepasbaar door een aansluiting met een voedingskabel.

2.6 B6 Wierda-Framo Electric Truckmixer

In plaats van een verrijdbare unit die beton wegpompt naar locatie zal beton gestort worden vanuit een betonkubel die gevuld wordt met beton vanuit een elektrische betonmixer.



Bijlage figuur 46: Wierda-Framo Electric Truckmixer (Wierda, z.d.).



Bijlage figuur 47: Afmetingen 10 m³ truckmixer (Muldereurope, z.d.).

Maattabel (mm)				
A	B	C	D	E
6940	2695	3065	910	2150

Bijlage tabel 30: Maattabel Wierda-Framo Electric Truckmixer (Muldereurope, z.d.).

Algemene informatie													
Voertuiglengte	Voertuigbreedte	Voertuighoogte	Drumcapaciteit	Geometische capaciteit	Water tanks	Eigen gewicht	Omgevingsgeluid	Max. vermogen	Aandrijving	Oplaadtijd	Effectieve werktijd	Verkrijgbaar in NL	Werkzaamheden
6,96 m	2,2 m	2,71 m	10 m³	16 m³	650 l	4,2 t		231 kWh	Accu	AC-DC 12 u	100 – 150 km	Direct beschikbaar	Breedplaatvloer blok 3
										DC-DC 2 u			

Bijlage tabel 31: Algemene informatie Wierda-Framo Electric Truckmixer (Muldereurope, z.d.).

De betonpomp zal vervangen worden door een betonkubel die met beton gevuld wordt door een 10 m³ betonmixer. Het storten vanuit de betonkubel zal door ondersteuning van een elektrische kraan verricht worden. De betonmixer zal volledige elektrisch zijn. Er wordt geen dieselmotor of hydrauliek meer op de trailer geplaatst. In plaats daarvan wordt er een elektromotor rechtstreeks op de planetaire overbrenging van de mixer gemonteerd. De Full Electric Truckmixer haalt de energie uit een batterijpakket. In combinatie met een elektromotor is de betonmixer in staat ca. 125 kilometer per batterijlading elektrische te rijden. De dichtstbijzijnde betoncentrale ligt op ongeveer 4 km, waardoor de betonmixer niet op het bouwterrein geladen hoeft te worden. Aangezien er gebouwd wordt middels een prefab snelbouwsysteem zal er beperkt beton gestort worden. Er zal beton gestort worden voor de in het werk te storten breedplaatvloer in bouwblok 3.

2.7 B7 Caterpillar 323F Z-Line



Bijlage figuur 48: Caterpillar 323F Z-Line (Mijnders, 2019.).



Bijlage figuur 49: Caterpillar 323F Z-Line (Satoshinakamotoblog, 2019).

Transport maatvoeringen				
Rupslengte (lengte tot midden van rollen)	Transportlengte	Transportbreedte:	Transporthoogte	Eigen gewicht
3,65 m	9,53 m	2,98 m	3,10 m	24,4 t

Bijlage tabel 32: Transportmaatvoeringen Caterpillar 323F Z-Line (Pon-cat, z.d.).

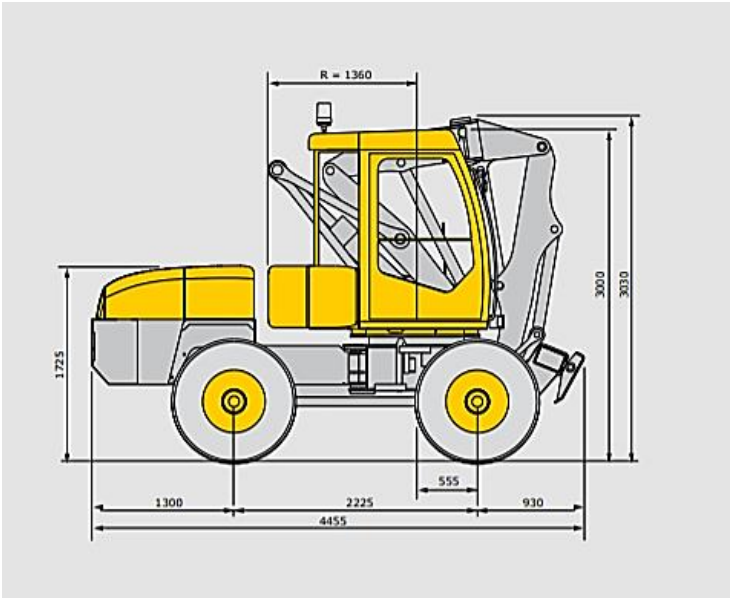
Algemene informatie												
Uitrusting		Max. graafbereik	Max. graafdiepte	Omgevingsgeluid	Max. vermogen	Batterij capaciteit	Aandrijving	Oplaadtijd	Aansluitwaarde	Effectieve werktijd	Verkrijgbaar in NL	Werkzaamheden
Lange giek 5,7 m	Stick 2,9 m	9,85 m	6,50 m	100 dB(A)	122 kW	300 kWh	Accu	6 u	62 A	10 u	Direct beschikbaar	Bouwplaatsinrichting
												Fundering

Bijlage tabel 33: Algemene informatie Caterpillar 323F Z-Line (Pon-cat, z.d.).

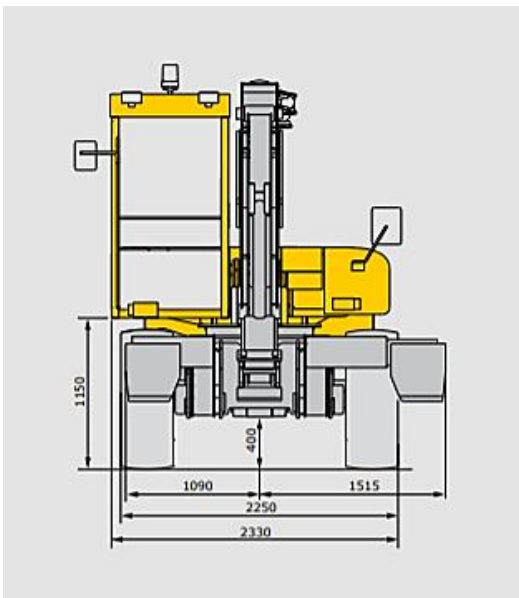
De Caterpillar 323F Z-Line is een 24,4 ton elektrische graafmachine op een rupsonderstel. De Caterpillar 323F Z-line is een elektrische versie van de CAT 323, waarmee hij de zelfde specificaties deelt. Met een totale lengte van 9,53 meter, een breedte van 2,98 meter en een hoogte van 3,10 m is de graafmachine gemakkelijk naar het bouwterrein te transporteren. De graafmachine beschikt over een maximale graafbereik van 9,85 meter en een maximale graafdiepte van 6,50 m. De graafmachine verricht ontgravingen tijdens de bouwplaatsinrichting en fundering. De graafmachine zal tevens de opgeslagen grond op het terrein verwerken, waardoor er geen vrachtwagens nodig zijn voor afvoer van grond. Na transport op de bouwplaats is de graafmachine werkzaam door energieopslag van een accupakket. Dit accupakket dient elke nacht opgeladen te worden.

