

Versnelling naar een emissievrije bouwplaats met waterstof en slimme laadstrategieën

Dr. Ir. Ömer Türkmen & Ir. Harm Jansma

3 december 2025 | Bouwmachines Kennisdag | Harderwijk

Koninklijke
oosterhofholman





LIMACH

100% innovatief

100%
ELEKTRISCH

Koninklijke
oosterhof holman

100%
ELEKTRISCH

Koninklijke
oosterhof holman

HERAS



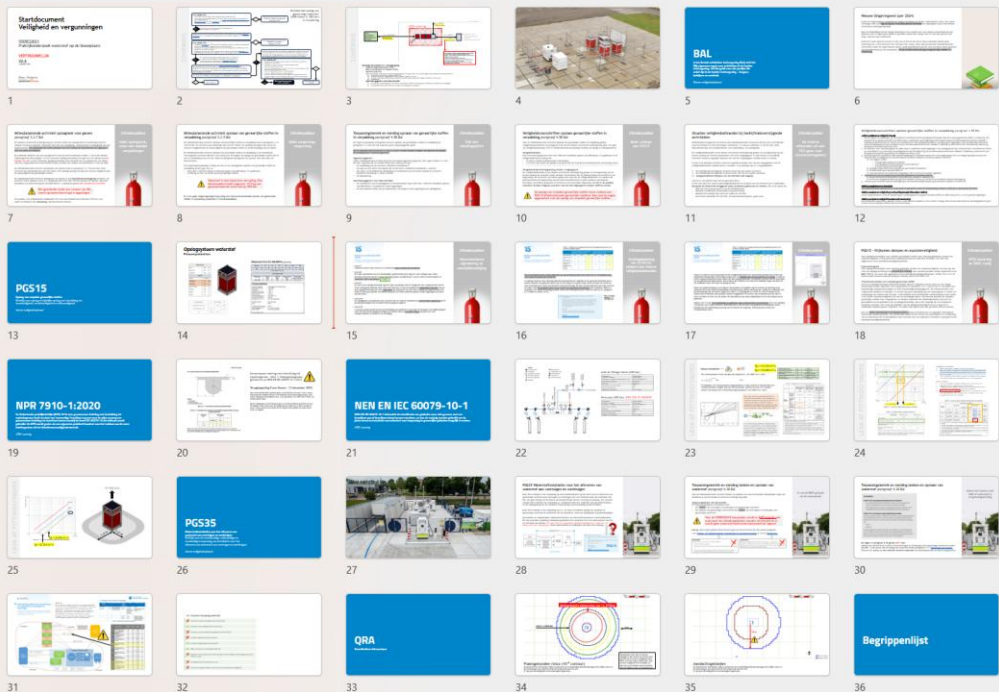
6001114

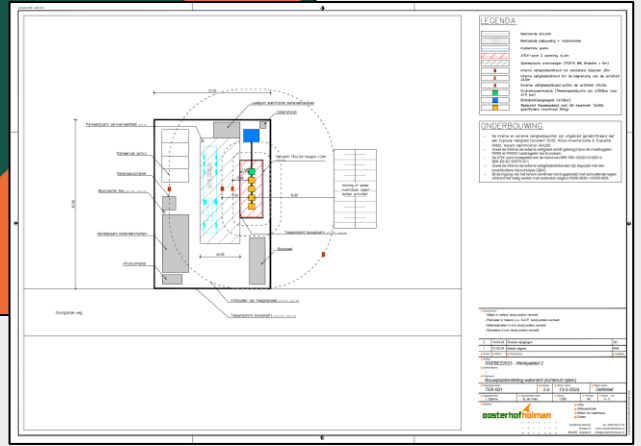
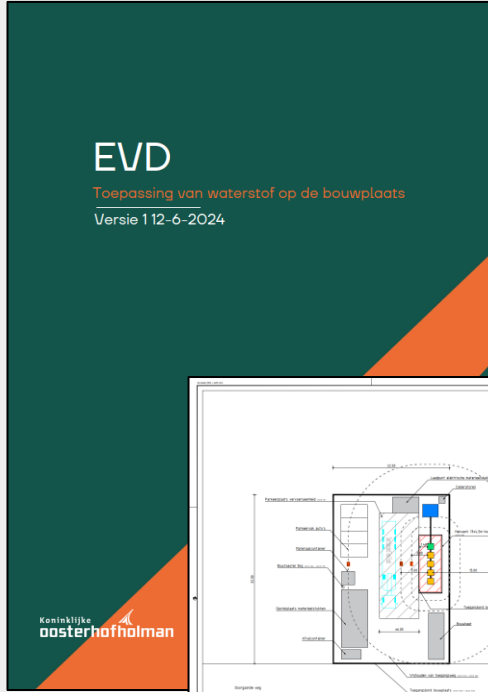
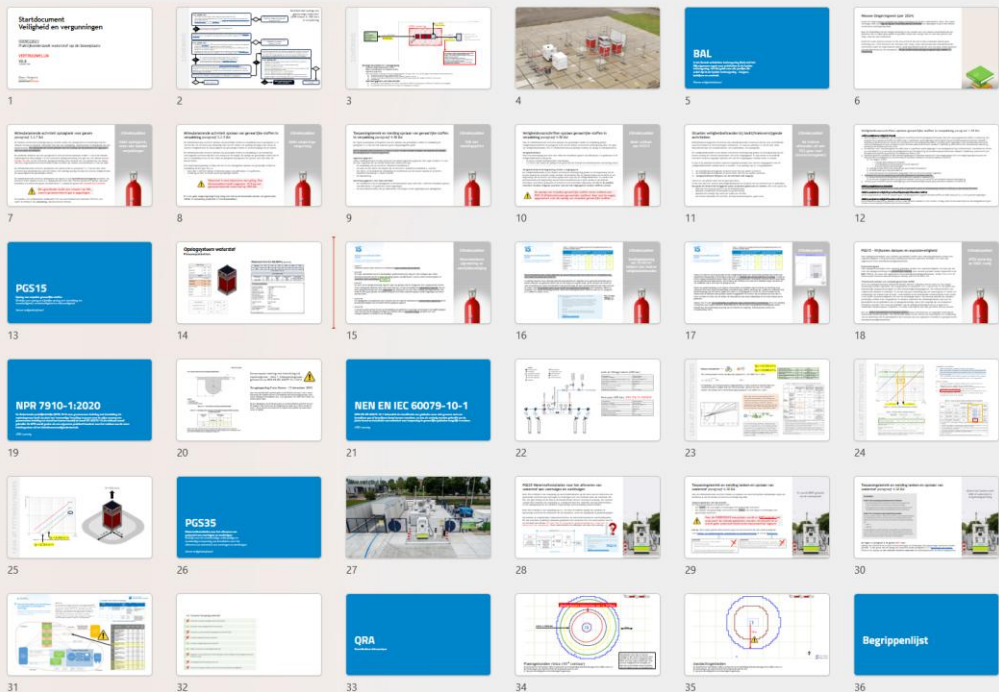


DOELSTELLING

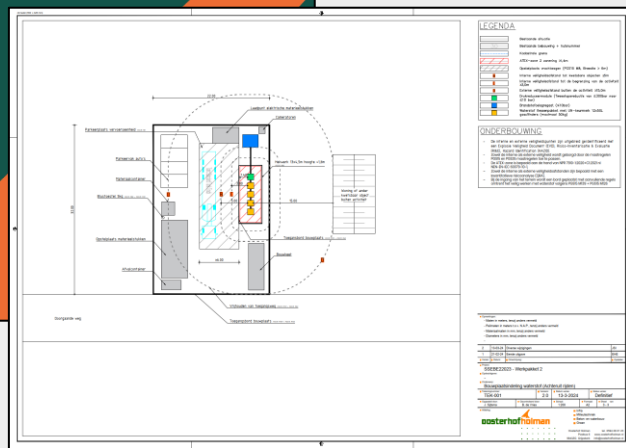
**Het versnellen van de inzetbaarheid van batterij-
elektrische bouwmachines
op bouwplaatsen met géén of beperkte netcapaciteit,
door het opbouwen van praktijkgerichte inzichten
voor de toepassing van waterstof op de bouwplaats.**

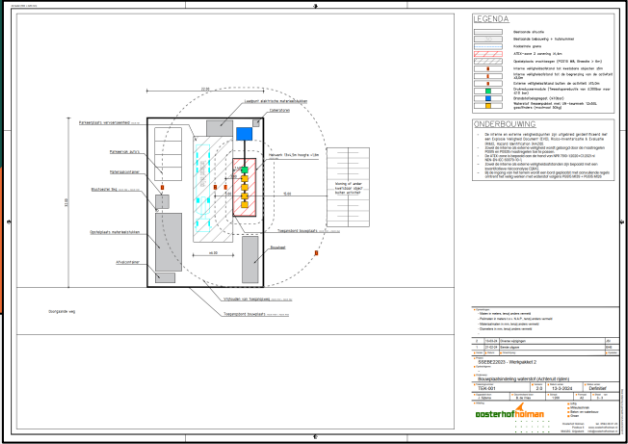
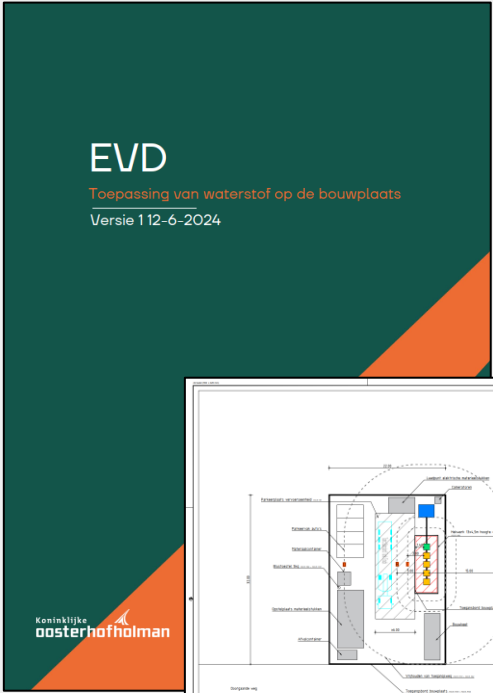






Toepassing van waterstof op de bouwplaats
Versie 12-6-2024







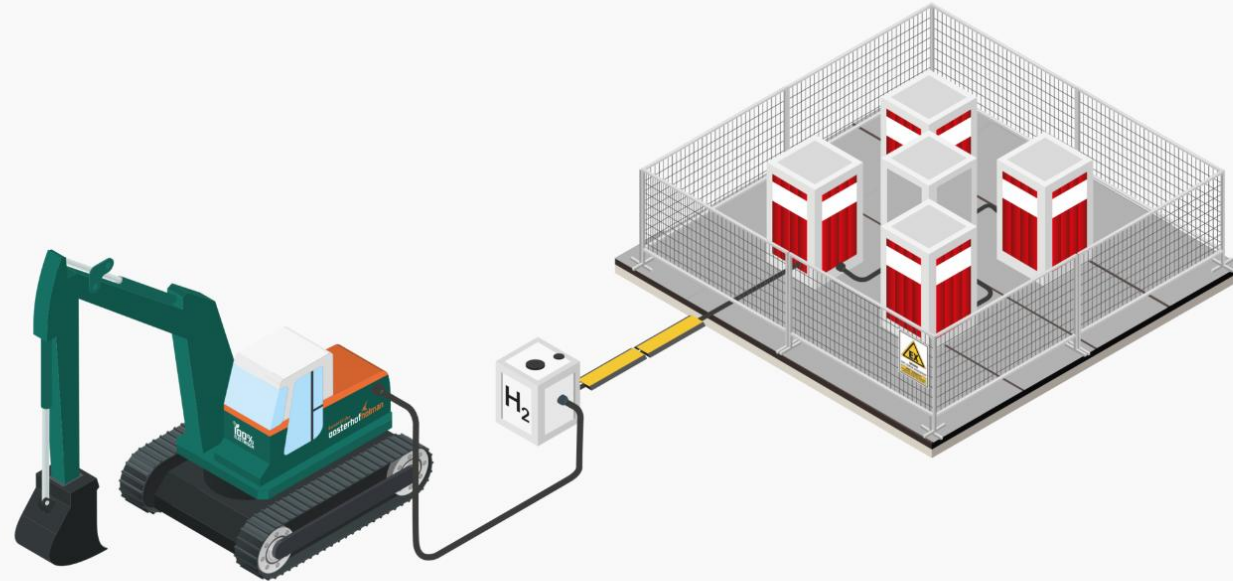












Online kennisplatform
www.bouwenopwaterstof.nl



Bouwen op Waterstof

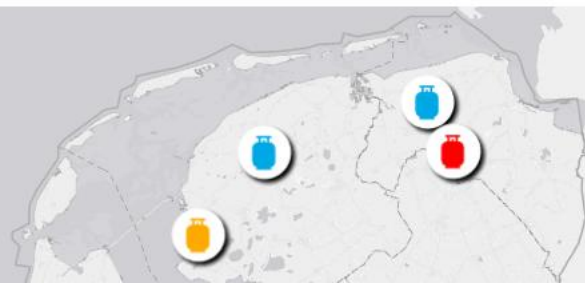
Hét online kennisplatform voor de veiligheid
en techno-economische toepassingskaders
van waterstof op de bouwplaats.



