



1234

Warehouse of the Future
Energietransitie power ook Logistiek

Dit Onderzoek is tot stand gekomen met medewerking van:

Knapp

Rhenus Logistics

Ecorus

Schneider Electric

Eneco

Buck Consultants International

Avelution

Pallazo

Pharos

VLM

RJ Systems

Cushman & Wakefield

Cornelissen Transport

Van Kessel Olie



Powered by Topsector Logistiek en logistiek.nl

Colofon

Warehouse of the Future

Energietransitie powert ook Logistiek (deel 4)

Auteurs

René Geujen - Next Level Development

Radboud olde Scheper - Riverland Supply Chain Consultancy

Raymond Tukker - TICM

Eric Hereijgers - St. Onge Company

Annemieke de Leeuw - Hogeschool Rotterdam

November 2024



Voorwoord

In de afgelopen vijf jaar hebben wij in samenwerking met Hogeschool Rotterdam een aantal studenten begeleid die een project uitvoerden bij een bedrijf. Door de onbevangenheid van de studenten en daardoor creatieve of innovatieve benadering van knelpunten, heeft dit interessante inzichten gegeven over hoe om te gaan met logistiek in de toekomst. Wat ons echter met name is opgevallen, is het feit dat wij (logistieke adviseurs, vastgoedbedrijven & logistieke partijen) tezamen met (lokale) overheden niet in staat zijn een heldere visie te geven op de toekomst van de Nederlandse logistiek. Vandaar dat wij het idee hebben opgevat om een (praktische) aanzet te geven voor die visie: het Warehouse of the Future.

Uitgangspunt van het Warehouse of the Future is dat deze een positieve bijdrage levert aan eisen van duurzaamheid, wellbeing en efficiency voor de gebruiker, rekening houdend met de toenemende complexiteit als gevolg van schaarste, regelgeving en maatschappelijke transformatie.

In de whitepapers worden mogelijkheden geschetst die er zijn op diverse facetten, waarmee het 'warehouse of the future' vormgegeven kan worden. Het doel van de whitepapers is om de diverse stakeholders praktische ideeën en handvaten aan te reiken en waar nodig discussie op te roepen. Wij realiseren ons dat hier geen overkoepelende blauwdruk of 'Grand Design' wordt omschreven. Belangrijker vinden wij dat we stoppen met naar elkaar te kijken of elkaar klem te zetten door achterhaalde concepten of regelgeving. The Future is altijd anders dan wij denken maar in ieder geval niet wat het vandaag is: dus kom in beweging en maak stappen voor die toekomst.

Veel leesplezier.

Annemieke, Eric, Raymond, René en Radboud.

Inhoud

1. Energietransitie power ook logistiek	5
2. Gebrek aan visie	6
3. Energietransitie	9
3.1 Uitdagingen in het logistieke landschap	13
3.2 Overzicht alternatieve energiebronnen	14
3.2.1 Elektriciteit	15
3.2.2 Waterstof	22
3.2.3 Groene Ammoniak	24
3.2.4 Biobrandstof (HVO 100)	27
3.2.5 Hybride oplossing	28
3.2.6 Korte en langere termijn toepassingen binnen de logistiek sector	32
4. Beschikbaarheid (Groene) Elektriciteit en Waterstof voor Logistiek	34
4.1 Infrastructuur oplossingen in het logistiek landschap	34
4.2 Energietransitie voor Logistiek sector kan ook verdienmodel worden	36
4.3 Kosten en CO ₂ -uitstoot energiebronnen	38
5. Reflectie: energietransitie power ook logistiek	40
6. Literatuurlijst	42
Bijlage: interviews	44
Over de auteurs	48



Energietransitie powerd ook Logistiek

Ruimte en (duurzame) energie zijn schaars. En toch worden in stedelijke gebieden, maar ook daarbuiten, vrijwel uitsluitend enkellaags distributiecentra gebouwd, elk met zijn eigen energieaansluiting. Daarmee laat Nederland kansen liggen. Door logistieke functies te combineren, meerlaags te bouwen en slim te automatiseren wordt beschikbare ruimte optimaal benut en energie bespaard. Deze magazijnen van de toekomst leveren bovendien minder druk op energiebehoeftes en in het bijzonder op piekmomenten. Maar afhankelijk van de technische oplossingen hebben ze ook consequenties voor de organisatie en voor de verschillende deelprocessen. In dit whitepaper worden de belangrijkste facetten in relatie tot energietransitie van het Warehouse of the Future onder de loep gelegd.

Het consumentengedrag verandert voortdurend. En dat heeft impact op logistieke ketens en winkelstraten; zowel binnen als buiten de steden. Daarnaast blijft het inwoneraantal van Nederland groeien. Gecombineerd met de wens van de overheid om minder (grote) distributiecentra te bouwen, zal het stijgende distributievolume in de toekomst grotendeels geabsorbeerd moeten worden binnen de bestaande distributieinfrastructuur. Tel daarbij het gebrek aan beschikbaar personeel, een ontwikkeling die vanwege de toenemende vergrijzing naar verwachting ook de komende jaren doorzet, en het wordt duidelijk dat een frisse blik op de distributiecapaciteit nodig is. In samenwerking met de Topsector Logistiek, geven René Geujen (Next Level Development), Radboud olde Scheper (Riverland Supply Chain Consultancy), Annemieke de Leeuw (Hogeschool Rotterdam) Raymond Tukker (TICM) en Eric Hereijgers (St. Onge Company) in een serie whitepapers die andere kijk.



Gebrek aan visie

Uit eerdere projecten van Hogeschool Rotterdam, in samenwerking met Next Level, Riverland en het bedrijfsleven, blijkt volgens het vijftal dat er overall een gebrek is aan visie. Bij de overheid, zowel centraal als lokaal, bij de vastgoedsector, bij de financiële sector, bij logistieke adviseurs en bij het bedrijfsleven.

Uitgangspunt voor die visie moet volgens hen zijn, dat het 'Warehouse of the Future' een positieve bijdrage levert aan duurzaamheid, welzijn en efficiency; uiteraard rekening houdend met de toenemende complexiteit als gevolg van schaarste, regelgeving en maatschappelijke transformaties.

Daarbij zijn meerdere aspecten leidend:

- schaarste (personeel, ruimte, energie, etc.);
- clustering van functies;
- flexibiliteit;
- innovatie;
- maatschappelijke relevantie & acceptatie;
- geen heilige huisjes ontzien en
- nu concrete stappen kunnen zetten i.p.v. over tien tot twintig jaar.

Er is daarom onder andere gekeken naar een betere, duurzame benutting van ruimte, een betere benutting van uren, de mogelijkheden van energietransitie, en een duurzame inzet van materiaalgebruik.

De visie is vastgelegd in een viertal whitepapers - onder de overkoepelende titel 'Warehouse of the Future'. Het vierluik schetst het palet aan mogelijkheden om dat 'warehouse of the future' vorm te geven.

In de afgelopen jaren is door de studenten van de Hogeschool Rotterdam onderzoek gedaan naar het 'Warehouse of the Future'. Op basis van dit onderzoek zijn er door vijf experts, de volgende drie whitepapers (zowel in het Nederlands als Engels beschikbaar) geschreven:

1. **Magazijn van de toekomst (de stad is een magazijn):**
noodzakelijke bijdrage aan operationele efficiency vanuit de gedachte van schaarste
2. **Gebouw van de toekomst in de omgeving (samenhang met logistieke ecosystemen):**
gebouwconfiguratie en gevolgen voor efficiënt ruimtegebruik (schaarste)
3. **Industrieterrein van de toekomst (life cycle proof gebiedsontwikkeling):**
logistieke keteninrichting beter inpassen in (benutten) de gebouwde omgeving

In de whitepapers worden mogelijkheden geschetst die er zijn op diverse facetten, waarmee het 'warehouse of the future' vormgegeven kan worden. Het doel van de whitepapers is om de diverse stakeholders praktische ideeën en handvaten aan te reiken en waar nodig discussie op te roepen.

Aansluitend op deze drie whitepapers is door studenten van de Hogeschool Rotterdam i.s.m. Next Level en Riverland, vervolgonderzoek gedaan naar het faciliteren van de energietransitie door de inzet van fysieke (infra)structuren in het logistieke landschap. Mede gebaseerd op de uitkomsten van dit vervolgonderzoek is door Annemieke de Leeuw (Hogeschool Rotterdam), Rene Geujen (Next Level Development) en Radboud olde Scheper (Riverland Supply Chain Consultancy) het vierde whitepaper geschreven:

Energietransitie power ook Logistiek.

Ambitie

Ontwikkelaars van logistiek vastgoed geven vorm aan de fysieke (infra)structuur van de logistieke netwerken. De gebouwen en hun technische installaties vormen de hoeksteen voor de handling, opslag en transport van goederen, terwijl zij de ecologische voetafdruk van bedrijven minimaliseren.

De afgelopen jaren is de toekomstige ontwikkeling van deze ecosystemen met gebouwen en goederenstromen, uitdagender geworden als gevolg van regelgeving, beschikbaarheid van land, enz. Dit heeft geleid tot meerdere initiatieven om het toekomstige logistieke landschap (gebouwen en hun installaties) te verbeteren.

Een van de belangrijkste onderwerpen in deze toekomstige landschappen is:

hoe kunnen fysieke (infra)structuren in het logistieke landschap de energietransitie faciliteren en welke kenmerken, elementen en structuren moeten worden gecreëerd om de energietransitie te ondersteunen?

Een logisch (en vaak genoemd) element is bijvoorbeeld zonnepaneel-installaties bovenop gebouwen, maar welke infrastructuur moet er op en rond gebouwen worden gecreëerd om de energietransitie te faciliteren? En wat is nodig om bijvoorbeeld het opladen van (elektrisch) vrachtverkeer zodanig aan te sturen dat deze past bij de energieopwekking of het laadvermogen op locatie?

Al met al leiden deze vragen tot de noodzaak van het beschrijven van een strategische visie waarin vanuit het schaarse vraagstuk een beeld wordt geschetst hoe fysieke (infra)structuren in het logistieke landschap de energietransitie kunnen faciliteren.

Belangrijke uitgangspunten die we hierbij hanteren zijn de maatschappelijke acceptatie en (technische) realiseerbaarheid op korte tot middellange termijn.



Energietransitie

Logistiek kader energietransitie

Energietransitie betreft de volgende energiecomponenten.