2.8 B7 Mercalec e12

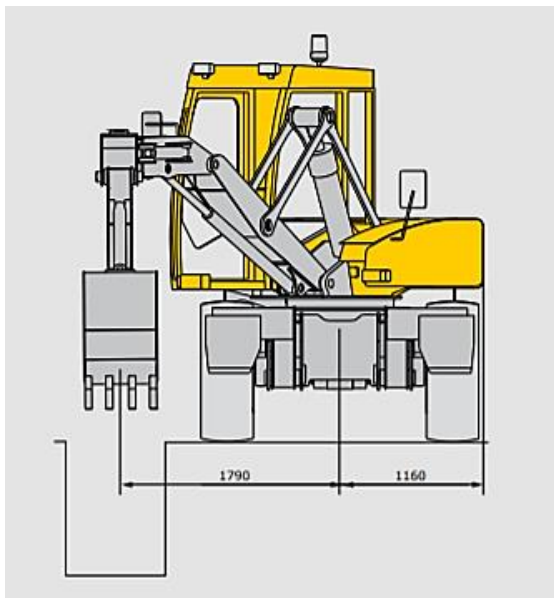
Het alternatief van de hydraulische graafmachine betreft een Mecalec e12.



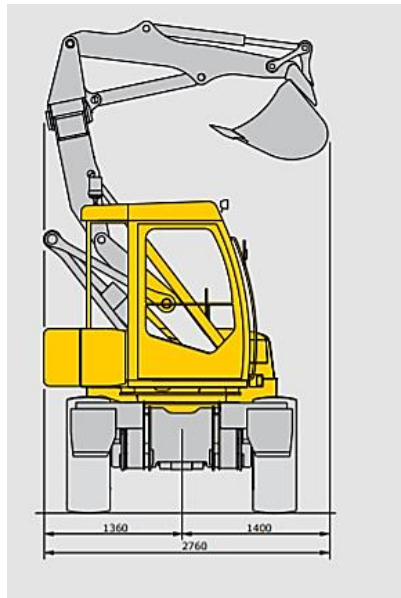
Bijlage figuur 50: Afmetingen Mecalec e12 (Lectura-specs, z.d.).



Bijlage figuur 51: Afmetingen Mecalec e12 (Lectura-specs, z.d.).



Bijlage figuur 52: Afmetingen Mecalec e12 (Lectura-specs, z.d.).



Bijlage figuur 53: Afmetingen Mecalec e12 (Lectura-specs, z.d.).

Transport maatvoeringen				
Lengte onderwagen	Totale lengte	Totale breedte	Totale hoogte	Eigen gewicht
4,83 m	4,45 m	2,33 m	3,03 m	9,7 t

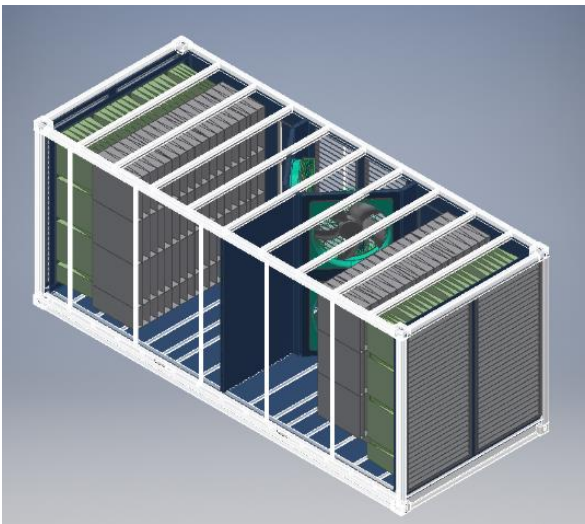
Bijlage tabel 34: Transport maatvoeringen Mecalec e12 (Mecalec, z.d.).

Algemene informatie											
Max. graafbereik	Max. graafdiepte	Max. hijslast	Omgevingsgeluid	Max. vermogen	Batterij capaciteit	Aandrijving	Oplaadtijd	Aansluitwaarde	Effectieve werktijd	Verkrijgbaar in NL	Werkzaamheden
7,13 m	4,1 m	3,2 t	Onbekend	Indicatie: 85 kW	146 kWh	Accu	6.5 u	Indicatie: 32 A	8 u	Eind 2020	Terreinwerkzaamheden
											Infrawerkzaamheden

Bijlage tabel 35: Transport maatvoeringen Mecalec e12 (Mecalec, z.d.).

De Mecalec e12 is een 9,7 ton elektrische graafmachine. De Mecalec e12 is een elektrische versie van de Mecalec MTX12, waarmee hij de zelfde specificaties deelt. De graafmachine staat op een onderstel met banden. Met een totale lengte van 4,45 meter, een breedte van 2,33 meter en een hoogte van 3,03 m is de graafmachine gemakkelijk naar het bouwterrein te transporteren. De graafmachine beschikt over een maximale graafbereik van 7,13 meter en een maximale graafdiepte van 4,1 m. De graafmachine verricht verschillende werkzaamheden tijdens de terreinwerkzaamheden en infrawerkzaamheden. Na transport op de bouwplaats is de graafmachine werkzaam door energie-opslag van accupakket. Dit accupakket dient elke nacht opgeladen te worden.

2.9 NOx Filterbox 2.0



Bijlage figuur 54: NOx Filterbox 2.0 (Orangeclimate, z.d.).



Bijlage figuur 55: NOx Filterbox 2.0 (Orangeclimate, z.d.).

Transport maatvoeringen		
Totale Lengte	Totale breedte	Totale hoogte
6,22 m	2,54 m	2,62 m

Bijlage tabel 36: Transport maatvoeringen NOx Filterbox 2.0 (Orangeclimate, z.d.).

Algemene informatie				
Lucht verplaatsing	NOx reductie	Aansluitwaarde	Verkrijgbaar in NL	Overig
70.000 m³/h	80% (Bijlage 11)	20 A	Direct beschikbaar	Meetapparatuur beschikbaar

Bijlage tabel 37: Transport maatvoeringen NOx Filterbox 2.0 (Orangeclimate, z.d.).

De NOx Filterbox 2.0 van OC Filtration Solutions is een mitigerende maatregel die stikstofoxiden rond bouw- en bedrijfsactiviteiten afvangt. De filterbox heeft de afmetingen van een 20” zeecontainer en is een plug-and-play box met ventilatoren. Lucht wordt aangezogen door ventilatoren en vervolgens door een filter geleid die stikstof uit de lucht onttrekt. Voor een optimale werking wordt aanbevolen om de box op een hoogte van 2 tot 4 meter te plaatsen met een vrije aanzuig mogelijkheid. De filterbox verbruikt maximaal 20 A tijdens gebruik. Testresultaten van TNO bevestigen dat de filterbox in staat is om 27 kilo stikstof op jaarbasis uit te lucht te verwijderen, wat neerkomt op 80% van alle onttrokken stikstofoxiden. (Orangeclimate, z.d.). Aan de hand van meetapparatuur worden de filters gemonitord, hierdoor kan afgelezen worden of de filters mogelijk verzadigd zijn en aan vervanging toe zijn. De filterbox is direct beschikbaar en zal naar het bouwterrein aangevoerd worden op een trailer.

2.10 Greener mobiele batterij



Bijlage figuur 56: Greener mobiele batterij (Voordewereldvanmorgen, z.d.).



Bijlage figuur 57: Greener mobiele batterij (Greener, z.d.).

