



UBrands®

VERBETERING DOOR VERBINDING

Een onderzoek naar de
trend duurzaamheid:
Toepassing van duurzame
energiebesparing &
opwekking voor de
“warehouse of the future”



Warehouse of the future!

MDC-project onderzoeksrapportage

Studenten:

Benjamin van Kouwen (1012204)

Ruben de Bruijne (0995431)

Mara Uijttewaal (1009189)

Jim IJzerman (1029469)

Opdrachtgevers:

Geujen, R. (Rene),

Porton, M. (Mike)

Docentbegeleider:

Brouwer, J.R. (Ralph)

Modulecode: IGOMDC01p

Modulehouder: Dhr. P.C. Anker

Stuieldast: 4 ECTS

Inleverdatum: 28/04/2023



Voorwoord:

Voor u wordt ons onderzoek rapportage gepresenteerd, die is samengesteld in het kader van de multidisciplinair challenge (MDC) aan de Hogeschool Rotterdam te Rotterdam van leerjaar 3. Gedurende dit project zijn verschillende onderzoeken verricht betreft de uitgekozen trend “duurzaamheid” voor de cursus IGOMDC01p.

Dit adviesrapportage is opgebouwd uit de onderzoeken en keuzes die zijn gemaakt tijdens het multidisciplinair challenge (MDC) die als bewijsstuk dienen dat het niveau multidisciplinair samenwerken van Hoofdphase Leerjaar 3 is bereikt.

Vooraf zijn er een aantal mensen die wij graag willen bedanken, Ten eerste willen wij Brouwer, J.R. (Ralph) bedanken voor de goede begeleiding tijdens dit MDC-project. Wij hebben feedback ontvangen waar nodig en zorgden ervoor dat wij onze stukken zo goed mogelijk uit konden voeren.

Ten tweede zouden wij graag Geujen, R. (Rene) en Porton, M. (Mike) willen bedanken voor de presentaties en leerzame informatie die hieruit voor kwam. Dit heeft ons zeker verder geholpen en wij zijn daarom in staat geweest om dit adviesrapport te maken.

Inhoud

Voorwoord:.....	1
1. Inleiding	3
1.1. Probleemstelling.....	3
1.2. Onderzoeksvraag	3
1.3. Onderzoeksmethode	3
1.4. Doelstelling	3
2. Onderzoek analyse	4
2.1. Eigen kennis per opleiding.....	4
2.2. Energie-efficiënte maatregelen	5
2.2.1. Isolatie warehouse.....	5
2.2.2. Verlichting warehouse	5
2.2.3. Toepassen van sensoren.....	6
2.2.4. Ventilatie in een warehouse	6
2.2.5. Waterstof	6
2.2.6. Groene daken	8
2.2.7. Zonnepanelen.....	9
2.2.8. Alternatieven op het dak.....	10
2.2.9. Energieopslag batterijen.....	12
3. Warehouse of the future	13
4. Conclusie	14
Bibliografie.....	17

1. Inleiding

De urgentie van het thema energie is de afgelopen jaren sterk toegenomen door ontwikkelingen zoals de energie- en warmtetransitie, het energieakkoord uit 2013, het klimaatakkoord in 2019 en de noodzaak om geen Gronings aardgas meer te gebruiken. Het recente conflict in Oekraïne en de daarmee gepaard gaande sancties van Russisch aardgas, evenals de stijgende energieprijzen, hebben de urgentie verder vergroot. Gemeenten hebben vorig jaar de Regionale Energie Strategie (RES) vastgesteld, waarin zij hun ambities hebben bepaald en nu kijken naar mogelijkheden om lokaal duurzame elektriciteit op te wekken.

1.1. Probleemstelling

Hoewel er veel ontwikkelingen zijn die kunnen bijdragen aan energiebesparing in warehouses, blijkt dat er hier nog veel winst te behalen valt. Het probleem is dat er nog onwetendheid is in welke mogelijkheden er zijn om de warehouses te verduurzamen, en hoe deze oplossingen kunnen worden geïmplementeerd. Daarom is het van belang om deze mogelijkheden in kaart te brengen.