Waterstof-aangedreven bouwplaatsen - Projecten & Meldingen



Bouwenopwaterstof.nl





Waterstof-aangedreven bouwplaatsen - Projecten & Meldingen



Bouwenopwaterstof.nl



Waterstof op de bouwplaats

Status



Afgekeurd



Goedgekeurd



In behandeling



Uitgevoerd



1 van 2

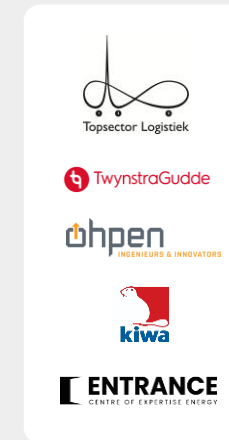
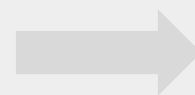
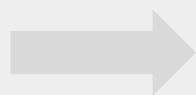
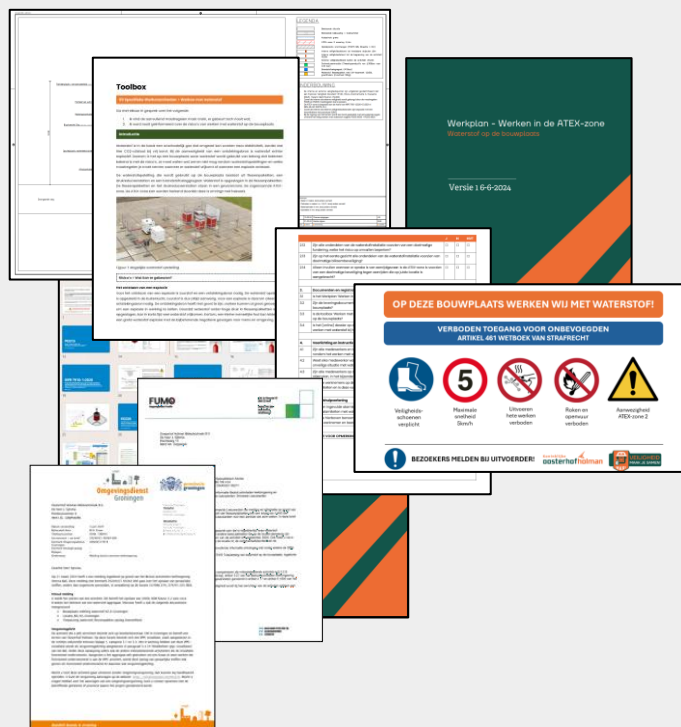
Vervangen aansluiting Friesland
Campina

Zoomen naar

Leverancier aggregaat	Genpower
Leverancier waterstof	Van Staveren
Totaal kg waterstof verbruikt	295
Opgewekte energie in kWh	4200
Opslagmethode	Flessenpakketten
Geleerde lessen	Hoge transport gasleidingen dienen in acht genomen te worde bij het bepalen van locatie van de waterstof opstelling

Bijlagen





Leveranciers/
transporteurs



Brandstofcel-
aggregaat
leveranciers



Aannemers



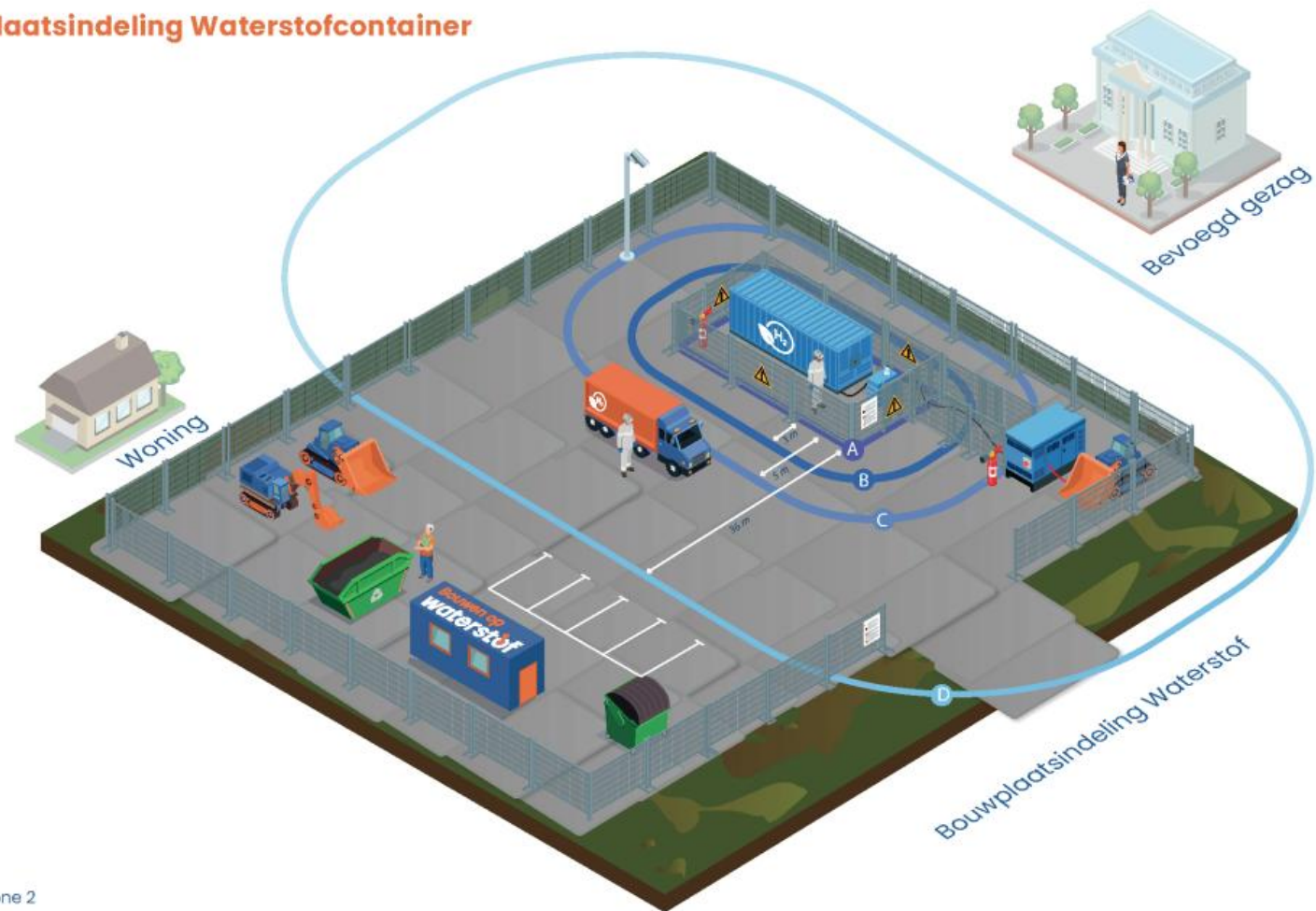
Ondersteunende
partijen



Kennis-instellingen

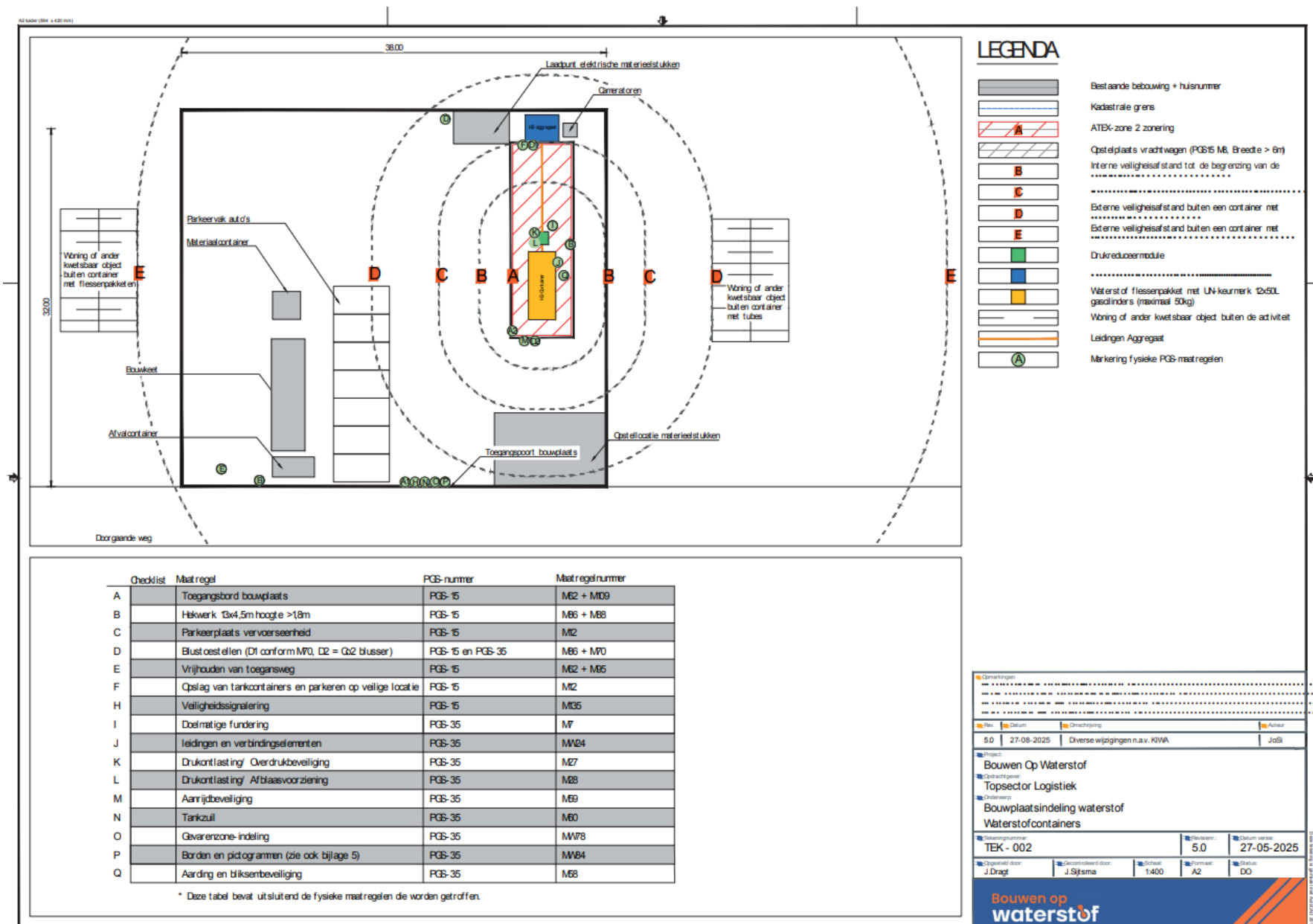


Bouwplaatsindeling Waterstofcontainer



Zones

- A ATEX-zone 2
- B Minimale veiligheidsafstand tot begrenzing bouwplaats (3 meter van zone A)
- C Gewenste veiligheidsafstand tot objecten en ontstekingsbronnen binnen de bouwplaats (5 meter vanaf zone A)
- D Veiligheidsafstand tot objecten en ontstekingsbronnen buiten de bouwplaats (36 Meter van zone A)



Bijlage 4. Voorbeeld werkplekinspectieformulier

Projectgegevens:		Paraaf
Project:	[Onderwerp]	
Projectnummer:	[Categorie]	
Uitvoerder:		
Datum:		