Transport maatvoeringen			
Totale Lengte	Totale breedte	Totale hoogte	Eigen gewicht
2,99 m	2,44 m	2,59 m	7500 kg

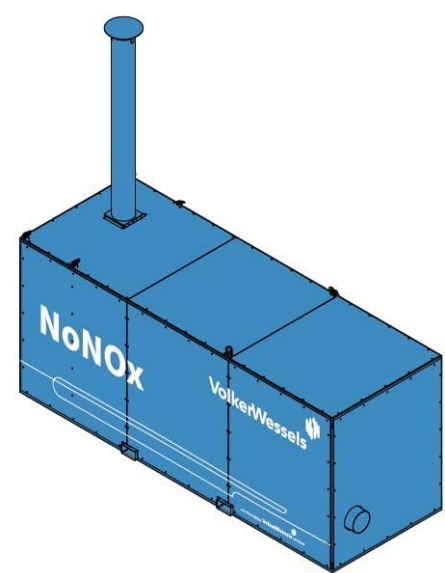
Bijlage tabel 38: Transport maatvoeringen Greener mobiele batterij (Greener, z.d.).

Algemene informatie					
Opslagcapaciteit	Piekbelasting	NOx reductie	Aansluitwaarde	Oplaadtijd	Verkrijgbaar in NL
330 kWh	318 KVA	100%	20 A	8 u	Direct beschikbaar

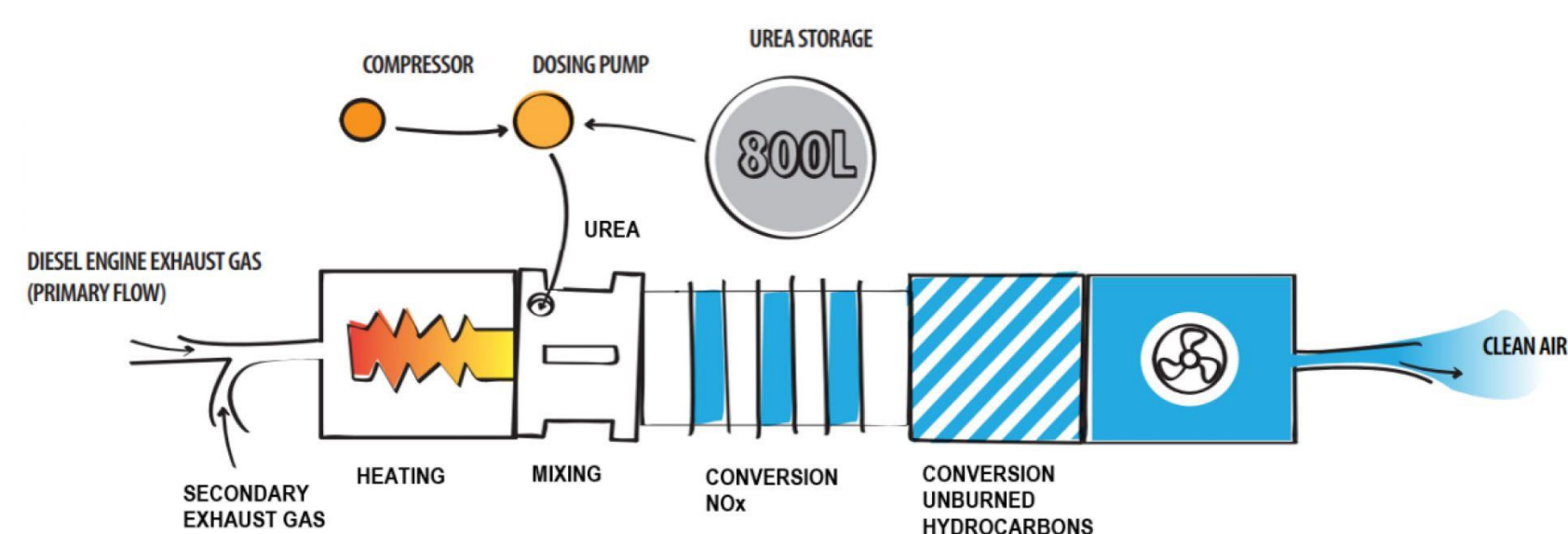
Bijlage tabel 39: Algemene informatie Greener mobiele batterij (Greener, z.d.).

Een duurzaam alternatief op diesel aggregaten is de Greener mobiele batterij. Dit is een halve zee container vol met batterijen om ondersteuning te bieden aan het bouwnet. Het systeem bestaat uit een oplaadsysteem met 8 autobatterijen die aangesloten worden op het elektriciteitsnet. De batterijen kunnen de piek opvangen van hoge belastingen op het net, van bijvoorbeeld de bouwkransen. Het systeem is niet specifiek voor korte pieken, maar kan ook gebruikt worden om normale dagelijkse behoefte van een hele dag te bufferen. De piek van de batterij ligt op 318 KVA. Tijdens de periode overdag, waarbij er overschot op de netcapaciteit is wordt de Greener ook weer bijgeladen. De Greener mobiele batterij is direct beschikbaar en wordt naar het bouwterrein aangevoerd op een trailer.

2.11 NoNOx filter



Bijlage figuur 58: NoNOx filter (VolkerWessels, 2020).



Bijlage figuur 59: NoNOx filter (VolkeWessels, 2020).

Transport maatvoeringen			
Totale Lengte	Totale breedte	Totale hoogte	Eigen gewicht
3,5 m	1,4 m	1,7 m	2000 kg

Bijlage tabel 40: Transport maatvoeringen NoNOx filter (Materieeldienst, z.d.).

Algemene informatie								
Maximale luchtiname	Maximale NOx reductie	NOx reductie	AdBlue verbruik	Inhoud voorraadtank AdBlue	Aansluitwaarde	Max. aangesloten motor vermogen	Oplaadtijd	Verkrijgbaar in NL
3000 m³/u	2100 g/u	>90%	7,5 l	600 l	63 A	500 kW	8 u	Direct beschikbaar

Bijlage tabel 41: Algemene informatie NoNOx filter (Materieeldienst, z.d.).

De NoNOx filter is een soort zeecontainer waarin een katalysator systeem zit dat stikstofuitstoot omzet in niet schadelijke stoffen. De NoNOx filterunit kan aangesloten worden op de uitlaat van bestaand diesel materieel. Vanwege de opstelling in een generator frame is de unit met name voor stilstaand en beperkt bewegend materieel zoals generatoren, boorstellingen, heistellingen en bouwkransen te gebruiken. is er 1 operationeel in Nederland. De container zal ongeveer beschikbaar komen op het moment dat Bébouw Midreth begint met de realisatiefase. Afmetingen van de container bedragen: 3,5 meter lang, 1,4 meter breed en 1,7 meter hoog. De NoNOx is gebaseerd op het inspuiten van AdBlue (Ureum) waarbij de NOx door middel van een katalysator wordt omgezet in N2 en H2O (VolkerWessels, 2020) De NoNOx is eenvoudig in gebruik volgens het “plug and play” principe. De NoNOx kan direct aangesloten worden op het aggregaat. Na het aansluiten zorgen de uitlaatgassen i.c.m. het verwarmingselement ervoor dat de NoNOx opwarmt en de temperatuur bereikt om NOx emissie af te breken. De NoNOx filter unit heeft zelf ook stroom nodig via een aansluiting van 63 A om te kunnen functioneren. De stikstof emissie van de NoNOx unit is nagenoeg 0, vandaar de naam van deze unit.