1.2. Onderzoeksvraag

“Wat is het gat aan kennis tussen enerzijds het huidige onderwijs en anderzijds spelende ontwikkelingen binnen logistiek vastgoed?”

Deelvragen

- Op welke manier kan verduurzaming van een warehouse worden gerealiseerd door middel van energiebesparing & opwekking?
- Wat is er vanuit het vakgebied nodig om het warehouse of the future te realiseren?

1.3. Onderzoeksmethode

In de eerste dagen van het MDC-project zal een overzicht worden gemaakt van de verschillende onderdelen die iedere student momenteel op school krijgt betreffende duurzaamheid en energiebesparing. Vervolgens wordt er een literatuuronderzoek verricht om te bestuderen welke energiebesparingen en duurzame energiebronnen er zijn in een warehouse, met als doel inzicht te krijgen in bestaande oplossingen en technologieën. Daarna zal er een kwalitatief- en kwantitatief onderzoek worden verricht, waarbij de focus wordt gelegd op resultaten en feiten om duidelijkheid te krijgen over de verschillende oplossingen. Uiteindelijk kunnen conclusies worden getrokken uit de onderzoeken om zo tot een duidelijk en integraal eindresultaat te komen.

1.4. Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is binnen 8 schooldagen de hiaat van de trend duurzaamheid te verkleinen tussen onze huidige opleiding en het werkgebied.

Dit gaan we doen onderzoek te verrichten naar energiebesparende oplossingen en hoe deze kunnen bijdragen aan de verduurzaming van een warehouse.

Om de doelstelling te behalen zijn bovenstaande onderzoeksvraag en deelvragen opgesteld.

2. Onderzoek analyse

In dit hoofdstuk worden de literatuuronderzoeken en interviews weergegeven dat zijn verricht met betrekking tot de hoofdvraag: Op welke manier kan verduurzaming van een warehouse worden gerealiseerd door middel van energiebesparing?

2.1. Eigen kennis per opleiding

In deze paragraaf wordt gekeken naar de eigen kennis per opleiding met betrekking tot energietransitie en verduurzaming van een warehouse/gebouw. In tabel I worden een aantal duurzame onderdelen weergegeven dat momenteel op de verschillende opleidingen worden gegeven omtrent energie.

Tabel I: Onderwerpen dat per opleiding worden behandeld betreft duurzaamheid & energie:

Opleiding	Onderwerpen betreft duurzaamheid en energiebesparing:
Logistics management	<ul style="list-style-type: none">• Procesoptimalisatie• Automatisering• Inrichting van warehouse• Efficiëntie warehouses Verduurzaming zelf niet
Bouwkunde (profiel Bouw & techniek)	<ul style="list-style-type: none">• Regelgeving: NTA8800 – energieprestatie van gebouwen;• Bijna Energie Neutraal Gebouw (BENG123);• Zonne-, wind- & bodemenergie;• Zonnepanelen, windmolens en bodem-&luchtwarmtepomp;• Bouwkundig ontwerp // locatie van gebouw• Optimalisatie thermische schil;• Ventilatiesystemen;• Koeling systemen;• Thermisch, hygrisch, luchtcomfort;
Facility	<ul style="list-style-type: none">• Regelgeving: ISO 50001• BREEAM• Energiezuinige oplossingen

2.2. Energie-efficiënte maatregelen

In dit hoofdstuk worden de verschillende energie-efficiënte maatregelen omschreven dat in de huidige maatschappij worden toegepast. Daarbij wordt er bij een aantal onderdelen gekeken naar de innovaties die momenteel plaatsvinden.

2.2.1. Isolatie warehouse

Een warehouse isoleren is een efficiënte en duurzame manier om energie te besparen. Een goed geïsoleerde loods zorgt namelijk voor dat het in de winter warm en in de zomer koel blijft. Dit terwijl er weinig tot niet gestookt of geventileerd hoeft te worden.