		J	N	NVT
1.	Inrichting bouwplaats			
1.1	Is de ondergrond van de bouwplaats vrij van obstakels en grote oneffenheden?	☐	☐	☐
1.2	Bij de ingang van de bouwplaats is het 'Wij werken hier met waterstof' bord opgehangen en goed zichtbaar voor degenen die de bouwplaats binnenkomen?	☐	☐	☐
1.3	Is op de bouwplaats een draagbaar water of poeder blustoestel aanwezig, geschikt voor brandklassen B en C van minstens 5KG en blusvermogen van ten minste 43A/23B.	☐	☐	☐
1.4	Is het draagbare blustoestel beschikbaar en bereikbaar voor iedere werknemer op de bouwplaats?	☐	☐	☐
1.5	Ligt de ATEX-zone in de vluchtroute van de bouwplaats?	☐	☐	☐
1.6	Is het laadvlak voor het laden en lossen van de flessenpakketten voorafgaande aan de activiteit bepaald?	☐	☐	☐
2.	Inrichting ATEX-zone			
2.1	Is de ATEX-zone compleet afgebakend met de daarvoor bestemde bouwhekken met een minimale hoogte van 1,8m?	☐	☐	☐
2.2	Is de ATEX-zone voorzien van correcte camerabewaking?	☐	☐	☐
2.3	Is het EX-symbool (zie onderstaande afbeelding) aan iedere zijde van de ATEX-zone aangebracht?	☐	☐	☐
2.4	Is het ATEX-zone bord, met hierop meerdere waarschuwingssymbolen, aanwezig nabij de bouwhekken van de ATEX-zone en zichtbaar voor alle werknemers?	☐	☐	☐
2.5	Staan de bouwhekken van de ATEX-zone op de afstand zoals aangegeven door de leverancier van de waterstof?	☐	☐	☐
2.6	Liggen op een afstand kleiner dan 2m van de ATEX-zone brandbare materialen zoals lege of losse pallets?	☐	☐	☐
2.7	Staat op de vastgestelde interne veiligheidsafstand rondom de flessenpakketten materieel gepositioneerd?	☐	☐	☐
2.8	Staat de waterstofopslag op minimaal 3m vanaf de begrenzing van de werkplek of bouwplaats?	☐	☐	☐
2.9	Staat de waterstofopslag conform de externe veiligheidsafstand ten opzichte van kwetsbare objecten, zoals huizen, loodsen en schuren?	☐	☐	☐
2.10	Zijn boven de gehele ATEX-zone geen obstakels aanwezig zoals bomen of daken?	☐	☐	☐
2.11	In de ATEX-zone bevindt zich geen begroeiing zoals struiken, bomen en grote onkruidplanten?	☐	☐	☐
2.12	Zijn alle onderdelen van de waterstofinstallatie voorzien van een doelmatige fundering, welke het risico op omvallen beperken?	☐	☐	☐

Bijlage 5. Voorbeeld bouwplaatsborden

OP DEZE BOUWPLAATS WERKEN WIJ MET WATERSTOF!

VERBODEN TOEGANG VOOR ONBEVOEGDEN
ARTIKEL 461 WETBOEK VAN STRAFRECHT



Veiligheids-schoenen verplicht



Maximale snelheid 5km/h



Uitvoeren hete werken verboden



Roken en openvuur verboden



Aanwezigheid ATEX-zone 2

 **BEZOEKERS MELDEN BIJ UITVOERDER!** 

Figuur 14 Toegangsbord A1: betreden van de bouwplaats.

ATEX-zone 2

ALLEEN TOEGANKELIJK VOOR DE AANGEWEZEN IV'ER
(INSTALLATIEVERANTWOORDELIJKE)



Niet ex-apparaat verboden



Roken en openvuur verboden



Antistatische werkkleding verplicht



Antistatische schoenen verplicht



Waarschuwing: Explosiegevaar in het gebied



Waarschuwing: Ontvlambaar materiaal

 **HOU DE ATEX-ZONE ALTIJD IN ACHT!** 

Figuur 15 Toegangsbord A2: het betreden van de ATEX-zone 2.

RI&E Waterstof-aangedreven bouwplaats											
Datum: 23-7-2025											
Opslagmethode: waterstofflessenpakketten											
Nr.	Risico Categorie	Locatie	Activiteit / Categorie	Risico omschrijving	Effect	Waarschijnlijkheid	Risico	Voorgestelde beheersmaatregelen	Effect	Waarschijnlijkheid	Risico
Organisatorisch											
1.1	Noodgeval	Algemeen	Communicatie tijdens noodgevallen	Goede duidelijke communicatie tijdens noodsituaties kan van cruciaal belang zijn om de juiste actie te ondernemen.	4	C	4C	Definieer in het noodplan duidelijk de waarschuwingsprocedure en de communicatie bij incidenten (bijvoorbeeld mobiele telefoon).	4	A	4A
1.2	Technisch	Storing	Storingen die optreden tijdens verschillende fases van het project	Storingen kunnen de reguliere 'bedrijfsvoering' verstoren. Vaak willen mensen storingen snel oplossen, zonder de risico's goed in kaart te brengen en voldoende beheersmaatregelen te nemen.	4	E	4E	Opstellen van een faalplan; wat te doen als een specifiek scenario zich voordoet; HAZOP om risico's in het ontwerp te verminderen; maak een procedureplan.	4	B	4B
1.3	Technisch	Installatie	Inspectie en testen van kritische installatiecomponenten	Om de status van kritische onderdelen van de installatie in kaart te brengen zijn inspecties en tests noodzakelijk.	4	E	4E	Bepaal vooraf welke testen en inspecties voor (kritieke) installatieonderdelen noodzakelijk zijn. Stel hiervoor een inspectieplan op en voer dit uit.	3	B	3B
1.4	Organisatorisch	Algemeen	Het systeem installeren	Er wordt verwacht dat slechts een beperkt aantal operators beschikbaar zal zijn om het systeem te bedienen. Dit maakt het project kwetsbaar, denk aan ziekte, vakantie etc. Beperkte toegang tot gekwalificeerde personen.	1	D	1D	Zorg ervoor dat er voor ieder systeemonderdeel voldoende back-up beschikbaar is. Overweeg om kritische testen/onderzoeken op vaste dagen uit te voeren, zodat rekening gehouden kan worden met de planning.	1	D	1D
1.5	Organisatorisch	Opstelplaats systeem/ terrein	Aanwezigheid van uitvoerend personeel	Op de locatie van het systeem is uitvoerend personeel aanwezig. Als hier onvoldoende rekening mee wordt gehouden, kan dit in geval van een calamiteit tot onschuldige slachtoffers leiden.	2	C	2C	Houdt bij alle veiligheidsstudies rekening met de aanwezigheid van bewoners en bezoekers. Gebruik geschikte veiligheidsmaatregelen om het systeem af te schermen.	1	C	1C
1.6	Organisatorisch	System site / Terrain	Aanwezigheid van bezoekers	Mogelijk zijn er bezoekers aanwezig op de site van het systeem. Als hier onvoldoende rekening mee wordt gehouden, kan dit in geval van een calamiteit tot onschuldige slachtoffers leiden.	4	B	4B	Bouwplaatsvoorlichting voor de bezoekers en het beperken van toegang tot bepaalde delen van de bouwplaats, zoals de ATEX-zone.	4	A	4A
1.7	Noodgeval	Terrein	Toegang voor hulpdiensten tot de locatie en het dichtstbijzijnde ziekenhuis	De toegang voor noodgevallen kan onduidelijk zijn of geblokkeerd	4	C	4C	Duidelijk noodplan en communicatie. Bebording. Uitvoeren controles door uitvoerder.	4	B	4B
1.8	Bereikbaarheid	Terrein	De bouwplaats blijft ondanks de afgelegen ligging toegankelijk voor iedereen die wil inbreken	Mogelijk wangedrag van onbevoegde bezoekers, met als gevolg ongelukken	2	C	2C	Doe de hekken dicht, minimaliseer de toegang voor bezoekers, bezoek alleen onder begeleiding van een deskundige, borden plaatsen (toegang verbieden), gedragsinstructie. Het toepassen van 24/7 camerabewaking op de bouwplaats.	2	B	2B