3 Samenvatting specificatie van zero emissie oplossingen per emissiebron

		Samenvatting specificatie van zero emissie oplossingen per emissiebron									
	Oplossing	Capaciteit	Omgevingsgeluid dB(A)		Max. vermogen	Batterij capaciteit	Aansluitwaarde	Aandrijving	Oplaadtijd		Effectieve werktijd
B1 Telekraan	Spierings SK487-AT3 City Boy	36 t	Onbekend		330 kW	85 kWh	25 A	Voedingskabel	N.v.t.		8 u
								Accu		4 u	
B2 Ruwterreinkraan	Potain GTMR 360	26,5 t	Max. 20 dB(A)		30 kW	N.v.t.	125 A	Voedingskabel	N.v.t.		8 u
B3 Verreiker	Manitou MT625-E	4,8 t	Indicatie 15 tot 25 dB(A)		Indicatie: 55 kW	Indicatie: 95 kWh	Indicatie: 20 A	Accu	6.5 u		8 u
B4 Mobiele bouwkraan	Potain GTMR 350	24,9 t	Max. 20 dB(A)		30 kW	N.v.t.	80 A	Voedingskabel	N.v.t.		8 u
B5 Heistelling	Elektrische Junttan PM20	46 t	Langzaam	94	150 kW	N.v.t.	Indicatie: 125 A	Voedingskabel	N.v.t.		8 u
			Snel	98							
			Piek	116							
B6 Betonpomp	Full Electric Truckmixer	4,2 t	Onbekend		N.v.t.	231 kWh	N.v.t.	Accu	AC-DC	12 u	100- 150 km
									DC-DC	2 u	
B7 Hydraulische Graafmachine	Caterpillar 323 F Z-Line	25 t	100 dB(A)		122 kW	300 kWh	62 A	Accu	6 u		10 u
	Mecalec e12	9,7 t	Onbekend		Indicatie: 85 kW	146 kWh	Indicatie: 32 A	Accu	6.5 u		8 u

Bijlage tabel 42: Samenvatting specificatie van zero emissie oplossingen per emissiebron

4 Herberekening stikstofdepositie door Aerius Calculator

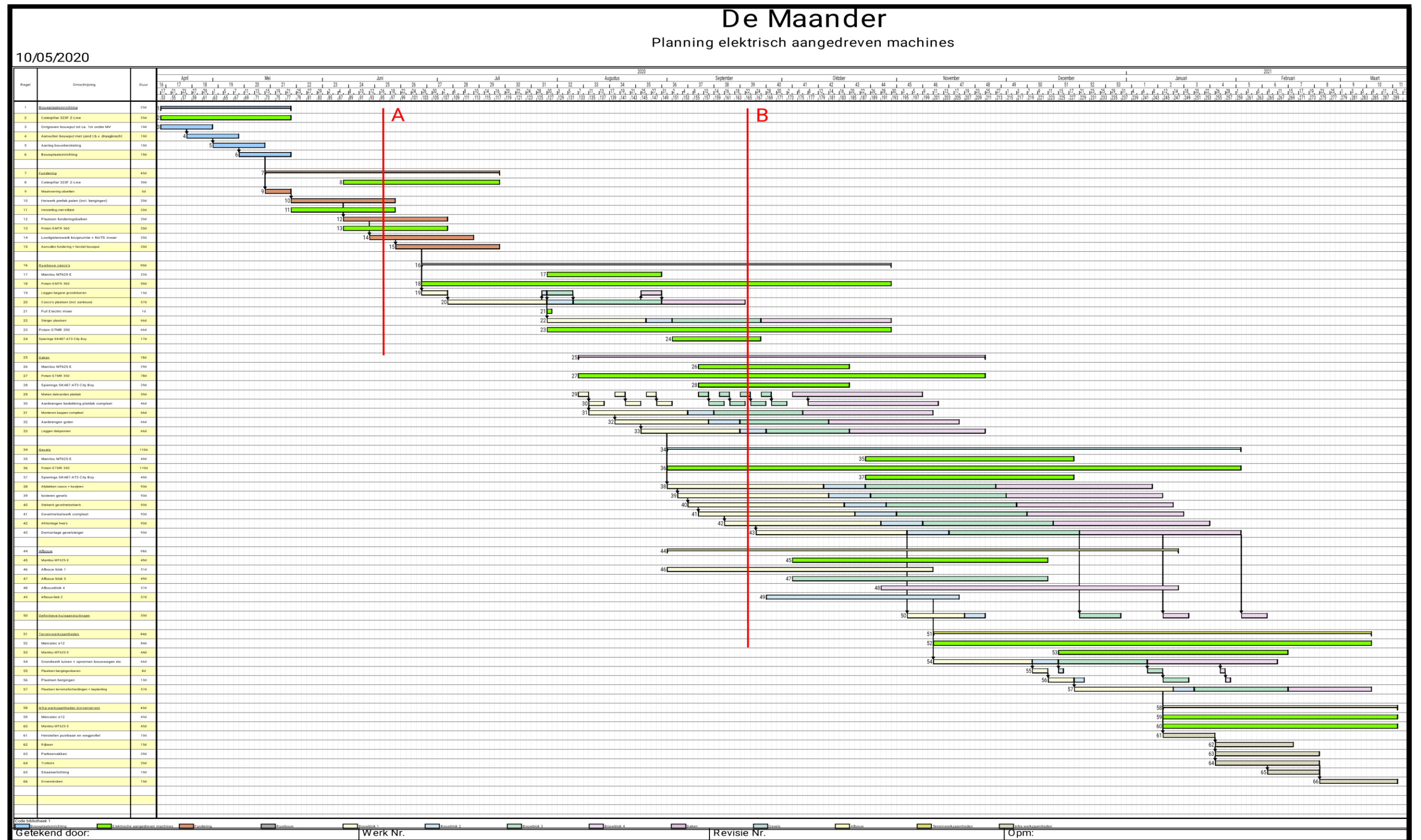
Bijlage tabel 43: Realisatiefase, overzicht stikstofemissie machines bij 'De Maander' nieuwe situatie

Materieel, machine	Stageklasse	Vermogen	Emissiefactor [g/kWh]	Aantal uur	Motorische belasting [%]	NOx [kg]
Spierings SK487-AT3 City Boy	N/A	330 kW	0,0	PM	60%	0
Potain GTMR 360	N/A	30 kW	0,0	PM	60%	0
Manitou MT625-E	N/A	55 kW	0,0	PM	60%	0
Potain GTMR 350	N/A	30 kW	0,0	PM	60%	0
Elektrische Junttan PM20	N/A	150 kW	0,0	PM	60%	0
Wierda-Framo Electric Truckmixer	N/A	N.v.t.	0,0	PM	60%	0
Caterpillar 323F Z-Line	N/A	122 kW	0,0	PM	60%	0
Mecalec e12	N/A	85 kW	0,0	PM	60%	0
Totaal						0

Bijlage tabel 44: Realisatiefase, overzicht stikstofemissie verkeer en transport bij 'De Maander' nieuwe situatie

Omschrijving		Aantal verkeersbewegingen	Afstand per vracht (m)	Afstand (km)	Emissiefactor (g/km)	NOx kg
Licht verkeer	personeel bouwplaats	1.436	200	287,2	0,07	0,1
Zwaar verkeer	Van en naar bouwplaats	3.240	200	648,0	1,14/0,62	0,5
Totaal						0,6

Bijlage 7 Planning elektrisch aangedreven machines



Bijlage figuur 60: Planning elektrisch aangedreven machines inclusief piekmoment A en piekmoment B

Bijlage 8 Energiebehoefte berekening

Voor de berekening van het piekverbruik op de piekmomenten zijn de door de fabrikant opgegeven waarden voor de aansluiting gebruikt.