Het isoleren van een warehouse reduceert zowel de warmte- & koude wisseling van een warehouse. Zo reduceert isolatie in eerste instantie de hoeveelheid warmte van binnen naar buiten verplaatst. In tweede instantie reduceert isolatiegebruik de kou van buiten naar binnen. Hiervoor dient wel luchtdicht gebouwd te worden, dat wil zeggen goed de naden afsluiten bij knooppunten en kozijnen. Er is dus geen kachel of airco meer nodig om een warehouse te verwarmen en te koelen waardoor er een lage energieverbruik plaats vindt. Door het gebruik van isolatie wordt ook de uitstoot van CO₂ verminderd, wat grotendeels te danken heeft door de lage stookkosten en lagere energieverbruik.

Isolatiemaatregelen in de toekomst?

In Amerika is een onderzoek (Duque, 2021) verricht op een metaal genaamd: vanadium-dioxide, dit materiaal heeft een interessante warmte doorlatingsprincipe bij verschillende temperaturen. In het onderzoek zijn platen van dit materiaal op het dak van een woning geplaatst en zijn er testen gedaan met verschillende temperaturen. Het materiaal laat bij een temperatuur van hoger dan 30 graden gemiddelde 90% warmte door van binnen naar buiten, waardoor het in een gebouw een koelend effect heeft. Bij een temperatuur van onder 15 graden liet de temperatuur nog maar 20% warmte door en tussen de 15 & 30 graden kwam er nog maar een gemiddelde van 75% door. Niet alleen zal het gemiddeld energiekosten van een Amerikaanse woningen 10% besparen, het materiaal zorgt ook voor een passieve toestroom van warmte in en uit het huis waardoor verkoeling en verwarmen minder nodig is.

Ter discussie kan worden gesteld dat dit isolerend materiaal een kleinere impact heeft in Nederland, omdat de temperatuurverschillen in Amerika anders zijn dan in Nederland. Daarbij komt ook nog eens kijken dat er veel meer airco toegepast wordt in Amerika dan in Nederland, hierdoor zijn de voordelen van dit materiaal nog onzeker om toe te passen op Nederlandse gebouwen. Wel kan worden geconcludeerd dat er volop wordt geïnnoveerd met verschillende isolerende bouwmaterialen voor toepassing van isolatie.

2.2.2. Verlichting warehouse

Om energie te besparen in een warehouse op gebied van verlichting zijn ledlampen een efficiënte en kosteneffectieve keuze, omdat ze weinig energie verbruiken en lang meegaan. Hoewel de aanschafprijs van een ledlamp hoger kan zijn dan die van een halogeen- of gloeilamp, verdient je de kosten terug door het lagere stroomverbruik en de langere levensduur van de ledlamp. Je hoeft ledlampen dus veel minder vaak te vervangen, waardoor je ook geld bespaart. De energie die nodig is om een ledlamp te produceren, win je meestal binnen 300 branduren terug.

Om het energieverbruik in een warehouse te reduceren is het belangrijk om lampen uit te schakelen wanneer ze niet nodig zijn en het gebruik maken van daglicht. Ook is een duurzame optie om oude lampen te recyclen.

Het vervangen van halogeen- en gloeilampen door ledlampen loont. In de tabel hieronder kun je bekijken wat je aan energiekosten bespaart als je gloeilampen vervangt door ledlampen (Milieu Centraal, sd).

2.2.3. Toepassen van sensoren

In een warehouse kan het toepassen van bewegingsdetectie doormiddel van bewegingsmelders leiden tot energiebesparing. Met een bewegingssensor brandt er nooit onnodig de verlichting. **Met een bewegingsmelder kun je tot 30% energie besparen**, ondanks het feit dat de melder zelf ook een kleine hoeveelheid elektriciteit verbruikt voor zijn werking.

Een andere manier van energiebesparing in een warehouse is om daglichtregeling toe te passen in de ruimtes met nieuwe verlichting. Op het moment dat er voldoende daglicht binnenkomt in een ruimte, dimt de verlichting automatisch. Als het donkerder wordt, zal de verlichting sterker worden. Zo brandt er nooit te veel licht in een warehouse. (ETB Hogenes, sd).

2.2.4. Ventilatie in een warehouse

Wat is ventilatie?