Ontstekingsbronnen analyse – Waterstof-aangedreven bouwplaats

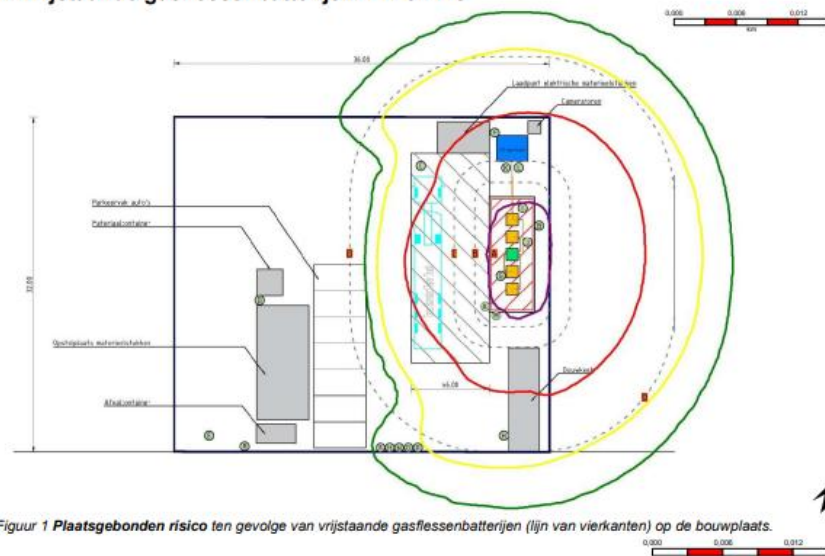
Datum: 23-7-2025

Opslagmethode: Flessenpakketten



Risico-inventarisatie										Mitigerende maatregelen					
Nummer	Bron	Binnen of buiten ATEX-zone	Omschrijving	Oorzaak ontstekingsbron	Opmerkingen en/of toelichting	Waarschijnlijkheid	Blootstelling	Effect	Risico index	Verantwoordelijke voor het nemen van de maatregel	Genomen maatregel	Waarschijnlijkheid	Blootstelling	Effect	Risico
1	Materieel	Binnen en buiten	Schuivende rekken met gasflessen en schuivende lepels van vorkheftrucks, bijvoorbeeld door het neerzetten of aandrukken van de bundels met gasflessen.	Mechanisch opgewekte vonken	Chauffeurs dienen de lepels van vorkheftrucks voor de veiligheid van voetgangers nabij de grond te houden. Door de snelheid van werken willen chauffeurs de lading op de lepels (gasflessen) soms ook op de grond houden.	1	2	15	30	KOH + Van Staveren	Voorlichting van chauffeurs over de ATEX-zone en specifiek over de risico's bij vorkheftrucks betreffende schuiven met rekken en de lepels.	0,2	2	15	6
2	Materieel	Binnen en buiten	De verbrandingsmotor van een vorkheftruck kan een ontstekingsbron zijn.	Combinatie van bronnen	Het is (theoretisch) mogelijk om met het aandrijfdeel en dus de mogelijke ontstekingsbronnen in de ATEX-zone te komen.	1	2	15	30	Van Staveren	Voorlichting van chauffeurs over de ATEX-zone en specifiek voorlichten over de risico's van een verbrandingsmotor.	0,5	1	15	7,5
3	Materieel	Binnen	In een ATEX-zone 2 mag handgereedschap zonder inherente ontstekingsbron toegepast worden	Mechanisch opgewekte vonken	In een ATEX-zone 2 mag handgereedschap zonder inherente ontstekingsbron toegepast worden.	0,5	2	15	15	KOH	In een ATEX mag uitsluitend handgereedschap zonder inherente ontstekingsbron toegepast worden en goede voorlichting van medewerkers die in de ATEX-zone werken.	0,5	1	15	7,5
4	Materieel	Binnen	Potentiaalverschil tussen componenten, installatiedelen en mensen.	Elektrische zwerfstromen	De waterstofinstallatie is voorzien van juiste aarding.	0,2	2	15	6	KOH	Periodieke controle van de aarding volgende de geldende normen handhaven. Goede voorlichting van gebruikers van de afvulzuil over nut en noodzaak van goede aarding.	0,1	2	15	3
5	Werknemers	Binnen	Wanneer een voorwerp of persoon beweegt t.o.v. een ander voorwerp krijgt het voorwerp of de persoon een elektrische lading.	Vonkontlading, door het anjuist dragen van PBM's.	Gebruikers dragen antistatische kleding en schoeisel.	0,2	2	15	6	KOH + Van Staveren	Antistatische kleding en schoeisel blijven voorschrijven en dragen en goede voorlichting van medewerkers die in de ATEX-zone werken.	0,2	2	15	6
6	Opstelling	Binnen	Statische elektriciteit door snelle uitstroming van het gas.	Vonkontlading	De waterstofinstallatie is voorzien van juiste aarding.	1	2	15	30	KOH	Periodieke controle van de aarding volgende de geldende normen handhaven. Goede voorlichting van gebruikers van de afvulzuil over nut en noodzaak van goede aarding.	0,2	2	15	6
7	Materieel	Binnen	Aanrijden of omverrijden van bundels of aggregaat met gasflessen door heftrucks	Aanrijding	Het is mogelijk dat heftruck chauffeurs per ongeluk tegen een gasflesbundel aanrijden.	1	2	15	30	Van Staveren	Voorlichting van chauffeurs over de ATEX-zone en specifiek voorlichten over het omverrijden van de waterstofbundels.	0,5	2	15	15
8	Materieel	Buiten	Aanrijden of omverrijden van bundels of aggregaat met gasflessen door bouwplaats materieel	Aanrijding	Het is mogelijk dat chauffeurs op de bouwplaats per ongeluk de ATEX-zone inrijden en tegen een gasflesbundel aanrijden.	0,5	1	15	7,5	KOH	De afvulzuil en de drie bundels met gasflessen worden op een dusdanige plek geplaatst dat de mogelijkheid tot aanrijden tot een minimum beperkt wordt. Indien dit niet afdoende is wordt aanrijbeveiliging geïnstalleerd.	0,2	1	15	3
9	Verkeer	Buiten	Aanrijden of omverrijden van bundels of aggregaat met gasflessen door externe partijen	Aanrijding	Het is mogelijk dat auto's van de weg raken en per ongeluk de ATEX-zone inrijden en tegen een gasflesbundel aanrijden.	0,2	0,5	40	4	KOH	De afvulzuil en de drie bundels met gasflessen worden op een dusdanige plek geplaatst dat de mogelijkheid tot aanrijden tot een minimum beperkt wordt. Indien dit niet afdoende is wordt aanrijbeveiliging geïnstalleerd.	0,1	0,5	40	2
10	Materieel	Binnen en buiten	Onderhoud of andere "warme" werkzaamheden in en rondom de ATEX-zone	Vonken, gassen en lossappen	Verbod op het uitvoeren van "hete" werkzaamheden. Er wordt een systeem met toestemmingsverlening gehanteerd. Mochten "hete" werkzaamheden uitgevoerd worden, staan alle bundels dicht en wordt er ook geen voertuig gevuld.	0,5	2	15	15	KOH	Handhaven van het toepassen van toestemmingsverleningssysteem met aandacht voor ATEX.	0,2	2	15	6
11	Bliksem	Binnen	Blikseminslag	Blikseminslag	Bliksemafleiding is aanwezig en wordt periodiek geïnspecteerd, hiervan zijn inspectierapporten aanwezig.	0,2	2	15	6	KOH	Handhaven op de periodieke inspectie van de bliksemafleiding.	0,1	2	15	3
12	Werknemers	Binnen	Medewerkers kunnen een ontstekingsbron introduceren in een ATEX-zone door een mobiele telefoon.	Elektrische apparaten	Medewerkers mogen geen mobiele telefoons bij zich dragen tijdens hun werkzaamheden in de ATEX-zone.	0,2	2	15	6	KOH + Van Staveren	Handhaven van verbod om mobiele telefoons bij zich te dragen tijdens werkzaamheden bij de afvulstations. Verbodsborden op gebruik van telefoon. Alleen ATEX gecertificeerde apparaten gebruiken in de ATEX-zone.	0,2	2	15	6
13	Werknemers	Binnen	Medewerkers kunnen ontstekingsbronnen introduceren in een ATEX-zone zoals lampen, gereedschap	Elektrische apparaten	Medewerkers mogen geen elektrische apparaten bij zich dragen tijdens hun werkzaamheden in de ATEX-zone.	0,2	2	15	6	KOH + Van Staveren	Handhaven van verbod om elektrische telefoons bij zich te dragen tijdens werkzaamheden bij de afvulstations.	0,2	2	15	6
14	Werknemers	Binnen en buiten	Roken	Vuur	Rookverbod op de gehele locatie.	0,2	2	15	6	KOH	Handhaven op het rookverbod.	0,2	2	15	6
15	Werknemers	Binnen en buiten	Verkeerde manier van werken in de ATEX-zone en rondom de waterstofopstelling	Combinatie van bronnen	De medewerkers zijn goed voorgelicht over hoe gewerkt dient te worden omtrent het werken met waterstof op de bouwplaats. De werkwijze is vastgelegd in veiligheidsdocumenten.	1	2	15	30	KOH	Vastleggen van werkwijze en handhaven op de voorlichting omtrent het werken met waterstof op de bouwplaats.	0,2	2	15	6

A. Vrijstaande gasflessenbatterijen: PR en AG

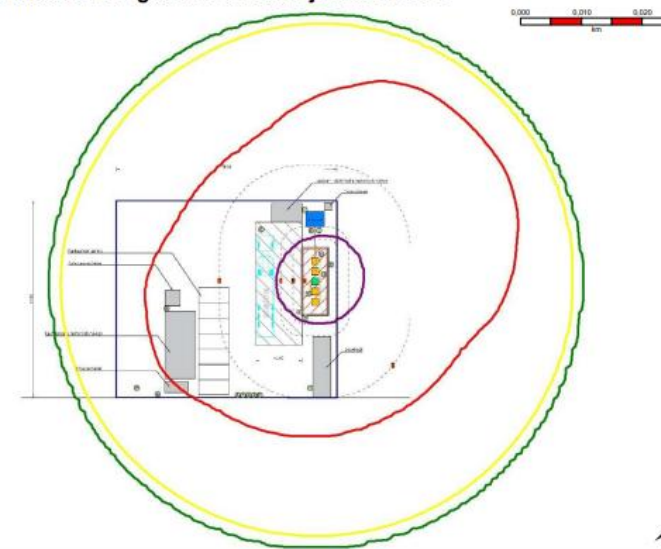


Figuur 1 **Plaatsgebonden risico** ten gevolge van vrijstaande gasflessenbatterijen (lijn van vierkanten) op de bouwplaats.

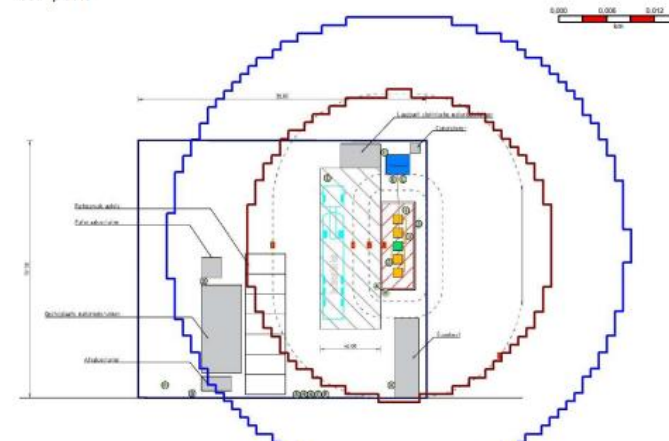


Figuur 2 **Aandachtsgebieden** (blauw = fakkelbrand, bruin = explosie) ten gevolge van vrijstaande gasflessenbatterijen (lijn van vierkanten) op de bouwplaats.

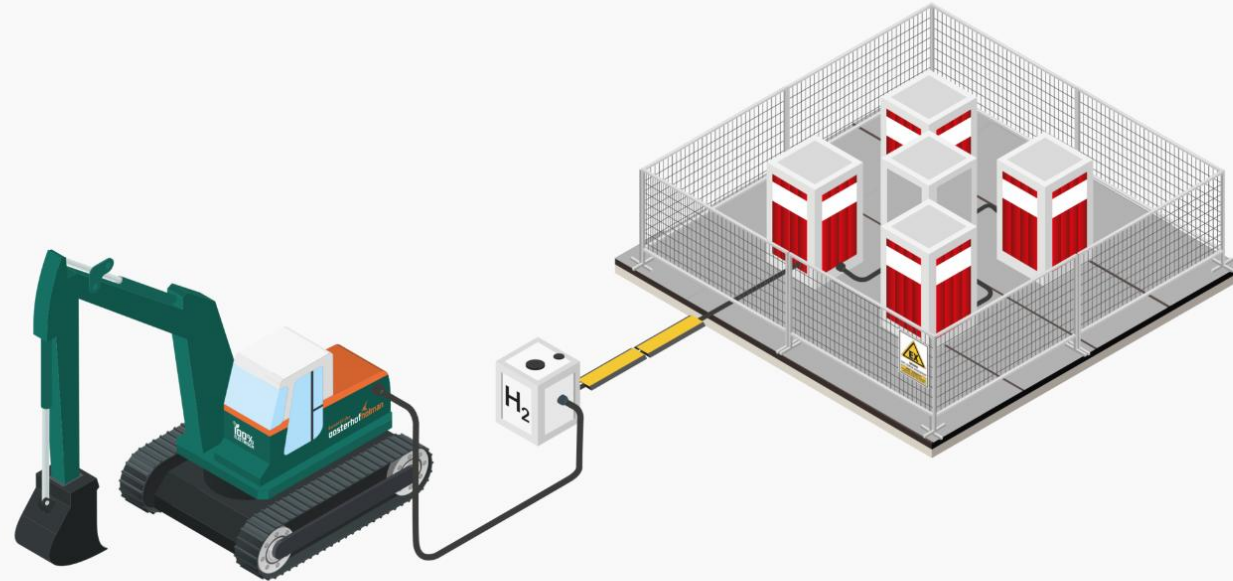
C. Container met gasflessenbatterijen: PR en AG



Figuur 5 **Plaatsgebonden risico** ten gevolge van een container met gasflessenbatterijen (puntbron in groen vierkant) op de bouwplaats.

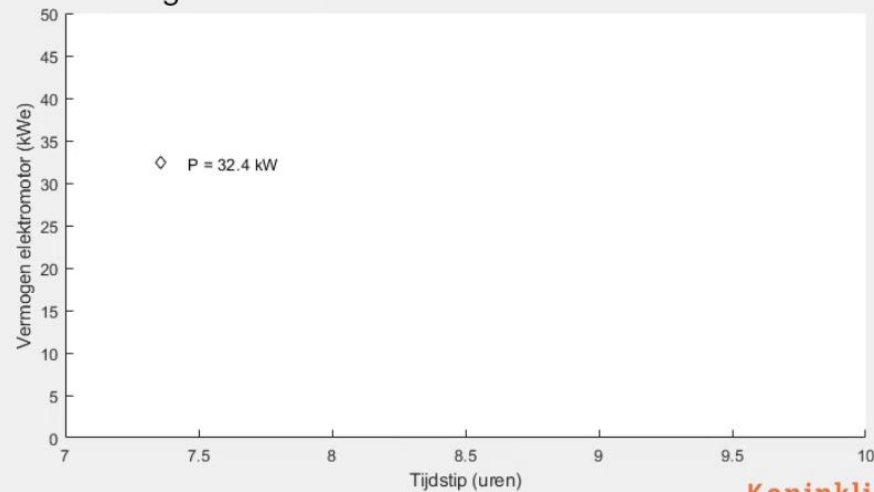


Figuur 6 **Aandachtsgebieden** (blauw = fakkelbrand, bruin = explosie door vuurbal) ten gevolge van een container met gasflessenbatterijen (puntbron in groen vierkant) op de bouwplaats.



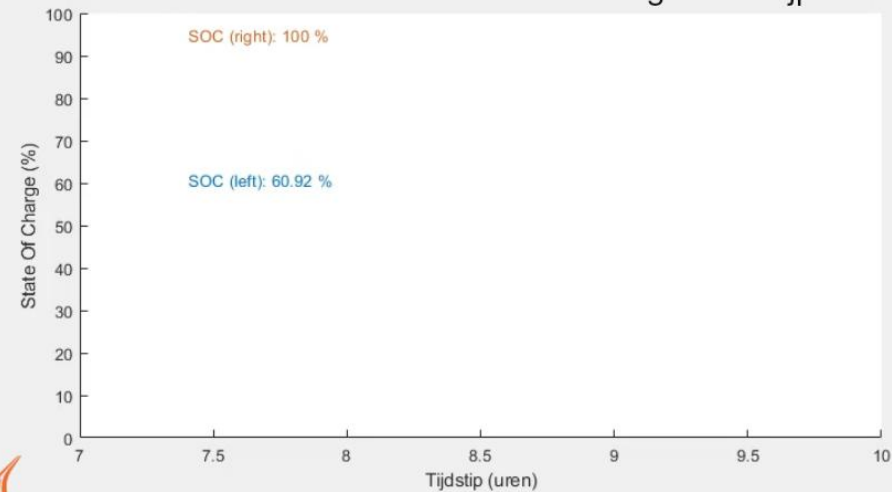
Online kennisplatform
www.bouwenopwaterstof.nl