Naast de waarden van de grote elektrische machines, welke de machines met verbrandingsmotoren hebben vervangen is er een energieverbruik door kleinere bouwmaschinen, zoals bouwdrogers, gipsspuitmachines, bouwkeetverwarming, steenzagen, bouwzagen en handmachines dat ook gedurende de bouw.

Om hier een onderbouwde aanname te kunnen doen zijn van een vergelijkbaar traditioneel woningbouwproject het elektra verbruik in ruwbouw fase en in de afbouwphase berekend naar aanleiding van het daadwerkelijk verbruik bij dat project.

Dit project bestond uit 26 woningen en duurde 212 werkbare dagen terwijl 'De Maander' bestaat uit 57 wooneenheden en in de planning staat voor 289 werkbare dagen.

Om het stroomverbruik van piekmoment A te bepalen is uit de energieafrekening voor het eerste deel van het project het energieverbruik bepaald en verdeeld over de periode. Voor piek moment B is dit gedaan met het verbruik in het laatste deel van het project. Hieruit zijn de gemiddelde belastingen van de aansluiting berekend. De piekmomenten zullen hoger liggen maar de exacte bepaling daarvan ligt buiten de scope van het onderzoek. De mogelijke onnauwkeurigheid die deze aanname veroorzaakt zal later in het onderzoek worden besproken.

Indien er wordt uitgegaan dat er per woning evenveel energie wordt verbruikt dan zal het dagelijks verbruik op project 'De Maander' een factor 1,58 hoger liggen.

	Verbruik [kWh]	Uren	Verbruik [kW]	Stroom [A]	Factor 1,58
Funderingsfase	20584	2184	9,4	17	26
Afbouwphase	36168	2184	16,6	30	47

Bijlage tabel 45: Electra verbruik voor funderingsfase en afbouwphase

Piekmoment A valt in de funderingsfase.

In de onderstaande tabel is de totale energiebehoefte voor piekmoment A berekend.

Piekmoment A			
	Omschrijving	Aansluitwaarde tijdens werkuren	Aansluitwaarde buiten werkuren
B5	Junttan PM20	125 A	N.v.t.
B2	Potain GTMR 360	125 A	N.v.t.
B7	Pon Cat 323F Z-line	N.v.t.	62 A
	NOx Filterbox 2.0	20 A	N.v.t.
	Overig verbruik	26 A	26 A
Totaal		296 A	88 A

Bijlage tabel 46: Totale energiebehoefte piekmoment A

De maximale waarde van 270 ampère wordt bereikt op het moment dat de heistelling en de rupskraan zich gelijktijdig verplaatsen en als tevens de NOx-filterbox is ingeschakeld.

Piekmoment B valt in de daken, gevels en afbouw fase. In deze periode wordt er nog steeds aan het betonnen casco gewerkt, is een verreiker werkzaam voor transport op de bouwplaats en worden dak en gevels aangebracht bij bouwblokken waar het betonnen casco al afgerond is. In onderstaande tabel is de benodigde energiebehoefte berekend.

Piekmoment B			
	Omschrijving	Aansluitwaarde tijdens werkuren	Aansluitend vermogen buiten werkuren
B1	Spierings SK487-AT3 City Boy	25 A	N.v.t.
B4	Potain GTMR 350	80 A	N.v.t.
B3	Manitou MT625-E	N.v.t.	20 A
B7	Mecalec e12	N.v.t.	32 A
	NOx Filterbox 2.0	20 A	N.v.t.
	Overig verbruik	47 A	47 A
Totaal		125 A	79 A

Bijlage tabel 47: Totale energiebehoefte piekmoment B

Tijdens de bouw is er de meeste behoefte aan een zware kraan in de periode van het casco en de fundering. Bij latere fases kan een lichtere bouwkraan ingezet worden. Hiermee wordt de maximaal benodigde stroom een stuk lager.

Het is de vraag of op een project van deze omvang kan worden volstaan met 1 bouwkraan. Deze zal zich dan veel moeten verplaatsten omdat de kraan bij diverse soorten werkzaamheden moet assisteren.

Bijlage 9 Kostenoverzicht

Meerprijs elektrische machines		
Onderwerp		Indicatieve meerprijs [%]
1.	Telekraan	Onbekend
	Het huidige marktaanbod beschikt nog niet over een elektrische variant van telekranen. Het is daarom nog te vroeg om deze van een indicatieve meerprijs te voorzien.	
2.	Ruwterreinkraan	Onbekend
	De vraag voor een indicatieve meerprijs voor elektrische ruwterreinkraan ten opzichte van een diesel aangedreven ruwterreinkraan met dezelfde capaciteiten is aan meerdere praktijkdeskundigen gesteld, echter wist geen van de ondervraagde een passend antwoord te geven. Op het gebied van huren kan gesteld worden dat de meerprijs zich bevindt op de verbruikte stroomkosten.	
3.	Verreiker	50 tot 75 %
	Uit een interview met een praktijkdeskundige (bijlage 11) kan er bij een elektrische verreiker gedacht worden aan een meerprijs van 50 tot 75 %, ten opzichte van een conventionele verreiker van dezelfde capaciteiten. Dit is sterk afhankelijk van het type accu die geïntegreerd is in de verreiker.	
4.	Mobiele bouwkraan	Onbekend
	De vraag voor een indicatieve meerprijs voor elektrische mobiele bouwkraan ten opzichte van een diesel aangedreven mobiele bouwkraan van dezelfde capaciteiten is aan meerdere praktijkdeskundigen gesteld, echter wist geen van de ondervraagde een passend antwoord te geven. Op het gebied van huren kan gesteld worden dat de meerprijs zich bevindt op de verbruikte stroomkosten.	
5.	Heistelling	Onbekend
	De extra kosten van het elektrificeren van de heistelling bevinden zich alleen in ontwikkelingskosten van VolkerWessels.	
6.	Betonmixer	100 tot 200 %
	Uit een interview met een praktijkdeskundige (bijlage 11) kan er bij een elektrische betonmixer gedacht worden aan een meerprijs van 100 tot 200 %, ten opzichte van een conventionele betonmixer van dezelfde capaciteiten.	
7.	Hydraulische graafmachine	200 tot 300 %
	Geïnterviewde Albert Lusseveld (bijlage 11) geeft aan dat de meerprijs van een elektrische graafmachine ten opzichte van een diesel aangedreven graafmachine van dezelfde capaciteiten een meerprijs heeft van 200 tot 300 %. Als voorbeeld de Caterpillar 323F Z-line, waarbij de aanschafprijs van de conventionele dieselvariant tussen de € 200.000 - € 250.000 ligt en de elektrisch aangedreven versie rondt de € 600.000 is.	