Ventilatie is het proces van het vervangen van lucht in een ruimte om de binnen luchtkwaliteit te verbeteren en vochtigheid te verminderen. Ook helpt ventilatie om de concentratie van verontreinigende stoffen en ongewenste geuren te verminderen. Verder voorkomt ventilatie de ophoping van koolstofdioxide. Goede ventilatie is erg belangrijk voor een gezond en comfortabel binnenklimaat in een warehouse. (Feenstra, 2023)

Energie besparen door middel van ventilatie

Er zijn verschillende manieren om energie te besparen door middel van ventilatie in een magazijn. Deze manieren worden hieronder uitgelegd en beschreven.

Gebruik efficiënte ventilatiesystemen: Er zijn verschillende efficiënte ventilatiesystemen beschikbaar die zorgen voor een goede luchtkwaliteit, zoals luchtrecirculatiesystemen, warmteterugwinningssystemen en vraag gestuurde ventilatiesystemen.

Regelmatig onderhoud: Regelmatig onderhoud van het ventilatiesysteem zorgt voor een optimale werking en voorkomt energieverspilling.

Verminder de luchtstroom: Door de luchtstroom te verminderen naar gebieden waar minder ventilatie nodig is, kan je energie besparen. Dit kan bijvoorbeeld door het afsluiten van ongebruikte gebieden of door het installeren van gordijnen.

Maak gebruik van natuurlijke ventilatie: Als het weer buiten aangenaam is, kan je natuurlijke ventilatie toepassen, door bijvoorbeeld ramen en deuren open te zetten. Op deze manier kan je frisse lucht binnenlaten en kan de warme lucht ontsnappen.

2.2.5. Waterstof

In het verduurzamen van de energievoorziening in Nederland kan waterstof een belangrijke rol gaan spelen. Waterstof is geen energiebron, maar kan een energiedrager zijn: een stof waarin energie is opgeslagen, die bij verbranding weer vrijkomt.

Waterstof komt niet in de natuur voor, zoals aardgas of aardolie. Het moet altijd eerst gemaakt worden. Daar zijn verschillende manieren voor. Om waterstof te maken is een grondstof nodig, bijvoorbeeld aardgas of water. Vervolgens is er energie nodig om het te maken (bijvoorbeeld aardolie of elektriciteit).

Welke manier en welke energie er ook wordt gebruikt om waterstof te maken, het resultaat is altijd hetzelfde: een kleurloos en geurloos gas. Toch hebben we het over groene, grijze en blauwe waterstof. Die kleurbenamingen zeggen niets over de waterstof zelf, maar zeggen iets over het soort energie waarmee de waterstof is gemaakt.

In Nederland wordt waterstof voornamelijk geproduceerd uit aardgas, waardoor er bij de productie CO₂ vrijkomt. Dit wordt grijze waterstof genoemd. Voor gebruik in een waterstofauto moet deze extra gezuiverd worden. Groene waterstof wordt gemaakt met duurzame energiebronnen, zoals wind- of zonne-energie, via elektrolyse waarbij geen CO₂ vrijkomt. Op dit moment is het produceren van groene waterstof duurder dan grijze waterstof. Er bestaat ook een mengvorm van groengrijze waterstof wanneer stroom uit het huidige energienet wordt gebruikt. Blauwe waterstof is eigenlijk grijze waterstof, maar dan met afvangen en opslaan van CO₂, waardoor het als een tussenoplossing op weg naar groene waterstof wordt gezien. Er wordt nog onderzocht of het opslaan van CO₂ een duurzame oplossing is. Waterstof heeft zowel voor- als nadelen.