1. Gebouw en proces

Gebouwen zijn de laatste jaren al verbeterd door het toepassen van energiebesparende maatregelen en de optimalisatie hiervan is nu redelijk ver gevorderd. Nu zie je dat ook de volgende twee componenten, die impact hebben op de energietransitie, steeds meer een rol gaan spelen, elk met een eigen impact op de bebouwde omgeving, techniek en logistieke inrichting.

2. Keteninrichting (supply chain footprint)

Keteninrichting speelt een steeds grotere rol, bijvoorbeeld door ketenverkorting via samenwerking van synergetische bedrijven in één pand, het gezamenlijk gebruik van faciliteiten, of door consolidatie van spelers in (logistieke) hotspots.

3. Transport en distributie

Energietransitie in transport. De energietransitie wordt aangejaagd door regulering, zoals emissiezones en subsidies (MIA), door innovaties in techniek en door de duurzaamheidsambities van bedrijven.

Wat is de energietransitie eigenlijk?

De energietransitie wordt wereldwijd en in Nederland steeds belangrijker, met doelen om de CO₂-uitstoot drastisch te verminderen en over te schakelen naar hernieuwbare energiebronnen. De komende tien jaar zullen verschillende fasen en stappen noodzakelijk zijn om deze transitie succesvol te maken, ondanks deels groeiende maatschappelijke weerstand.

De belangrijkste aspecten in de tijd zijn:

Gefaseerde uitrol van de energietransitie

1. 2024 - 2026: initiële implementatie en beleidshervorming

- Beleid en regeling: opstellen en implementeren van nieuwe beleidsmaatregelen en regelgeving ter ondersteuning van hernieuwbare energie.
- Infrastructuur aanpassingen: start van grootschalige infrastructuuraanpassingen zoals de aanleg van nieuwe hoogspanningslijnen en smart grids.
- Subsidies en stimulansen: introduceren van subsidies en fiscale stimulansen voor zowel huishoudens als bedrijven om te investeren in hernieuwbare energiebronnen zoals zonnepanelen en windmolens.

2. 2026 - 2028: versnelling van hernieuwbare energieprojecten

- Uitbreiding van hernieuwbare energiecapaciteit: versnelling van de bouw van windparken, zonneparken en andere hernieuwbare energieprojecten.
- Innovatie en technologie: stimuleren van onderzoek en ontwikkeling van nieuwe technologieën zoals energieopslag en waterstofproductie.
- Elektrificatie van industrie en transport: versnelling van de elektrificatie van industriële processen en transportmiddelen, inclusief de infrastructuur voor elektrische voertuigen (EV's).

3. 2028 - 2030: integratie en optimalisatie

- Optimalisatie van energiesystemen: optimaliseren van de integratie van hernieuwbare energiebronnen in het bestaande energiesysteem.
- Grootschalige uitrol van smart grids: implementeren van slimme netwerken om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen en pieken op te vangen.
- Energie-efficiëntie: verbeteren van energie-efficiëntie in zowel de bouw als de industrie.

De verwachte impactgebieden zijn:

1. Economische impact

- Werkgelegenheid: creëren van nieuwe banen in de hernieuwbare energiesector en ondersteunende industrieën. Daling van werkgelegenheid in ‘vervuilende en fossiele’ industrieën.
- Kosten: initiële hoge kosten voor infrastructuur en technologie, met verwachte kostenverlaging naarmate schaalvoordelen worden bereikt. Tijdelijke fluctuaties van energiekosten door speculaties op energiemarkten naarmate transitie naar bepaalde energiesoorten wel of minder goed verloopt.

2. Milieu impact

- Vermindering van CO₂-uitstoot: aanzienlijke vermindering van broeikasgasemissies.
- Biodiversiteit: zorg voor behoud en verbetering van biodiversiteit bij de aanleg van nieuwe energieprojecten.
- Potentiële verslechtering: indien bij schaalvergroting van sommige oplossingen niet rekening wordt gehouden met milieu-impact kan (tijdelijk) de milieu-impact negatief beïnvloed worden.

3. Sociale Impact

- Energiegelijkheid: zorgen voor eerlijke en betaalbare toegang tot hernieuwbare energie voor alle lagen van de bevolking.
- Acceptatie en gedrag: verhogen van publieke acceptatie en aanpassing van gedrag door bewust wordingscampagnes en educatie, waarbij ook aandacht geschonken dient te worden aan de economische component.

4. Technische en innovatieve impact

- Technische ontwikkelingen: oplossingen die eerst nauwelijks werden toegepast worden sneller doorontwikkeld of verbeterd.
- Innovatie: door meer aandacht voor alternatieve oplossingen worden innovatieve oplossingen sneller omarmd, zowel qua initiatie als financiële ondersteuning (onderzoeksprogramma's, subsidies en zelfs private initiatieven).

Eisen en voorwaarden te stellen aan de energietransitie

1. Timing

- Heldere tijdsframes: duidelijke deadlines en mijlpalen voor elk stadium van de transitie.
- Flexibiliteit: vermogen om aan te passen aan onvoorziene omstandigheden en technologische doorbraken.

2. Infrastructuur

- Upgrading van netwerken: investeren in de modernisering van elektriciteitsnetwerken.
- Oplossingen voor opslag: ontwikkelen van grootschalige energieopslagmogelijkheden zoals batterijen en/of waterstof.

3. Regelgeving

- Duidelijke richtlijnen: transparante en consistente regelgeving om onzekerheid te minimaliseren.
- Internationale samenwerking: harmonisatie van regelgeving op internationaal niveau om grensoverschrijdende uitdagingen aan te pakken.

4. Acceptatie

- Motivatie en informatie: transparantie en eerlijke informatie over noodzaak, gevolgen zoals financiële impact, te ervaren overlast.

Conclusie: de energietransitie is een complex en omvangrijk proces dat gefaseerd moet worden uitgevoerd met aandacht voor timing, infrastructuur, regelgeving en technische ontwikkelingen. De komende tien jaar zullen cruciaal zijn voor het behalen van de klimaatdoelen en het creëren van een duurzame toekomst, mits er ook voldoende en continue aandacht besteed wordt aan maatschappelijke acceptatie.

3.1 Uitdagingen in het logistieke landschap

De energietransitie in de logistieke sector is een belangrijk en actueel thema, waarbij bedrijven en overheden moeten samenwerken om duurzamer en efficiënter te opereren. De belangrijke ontwikkelingen op dit gebied zijn:

1. Elektrificatie van voertuigen

- o Elektrische vrachtwagens: veel bedrijven investeren in deze voertuigen om hun CO₂-uitstoot te verminderen. Merken zoals Tesla, Volvo en Daimler hebben elektrische vrachtwagens ontwikkeld die geschikt zijn voor stedelijke distributie en langeafstandsvervoer.
- o Stadsdistributie: elektrische bestelwagens en fietsen worden steeds vaker ingezet voor stadsdistributie, wat bijdraagt aan het verminderen van luchtvervuiling en geluidsoverlast in stedelijke gebieden.

2. Gebruik van alternatieve brandstoffen

- o Waterstof: waterstofbrandstofcellen worden gezien als een veelbelovende technologie voor zwaar transport. Bedrijven zoals Hyundai en Toyota ontwikkelen waterstoftrucks die langere afstanden kunnen afleggen zonder CO₂-uitstoot.
- o Biobrandstoffen: gebruik van biobrandstoffen, zoals biodiesel en bio-LNG (Liquefied Natural Gas), helpt de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen en kan direct worden toegepast in bestaande verbrandingsmotoren.

3. Innovaties in logistieke processen

- o Digitalisering en automatisering: geavanceerde software en technologieën zoals Internet of Things (IoT), kunstmatige intelligentie (AI) en blockchain verbeteren de efficiëntie van logistieke processen. Dit leidt tot optimalisatie van routes, vermindering van lege ritten en beter voorraadbeheer.
- o Drones en autonome voertuigen: drones worden steeds vaker ingezet voor het leveren van pakketten in afgelegen of moeilijk bereikbare gebieden. Autonome voertuigen, zoals zelfrijdende vrachtwagens, worden getest en beloven de logistieke efficiëntie te verbeteren.



Cornelissen transport



Laadplein

4. Duurzame logistieke hubs en infrastructuur

- o Groene logistieke centra: logistieke hubs worden duurzamer door het gebruik van hernieuwbare energiebronnen, energie-efficiënte gebouwen en duurzame materialen. Deze hubs functioneren vaak als een centraal punt voor het bundelen en verdelen van goederen, wat transportstromen efficiënter maakt.
- o Laadinfrastructuur: de ontwikkeling van een uitgebreid netwerk van laadstations voor elektrische voertuigen en tankstations voor waterstof is cruciaal voor de energietransitie in de logistiek. Samenwerkingen tussen overheden en bedrijven zijn noodzakelijk om deze infrastructuur op te zetten.

5. Beleid en samenwerkingen

- o Overheidsbeleid: overheden spelen een cruciale rol door het instellen van emissieregels, subsidies en stimuleringsmaatregelen voor duurzame initiatieven. Bijvoorbeeld, lage-emissiezones in steden moedigen bedrijven aan om schonere voertuigen te gebruiken.
- o Publiek-private samenwerkingen: samenwerkingen tussen publieke en private sectoren versnellen de implementatie van duurzame oplossingen. Initiatieven zoals Green Deal Logistics in Nederland is een voorbeeld van dergelijke samenwerking.

Deze ontwikkelingen tonen aan dat de logistieke sector zich in een transformatieproces bevindt dat gericht is op duurzaamheid en efficiëntie. De combinatie van technologische innovaties, beleidsmaatregelen en samenwerkingen speelt een sleutelrol in het succes van de energietransitie in de logistieke ecosystemen.

3.2 Overzicht (alternatieve) energiebronnen

Over het algemeen worden de volgende energiebronnen genoemd als (mogelijke) alternatieven voor fossiele brandstof in de logistiek:

- o Elektriciteit
- o (Groene) waterstof
- o (Groene) ammoniak
- o Biobrandstof (HVO 100)
- o Hybride oplossing

Om te beoordelen wat mogelijke oplossingsrichtingen zijn, worden per energiebron kort de onderwerpen besproken, waarbij we ingaan op de voor- en nadelen.

- Wat betekent deze energiebron (technisch)?
- Hoe wordt het geproduceerd?
- Hoe wordt het gedistribueerd en opgeslagen?