Vermogen Elektromotor



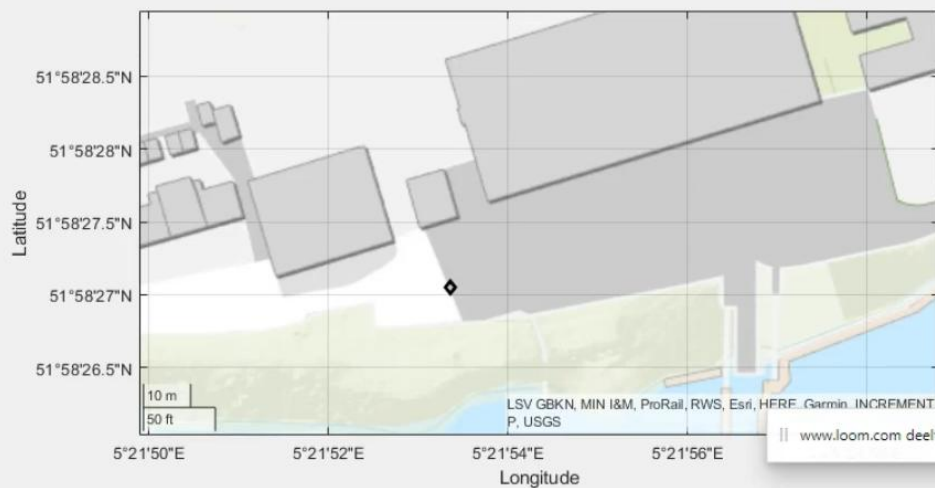
Limach E.88 #2 (9578) | 4 juni 2024 | 07:21:28

State of Charge Batterijpacks

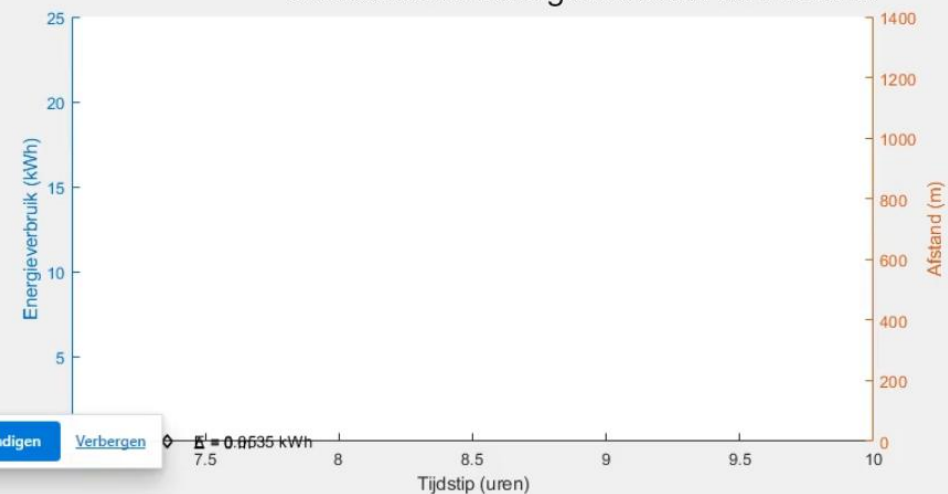


Koninklijke
oosterhofholman

GPS-locatie



Cumulatieve Energieverbruik en Afstand



www.loom.com deelt je scherm.

Delen beëindigen

Verbergen



13/10/2023

13:31:46

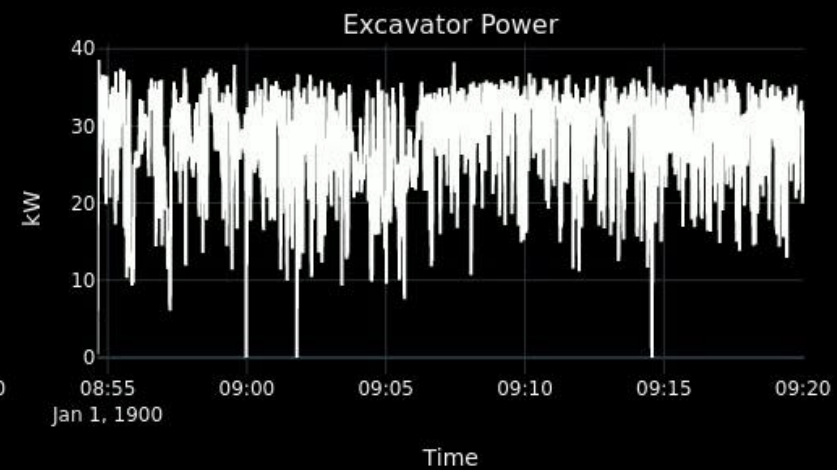
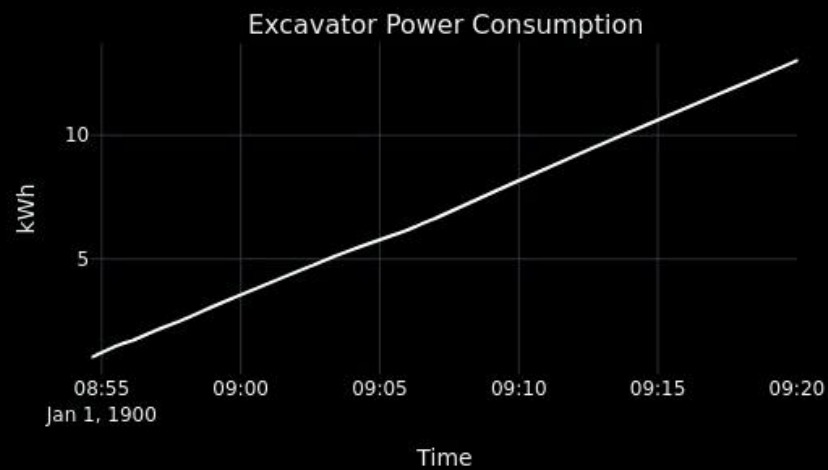
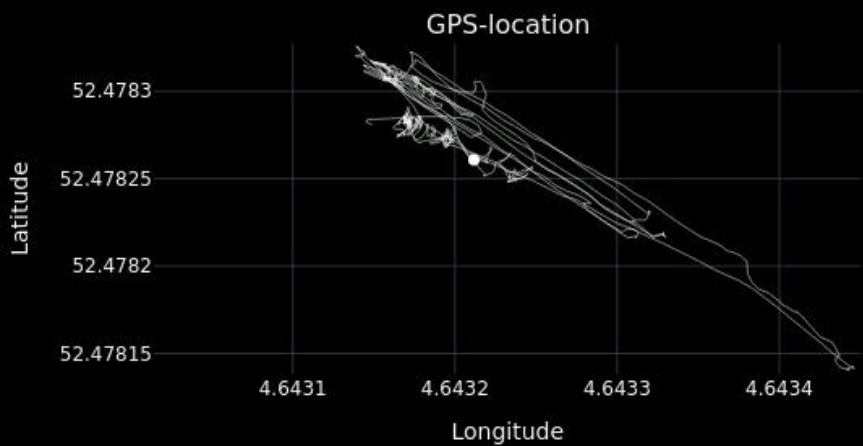
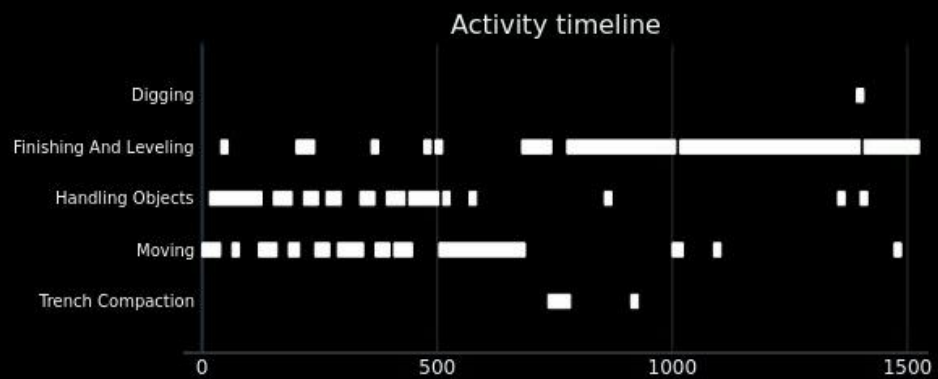
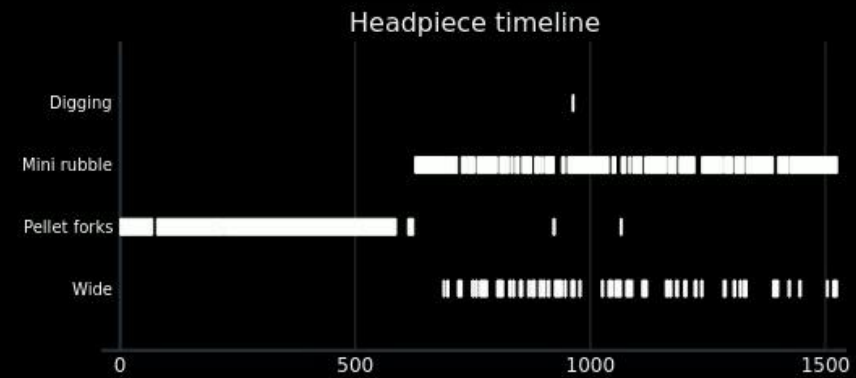


Koninklijke
oosterhof holman
R&D

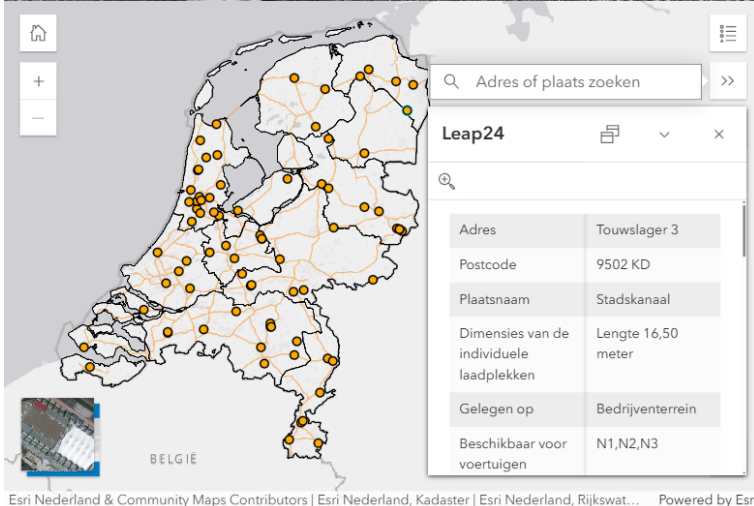
12/10/2023

13:08:18





Potentie duurzame energiedragers

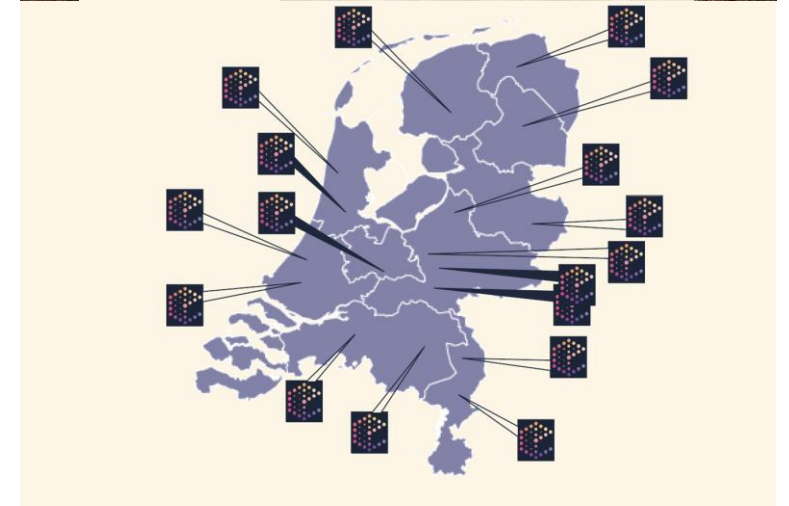


Waterstof afnamelocaties (5 bouwplaats-geschikt)

Potentie

160-300 ton waterstof / locatie / jaar

6,500-12,500 kWh^{**}/locatie/dag



Biogas Powerhub Locaties (17 in totaal in NL)

Potentie (gemiddeld)

425,000 m³ biogas / locatie / jaar

2,700 kWh^{**}/locatie/jaar

^{**} 60% methaan, 35% omzetrendement

KEUZEHULP LAADSTRATEGIE BOUW & GWW 3.0

[Link](#)