De voordelen van waterstof zijn:

- Waterstof kan erg veel energie opslaan, meer dan elke andere stof op aarde.
- Het kan worden opgeslagen in bijvoorbeeld lege aardgasvelden of zoutkoepels. Dit is beter dan opslag van energie in batterijen of accu's, omdat de opslag van waterstof voor minder energieverlies zorgt.
- De opslag van waterstof zorgt ervoor dat het een buffer voor het elektriciteitsnet kan vormen. Op momenten dat het aanbod groene energie uit zonne- of windenergie laag is, kan opgeslagen waterstof worden ingezet om aan de elektriciteitsvraag te voldoen.
- Waterstof is goed te vervoeren, waardoor het importeren van duurzame elektriciteit in de vorm van groene waterstof mogelijk is. Het kan bovendien gebruikt worden in het bestaande gasnet.
- Het kan vrachtauto's en ander zwaar vervoer verduurzamen.
- Waterstof kan worden gebruikt om huizen die niet goed te isoleren zijn duurzaam te verwarmen.
- Groene waterstof kan processen in de (chemische) industrie verduurzamen.

De nadelen van waterstof zijn:

- Bij het maken van waterstof gaat energie verloren. Bij het omzetten van elektriciteit in waterstof gaat zo'n 25 procent van de energie verloren. Ook bij het omzetten van waterstof naar elektriciteit is er sprake van energieverlies: zo'n 40 procent.
- Groene waterstof is duurzaam, maar de productie is erg duur, kost veel tijd en is ingewikkeld. Grijze waterstof is makkelijker te maken, maar niet duurzaam.
- Het aanleggen van een goede infrastructuur voor waterstof (bijvoorbeeld het aanpassen van het bestaande gasnet) kost veel geld. Voor andere alternatieven, zoals groen gas, zijn zulke dure aanpassingen niet nodig.
- Er is op dit moment een zeer klein aanbod van groene waterstof. Een belangrijk discussiepunt is hoe dat gebruikt gaat worden. Niet voor elke toepassing zal genoeg duurzame waterstof beschikbaar zijn (Milieu Centraal, sd).

2.2.6. Groene daken

Een groen dak is bedekt met aarde en planten. Daardoor is het dak extra beschermd en gaat het tot wel twee keer langer mee. Onder een groen dak is het 's zomers niet zo warm als onder een zwart dak. Ook kunnen er nog zonnepanelen op geplaatst worden, dan kan er ook nog energie mee opgewekt worden (Gemeente Rotterdam, sd).

Voordelen groen dak:	Uitdagingen groen dak
Klimaatbeheersing: Groene daken hebben een positieve invloed op het binnenklimaat van een gebouw. Ze verminderen de warmteoverdracht van het dak naar het gebouw in de zomer en winter, wat de noodzaak van airconditioning en verwarming vermindert.	Draagkracht: Groene daken kunnen zwaar zijn, vooral als er meerdere lagen substraat en vegetatie worden toegevoegd. Dit kan betekenen dat het dak structureel moet worden versterkt.
Absorbeert regenwater: Een van de belangrijkste voordelen van een groen dak is de bufferfunctie bij hevige regenval. Klimaatverandering zorgt niet alleen voor hittegolven maar ook voor toename van neerslag en hoosbuien. De vegetatielagen op een groen dak houden een deel van het water vast zoals een spons dat doet en geven het langzaam weer af.	Waterdichting: Om lekkages te voorkomen, is het van cruciaal belang dat het dak waterdicht is voordat het groene dak wordt aangelegd. De keuze van de waterdichtingslaag is afhankelijk van de dakconstructie, het type vegetatie en de lokale klimatologische omstandigheden.
Levensduur: Dankzij de groene laag vegetatie op je dak is het dak materiaal beter beschermt tegen UV-straling en andere weersinvloeden. Een groen dak kun je ook zien als een laag die erosie voorkomt. De dakbedekking wordt beter beschermd en gaat daardoor 2 á 3 keer langer mee dan bij een traditioneel dak.	Drainage: Een groen dak heeft een goede drainage nodig om overtollig water af te voeren. Een slechte drainage kan leiden tot waterophoping, wat kan leiden tot beschadiging van de dakbedekking of in het ergste geval tot instortingsgevaar.
Verlaagt de temperatuur. Een begroeid dak heeft ook invloed op de omgevingstemperatuur. Doordat de vegetatie op het groen dak het water opslaat en hierna verdampt zakt de omgevingstemperatuur. Ook absorberen en reflecteren planten zonlicht. Dit alles kan de temperatuur met enkele graden omlaag brengen	Vegetatie: De keuze van de vegetatie en het substraat is een belangrijk onderdeel van het ontwerp van een groen dak. Zo moet er bij het kiezen van vegetatie rekening gehouden worden met verschillende factoren zoals klimaat, zonlicht, water en wind.
Goed voor milieu en biodiversiteit: Een groen dak bevordert de biodiversiteit. Het groen dak trekt bijvoorbeeld bijen, hommels, vliegen, vlinders en andere insecten aan. Deze zijn verantwoordelijk voor de kruisbestuiving van planten en zullen zo de biodiversiteit in jouw buurt verhogen.	Onderhoud: Een groen dak vereist regelmatig onderhoud. Dit. Het is belangrijk om het dak regelmatig te controleren en eventuele problemen zo snel mogelijk op te lossen om grotere schade en kosten te voorkomen.
-	Kosten: Tot slot zijn er de kosten van het aanleggen en onderhouden van het groene dak. Het is echter belangrijk om te onthouden dat groene daken op de lange termijn kostenbesparend kunnen zijn vanwege de energiebesparing en de verlengde levensduur van de dakbedekking.