3.2.1 Elektriciteit

Wat is deze energiebron en hoe wordt deze geproduceerd? In de energietransitie wordt elektriciteit als energiebron al veelvuldig toegepast, ook binnen de logistiek. Elektriciteitsproductie (opwekking) kan in drie categorieën ingedeeld worden:

1. Groene stroom

- Betekenis: elektriciteit die wordt opgewekt uit hernieuwbare en duurzame energiebronnen.
- Bronnen: zonne-energie, windenergie, waterkracht, biomassa (indien duurzaam beheerd), geothermische energie.
- Kenmerken: lage CO₂-uitstoot, minimale impact op het milieu en hernieuwbaar.

2. Grijs stroom

- Betekenis: elektriciteit die wordt opgewekt uit fossiele brandstoffen.
- Bronnen: steenkool, aardgas, olie.
- Kenmerken: hogere CO₂-uitstoot en andere milieuvervuilende uitstoot, niet-hernieuwbaar.

3. Blauwe stroom

- Betekenis: elektriciteit opgewekt met behulp van kernenergie.
- Bronnen: kernsplijting van uranium of plutonium.
- Kenmerken: laag CO₂-uitstootprofiel, maar problemen met nucleair afval en potentiële veiligheidsrisico's.



Ecorus Next Level - Venlo



Zonnedaak Ecorus



Zonnedaak Ecorus

Aangezien we kijken naar de noodzaak van het terugdringen van o.a. CO₂-uitstoot, wordt grijze stroom niet verder in ogenschouw genomen. Blauwe stroom heeft in principe potentie om als alternatieve energiebron te functioneren. Echter, naast de problemen met de opslag van nucleair afval en potentiële veiligheidsrisico's, heeft het vooral te maken met maatschappelijke weerstand. Kernfusie kan een (groot) deel van deze nadelen verminderen, maar is technisch nog onvoldoende ontwikkeld. Daarom laten we de energieopwekking middels kernenergie buiten beschouwing voor de komende tien tot twintig jaar.

Resteert de opwekking van groene stroom. In Nederland kunnen we dan de volgende vier vormen van hernieuwbare bronnen gebruiken:

- a. Zonne-energie
- b. Windenergie
- c. Waterkracht
- d. Biomassa

a. Zonne-energie

- Technische oplossingen: zonnepanelen (PV-systemen), zonneboilers, en Concentrated Solar Power (CSP).
- Business case:
 - Kosten: aanzienlijke daling in kosten van PV-panelen in de afgelopen jaren.
 - Terugverdientijd: vaak tussen vijf tot tien jaar, afhankelijk van subsidies en locatie.
 - Opex: lage operationele kosten na installatie.

b. Windenergie

- Technische oplossingen: onshore en offshore windturbines.
- Business case:
 - Investering: hoge initiële kosten, vooral voor offshore projecten.
 - Levensduur: gemiddeld 20-25 jaar.
 - Kosten per kWh: wordt steeds concurrerender met fossiele brandstoffen.

c. Waterkracht

- Technische oplossingen: getijdenstroom
- Business case:
 - Nog in experimentele fase in Nederland.

d. Biomassa

- Technische oplossingen: de verbranding van biomassa afkomstig van hernieuwbaar organisch materiaal, zoals hout, landbouwafval en speciale energiegewassen, die worden omgezet in warmte of elektriciteit. Hoewel biomassa als CO₂-neutraal kan worden beschouwd, komt er bij de verbranding CO₂ en andere schadelijke stoffen, zoals fijnstof, vrij.
- Business case:
 - Investering: zolang de bronnen duurzaam worden beheerd, kan biomassa een constante energiebron zijn.
 - Levensduur: in principe onbeperkt, mits de bronnen duurzaam worden beheerd.
 - De energie-inhoud van biomassa is lager dan die van fossiele brandstoffen, waardoor er meer materiaal nodig is voor dezelfde hoeveelheid energie. De productie en verwerking van biomassa kunnen bovendien kostbaar zijn, vooral als het gaat om het verzamelen, transporteren, en opslaan.

Distributie en opslagtechnologieën

In principe heeft Nederland een uitgebreid elektriciteitsdistributienetwerk. Door de versnelde groei van de vraag naar elektriciteit, voornamelijk veroorzaakt door de energietransitie, loopt dit netwerk tegen zijn grenzen aan. Hierbij onderscheiden we zowel problemen aanbodkant als de vraagkant.

Netcongestie: onvoldoende capaciteit op het elektriciteitsnet (RVO.nl, 2023; en interview DSV).

- Opwek- of invoedingscongestie: nieuwe duurzame energiebronnen moeten vaak langer wachten op aansluiting op het elektriciteitsnet om de opgewekte elektriciteit in het net te kunnen voeden.

Afnamecongestie: gebruikers komen op een wachtlijst om elektriciteit af te nemen.

- Denk hierbij aan gebruikers van laadinfrastructuur of andere bedrijven die willen verduurzamen.

Daarnaast is er sprake van onregelmatige opwekking van groene stroom:

- Dag-nachtcyclus: zonne-energie wekt alleen overdag energie op.
- Seizoensvariabiliteit: de hoeveelheid opgewekte duurzame energie hangt sterk samen met de seizoenswisselingen. Zonne-energie wordt bijvoorbeeld in de wintermaanden veel minder opgewekt dan in de zomer.
- Windenergie is volledig afhankelijk van de beschikbaarheid van (voldoende) wind voor opwekking.

Deze onregelmatige opwekking zorgt ervoor dat vraag en aanbod van groene stroom niet zonder opslag in balans kunnen worden gebracht. Wanneer de omstandigheden gunstig zijn, is er (potentieel) een aanbodoverschot. Bij ongunstige omstandigheden is er juist een vraagoverschot.

Bovengenoemde obstakels kunnen (potentieel) worden weggenomen door het gebruik van een Elektriciteit Opslag Systeem (EOS).

Elektriciteit Opslag Systeem (EOS)

- Gebruik: essentieel voor het balanceren van vraag en aanbod in energiesystemen.
- Terugverdiëntijd: 7-15 jaar afhankelijk van de technologie en toepassing.
- Inkomsten: mogelijkheid om te profiteren van piek- en dalprijzen.

Modulaire opbouw

Van belang is een modulaire opbouw van batterijsystemen vanwege de flexibiliteit en aanpasbaarheid die deze opzet biedt. Met een modulair ontwerp kunnen batterijsystemen gemakkelijk worden aangepast aan veranderende behoeften en kunnen afzonderlijke modules worden vervangen of geüpgraded zonder het hele systeem te verstoren. Dit vermindert niet alleen de kosten van onderhoud en reparatie, maar verlengt ook de levensduur van het systeem, waardoor het een duurzame investering wordt op de lange termijn. Bovendien maakt een modulaire aanpak het mogelijk om batterijkasten te hergebruiken voor verschillende soorten batterijen, waardoor de behoefte aan nieuwe materialen en middelen wordt verminderd, wat bijdraagt aan een circulaire economie.

Batterijopslagsystemen worden steeds belangrijker naarmate de energietransitie vordert en de behoefte aan de opslag van hernieuwbare energie toeneemt. Er zijn verschillende soorten batterijopslagsystemen die tegenwoordig gangbaar zijn, elk met hun eigen voordelen en toepassingen.

De belangrijkste zijn:

1. Lithium-ionbatterijen

Lithium-ion batterijen zijn veruit de meest gebruikte. Ze worden gekenmerkt door een hoge energiedichtheid, efficiëntie, en een relatief lange levensduur. Ze zijn breed inzetbaar, van kleine consumentenelektronica tot grootschalige energieopslag.

2. Loodzuuraccu's

Loodzuuraccu's behoren tot de oudste en meest vertrouwde technologieën voor energieopslag. Ze worden vaak gebruikt in toepassingen waar kosten een belangrijke overweging zijn en waar de eisen aan energiedichtheid en levensduur minder streng zijn. Ze worden veelvuldig gebruikt voor off-grid toepassingen en noodstroomvoorzieningen.

3. Flow batterijen

Flow batterijen, zoals Vanadium Redox Flow Batterijen (VRFB's), zijn interessant vanwege hun schaalbaarheid en lange levensduur. Ze zijn bijzonder geschikt voor grootschalige energieopslag vanwege hun vermogen om grote hoeveelheden energie op te slaan en snel op te laden of te ontladen. Ze zijn echter minder compact dan lithium-ionbatterijen.

4. Natrium-ionbatterijen

Natrium-ion batterijen zijn een opkomende technologie die vergelijkbaar is met lithium-ion batterijen, maar natrium gebruikt in plaats van lithium. Ze zijn potentieel goedkoper omdat natrium overvloediger is dan lithium. Deze technologie staat nog in de kinderschoenen, maar kan een belangrijke rol spelen in de toekomstige energieopslag.

5. Solid-state batterijen

Solid-state batterijen zijn een innovatieve technologie die een vaste elektrolyt gebruikt in plaats van een vloeibare elektrolyt. Dit kan leiden tot hogere energiedichtheden en verbeterde veiligheid. Hoewel solid-state batterijen zich nog in de ontwikkelingsfase bevinden, wordt verwacht dat ze in de toekomst een belangrijke rol gaan spelen.

6. Lithium-IJzerfosfaat (LiFePO₄) batterijen

LiFePO₄-batterijen zijn een type lithium-ionbatterij dat bekend staat om zijn veiligheid en lange levensduur. Ze hebben een lagere energiedichtheid dan andere lithium-ionbatterijen, maar zijn minder brandgevaarlijk en hebben een langere levensduur, waardoor ze geschikt zijn voor stationaire opslag.

Deze technologieën worden constant verbeterd en geoptimaliseerd voor verschillende toepassingen, zoals thuisbatterijen, industriële opslag, en netbalanceren. De keuze van het batterijopslagsysteem hangt sterk af van de specifieke eisen van de toepassing, zoals kosten, energiec capaciteit, levensduur, en veiligheidsvereisten.

Als belangrijkste nadelen van een EOS worden genoemd:

Levensduur van elektrische opslagsystemen (Deye.com, 2023 en McKinsey & Company).

- De meeste huidige opslagtechnologieën zoals lithium-ionbatterijen hebben een beperkt aantal laad- en ontlaadcycli voordat ze aanzienlijk prestatieverlies vertonen. Hierdoor wordt de levensduur van het systeem beperkt en dit zorgt weer voor hoge vervangingskosten.
- Chemische reacties binnen batterijcellen leiden na verloop van tijd tot verlies van capaciteit en vermogen. Dit proces wordt versneld door hoge temperaturen, diepe ontlading en hoge laadstromen.
- Mechanische degradatie veroorzaakt mechanische stress op batterijcellen door cyclusbelasting (laden en ontladen) en kan leiden tot breuken in de elektroden, wat weer resulteert in capaciteitsverlies en kortsluiting.