Bijlage tabel 48: Meerprijs elektrische machines

Bijlage 10 Checklist stikstofvrij project

Checklist stikstofvrij project		
	Project nummer	
	Project naam	
	Coördinator	
Onderwerp		Verantwoordelijk
1.	Gewichten van de bouwdelen	Constructeur
	Elektrische machines zijn naar de huidige stand van zaken lichter dan conventionele. Daarom moet al bij het uitwerken van het gebouw gestreefd worden naar zo klein en licht mogelijke bouwdelen.	
2.	Machinecapaciteiten	Werkvoorbereider
	Met name vanwege de beperkte energieopslag capaciteit van accu's in mobiele machines zijn de machines lichter dan conventionele machines. Ook kan de arbeidsduur per lading beperkt zijn. Een goede oriëntatie hierop is nodig om de impact beheersbaar te houden	
3.	Vermogen	Werkvoorbereider
	Alle energie voor de elektrische machines wordt in eerste instantie aangevoerd via de bouw aansluiting. Houd rekening met een zwaardere bouwaansluiting voor het project en zwaardere infrastructuur op de bouw.	
4.	Stroompieken	Werkvoorbereider
	Bij grote projecten zal alleen de bouwaansluiting niet voldoende zijn. Houd rekening met een ondersteuning om stroompieken op te vangen. Denk hierbij aan een energiebuffer of een alternatieve energieaanvoer op locatie.	
5.	Uitvoerduur	Planner
	Omdat de elektrische machines een lagere capaciteit hebben of soms ook een beperkte werkduur per lading zal in de planning rekening gehouden moeten worden met een langere uitvoeringsduur voor een aantal werkzaamheden.	
6.	Kosten	Calculator
	Elektrische bouwmaschinen zijn nog volop in ontwikkeling. Hierdoor worden de ontwikkelkosten doorberekend in de prijs van de machines. In de kostprijs van het project zullen deze hogere kosten moeten worden doorberekend.	
7.	Huren	Calculator
	Omdat er in de eerste generatie elektrische machines veel ontwikkelkosten worden doorberekend en waarschijnlijk ook veel kinderziektes en aanloop problemen zijn, is het te overwegen om de machines te huren voor een project. Hiermee kan sneller worden overgestapt op nieuwere generaties zodra deze beschikbaar komen.	

Bijlage tabel 49: Checklist stikstofvrij project

Bijlage 11 interviews



Bijlage figuur 61: Interviews (Immovlan, 2016).

1 Interviews met praktijkdeskundigen

Ten tijde van dit onderzoek hebben een aantal interviews plaatsgevonden met praktijkdeskundigen van verschillende achtergronden en bedrijven. Gezien de vrij uitzonderlijke situatie (COVID-19), waarbinnen dit onderzoek heeft plaatsgevonden zijn alle interviews telefonisch of per mail afgenomen. Interviews die van relevante waarde zijn geacht en die gebruikt zijn in het verslag zijn onderstaand opgenomen.

Ieder interview is begonnen met een algemene onderstaande introductie:

“Geachte heer/ mevrouw,

Voor mijn afstudeeronderzoek met als praktijkprobleem de stikstofproblematiek ben ik aan het onderzoeken wat de impact is van het veranderen van conventionele bouwmachines in elektrisch aangedreven bouwmachines. Dit doe ik voor aanneembedrijf Bébouw Midreth B.V. Dit is een concern van VolkerWessels. Ik heb hiervoor de volgende vragen aan u.”

1.1 Interview – 1

Geïnterviewde:	Albert Lusseveld (R)
Functie geïnterviewde:	Programmamanager Duurzaamheid en Veiligheid
Bedrijf:	Branchevereniging voor leveranciers van bouwmachines (BMWT)
Interviewer:	Stefan Lek (I)
Datum en soort interview:	27 februari 2020 om 10.00 uur – telefonisch contact
Onderwerp:	• Beschikbaarheid • Markontwikkelingen • Overheidsbeleid

I: ***Welke oplossingen zijn momenteel beschikbaar?***

R: *Wat je ziet is dat na intreding van stageklassen de hoogste 2 klassen (4 en 5) al aanzienlijk minder uitstoten en niet veel van elkaar verschillen. Het probleem zit hem vooral in machines van stageklasse 3A, 3B en lager. Veel machines uit deze stageklasse zijn tegenwoordig nog boosdoeners. Een voorbeeld van een oplossing of technieken om emissie te reduceren is SCR technologie met AdBlue vloeistof. Daarnaast kan je personeel trainen om brandstofefficiënt te draaien, dit zorgt voor een reductie van 5 tot 10% en dit wordt “het nieuwe draaien” genoemd. Tot slot kun je ook denken aan biobrandstof als alternatief.*

I: **Welke oplossingen zijn momenteel in ontwikkeling?**

R: De toekomst richt zich vooral op zero emissie. Dit is momenteel al mogelijk op een aantal manieren. Een mogelijkheid is batterijmachines op accu's. Dit zijn machines die voorzien zijn van een accupakket. Deze toepassing vindt je vooral bij kleinere machines die toegepast worden in het grondverzet. Deze manier van toepassing is volledig elektrisch. Een goed voorbeeld van zo'n machine is de Caterpillar 323-RH. Dit is een 25 ton graafmachine die beschikt over een accupakket. Een andere mogelijkheid is een machine aan de kabel. Dit is momenteel nog beperkt in de bouw en wordt veelal toegepast bij zware hijskranen. Waterstof begint ook langzaam een opmars te maken. Dit is echter nog behoorlijk nieuw. Je kunt hierbij denken aan een tijdsbestek van 5 tot 10 jaar en mijn verwachting is dat dit eerst op zware machines toegepast wordt van 10 tot 15 ton. Op dit moment zijn leveranciers meer gefocust op elektrische machines en ik verwacht dat dit tot minimaal 2045 blijft ontwikkelen.

I: **Wie keurt de oplossingen, beheert toezicht of bepaald wat de reductie is?**

R: De overheid voert een versnipperd beleid op het gebied van werkbaar materieel. Meten is echt een issue. Er is geen set aan milieu eisen, er vindt nog geen toezicht plaats en er is geen keuringssystematiek. Wel zijn er plannen voor een emissie APK, waarbij graafmachines gelabeld zullen worden. Mijn verwachting is dat de overheid en opdrachtgevers neigen naar zero emissie projecten. Gevolg hiervan is dat bedrijven steeds meer geprikkeld worden om hier naar toe te werken. Grote bedrijven zullen als eerste gaan om zoveel mogelijk projecten binnen te slepen. Dit zal echter nog in een langzaam proces verlopen. De aanschafwaarde van machines is simpelweg nog erg duur en er is een gebrek aan beschikbaarheid.

I: **Verwacht u dat de overheid de aanschaf van zulke machines zal stimuleren met subsidies?**

R: Voor zover bekend is er op dit moment geen lokale subsidie voor mobiele werktuigen. De enige relevante stimuleringsmaatregel op het gebied van investeringen in schonere machines is de MIA/VAMIL regeling. Ik raad je aan om de werking hiervan internet verder uit te zoeken. Mijn verwachting is dat de overheid investeringen gaat stimuleren door subsidies in werking te stellen. Denk hierbij aan een aanschafsubsidie of een sloopsubsidie voor machines t/m stageklasse 3.