- <https://woonbewust.nl/voordelen-groen-dak-aanleggen>

Een groen dak is bouwkundig dus lastig, aangezien het erg zwaar is en het magazijn voldoende draagkracht moet hebben. Dit heeft daarnaast ook gevolgen voor de aantrekking van ongedierte wat ook weer nadelig is voor een magazijn en hierdoor ook bijvoorbeeld de opslag van voedsel niet mag. Met daarboven op de kosten en onderhoud van een groen dak, maakt dit dus geen eenvoudige oplossing en niet interessant voor magazijnen.

2.2.7. Zonnepanelen

Het gebruik van de daken van magazijnen voor de installatie van zonnepanelen komt steeds vaker voor. Het idee achter deze trend is dat grote magazijnen en opslagruimtes vaak veel ongebruikte ruimte op hun daken hebben die kan worden omgezet in een bron van hernieuwbare energie. Door zonnepanelen op hun daken te installeren, kunnen deze gebouwen zelfvoorzienend worden of zelfs energie terug leveren aan het netwerk.

Dit heeft voordelen voor zowel de warehouses als de samenleving als geheel. De energierekeningen worden lager en het warehouse wordt duurzamer. Bovendien kan het overschot aan energie die wordt opgewekt door de zonnepanelen worden terug geleverd aan het elektriciteitsnetwerk, waardoor het gebruik van fossiele brandstoffen wordt verminderd en de CO₂-uitstoot wordt verminderd.

Zo heeft logistiek dienstverlener Van Rooijen heeft op 4 logistieke centra de daken vol met zonnepanelen. Hierbij zijn er in totaal 17645 panelen geïnstalleerd met een capaciteit van 4.560.250 kWh (Van Rooijen, sd).

Hoe meer zonnepanelen er worden gekocht, hoe voordeliger het wordt. Bij een set van 6 zonnepanelen is de prijs per paneel zo'n €800, waarbij het bij een set van 18 panelen zo'n €650 per stuk is. Bij installaties op warehouses kan er worden gewerkt met een totaalprijs voor het hele systeem (Milieucentraal, sd).