Milieueffecten bij productie van de opslagsystemen (Amnesty International, 2024 & The Guardian, 2024 & RVO, 2023).

- Winning van grondstoffen: bij productie van batterijen zijn er grondstoffen vereist; vaak zeldzame metalen zoals lithium, kobalt en nikkel. Het delven van deze materialen kan leiden tot ernstige milieuvervuiling en verlies van biodiversiteit. Daarnaast veroorzaken de mijnbouwpraktijken, veelal in derdewereldlanden, sociale problemen, zoals slechte arbeidsomstandigheden en kinderarbeid.
- Herbruikbaarheid: omdat opslagsystemen een beperkte levensduur hebben, moeten deze uiteindelijk worden vervangen. De oude materialen zijn met betrekking tot recycling complex en kostbaar en er is een risico dat wanneer dit niet goed verloopt er schadelijke chemicaliën in het milieu terecht komen.

Veiligheid: energieopslag systemen (Brandweer.nl, NIPV 2024.nl, DSV interview).

- Batterijen en energieopslagsystemen (EOS) slaan elektriciteit op van zonnepanelen, windenergie en het elektriciteitsnet, met lithium-ionbatterijen als het meest voorkomende type. Deze batterijen worden vaak gebruikt in voertuigen en andere energieopslagsystemen en brengen verschillende veiligheidsaspecten met zich mee. Door mogelijke oververhitting kan zelfontbranding ontstaan. Brandende batterijen zijn bijzonder moeilijk te blussen vanwege hun constructie en de grote hoeveelheid opgeslagen energie.

Concluderend kunnen we stellen dat er ook in ontwikkeling van EMS veel vooruitgang wordt geboekt en dat het duidelijk is dat EMS vaak noodzakelijk is om met name de balans tussen aanbod en vraag van (groene) energie over de hele dag af te kunnen dekken.

3.2.2 Groene waterstof

Wat is deze energiebron en hoe wordt het geproduceerd:

(Groene) waterstof is een gas dat niet vrij in de natuur voorkomt. Waterstof wordt geproduceerd uit grondstoffen zoals water of aardgas met behulp van energie. Met andere woorden moet men eerst energie verbruiken om waterstof te kunnen produceren.

Waterstofproductie (opwekking) kan in principe in drie categorieën ingedeeld worden:

1. Grijs waterstof

- o Betekenis: productie door middel van een fossiele brandstof.
- o Bronnen: steenkool, aardgas, olie.
- o Kenmerken: hogere CO₂-uitstoot, en andere milieuvriendelijke uitstoot, niet-hernieuwbaar.

2. Blauw waterstof

- o Betekenis: productie eveneens door middel van fossiele brandstoffen, echter de CO₂-productie wordt afgevangen. Vaak wordt deze vorm gezien als een tussenstap naar groene waterstof.
- o Bronnen: steenkool, aardgas, olie.
- o Kenmerken: hogere CO₂-uitstoot en andere milieuvriendelijke uitstoot, niet-hernieuwbaar, afvangen van CO₂.

3. Groen waterstof

- o Betekenis: productie door middel van van groene energie.
- o Bronnen: zonne-energie, windenergie, waterkracht, biomassa (indien duurzaam beheerd), geothermische energie.
- o Kenmerken: lage CO₂-uitstoot, minimale impact op het milieu, hernieuwbaar.

Technische oplossingen: elektrolyse voor productie, brandstofcellen voor opslag en gebruik.

- o Business case:
 - Investerings: hogere initiële kosten, maar dalende trend.
 - Toepassingen: geschikt voor zwaar transport en industriële processen.
 - Marktpotentieel: grote verwachte vraag in diverse sectoren.

De productie van waterstof via elektrolyse (groene waterstof) is momenteel duurder dan de productie van fossiele brandstoffen (grijze of blauwe waterstof). Dit heeft verschillende redenen:

- Elektrolyse-apparatuur is nu nog duurder in aanschaf en onderhoud. Om deze kosten te verlagen is er schaalvergroting nodig.
- Er gaat energie verloren tijdens het elektrolyseproces omdat dit proces niet 100% efficiënt is.
- Het aanleggen van nieuwe windparken of zonnepanelen is noodzakelijk voor grootschalig gebruik van groene waterstof.

De hogere kosten voor groene waterstof worden vooral veroorzaakt door het vroege stadium waarin deze oplossing zich bevindt. Wanneer er schaalvoordelen worden bereikt, kunnen de kosten (aanzienlijk) gaan dalen, maar dat vergt dan wel visie en daadkracht om hierin in te investeren.

Distributie en opslagtechnologieën

Opslag van waterstof

Waterstof heeft een lage energiedichtheid per volume-eenheid in vergelijking met andere brandstoffen; hierdoor neemt de opslag van waterstof meer ruimte in. Waterstof wordt daarom meestal opgeslagen als gas onder hoge druk of in vloeibare vorm, maar dit brengt technische uitdagingen met zich mee:

- Opslaan als gas: om waterstof zo efficiënt mogelijk op te slaan, is compressie nodig tot zeer hoge drukken. Waterstof wordt dan samengedrukt, zodat er meer in een tank past, maar het nadeel hiervan is dat er energie verloren gaat door het samendrukken. Ook is de productie van deze tanks erg kostbaar, omdat ze bestand moeten zijn tegen hoge drukken en mogelijke lekkages.
- Vloeibaar opslaan: het vloeibaar opslaan van waterstof neemt een stuk minder ruimte in, maar om het vloeibaar te maken moet het eerst afkoelen en dat kost veel energie. Ook gaat er energie verloren tijdens het vloeibaar maken.

Het grootste obstakel is dus dat de opslagsystemen aan specifieke eisen moeten voldoen om de veiligheid van het gebruik van waterstof te waarborgen om het energieverlies bij het verdichten van het gas of het opslaan in vloeibare vorm te minimaliseren.

Veiligheid: licht ontvlambaar (TNO, z.d.)

Waterstof is een licht ontvlambare stof waarvan de vlammen bijna niet zichtbaar zijn. Ook kan er een krachtige explosie ontstaan bij contact met lucht, omdat waterstof veel energie bevat. Daarom moeten er extra veiligheidsmaatregelen worden genomen bijvoorbeeld het inzetten van specifieke detectiemethoden om waterstof op te sporen.

Lekkages/milieuvervuiling (University of Groningen, 2024)

Een waterstofmolecuul is zo klein dat het nog wel eens door kleine kiertjes of scheurtjes kan ontsnappen. Wanneer waterstof in de atmosfeer komt, kan dit leiden tot meer ozon, methaan en waterdamp, wat weer bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Ook kan het bijdragen aan de vorming van stikstofdioxiden, de oorzaak van luchtvervuiling.

Concluderend kunnen we stellen dat het toepassen van groene waterstof voordelen kan bieden voor met name (zwaar) transport en industrie ten opzichte van met name de toepasbaarheid van directe elektriciteit-opwekking en noodzakelijke batterij-opslag. De ontwikkelingen die nodig zijn om dit als een mogelijke oplossing voor de energietransitie te zien zijn reeds ingezet. Belangrijk hierbij is het realiseren van een goede energieconversie van (groene) energie in waterstof bij de productie en het creëren van (veilige) opslagmethodes van energie, waarbij met name het laatste als belangrijkste voordeel gezien wordt om zo een betere (en grotere) balans te hebben tussen moment van productie en opslag van energie en het gebruik ervan.

3.2.3 Groene ammoniak

Wat is deze energiebron en hoe wordt het geproduceerd

Groene ammoniak wordt geproduceerd door waterstof te genereren via elektrolyse met hernieuwbare energie en stikstof uit de lucht te scheiden. Deze twee componenten worden vervolgens samen gevoegd in het Haber-Bosch proces. Hierdoor ontstaat ammoniak zonder CO₂-uitstoot, wat het een milieuvriendelijke optie maakt voor gebruik in onder andere kunstmest en brandstoffen. Het proces verschilt van de traditionele ammoniakproductie, die meestal gebruikmaakt van aardgas als energiebron, en in plaats daarvan CO₂-vrij is.

Het proces is in het kort als volgt:

1. Waterstofproductie

- o Electrolyse van water: groene ammoniak begint met de productie van waterstof (H_2) door elektrolyse. Bij dit proces wordt water (H_2O) gesplitst in waterstof en zuurstof (O_2) met behulp van elektriciteit. Wanneer deze elektriciteit afkomstig is van hernieuwbare bronnen, spreken we van 'groene' waterstof.

2. Stikstofproductie:

- o stikstof (N_2), een andere noodzakelijke component, wordt verkregen door het scheiden van lucht, die voor ongeveer 78% uit stikstof bestaat.

3. Synthese van ammoniak (Haber-Bosch proces)

- o Haber-Boschproces: de geproduceerde waterstof en stikstof worden gecombineerd in het Haber-Boschproces om ammoniak (NH_3) te vormen. Dit proces vindt plaats bij hoge temperaturen en druk in aanwezigheid van een katalysator.

4. Gebruik van hernieuwbare energie

- o De energie die nodig is voor de elektrolyse en het Haber-Boschproces wordt volledig geleverd door hernieuwbare energiebronnen, zoals wind, zon, of waterkracht. Dit maakt het proces CO_2 -neutraal, waardoor de geproduceerde ammoniak 'groen' wordt genoemd.

Economisch en opslag levensvatbaarheid

Groene ammoniak is momenteel economisch minder levensvatbaar in vergelijking met andere energiebronnen. Daarnaast is de productie van ammoniak afhankelijk van twee chemische processen. Ten eerste de chemische reactie bij elektrolyse van water, waarbij waterstof wordt gemaakt. Daarnaast wordt het Haber-Boschproces toegepast waarbij waterstof en stikstof gemengd worden. Hierdoor wordt ammonia gemaakt, maar dit proces is alleen 'groen' als het hele proces door middel van groene energie wordt aangedreven. Vanwege de chemische eigenschappen van ammoniak is het momenteel ingewikkeld en duur om het in de praktijk te gebruiken als energiebron voor vrachtwagens. De voertuigen zouden hiervoor over een zeer geavanceerd ammoniaktanksysteem moeten beschikken om dit te kunnen gebruiken (Chorowski et al., 2023).