Auteur Dr. Ir. Ö.S.Türkmen
Versie 2025-Q4



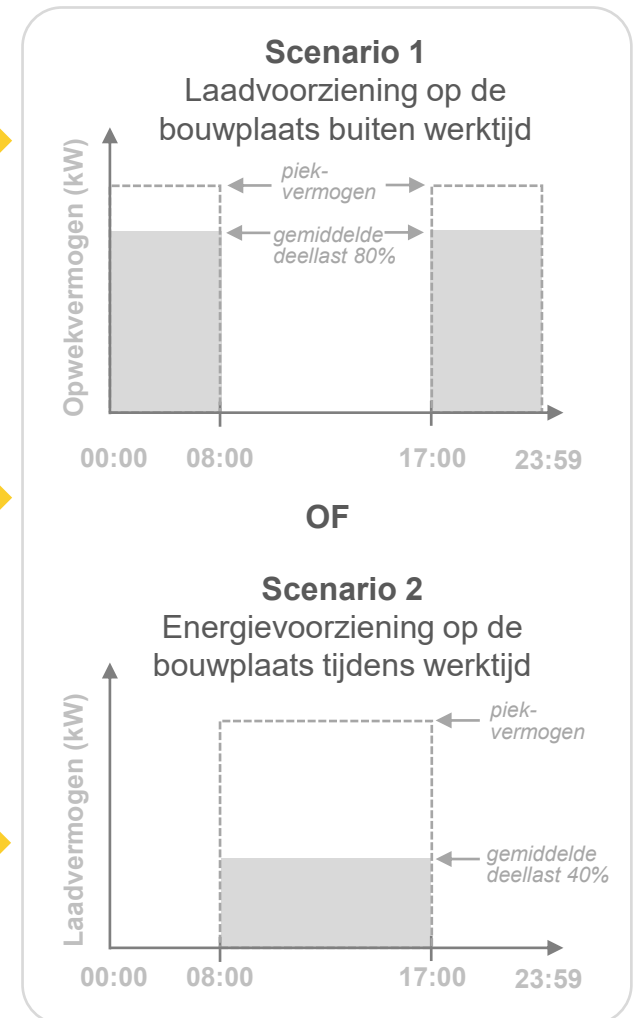
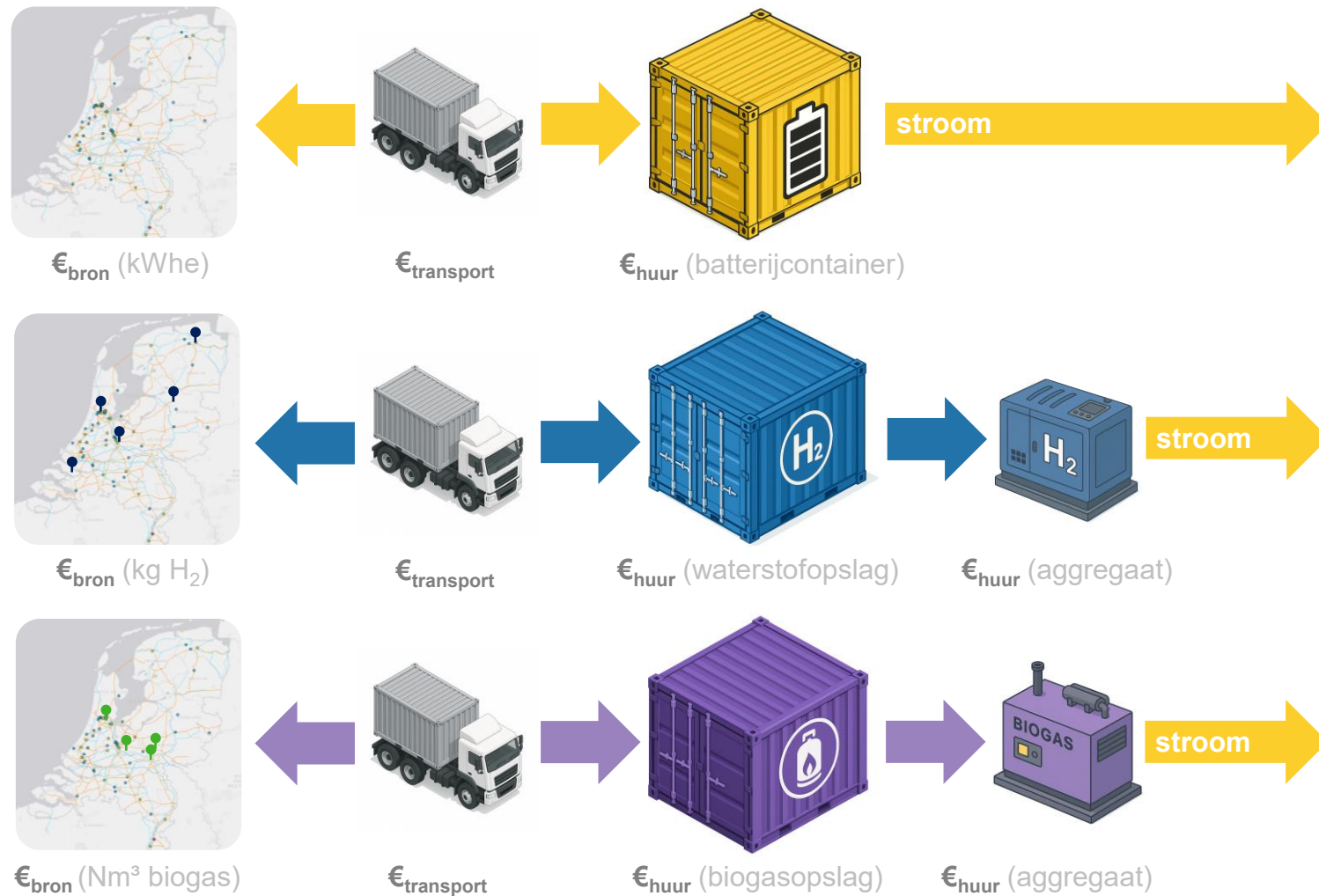
Voorwoord

De energietransitie op de bouwplaats is in volle gang. De tijd waarin we een dieseltank op de bouwplaats plaatsten en vervolgens wekenlang onbezorgd maar milieubelastend konden doorwerken, laten we steeds verder achter ons. De elektrificatie van bouwplaatsen in Nederland ontwikkelt zich snel, maar een volledige dekking voor de energiebehoefte via vaste netaansluitingen blijft vooralsnog achter. Dit vraagt om nieuwe vormen van energielogistiek en werkvoorbereiding. De gekozen laadstrategie speelt daarbij een belangrijke rol in het succesvol realiseren van deels emissieloze bouwplaatsen.

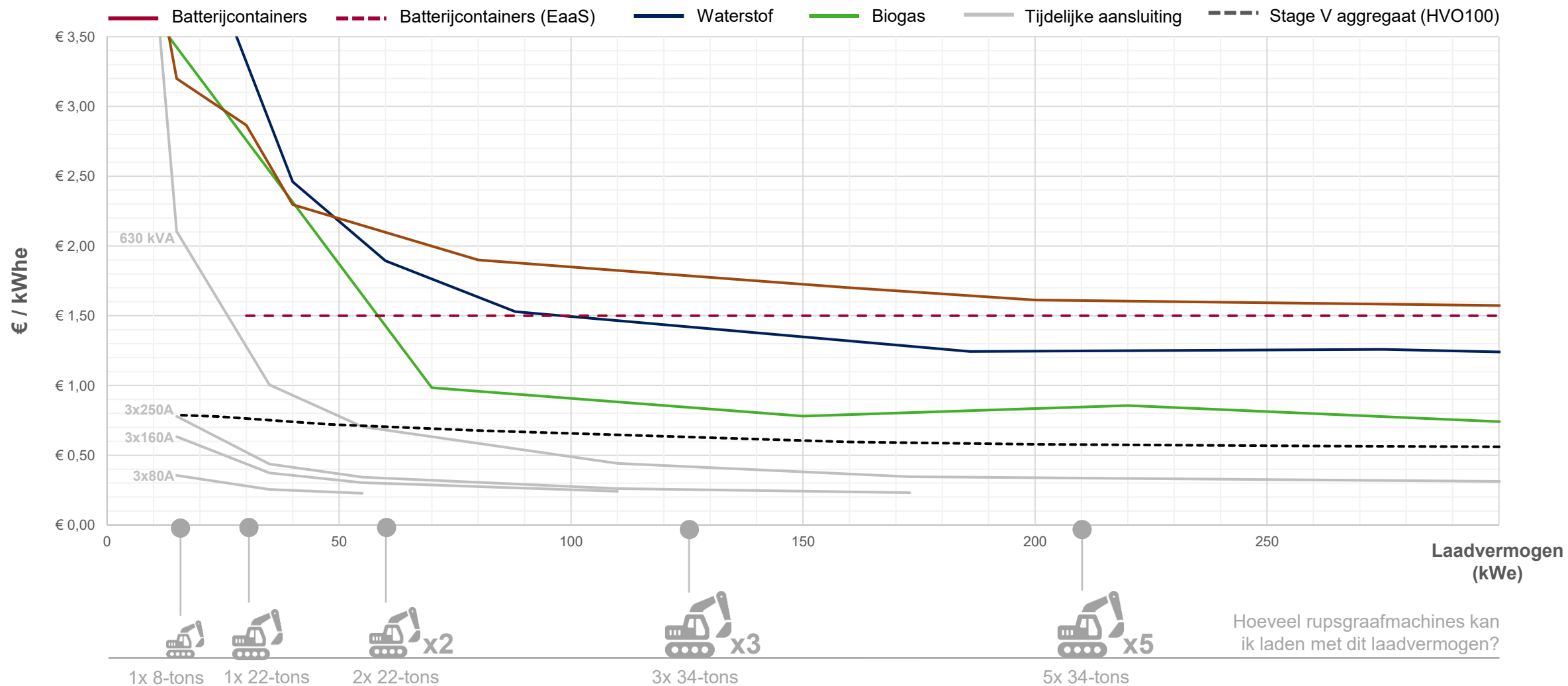
Welke laadstrategie hanteer je wanneer er onvoldoende netstroom beschikbaar is, en wat zijn de effecten van die keuze op kosten, logistiek en milieu? Dit vormt de centrale vraag in het lopende onderzoek naar laadstrategieën dat door EnTranCe wordt uitgevoerd in opdracht van Koninklijke Bouwend Nederland.

Op basis van actuele marktdata en intensieve afstemming met meerdere marktpartijen zijn duurzame energiedragers zoals mobiele batterijcontainers, biogas en waterstof op een objectieve manier met elkaar vergeleken. De gepresenteerde resultaten zijn indicatief en bedoeld als een eerste, globale verkenning van mogelijke laadstrategieën voor bouwplaatsen met elektrische bouwmachines.

kWhe-prijs stroomlevering via duurzame energiedragers

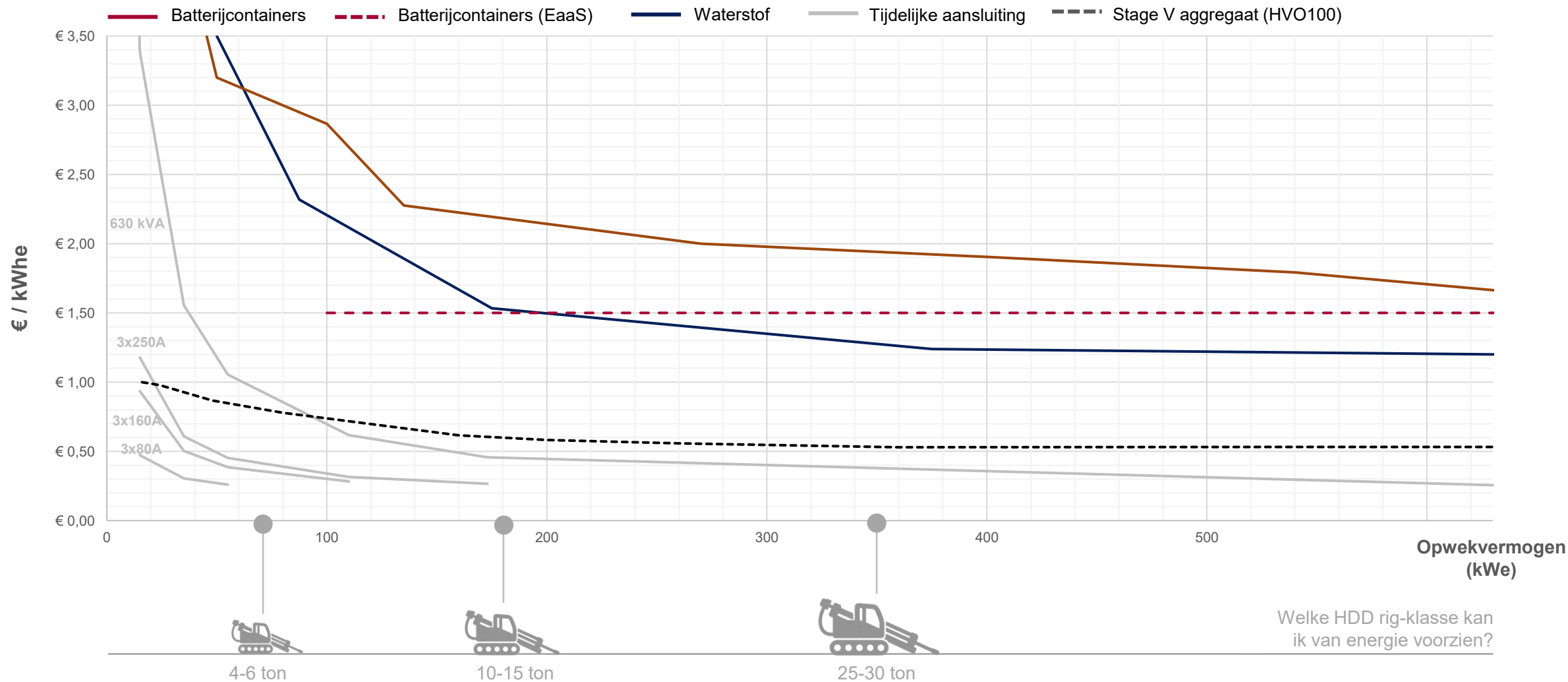


kWhe-prijs scenario 1: laadvoorziening buiten werktijd (15 uur)