1.2 Interview - 2

Geïnterviewde:	Albert Lusseveld (R)
Functie geïnterviewde:	Programmamanager Duurzaamheid en Veiligheid
Bedrijf:	Branchevereniging voor leveranciers van bouwmachines (BMWT)
Interviewer:	Stefan Lek (I)
Datum en soort interview:	1 mei 2020 om 10.30 uur – telefonisch contact
Onderwerp:	• Indicatieve meerprijs van het elektrisch uitvoeren plan 'De Maander'

- I:** ***Aan een meerprijs van hoeveel [%] kan gedacht worden bij het volledig elektrificeren van bouwmachines en werkzaamheden van project 'De Maander'?***
- R:** *Ik heb inhoudelijk naar het project gekeken, maar ik vind het erg lastig om hier een gegrond antwoord op te geven. Zoals je zelf al hebt aangegeven is de opkomst van elektrische machines een nieuw proces, waarbij er nog geen duidelijkheid is binnen leveranciers zelf over het vaststellen van prijzen. Wat je merkt is dat deze prijzen dus enorm verschillen van elkaar. Wat ik je wel kan vertellen is dat schonere machines aangeleverd worden door wereldspelers. Deze wereldspelers zijn afkomstig uit Scandinavië, Azië en Noord-Amerika. Deze worden momenteel onvoldoende geprikkeld tot overgang naar schonere machines en zien geen reden tot investering, aangezien de vraagkant nog beperkt is tot een handjevol landen, zoals Nederland, Denemarken, Zweden en Noorwegen. Dit zorgt voor hoge aanschafprijzen. Wat ik op dit moment zeker weet is dat je bij een elektrische graafmachine moet denken aan een meerprijs van 200 tot 300%. In je verslag kun je als voorbeeld noemen de Pon Cat 25 ton graafmachine, waarbij de conventionele versie € 200.000 tot € 250.000 bedraagt en een elektrisch aangedreven versie € 600.000. Op het gebied van kranen kan ik je verder niet helpen aan een indicatie. BMWT focust zich alleen op kleinere bouwmachines. Voor het onderzoek raad ik je aan om voor ieder type machine contact op te nemen met een praktijkdeskundige om een indicatie van een meerprijs te achterhalen.*

1.3 Interview – 3

Geïnterviewde:	Praktijkdeskundige X (R) (*)
Functie geïnterviewde:	Homologation engineer
Bedrijf:	Spieringscranes
Interviewer:	Stefan Lek (I)
Datum en soort interview:	19 maart 2020 om 14.00 uur – mail contact
Onderwerp:	- Beschikbaarheid SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive - Kosten SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive - Geluidsoverlast SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive en SK1265-AT6

(*) = Praktijkdeskundige wil niet bij naam vermeld worden

I:	Is de SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive direct beschikbaar?
R:	<i>De kraan is niet direct beschikbaar. Momenteel is er pas 1 operationeel in de Nederlandse markt en geen enkele in buitenlandse markten. Wel zal de productie spoedig op gang en zullen er meer van deze kranen uitgeleverd worden op korte termijn.</i>
I:	Wat is de geluidsoverlast voor de nabijgelegen omgeving van de SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive en SK1265-AT6?
R:	<i>Er zijn natuurlijk twee verschillende situaties te onderscheiden. Hierbij heb je het geluid in rijmodus en het geluid in kraanbedrijf. Voor het geluid in rijmodus moet er bij de City Boy ook nog onderscheid gemaakt worden tussen het rijden op hybride of alleen op de dieselmotor. De volgende waarden gelden voor het rijden op een snelheid van 30 km/h: 1a City Boy hybride: 79,3 dB(A), 1b City Boy dieselmotor: 75,7 dB(A), 2 SK1265-AT6: 83 dB(A). Voor het geluid in kraanmodus moeten de meetresultaten van de City Boy nog binnenkomen. Ik kan je dus niet objectief zeggen dat een City Boy in kraanbedrijf minder geluid produceert dan een SK1265-AT6.</i>
I:	Wat is de aanschafprijs van de SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive en wat zijn de huurkosten?
R:	<i>Je moet denken aan +/- € 750.000 euro aanschafwaarde. Wij verhuren zelf geen kranen, maar onze klanten kunnen ongeveer € 200/250 per uur vragen voor deze machine.</i>
I:	Wat is de meerprijs van de SK487-AT3 City Boy Plug-in Hybrid eDrive ten opzichte van een diesel aangedreven kraan met dezelfde capaciteiten?
R:	<i>Kijkend naar onze eigen kranen is het lastig om een goede vergelijking te maken, omdat wij geen diesel aangedreven 3-asser produceren. De City Boy zou je wel kunnen vergelijken met AT4. Qua capaciteiten is deze bijna gelijk, en qua kosten is deze 3% goedkoper dan een AT4. Hopelijk is je vraag zo voldoende beantwoord.</i>

1.4 Interview – 4

Geïnterviewde:	Praktijkdeskundige X (R) (*)
Functie geïnterviewde:	Sales manager
Bedrijf:	OC Filtration Solutions
Interviewer:	Stefan Lek (I)
Datum en soort interview:	19 maart 2020 om 15.15 uur – telefonisch contact
Onderwerp:	• Werking van NOx Filterbox 2.0 • Stikstofreductie van de NOx Filterbox 2.0 • Kosten van de NOx Filterbox 2.0 • Verwachte inzet bij referentieproject 'De Maander'

(*) = Praktijkdeskundige wil niet bij naam vermeld worden

I:	Hoe gaat het systeem van de NOx Filterbox 2.0 in zijn werking?
R:	<i>Het principe van de NOx Filterbox is eigenlijk een soort stofzuiger die stikstofoxiden uit de lucht aanzuigt. De filterbox heeft de afmetingen van een 20 ft zeecontainer en is gevuld met ventilatoren. Het aanzuigen van stikstof vindt plaats, door het hard laten draaien van deze ventilatoren. Vervolgens wordt de lucht door een filter geleid, waarbij de stikstof onttrokken wordt. Het is dus belangrijk om de filterbox op de juiste plaats op het bouwterrein neer te zetten. Je kunt hierbij denken aan de rand van het bouwterrein in de richting van een omliggend Natura 2000-gebied. Er moet dan wel rekening gehouden worden met de windrichting. De NOx Filterbox wordt momenteel al op verschillende bouwprojecten ingezet.</i>
I:	Wat is de exacte NOx reductie [%] bij optimale omstandigheden?
R:	<i>TNO testresultaten hebben bij op referentieproject aangetoond dat de filterbox instaat is om 27.000 kg stikstofoxiden op jaarlijkse basis uit de lucht te verwijderen. Als er sprake is van de juiste plaatsing en optimale omstandigheden schat ik in dat dit neerkomt op een reductie van stikstofoxiden van 80%.</i>
I:	Wat zijn de kosten van een NOx Filterbox 2.0?
R:	<i>Momenteel is verhuur van de filterbox nog niet beschikbaar. Op het gebied van kosten is er sprake van een eenmalige aanschafwaarde van € 70.000 euro.</i>

1.5 Interview - 5

Geïnterviewde:	Praktijkdeskundige X (R) (*)
Functie geïnterviewde:	Business Developer bouw & grid services
Bedrijf:	Greener Power Solutions
Interviewer:	Stefan Lek (I)
Datum en soort interview:	27 maart 2020 om 15.30 uur – telefonisch contact
Onderwerp:	• Werking van Greener mobiele batterij • Vermogen van de batterijen • Kosten van de Greener mobiele batterij