Veiligheid

Ammoniak is een gevaarlijke stof met de volgende kenmerken:

- Brandbaar: het vlampunt van ammoniak is 132 °C (Ammoniak wordt opgeslagen als gas onder temperaturen van -34 °C). De grootste bedreiging ontstaat als ammoniak in contact komt met water en zuurstof. Dit zijn namelijk de perfecte omstandigheden voor verbranding (Harris et al., z.d.).
- Giftig: ammoniak is een kleurloos en giftig gas met een sterke doordringende geur, dat al gevoeld kan worden in kleine concentraties (rond 15 ppm). Ammoniak in zijn vloeibare vorm kan irritatie en brandwonden veroorzaken wanneer het in contact komt met huid of ogen. Bovendien kan blootstelling aan ammoniak bij hoge concentraties gedurende 30 minuten dodelijk zijn.
- Corrosief: wanneer ammoniak in aanraking met water komt, wordt het zeer corrosief voor bepaalde materialen (zoals koper en zink).
- Explosief: ammoniak bevat explosieve kenmerken. Het is vooral explosief wanneer het zuurstofgehalte tussen de 15% en 28% ligt. Verder wordt het explosiegevaar hoger wanneer ammoniak onder hoge druk wordt opgeslagen. Om ammoniak in vloeibare vorm te behouden wordt het onder een druk gehouden van 100.000 Pascal (10 bar) (Explosion Characteristics And Flammability Limits Of Various Aqueous Ammonia Vapours in Air - AmmoniaKnowHow, 2022).

Efficiëntie en schaalbaarheid

Groene ammoniak is momenteel niet efficiënt en schaalbaar te produceren waardoor de economische haalbaarheid zeer onder druk staat. Dit komt doordat ammoniak in vloeibare vorm moet worden opgeslagen, wat alleen mogelijk is door energie in het systeem te investeren.

Concluderend kunnen we stellen dat groene ammoniak momenteel economisch ongunstig en technisch complex is vanwege de hoge productiekosten. Het brengt bovendien veiligheidsrisico's met zich mee, zoals brandbaarheid, giftigheid, corrosiviteit en explosiviteit, en is daarom momenteel geen haalbare duurzame oplossing.



Greenpoint - Ede



Greenpoint - Veghel - Doornhoek

3.2.4 Biobrandstof (HVO 100)

Wat is deze energiebron en hoe wordt het geproduceerd

HVO 100 staat voor 'Hydrotreated Vegetable Oil 100%'. Het is een biobrandstof die volledig bestaat uit hernieuwbare grondstoffen, zoals plantaardige oliën (bijvoorbeeld palmolie, raapzaadolie) en dierlijke vetten. Door middel van een waterstofbehandelingsproces, ook wel hydrobehandeling genoemd, wordt deze olie omgezet in een hoogwaardige brandstof die sterk lijkt op conventionele diesel. HVO 100 wordt gebruikt in verschillende sectoren, zoals transport, landbouw, en de scheepvaart. Het kan zowel in pure vorm (100%) als in mengsels met conventionele diesel worden gebruikt.

Belangrijke Kenmerken van HVO 100

- 100% Hernieuwbaar: HVO 100 is volledig gemaakt van hernieuwbare bronnen.
- CO₂-reductie: de CO₂-uitstoot van voertuigen die op HVO 100 rijden, is aanzienlijk lager dan die van voertuigen op fossiele diesel. De reductie kan tot wel 90% of meer bedragen, afhankelijk van de gebruikte grondstoffen.
- Compatibiliteit: HVO 100 is compatibel met de meeste moderne dieselmotoren zonder dat er technische aanpassingen nodig zijn. Het kan worden gebruikt als vervanger van conventionele diesel.
- Lagere emissies: naast lagere CO₂-emissies zorgt HVO 100 ook voor lagere emissies van andere schadelijke stoffen, zoals fijnstof, stikstofoxiden (NO_x), en zwaveloxiden (SO_x).

Productieproces

1. Hydrobehandeling: de plantaardige oliën en dierlijke vetten worden gehydrogeneerd (gecombineerd met waterstof) om de moleculaire structuur van de oliën te veranderen. Dit proces verwijdert onzuiverheden en verzadigt de vetzuren.
2. Verfijning: de gehydrogeneerde olie wordt verder geraffineerd tot een brandstof die lijkt op fossiele diesel, maar met betere eigenschappen, zoals een hoger cetanaantal, wat zorgt voor een schonere verbranding.

Opslag en infrastructuur

Opslag van HVO100 vindt in principe op dezelfde wijze plaats als dieselopslag en kan op bestaande pompstations als aparte keuze aan de pomp worden aangeboden. Bedrijven met grotere wagenparken kunnen eenvoudiger toegang krijgen tot HVO100 via eigen tankinstallaties op hun terrein, terwijl het voor particulieren momenteel minder wijdverspreid beschikbaar is (Oostvogels, 2019).

Motor compatibiliteit

Motor compatibiliteit: om gebruik te maken van HVO100 is het voor huidige voertuigen van belang om het brandstofinjectiesysteem aan te passen om zo het brandstofvolume te verhogen. Dit is noodzakelijk omdat HVO100 minder dicht is dan standaard diesel (Toyota, 2023).

Ecologische impact

De productie van HVO100 vereist plantaardige oliën als grondstof en bij een grote vraag kan dit leiden tot tekorten. Als deze oliën worden verkregen uit gewassen, zoals palmolie, kan dit leiden tot ontbossing en hoge CO₂-emmissies. Een ander punt is dat de emissie van NO_x en fijnstof niet omlaag gaan (Schouten, 2020).

Concluderend kunnen we stellen dat HVO100 geen duurzame oplossing is vanwege de hoge ecologische impact, veroorzaakt door het gebruik van palmolie als grondstof voor de productie, wat sterk bijdraagt aan de opwarming van de aarde (o.a. door ontbossing). Verder is het rendement dat deze oplossing oplevert ongeveer drie keer lager dan Groene Waterstof en zelfs lager dan de huidige dieselbrandstof.

3.2.5 Hybride oplossing

Wat is deze energiebron

Hybride oplossingen voor vrachtwagens combineren conventionele verbrandingsmotoren (meestal diesel) met elektrische aandrijfsystemen om brandstofverbruik en uitstoot te verminderen. Deze technologieën zijn ontworpen om de voordelen van elektrische aandrijving te benutten zonder volledig afhankelijk te zijn van batterijen. Wat met name nuttig is in het vrachtvervoer, waar de actieradius en laadtijden belangrijk zijn. Hybride oplossingen vormen een belangrijke stap in de richting van duurzamer vrachtvervoer, met als doel om op termijn volledig emissievrij transport mogelijk te maken.

De belangrijkste hybride oplossingen voor vrachtwagens zijn:

Parallel hybride systeem

- o Werking: in een parallel hybride systeem werken de verbrandingsmotor en de elektrische motor gelijktijdig of afzonderlijk om de vrachtwagen aan te drijven. De elektrische motor kan de verbrandingsmotor ondersteunen tijdens het optrekken of heuvelopwaarts rijden, waardoor het brandstofverbruik wordt verminderd.
- o Voordelen: betere brandstofefficiëntie, vooral in stop-and-go-verkeer. De batterij kan worden opgeladen door regeneratief remmen.

Serie hybride systeem

- o Werking: in een serie hybride systeem fungeert de verbrandingsmotor voornamelijk als een generator om de batterij op te laden, terwijl de elektrische motor de enige aandrijving is voor de vrachtwagen. Dit type systeem wordt vaak gebruikt in stedelijke omgevingen, waar de vrachtwagen regelmatig stopt en start.
- o Voordelen: maximaliseert de efficiëntie van de verbrandingsmotor en biedt de mogelijkheid voor volledig elektrische ritten over korte afstanden.

Plug-in hybride systeem (PHEV)

- o Werking: dit systeem lijkt op het parallel hybride systeem, maar heeft een grotere batterij die kan worden opgeladen via het elektriciteitsnet. Hierdoor kan de vrachtwagen langere afstanden volledig elektrisch rijden voordat de verbrandingsmotor inschakelt.
- o Voordelen: lagere emissies en brandstofkosten, vooral in stedelijke gebieden met veel stop-and-go-verkeer. Mogelijkheid om volledig elektrisch te rijden voor korte tot middelmatige afstanden.

Mild hybride systeem

- o Werking: in een mild hybride systeem ondersteunt een kleine elektrische motor de verbrandingsmotor, vooral tijdens het accelereren. Dit systeem gebruikt een kleinere batterij en biedt beperkte elektrische rijcapaciteit.
- o Voordelen: lagere kosten dan volledig hybride systemen, verbeterde brandstofefficiëntie, en minder complexe technologie.

Range extender hybride

- Werking: een kleine verbrandingsmotor wordt gebruikt om de batterij op te laden als deze bijna leeg is. De vrachtwagen wordt echter hoofdzakelijk aangedreven door de elektrische motor. Dit systeem wordt vooral gebruikt in elektrische vrachtwagens om de actieradius te vergroten zonder volledig afhankelijk te zijn van laadstations.
- Voordelen: verlengt de actieradius van de elektrische vrachtwagen, vermindert de noodzaak van frequente laadbeurten, en biedt meer flexibiliteit in gebruik.

Hydraulische hybride

- Werking: dit systeem gebruikt hydraulische druk in plaats van een elektrische batterij om energie op te slaan en te hergebruiken. De hydraulische energie wordt opgeslagen tijdens remmen en vervolgens gebruikt om de vrachtwagen aan te drijven.
- Voordelen: zeer efficiënt voor zware voertuigen met frequent stoppen en starten, zoals vuilniswagens of stadsbussen.

Voordelen van hybride oplossingen

- Verminderd brandstofverbruik: hybride vrachtwagens gebruiken minder fossiele brandstoffen, wat leidt tot lagere operationele kosten.
- Lagere emissies: ze stoten minder CO₂ en andere schadelijke stoffen uit, wat bijdraagt aan een schonere lucht.
- Betere prestaties in stedelijke omgevingen: hybride vrachtwagens zijn bijzonder geschikt voor gebruik in steden met veel stop-and-go-verkeer, waar ze het meest efficiënt zijn.