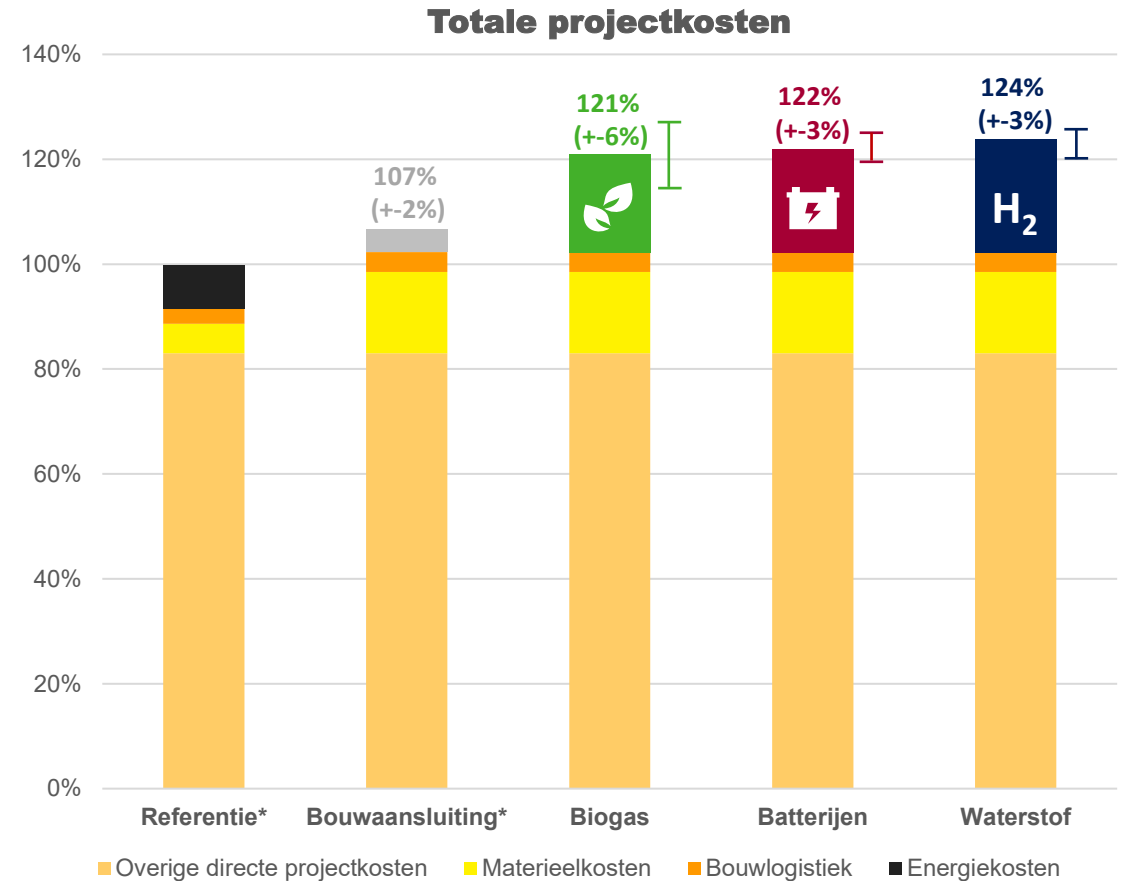
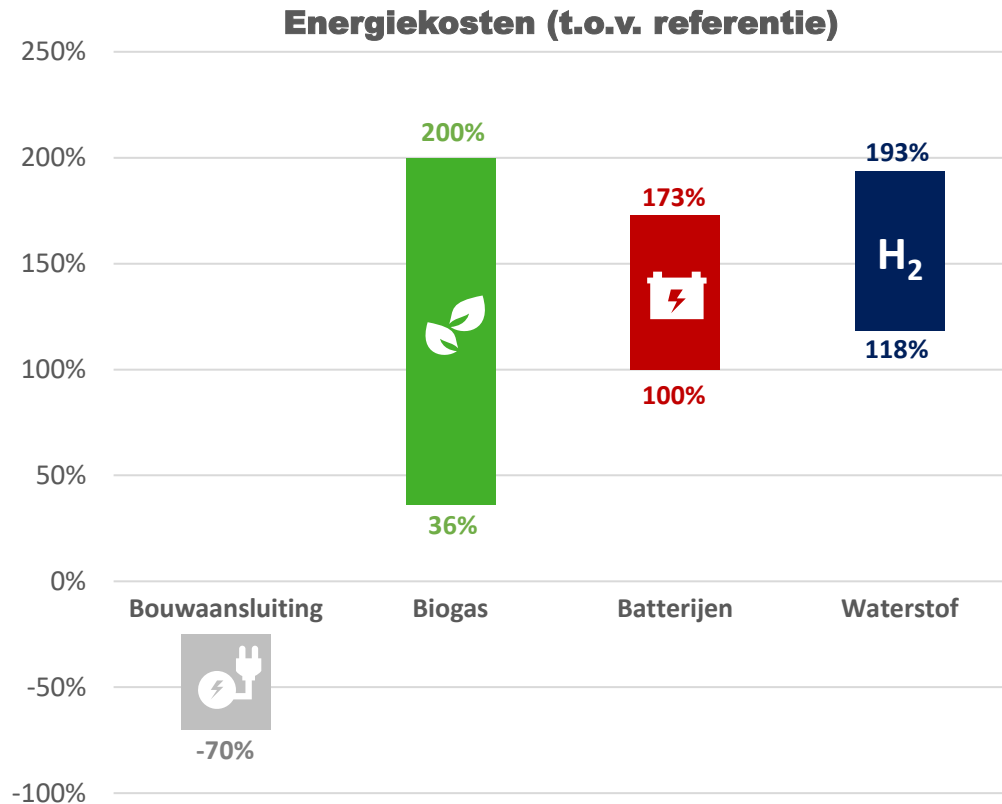


Hoeveel rupsgraafmachines kan ik laden met dit laadvermogen?

kWhe-prijs scenario 2: energievoorziening onder werktijd (9 uur)



Meerkosten ZE Bouwplaats (referentie = Stage V Aggregaat HVO100)



* CE Delft (2023) Zero-emissiebouwplaats. Inrichting en meerkosten



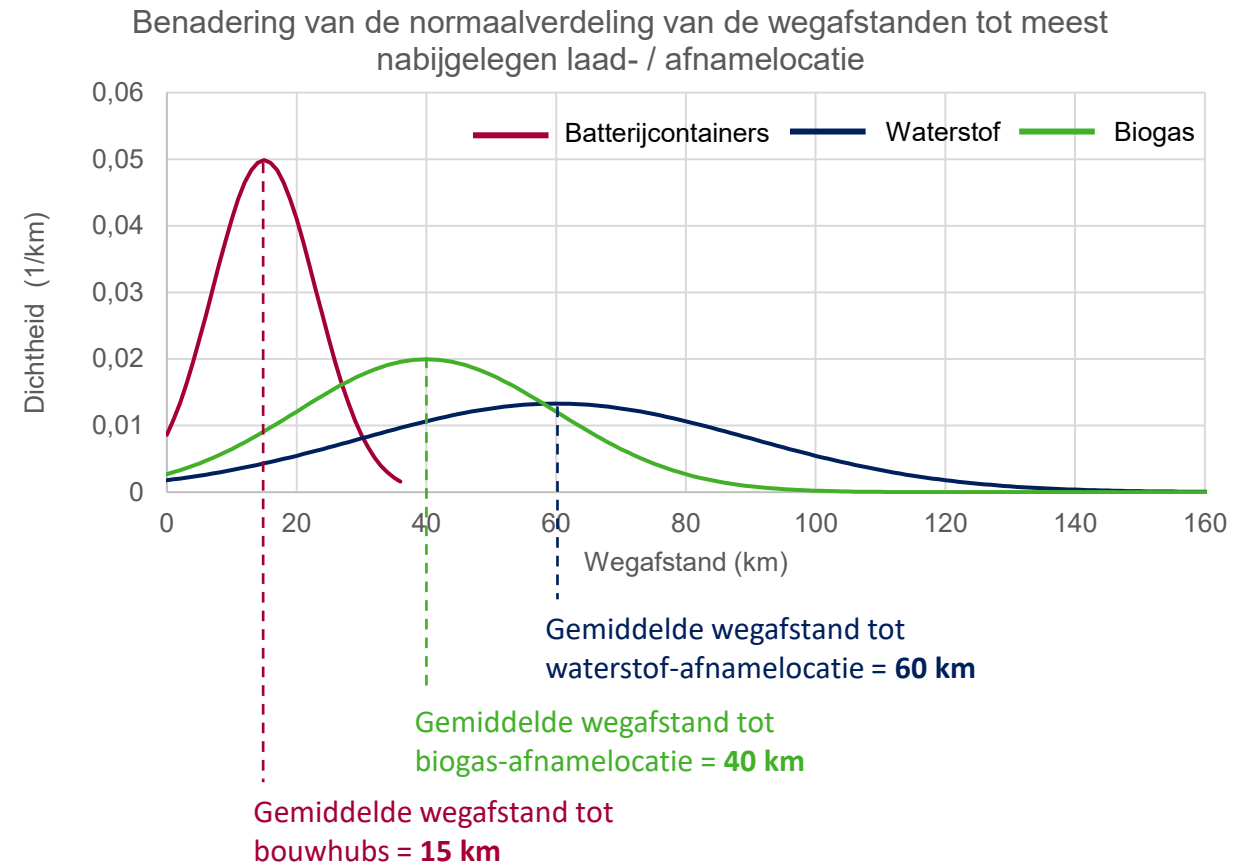
Van de voorbeeldprojecten uit de studie van CE Delft (2022) vormen de directe kosten van materieel gemiddeld circa 17% van de totale directe projectkosten, maar dit varieert sterk tussen projecten.