(*) = Praktijkdeskundige wil niet bij naam vermeld worden

- I:** **Hoe gaat het systeem van de Greener mobiele batterij in zijn werking?**
- R:** *Wij als Greener Power Solutions helpen verschillende ondernemingen of activiteiten aan elektriciteit op locatie. Dit is erg verschillend van festivalevenementen tot bouwactiviteiten. De laatste tijd hebben wij te maken met steeds meer bouwprojecten, waarvan de huidige aansluiting op locatie niet voldoende is. Bouwbedrijven staan dan voor een afweging van een grotere bouwaansluiting of een energiebuffer te plaatsen. Bij sommige bouwprojecten is een aansluiting van 3x 150A, 3x 160 A of 400 KvA vereist. Dit brengt veel kosten met zich mee en de wachttijd voor deze aansluiting kan oplopen tot 1 jaar. Wat wij leveren is eigenlijk een halve zeecontainer die voorzien zijn van een opslag van 8 auto batterijen. De unit is een regelsysteem die aangesloten wordt op het netstroom en kan op 2 manieren toegepast worden om de bouwaansluiting te ondersteunen. De eerste mogelijkheid is om de unit in te zetten bij piekbelastingen. Bijvoorbeeld bij het draaien van de kraan. De batterij dient dan weer snel opgeladen te worden. Een tweede mogelijkheid is om de batterij niet in te zetten bij piekbelastingen, maar deze in te zetten voor dagelijkse behoefte. Het “smart” inzetten zorgt ervoor dat de batterijen langer kunnen draaien. Er is ook een optie tot uitbreiding, mocht 1 batterij unit niet voldoende zijn dan kan dit uitgebreid worden tot een 2^e unit. De Greener mobiele batterij is al enkele malen toegepast op een bouwproject.*
- I:** **Wat zijn de kosten van een Greener mobiele batterij?**
- R:** *De Greener mobiele batterij kan alleen gehuurd worden. Dit kost € 3.500 per week. Echter moet ik hierbij vermelden dat dit erg veel lijkt, maar je moet dit afwegen tegen een grotere bouwaansluiting die niet nodig is door het inzetten van deze batterij.*

1.6 Interview – 6

Geïnterviewde:	Praktijkdeskundige X (R) (*)
Functie geïnterviewde:	Area Sales Manager Platforms & Key Accounts Benelux
Bedrijf:	Manitou Group
Interviewer:	Stefan Lek (I)
Datum en soort interview:	09 april 2020 om 15.30 uur – telefonisch contact
Onderwerp:	- Beschikbaarheid Manitou MT625-E - Geluidsoverlast Manitou MT625-E - Meerprijs elektrische verreikers
(*) = Praktijkdeskundige wil niet bij naam vermeld worden	

- I:** ***Is de Manitou MT625- E direct beschikbaar?***
- R:** *Nee, deze verreiker is momenteel nog in ontwikkeling en komt pas op de markt ten einde van 2021. Wat wij wel op de markt hebben zijn enkele roterende verreikers. Dit betreft de typen MRT2150, MRT2550 en MRT2470. Deze machines beschikken nog over een diesel motor maar kunnen bij het afstempelen volledig elektrisch draaien.*
- I:** ***Wat is de geluidsoverlast voor de nabijgelegen omgeving van de Manitou MT625-E?***
- R:** *Aangezien de verreiker nog in ontwikkeling is dit lastig te zeggen. Wat ik wel weet is dat de roterende verreikers MRT2150, MRT2550 en MRT2470 op elektrische stand een zeer lage geluidsoverlast hebben. Ik denk dat je redelijk in de buurt zit bij een indicatie van 15 tot 25 dB(A).*
- I:** ***Aan wat voor meerprijs kan gedacht worden bij een elektrische verreiker ten opzichte van een conventionele diesel verreiker?***
- R:** *Dat is erg afhankelijk van het accupakket die geïntegreerd is in de verreikers. Bij een accupakket die een verreiker kan laten draaien van 5 tot 6 uur per dag kan je denken aan een meerprijs van 50% en bij een accupakket die een verreiker tot 8 uur kan laten draaien zit je tegen een meerprijs van 75%. Ik denk dat je bij 50 tot 75% een redelijk veilige indicatie hebt van een meerprijs van elektrische verreikers ten opzichte van diesel aangedreven verreikers.*

1.7 Interview – 7

Geïnterviewde:	Praktijkdeskundige X (R) (*)
Functie geïnterviewde:	Werkvoorbereider
Bedrijf:	Ahlmann Nederland
Interviewer:	Stefan Lek (I)
Datum en soort interview:	30 april 2020 om 16.30 uur – telefonisch contact
Onderwerp:	- Beschikbaarheid Mecalec e12 - Geluidsoverlast Mecalec e12

(*) = Praktijkdeskundige wil niet bij naam vermeld worden

I:	<i>Is de Mecalec e12 direct beschikbaar?</i>
R:	<i>Nee, deze elektrische graafmachine is niet direct beschikbaar. Verwachting is dat hij eind 2020 op de markt beschikbaar komt.</i>
I:	<i>Wat is de geluidsoverlast voor de nabijgelegen omgeving van de Mecalec e12?</i>
R:	<i>Er zijn nog geen meetwaardes bekend, echter heb ik de Mecalec e12 zelf bezocht in Zuid Frankrijk waar hij werkzaam was. De geluidsoverlast was echt minimaal. Ik durf je geen waarde te geven, omdat ik het erg lastig vind om een goede in schatting te maken maar ik kan je met veel zekerheid zeggen dat hij een stuk minder geluid produceert dan een diesel graafmachine.</i>

1.8 Interview – 8

Geïnterviewde:	Praktijkdeskundige X (R) (*)
Functie geïnterviewde:	Engineer
Bedrijf:	Ahlmann Nederland
Interviewer:	Stefan Lek (I)
Datum en soort interview:	01 mei 2020 om 12.00 uur – mail contact
Onderwerp:	• Werking van een Full Electric Truckmixer • Geluidsoverlast Full Electric Truckmixer • Meerprijs Full Electric Truckmixer

(*) = Praktijkdeskundige wil niet bij naam vermeld worden

- I:** **Hoe gaat de Full Electric Truckmixer in zijn werking?**
- R:** *Dit systeem wordt veel gebruikt op trailer betonmixers (kan ook op truckmixers toegepast worden) standaard worden deze mixers hydraulisch aangedreven door een diesel motor. zodra er voor een Full Electric Truckmixer is gekozen wordt er geen diesel motor of hydrauliek meer op de trailer geplaatst. in plaats daarvan wordt er een elektromotor rechtstreeks op de planetaire overbrenging van de mixer gemonteerd. de mixer kan dus enkel elektrisch aangedreven worden. Hier wordt veelal gebruik gemaakt van een 60 kWh accupakket in combinatie met een 22 kW lader, waardoor kan het systeem in 3 uur weer opgeladen kan worden.*
- I:** **Wat is de geluidsoverlast voor de nabijgelegen omgeving van de Full Electric Truckmixer?**
- R:** *Er is nog geen geluidsmeting gedaan voor een Full Electric Truckmixer. In de bijlage heb ik je wel een geluidsmeting gestuurd van een vrachtwagen met autokraan. Wel moet ik hierbij vermelden dat een mixer aanzienlijk meer geluidsreductie heeft dan een kraan, doordat de kraan hydraulisch aangedreven is en een mixer mechanisch.*
- I:** **Aan wat voor meerprijs kan gedacht worden bij een Full Electric Truckmixer ten opzichte van een conventionele beton mixer?**
- R:** *Wat de extra kosten betreft denk ik dat een meerprijs van 100-200 % een behoorlijk accurate waarde is.*