Nadelen van hybride oplossingen

Hogere kosten: de initiële aanschafkosten van hybride vrachtwagens zijn vaak hoger dan die van traditionele vrachtwagens (Volvo, 2023) vanwege onderstaande factoren:

- Complexe technologieën, wat kan leiden tot hogere onderhoudskosten en de noodzaak van gespecialiseerde service.
- Duurdere componenten (batterijen en elektrische motoren).

Infrastructuur

- Oplaadinfrastructuur: gebrek aan voldoende en geschikte oplaadinfrastructuur voor vrachtwagens. Dit vormt een groot probleem, vooral voor langeafstandstransporten waar betrouwbare en snelle laadmogelijkheden essentieel zijn. (Dijkhuizen, 2021).
- Logistiek: vraagt om aanpassen logistieke operaties aan de vereisten van hybride vrachtwagens, extra planning en investering.

Technologische complexiteit

- Integratie: de integratie van hybride systemen in bestaande vrachtwagenontwerpen kan complex zijn.

Batterijtechnologie en capaciteit

- Levensduur: de huidige batterijtechnologie heeft beperkingen in termen van levensduur, efficiëntie hoge vervangingskosten en mogelijk prestatieverlies.
- Actieradius: hybride vrachtwagens hebben een beperkte elektrische actieradius, waardoor ze minder geschikt zijn voor langeafstandstransport zonder frequent op te laden (Unive, z.d.).

Beperkte modellen en beschikbaarheid

Het aantal beschikbare hybride vrachtwagenmodellen is beperkt in vergelijking met diesel- of benzinevrachtwagens, waardoor er minder keuze en flexibiliteit is bij het selecteren van voertuigen.

Concluderend kan gesteld worden dat hybride vrachtwagens zijn ontworpen om de voordelen van elektrische aandrijving te benutten zonder volledig afhankelijk te zijn van batterijen, wat vooral nuttig is in het vrachtdoel, waar de actieradius en laadtijden belangrijk zijn. Hybride oplossingen vormen een belangrijke stap in de richting van duurzamer vrachtdoel, met als doel om op termijn volledig emissievrij transport mogelijk te maken.

3.2.6 Korte en langere termijn toepassingen binnen de logistiek sector

Samenvattend: wat zijn de mogelijke alternatieve energiebronnen die op korte en lange termijn toegepast kunnen worden in de logistieke sector?

HVO100 is geen duurzame oplossing omdat de ecologische impact hoog is vanwege het gebruik van bijvoorbeeld palmolie als grondstof voor de productie, wat sterk bijdraagt aan de opwarming van de aarde (o.a. door ontbossing). Verder is het rendement dat deze oplossing oplevert ongeveer drie keer lager dan groene waterstof en zelfs lager dan de huidige brandstof diesel. Daarnaast blijven de emissies van schadelijke stoffen bij verbranding een probleem.

Groene ammoniak is geen duurzame oplossing omdat het economisch ongunstig en technisch complex is, vanwege de hoge productiekosten en de veiligheidsrisico's (brandbaar, giftig, corrosief, explosief).

Groene waterstof heeft in vergelijking met de eerste twee duurzame oplossingen minder obstakels waar rekening mee gehouden dient te worden. Vooral op de langere termijn zal dit een interessantere optie worden voor logistieke bedrijven om in overweging te nemen. Zolang rekening gehouden wordt met het de veiligheidsrisico's van waterstof, de (nu nog) dure productie en de complexe opslag van vloeistof en gas is dit een zeer geschikte duurzame oplossing. Verwacht wordt dat de hoge kosten in de toekomst sterk afnemen.

Groene stroom met batterijsystemen heeft ten opzichte van de drie bovengenoemde oplossingen een sterkere voorkeur, omdat het direct hernieuwbare energie benutten en netcongestie kan verminderen. Hoewel er uitdagingen zijn zoals de beperkte levensduur van batterijen en milieueffecten van grondstofwinning, biedt groene stroom een dubbele oplossing: directe energieconsumptie en opslag voor later gebruik, mits EMS wordt gebruikt. Het gebruik van batterijsystemen verhoogt de betrouwbaarheid en flexibiliteit van deze oplossing, waardoor het een aantrekkelijke keuze is voor een duurzame energievoorziening.

Hybride vrachtwagens zijn op zichzelf geen duurzame oplossing vanwege de hoge(re) aanschafkosten, complexe technologieën en het nog steeds beschikken over een verbrandingsmotor met bijbehorende emissieproblemen. Hybride oplossingen vormen echter wel een belangrijke stap in de richting van duurzamer vrachtvervoer, met als doel om op termijn volledig emissievrij transport mogelijk te maken.

Derhalve zijn de meest logische keuzes om te kijken naar groene stroom op de korte tot middellange termijn als duurzame energiebron en/of over te stappen op groene waterstof op de langere termijn (mits rendabel). Aangezien deze twee opties de minste obstakels kennen die een significante impact hebben op een organisatie die wil verduurzamen.

Op de korte termijn is het zeker aan te raden naar hybride oplossingen te kijken, ingegeven door beperkingen die er heden zijn met betrekking tot beschikbaarheid (technisch en capaciteit) van groene stroom en groene waterstof. In het volgende hoofdstuk zullen we daarop nader ingaan.

Beschikbaarheid (groene) elektriciteit en waterstof voor logistiek

4.1 Infrastructuuroplossingen in het logistieke landschap

Begin 2024 telde de laadpuntenkaart al meer dan 125 locaties met ruim 350 laadpalen en dit aantal blijft toenemen. Ook zijn sinds eind 2023 al meer dan 30 waterstoftankstations in Nederland.



Voor logistiek is natuurlijk van belang te weten wanneer een vrachtwagen opgeladen moet en kan worden zonder dat de vrachtwagen langdurig niet inzetbaar is (moet stilstaan). Een belangrijke vraag is hoe dit ingepast kan worden in de (dag)dagelijkse ritten van een vrachtwagen. Daarbij moet niet alleen overwogen worden hoelang het opladen duurt en welk laadpercentage bereikt moet worden, maar ook de tijd die de chauffeur kwijt is aan het wachten en hoe dit past in zijn werk- en rijtijden. Hoort bijvoorbeeld het wachten op opladen bij de rusttijd of niet, wat betekent dit voor het effectief inplannen van ritten en aflever- en ophaalpunten per route enz.

In prognoses naar de toekomst wordt nu uitgegaan dat ongeveer 10% van de vrachtwagens onderweg oplaadt, d.w.z. op truck parkings en verzorgingsplaatsen. 90% laadt dus op bestemming, waarvan het merendeel bij het depot (magazijn, distributiecentrum, enz.) en een klein deel via gemeenschappelijke infrastructuur op een bedrijventerrein (zie schema hieronder).

Belangrijk hierbij is om nader te kijken wat met 'op bestemming' bedoeld wordt: is dit een bestemming in de zin van één van de aflever- of ophaalpunten van de vrachtwagen, of is dit de standplaats van de vrachtwagen aan het einde van de rit? Als het laatste het geval is, is er natuurlijk minder tijddruk op het opladen van de vrachtwagen en kan er langzamer en met minder vermogen worden opgeladen. Is het echter tijdens een 'stop' bij een locatie gedurende een rit, dan is het van belang dat het opladen zo snel mogelijk gebeurt. Liefst niet langer dan de tijd die een vrachtwagen bijvoorbeeld aan een dock staat om geladen en gelost te worden. Daartoe moet in korte tijd met groter vermogen met behulp van snelladers of zelfs hyperchargers (150 kW) opgeladen worden. Het is echter niet noodzakelijk om steeds tot 100% op te laden, aangezien de vrachtwagen ook bij een volgende stop of aan het einde van de rit op de eindbestemming weer opgeladen kan worden.



Kortom, het is van belang om bij de inzet van (hybride) elektrische vrachtwagens rekening te houden met laadmogelijkheden onderweg en de vrachtwagen zo in te plannen dat er op de eindbestemming voldoende laadcapaciteit aanwezig is om de vrachtwagen de volgende dag weer volledig op te laden. Dit vraagt ook om aanpassingen in de manier waarop routeplanning en ritplanning worden uitgevoerd, evenals de vertaalslag naar de inmiddels veel gebruikte routeplanningssystemen of transport-managementsystemen (TMS).

Voor vrachtwagens die gebruikmaken van (groene) waterstof, is het van belang om op basis van routeplanning bewust tankbeurten in te plannen. Ook al is dit qua locatie minder gunstig voor de planning. Bijvoorbeeld, de nabijheid van waterstoftankstations vergt een omweg ten opzichte van de optimale rijroute, aangezien de infrastructuur voor waterstof (nog) veel minder uitgebreid is dan die voor fossiele brandstoffen.

4.2 Energietransitie voor Logistiek sector kan ook verdienen worden

De beschikbare technische oplossingen voor de energietransitie zijn divers en bieden elk unieke voordelen en business cases. De keuze voor een bepaalde oplossing hangt af van verschillende factoren zoals kosten, terugverdientijd, locatie en specifieke energiebehoeften. Investeren in deze technologieën kan niet alleen bijdragen aan een duurzamer energiegebruik, maar ook aan economische voordelen door kostenbesparing en nieuwe inkomstenstromen.

Logistieke bedrijven kunnen bij de realisatie van een bedrijventerrein geholpen worden om een aantal praktische maatregelen te nemen, die de energietransitie stimuleren en de CO₂-footprint verkleinen. Door bijvoorbeeld clean energy hubs op bedrijventerreinen te faciliteren, kunnen de bedrijven makkelijker overstappen op alternatieve, schonere brandstoffen. Als er voldoende capaciteit beschikbaar is op de energie-grids en de benodigde nutsaansluitingen, worden bedrijven daarnaast extra gestimuleerd om zonnepanelen of windturbines te installeren. De opgewekte, hernieuwbare energie kan vervolgens worden gebruikt om hun eigen magazijnen, laadstations en materiaalhandlingsystemen van stroom te voorzien en uiteraard voor het opladen van elektrische vrachtwagens. Bij een overproductie kan de energie worden gebufferd in batterijsystemen of gedeeld met andere bedrijven op het park.

Verder is het verstandig om de inzet van energie-efficiënte technologieën te stimuleren. Met LED-verlichting of een energie-efficiënt HVAC-systeem neemt het rendement van de logistieke panden toe, terwijl het energieverbruik daalt. Gerichte subsidiëring voor bijvoorbeeld alternatieve verwarmingsbronnen op waterstof, of zonenergie kan een extra stimulans zijn.