Logistiek energiedragers bouwplaats (1/2)

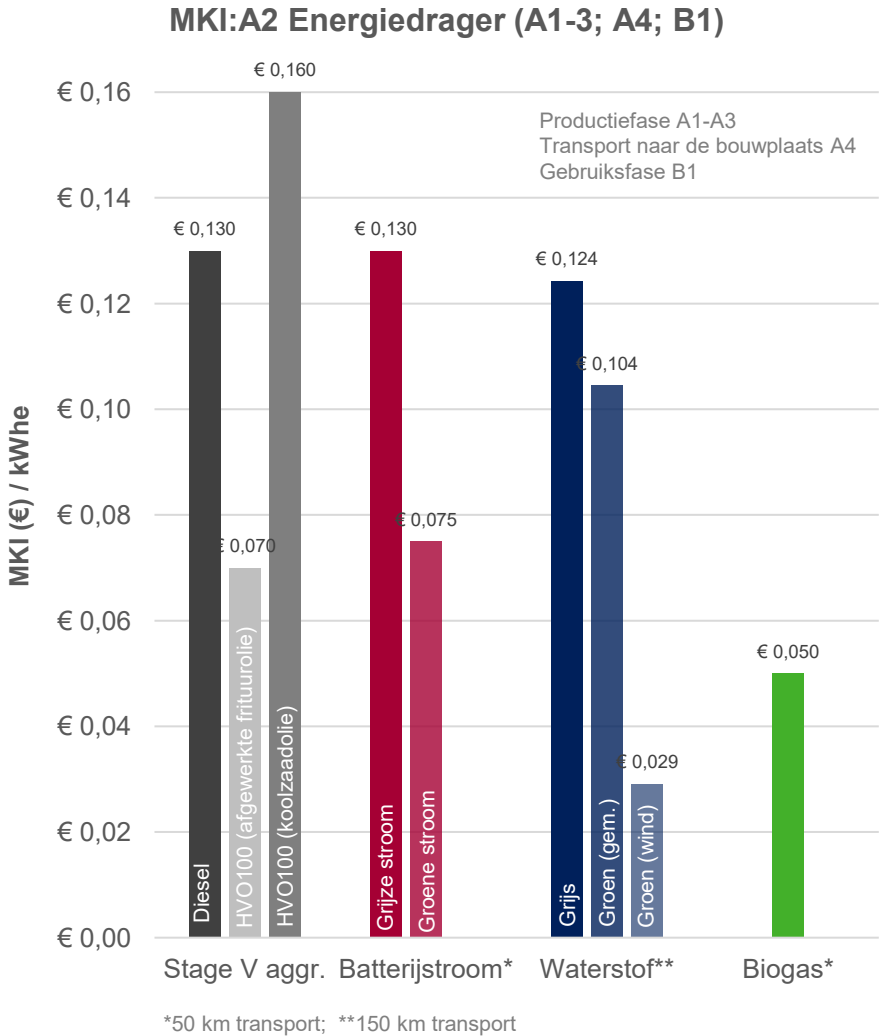
Q3-2025 - v1



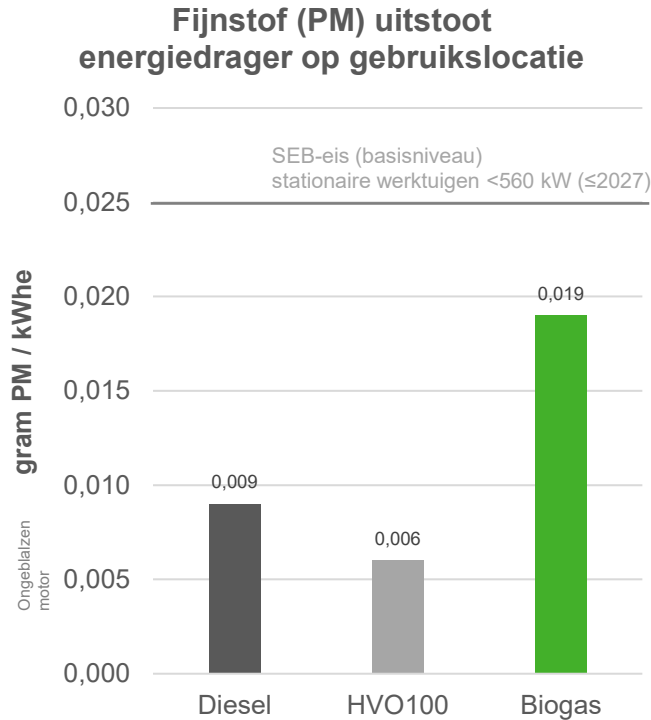
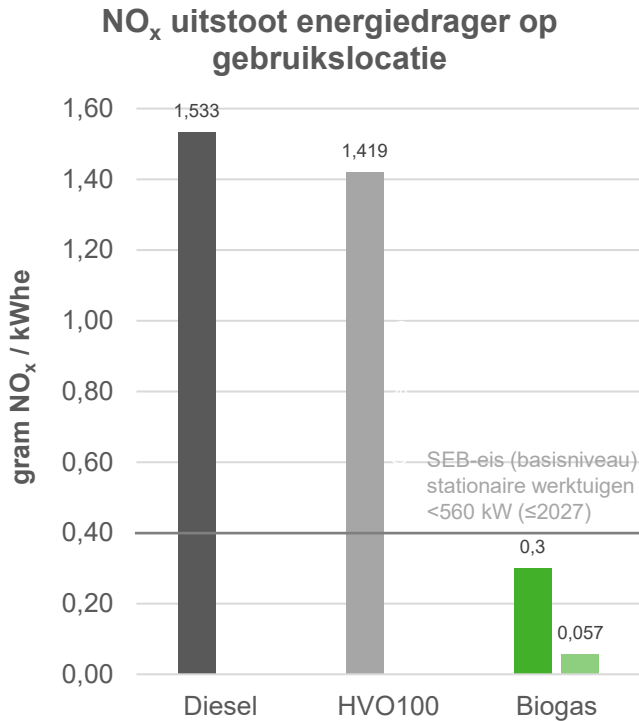
Kaart Bouwlogistieke Hub kennisbouwplaats.nl



Milieu-impact (decentraal opwek) elektriciteit op de bouwplaats



De onderstaande uitstootkengetallen zijn nog niet volledig en dienen verder te worden uitgewerkt. De analyse vormt een eerste verkenning van de beschikbare data. Momenteel circuleren er diverse rapporten met uiteenlopende MKI-waarden voor de onderzochte energiedragers. Om tot een objectieve en eerlijke vergelijking tussen de verschillende duurzame energiedragers te komen, is nadere analyse en afstemming van deze rapporten noodzakelijk.



Uitgangspunten analyse

Algemeen

- Projectduur = 12 weken;
- Tarieven exclusief BTW, HBE en RFNBO
- Inzet batterijcontainers, biogas- en waterstofaggregaten berekend op huurbasis;
- De vaste kosten voor de tijdelijke aansluiting zijn meegenomen in de kostenberekening (Bron: aansluittarieven Stedin en Enexis)
- Voor een zo efficiënt mogelijke omzetting van biogas in elektriciteit en gegarandeerde beperking van de uitstoot, wordt gebruik gemaakt van een biogasaggregaat in combinatie met een batterij tot een biogas-verbruik van 500 m³/week.
- Energy as a Service batterijstroom vanaf €1,50/kWh (Staad)

Waterstof

Waterstof		Bron	Datum
Prijs waterstof (min)	€ 10 €/kg	Watermeln, Kuster, Roger	
Prijs waterstof (max)	€ 12 €/kg	Watermeln, Kuster, Roger	
Energie-inhoud	33,33 kWh/kg		
Waterstof brandstofcelaggregaat		Bron	Datum
Huur (70 kWe)	€ 2.800 /week	Watermeln, GenPower	
Huur (150 kWe)	vertrouwelijk	Watermeln	
Transport naar de bouwplaats	€ 225 /keer	GenPower	
Aansluiten en inbedrijfstellen (incl. reistijd)	€ 225 /keer	GenPower	
Loskoppelen en transportgereed zetten (incl. reistijd)	€ 225 /keer	GenPower	
Transport vanaf de bouwplaats	€ 225 /keer	GenPower	
Omzetrendement	47%	GenPower	
Waterstof MEGC		Bron	Datum
Afstand tot productielocatie	50 km	Kuster, Roger	
Transportkosten	2,4 /km	Kuster, Roger	
Vrachtkosten	€ 240 /container	Kuster, Roger	
Huur container 381 kg opslagcapaciteit	€ 795 /week	Kuster, Roger	
Gewicht MEGC container	12 ton kg		
Uitstoot op gebruikslocatie		Bron	Datum
NOx-uitstoot	0 gram/kWhe		
CO2 uitstoot	0 gram/kWhe		
PM-uitstoot	0 gram/kWhe		
MKI (A1-3; A4; B1)		Bron	Datum
MKI-waarde grijze waterstof	34,51 /GJ arbeid	LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase - Scheepsbrandstoffen voor werk- en transportschepen Hoofdstuk 18	12-5-2025
MKI-waarde groene waterstof (Groene Mix)	29,02 /GJ arbeid	LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase - Scheepsbrandstoffen voor werk- en transportschepen Hoofdstuk 18	12-5-2025

Biogas

Biogas		Bron	Datum
Energiedichtheid	6 kWh/Nm3		
Opwek	2,1 kWh/Nm3		
Prijs biogas	€ 0,80 /m3	Powercrumbs	21-2-2025
Gemiddelde afstand productielocatie	40 km		
Opslag		Bron	Datum
Huur 10 ft opslag (1100 m³)	€ 334 /week	Powercrumbs	21-2-2025
Huur 20 ft opslag (3000 m³)	€ 925 /week	Powercrumbs	21-2-2025
Leverprijs 10 ft opslag (50 km)	€ 400 /wissel	Powercrumbs	21-2-2025
Leverprijs 20 ft opslag (50 km)	€ 400 /wissel	Powercrumbs	21-2-2025
Gewicht 10ft	9 ton kg		
Gewicht 20ft	20 ton kg		
Biogas-aggregaat		Bron	Datum
70 kVa	€ 1.500 /week	Powercrumbs	21-2-2025
150 kVa	€ 2.100 /week	Powercrumbs	21-2-2025
300 kVa	€ 3.500 /week	Powercrumbs	21-2-2025
Rendement omzetting	35%	TNO 2025 R10614 - Praktijkemissies van een generatorset op biogas en een vergelijking van milieukosten met die van andere laadoplossingen	12-6-2025
Uitstoot op gebruikslocatie		Bron	Datum
NOx-uitstoot (geblazen motor)	0,300 gram/kWhe	TNO 2025 R10614 - Praktijkemissies van een generatorset op biogas en een vergelijking van milieukosten met die van andere laadoplossingen	17-3-2025
NOx-uitstoot (ongebazen motor)	0,057 gram/kWhe	Tauw, Emissiemetingen schiphol generator R6592	6-3-2025
CO2 uitstoot	956 gram/kWhe	TNO 2025 R10614 - Praktijkemissies van een generatorset op biogas en een vergelijking van milieukosten met die van andere laadoplossingen	17-3-2025
PM-uitstoot	0,019 gram/kWhe	TNO 2025 R10614 - Praktijkemissies van een generatorset op biogas en een vergelijking van milieukosten met die van andere laadoplossingen	17-3-2025
MKI (A1-3; A4; B1)		Bron	Datum
MKI-waarde	€ 0,050 /kWhe	TNO 2025 R10614 - Praktijkemissies van een generatorset op biogas en een vergelijking van milieukosten met die van andere laadoplossingen	17-3-2025

Batterijcontainer

Stroom		Bron	Datum
Prijs groene stroom (min)	€ 0,36 /kWh	Kaart Bouwlogistieke Hub (kennisbouwplaats.nl)	12-6-2025
Prijs groene stroom (max)	€ 0,65 /kWh	Kaart Bouwlogistieke Hub (kennisbouwplaats.nl)	12-6-2025
Mobiele batterijcontainer		Bron	Datum
Huur 340 kWh (lineaire regressie)	€ 2.300 /week	Skoon	24-5-2025
Huur 500 kWh (lineaire regressie)	€ 3.000 /week	Skoon	24-5-2025
Huur 800 kWh (lineaire regressie)	€ 4.500 /week	Skoon	24-5-2025
Gewicht 340 kWh (lineaire regressie)	7 ton kg	Skoon	24-5-2025
Gewicht 500 kWh (lineaire regressie)	9 ton kg	Skoon	24-5-2025
Gewicht 800 kWh (lineaire regressie)	12,5 ton kg	Skoon	24-5-2025
Roundtrip efficiency battery	85%		
Transport batterijcontainer		Bron	Datum
Transport naar de bouwplaats (vanaf verhuurder)	€ 225 /keer	GenPower	
Transport vanaf de bouwplaats (naar de verhuurder)	€ 225 /keer	GenPower	
Gemiddelde snelheid (afstanden > 5 km)	50 km/uur	Praktijkvereniging Koninklijke Oosterhof Holman	
Gemiddelde snelheid (afstanden ≤ 5 km)	80 km/uur	Praktijkvereniging Koninklijke Oosterhof Holman	
Gemiddelde afstand tot laadpunt/plein	15 km	Laadkaart Bouw Topsector Logistiek	16-6-2025
Gemiddelde koppel tijd batterij	0,5 uur	Praktijkvereniging Koninklijke Oosterhof Holman	
Gemiddelde afkoppeltijd batterij	0,5 uur	Praktijkvereniging Koninklijke Oosterhof Holman	
Uurtarif transport	€ 80 /uur	EBTL Logistiek BV	13-5-2025
Uitstoot op gebruikslocatie		Bron	Datum
NOx-uitstoot	0 gram/kWhe		
CO2 uitstoot	0 gram/kWhe		
PM-uitstoot	0 gram/kWhe		
MKI (A1-3; A4; B1)		Bron	Datum
Grijze stroom	€ 0,1300 /kWhe	TNO 2025 R10614 - Praktijkemissies van een generatorset op biogas en een vergelijking van milieukosten met die van andere laadoplossingen	17-3-2025
Groene stroom	€ 0,0750 /kWhe	TNO 2025 R10614 - Praktijkemissies van een generatorset op biogas en een vergelijking van milieukosten met die van andere laadoplossingen	17-3-2025

Vragen?

Dr. Ir. Ömer Türkmen & Ir. Harm Jansma
3 december 2025 | Bouwmachines Kennisdag | Harderwijk

Koninklijke
oosterhofholman