Daarnaast kan het energieverbruik bij extern transport worden teruggedrongen door het toepassen van slimme technologieën en data-analyse met betrekking tot energieverbruik en -overdracht.

- Telematica en voertuigtracking: dit wordt gebruikt om voertuigen te volgen en te monitoren. De verzamelde gegevens gaan over de locatie, snelheid, rijgedrag en brandstofgebruik van voertuigen. Logistieke bedrijven kunnen met deze gegevens energieverpillingen identificeren en optimaliseren, zoals het plannen van efficiëntere routes.
- IoT sensoren: deze verzamelen gegevens over verschillende aspecten van logistieke activiteiten, zoals energieverbruik. Deze sensoren worden in voertuigen geplaatst om het energieverbruik te monitoren en mogelijke optimalisaties te identificeren.
- Route-optimalisatiesoftware: dit maakt gebruik van gegevensanalyse om de meest efficiënte routes te plannen voor het transporteren. Door de software wordt er gekeken naar verschillende aspecten zoals, verkeerspatronen en brandstofkosten om energieverbruik zo laag mogelijk te houden.
- Data-analyse en voorspellende modellen: deze helpen om onderhoudsbehoeften van voertuigen te voorspellen, zodat problemen voorkomen kunnen worden. Hierdoor kunnen bedrijven energieverslindende storingen voorkomen en kan de operationele efficiëntie worden verbeterd.

Volgens TNO kunnen deze technologieën een positieve impact hebben op (langeafstands) vrachtwagens in de logistieke sector. Als bedrijven efficiënt gebruikmaken van slimme technologieën, zoals hierboven beschreven, kan het brandstofverbruik tot wel 40% verminderen.

Samenwerking

Als de samenwerking tussen bedrijven en met leveranciers wordt gefaciliteerd, kan de CO₂-footprint (verder) worden gereduceerd. Met complementaire logistieke bedrijven, in de buurt van relevante modaliteiten, kunnen bijvoorbeeld routes worden gecombineerd en laadcapaciteiten verder worden geoptimaliseerd. Samenwerking met ketenpartners en leveranciers draagt eveneens bij aan een lagere CO₂-footprint.

4.3 Kosten en CO₂-uitstoot energiebronnen

In de volatiele energiemarkt is het lastig om harde uitspraken te doen over hoe energiekosten zich ontwikkelen, met name gerelateerd aan elektriciteit (duurzaam) en (groene) waterstof. Voor elektriciteit wordt voorspeld dat de TCO (total cost of ownership) in 2040 aanzienlijk lager zal zijn, namelijk rond de 0,38 € per kilometer (Transport & Environment, 2024). De verwachting voor waterstof in 2040, bij een dagelijks gebruik van 800 km, zal even duur zijn als diesel, met een TCO van ongeveer 0,54 € per kilometer (Transport & Environment, 2024).

CO₂-uitstoot

Op dit moment is ongeveer 40% van de opgewekte elektriciteit afkomstig van groene bronnen. Als alle elektriciteit uit groene bronnen is opgewekt, is nul CO₂-uitstoot mogelijk. De vraag is wel wanneer dit bereikt gaat worden. Een factor die ook bijdraagt aan de CO₂-reductie is dat elektrische voertuigen tot 28% efficiënter kunnen zijn. Het mes snijdt dus aan twee kanten. De CO₂-uitstoot van waterstof hangt af van de productiemethode. De uitstoot kan tot nul worden teruggebracht als waterstof geproduceerd wordt met groene energie. Waterstofvoertuigen zijn efficiënter dan dieselveertuigen, maar minder efficiënt dan elektrische voertuigen, aangezien voor productie en opslag van waterstof (groene) energie verloren gaat.

Energie als schaars goed leidt tot creatievere oplossingen die bijdragen aan actuele praktijkproblemen.

Als stroom zonder beperking beschikbaar is, wordt alles op elk moment ingeschakeld. Dat betekent dat de verwarming volledig aan wordt gezet wanneer men deze nodig heeft, terwijl tegelijkertijd de lampen en andere systemen aanstaan. Zonder rekening te houden met de vraag of er voldoende (stroom)capaciteit is. Dit zorgt vaak voor pieken op het aanwezige netwerk en voor onbalans in de systemen. Als men (elektrische) energie echter als een schaars goed beschouwt, kan men overwegen om pieken af te vlakken door 's nachts te verwarmen en overdag, wanneer de zon schijnt, de piekverbruikers te voorzien van stroom. Door meer te sturen op energieverbruik en energiemanagement wordt ook veel bewuster omgegaan met hoe en vooral op welk moment men energie gebruikt.

Als we op een bedrijventerrein alle verbruiksprofielen individueel bekijken, is er vaak een enorme capaciteit nodig om de piekbehoefte van iedereen af te dekken. Vaak ziet men in de praktijk echter dat deze pieken zelden gelijktijdig optreden. Het net is daardoor vaak overgedimensioneerd, terwijl het individuele verbruik van alle partijen nooit boven de maximale piek komt. Samenwerken of samen voorzieningen treffen (zoals bijv. in Hoofddorp is gedaan omdat men daar niet genoeg stroomcapaciteit kreeg) heeft ervoor gezorgd dat men daar een collectieve voorziening heeft gemaakt, met solar, batterijen en noodstroomaggregaat. Door samen te werken heeft men niet alleen een oplossing gevonden maar zijn ook de kosten overzichtelijk gebleven.

Door slimmer om te gaan met verbruiksmanagement en samen te werken op energiegebied, kan in de praktijk veel beter met pieken in verbruik worden omgegaan, zowel tussen bedrijven als binnen bedrijven. Innovatie kan ook gerealiseerd worden door anders met het probleem om te gaan dan men altijd al deed, door bijvoorbeeld out-of-the-box te denken. Energietransitie gaat niet alleen over hoe we dit in de toekomst met innovatieve oplossingen gaan realiseren, maar ook over hoe we het verbruik verkleinen. Door gezamenlijk energiemanagement kunnen we onze 'claim' op piekcapaciteit verminderen en daardoor ook onze afhankelijkheid van het energiecapaciteitsprobleem verlagen.



Reflectie: energietransitie *power* ook logistiek

Uitdagingen binnen de energietransitie

Bij het ontwikkelen van logistieke infrastructuur wordt ernaar gestreefd om systemen te ontwerpen die niet alleen efficiënt zijn in het verwerken en transporteren van goederen, maar ook een minimale ecologische impact hebben.

De groeiende uitdagingen van energievoorziening, met name in tijden van beperkte beschikbaarheid, vragen om zowel gedragsveranderingen als technologische oplossingen. Het energienet, dat traditioneel betrouwbaar is, staat nu onder toenemende druk vanwege de integratie van hernieuwbare energie en de behoefte aan een beter evenwicht tussen vraag en aanbod.

De transitie naar duurzame energie zal complex zijn, maar eraartoe werken door middel van innovaties in de manier waarop energie wordt geproduceerd, opgeslagen en verbruikt, is essentieel om de balans in het netwerk te behouden en tegelijkertijd naar een duurzamere toekomst te bewegen.

Gedrags- en technologische aanpassingen: Een cruciale oplossing houdt in dat energiegebruikers zich bewuster worden van wanneer en hoe ze elektriciteit verbruiken. Door de vraag te sturen en energie te gebruiken op optimale tijden (zoals tijdens periodes met een lagere netbelasting), kunnen een directe rol spelen bij het verlichten van de druk op het systeem. Dit brengt ook het idee van 'energiebewust' gedrag naar voren, waarbij gebruikers niet alleen passieve ontvangers zijn, maar actieve deelnemers aan het beheer van hun verbruik.

Innovatieve oplossingen vraagt om actieve samenwerking - zowel binnen bedrijven als tussen energieleveranciers - om het energieverbruik te optimaliseren. Belangrijke strategieën zoals vraagbeheer en slimme netwerktechnologieën zijn van cruciaal belang om ervoor te zorgen dat het aanbod aan de vraag kan voldoen. Deze maatregelen helpen ook om de kosten voorspelbaar en beheersbaar te houden.



Langetermijnplanning en duurzaamheid: energiebeheer gaat niet alleen over het oplossen van huidige problemen; het gaat over het voorbereiden op toekomstige problemen. Door slimmer verbruik te stimuleren en technologieën zoals energieopslag of intelligente bewakingssystemen te gebruiken, kunnen bedrijven hun afhankelijkheid van externe energievoorzieningen verminderen en het risico op toekomstige tekorten beperken.

De logistieke sector staat voor de uitdaging om haar infrastructuur aan te passen met oog voor duurzaamheid. Huidige infrastructures zijn vaak niet geschikt om de energietransitie te ondersteunen, wat resulteert in inefficiëntie en een negatieve milieu-impact. Een grondige analyse van de huidige situatie is nodig om de knelpunten en uitdagingen te identificeren. Deze omvatten onder meer de beperkingen van bestaande infrastructuur, zoals verouderde technologieën en gebrek aan energie-efficiëntie. Het is van cruciaal belang om deze problemen aan te pakken om de transitie naar duurzame logistieke infrastructures mogelijk te maken

Het energielandschap verandert en het toekomstig succes hangt af van zowel het omarmen van innovatieve technologieën als het bevorderen van een cultuur van energiebewustzijn



Literatuurlijst

Airgas USA, LLC and its affiliates. (2019). Ammonia. In *Safety Data Sheet*. <https://www.airgas.com/msds/001003.pdf>

Amnesty International, (2024). *Kinderarbeid* <https://www.amnesty.nl/encyclopedie/kinderarbeid>

Brandweer, (z.d.). *Elektriciteit opslag systeem(EOS)*. <https://www.brandweer.nl/fryslan/elektriciteit-opslag-systeem-eos/>

Butterworth, P. (2022, 17 februari). *Green ammonia fuel faces three big challenges*. CRU Group Website. <https://sustainability.crugroup.com/article/green-ammonia-fuel-faces-three-big-challenges>

Chorowski, M., Lepszy, M., Machaj, K., Malecha, Z., Porwisiak, D., Porwisiak, P., Rogala, Z., & Stanclik, M. (2023). Challenges of Application of Green Ammonia as Fuel in Onshore Transportation. *Energies*, 16(13), 4898. <https://doi.org/10.3390/en16134898>

Deye, (2023). *Hoe lang gaan zonnepanelen mee?* <https://deye.com/nl/how-long-do-solar-batteries-last/#:~:text=Je%20kunt%20ervan%20uitgaan%20dat,type%20batterij%20dat%20u%20kiest>.

Dijkhuizen, B. (2021). *Groot tekort aan laadpalen voor elektrische trucks in Europa*. Geraadpleegd op 27 mei 2024 van <https://www.logistiek.nl/179096/europese-laadinfrastructuur-elektrische-trucks-incompleet> Econologie. (5 februari 2021). *Hernieuwbare energie: voor- en nadelen*. Geraadpleegd op 25 mei 2024, van <https://nl.econologie.com/soorten-hernieuwbare-energie-voordelen-nadelen/>

Energy density - Energy Education. (z.d.). https://energyeducation.ca/encyclopedia/Energy_density

Fraunhofer ISE, (2024). *Renewable energy data*. <https://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data.html>

Jan Schouten.(2020). *Wat is HVO en wat zijn de voor- en nadelen?* Geraadpleegd op 29 mei 2024 van <https://www.volvotrucks.nl/nl-nl/news/kennisbank/uitstoot-verminderen/wat-is-hvo-en-wat-zijn-de-voor-en-nadelen.html>

Mckinsey & company, (2023). *Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular*. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular>

Mellios, G., & Gouliarou, E. (2020). Greenhouse gas intensities of road transport fuels in the EU in 2018. *Eionet Report*.



Milieu Centraal. (z.d.). *Waterstof: welke kansen zijn er?* <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/waterstof/>

Nayak-Luke, R. M., & Bañares-Alcántara, R. (2020). Techno-economic viability of islanded green ammonia as a carbon-free energy vector and as a substitute for conventional production. *Energy & Environmental Science*, 13(9), 2957–2966. <https://doi.org/10.1039/d0ee01707h>

NIPV, (2023). *Batterijen vorm van elektrische energieopslag*. <https://nipv.nl/onderwerp/batterijen/#:~:text=batterijen%20kunnen%20opslaan-,Veiligheidsaspecten,en%20oververhitting%20van%20de%20batterij.>

Oostvogels, B. (2019). *HVO100 brandstof in opkomst: wat is het precies?*. Geraadpleegd op 28 mei 2024 van <https://autorai.nl/hvo100-brandstof-uitleg/>

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (6 juni 2023). *Netcongestie, flexible energieverbruik en opslag van energie*. Geraadpleegd op 25 mei 2024, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/netcongestie-en-opslag-van-energie#wat-is-netcongestie%3F->

SDWH. (2003). Untitled. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/773002025.pdf>

The Guardian, (2024). *Lithium mining for ev batteries leads to environmental concerns*. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/jul/05/lithium-mining-for-ev-batteries-leads-to-environmental-concerns>

Toyota. (2023). *Reducing emissions with HVO100 fuel*. Geraadpleegd op 28 mei 2024 van <https://www.toyota-europe.com/news/2023/reducing-emissions-with-hvo100-fuel>

Unive, (z.d). *Elektrische vrachtwagens*. Geraadpleegd op 28 mei 2024 van <https://www.unive.nl/zakelijk/bedrijfsautoverzekering/vrachtwagenverzekering/elektrische-vrachtwagens>

Volvo. 2023. *Waarom is de elektrische truck de hoge investering waard?* Geraadpleegd op 27 mei 2024 van <https://www.volvotrucks.nl/nl-nl/news/kennisbank/uitstoot-verminderen/waarom-is-een-elektrische-truck-de-hoge-investering-waard.html>

Waterstofguide. (2023, 14 oktober). *Opslag & distributie van waterstof: werking & mogelijkheden - Waterstofguide*. Waterstofguide - Waar Kennis & Waterstof Samenvloeien <https://waterstofguide.nl/waterstof/opslag-en-distributie>

We are betting the bank on hydrogen. But are we ready for it? (2024, 23 mei). University of Groningen. <https://www.rug.nl/fse/news/science-in-focus/hydrogenoverview>

15 dingen die je moet weten over waterstof | TNO. (z.d.). [tno.nl/nl. https://www.tno.nl/nl/duurzaam/co2-neutrale-industrie/schone-waterstofproductie/15-dingen-die-je-moet-weten-waterstof/](https://www.tno.nl/nl/duurzaam/co2-neutrale-industrie/schone-waterstofproductie/15-dingen-die-je-moet-weten-waterstof/)

(Interview Iwell)

Bijlage

Interviews

Toekomstige Technologische Ontwikkelingen



- **Gemeente Rotterdam** werkt aan innovatieve oplossingen zoals batterijopslag en snelladers in samenwerking met bedrijven als Total Energies en Equans.
- **DHL** investeert in snellaadtechnologie en slimme laadoplossingen om de efficiëntie van hun elektrische vloot te maximaliseren.
- **DSV** richt zich op de ontwikkeling van autonome voertuigen en slimme logistieke systemen om hun transportprocessen verder te verduurzamen en te optimaliseren.



Groene stroom

Groene stroom– Elektriciteit is een van de duurzame energiebronnen welke een belangrijke rol speelt binnen de energietransitie. Wanneer elektriciteit wordt opgewekt aan de hand van een duurzame energiebron (bijvoorbeeld wind, zon en water) is er sprake van groene stroom. Groene stroom kan op verschillende manieren gebruikt worden binnen de energietransitie. (European Environment Agency, 2023)

Doordat groene stroom makkelijk is op te wekken, de benodigde technologie beschikbaar is en de kosten in vergelijking met andere duurzame energiebronnen relatief laag zijn is groene elektriciteit op dit moment koploper binnen de energietransitie.

Inzet binnen de logistiek

- Groene stroom opwekken doormiddel van bijvoorbeeld zonnepanelen op het dak van het logistieke vastgoed. Ook is het mogelijk om deze opgewekte elektriciteit op te slaan in eigen accupakketten. (Stehouwer, 2020)
- Mogelijkheid om de laadstations in eigen beheer te gebruiken, ook kan er worden samengewerkt met partijen om gezamenlijke laadinfrastructuur te beheren.
- Elektrisch transport is in veel gevallen goedkoper dan het rijden op fossiele brandstof. (Ross, 2023)
- Lagere onderhoud en reparatiekosten dan huidige verbrandingsmotoren. (Ecotap, Z.D.)



Energieopslag

Elektriciteit:

- Flow batterijen kunnen gebruikt worden voor grootschalige energieopslag. Bedrijven kunnen hierdoor energie opslaan tijdens daluren en gebruiken tijdens piekuren. (Rijksuniversiteit Groningen, 2022)
- Door middel van zonnepanelen en windturbines kunnen opslagsystemen geïntegreerd worden, waarmee overtollige energie kan worden opgeslagen.
- Door middel van thermische opslagtechnologieën kan overtollige energie opgeslagen worden in de vorm van warmte. Deze energie kan later weer omgezet worden in elektriciteit. (Energy Vile, z.d.)

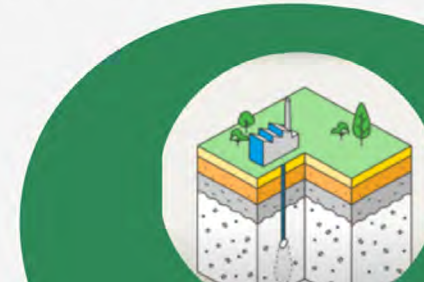
Waterstof:

- In de vorm van gas, wat de meest voorkomende vorm is. Waterstofgas komt vrij wanneer waterstof geëlektrolyseerd wordt. (Waterstofgide, 2023)
- In oppervlaktes, zoals lege gasvelden of zoutgrotten. Hiervoor kan gekozen worden, wanneer er een grote hoeveelheid gas moet worden opgeslagen. (Engie, z.d.)
- Als vloeibare vorm, hiervoor is een cryogeen gekoelde tank nodig, omdat waterstof pas vloeibaar wordt bij -253 graden. (Staalkaart Groene Waterstof, z.d.)



Voordelen:

- Verhogen flexibiliteit.
- Verhogen stabiliteit.
- Verhogen aanbod- en leverzekerheid.
- Lagere energiekosten (terugleveren)



Praktijk vs Theorie



Duurzamen energiebronnen		Samenwerking	
	Theorie	Waterstof biedt naast elektriciteit veel verschillende voordelen binnen de energietransitie	Samenwerking biedt verschillende voordelen zoals gedeelde laadstations
	Praktijk	Elektriciteit heeft de voorkeur voor het behalen van de duurzaamheidsdoelstellingen	Bedrijven lopen niet warm voor samenwerking op het gebied van gedeelde laadstations. Bedrijven zien wel mogelijkheden om samen te werken op het gebied van technologische ontwikkelingen
	Vershil	Alternatieve brandstoffen zijn te duur, complex en ontwikkelingen liggen stil/gaan minder snel dan elektriciteit	Ondanks dat de samenwerking voordelen biedt willen bedrijven de infrastructuur in eigen hand houden om zo te zorgen voor flexibiliteit en leveringszekerheid. Kleine bedrijven staan sneller open voor samenwerking op dit gebied dan grotere bedrijven.

Over de auteurs



René Geujen

Director Plan Development bij Next Level en expert op het gebied van logistiek vastgoed.

Next Level Development renegeujen@next-level.eu



Radboud olde Scheper

Supply Chain Management Consultant bij Riverland Supply Chain Consultancy en expert op het gebied van logistieke strategie en vertaling naar haalbare logistieke oplossingen door de hele keten.

Riverland Supply Chain Consultancy radboud@riverland-scm.com



Eric Hereijgers

Logistiek consultant warehousing & automation bij St. Onge en expert in het ontwerpen, detailleren, specificeren en implementeren van logistieke oplossingen voor magazijnen en distributiecentra.

St. Onge Company ehereijgers@stonge.com



Raymond Tukker

Logistiek consultant en interimmanager warehousing & automation bij TICM en expert op het gebied van complexe mechaniserings- en robotiseringsprojecten.

TICM r.tukker@ticm.nl



Annemieke de Leeuw

Docent aan de Hogeschool van Rotterdam waar zij bedrijfsleven en onderwijs samenbrengt.

Hogeschool Rotterdam a.de.leeuw@hr.nl



Warehouse of the Future

Dit is deel 4 uit de serie van 4 - Warehouse of the Future.

- Vierkante én kubieke meters optimaal benutten (Deel 1)
- Efficiënte benutting grond en ruimte (Deel 2)
- Bedrijventerrein en logistieke ecosystemen van de toekomst (Deel 3)
- Energietransitie power ook logistiek (Deel 4)