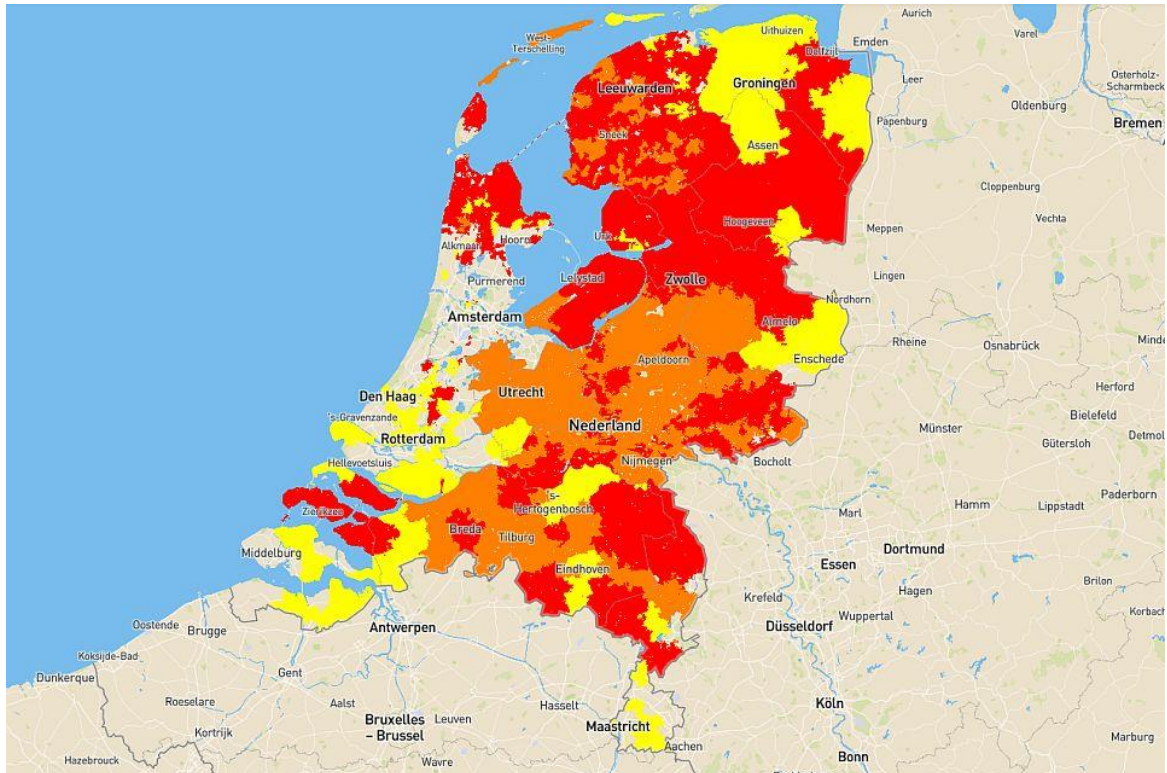
Uitdagingen

Maar daarnaast zijn er ook uitdagingen, zoals het probleem van netcongestie. Dit is een situatie waarin er meer energie wordt opgewekt dan het lokale elektriciteitsnetwerk kan verwerken, waardoor de spanning toeneemt en het netwerk overbelast raakt. Dit kan leiden tot stroomuitval en schade aan apparatuur. Daardoor is het ook het voor initiatiefnemers van zonne-energieprojecten lastig om hun projecten aan te sluiten op het net, en kan het meer dan een jaar duren om een nieuwe aansluiting te krijgen (Rijksoverheid, 2021).

Al de zonnepanelen op warehouses genereren een grote hoeveelheid energie wat moet worden afgevoerd naar het elektriciteitsnetwerk, en als het netwerk niet over voldoende capaciteit beschikt, kan dit leiden tot netcongestie.

Hiermee komt het volgende vraagstuk: Is het wel handig om het hele dak van warehouses te benutten voor zonnepanelen? In sommige gevallen kan het voldoende zijn om slechts een deel van het dak te gebruiken om netcongestie te voorkomen.

Bij een zonnepaneleninstallatie is het belangrijk om rekening te houden met verschillende factoren, waaronder de hoeveelheid energie die wordt opgewekt, de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk en de vraag naar energie op een bepaald moment. Het is niet altijd nodig om het hele dakoppervlak van een warehouse te gebruiken voor zonnepanelen. Er zal hierbij rekening gehouden moeten worden met de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk en de vraag naar energie. Als deze vraag groter is dan het netwerk aankan, kan er worden besloten om een gedeelte van het dak te gebruiken voor zonnepanelen en de rest voor andere alternatieven.



Figuur 1: Netcongestie in Nederland, rood = slecht

2.2.8. Alternatieven op het dak

Windturbines

Een van de alternatieven is het plaatsen van windturbines. Deze zetten de energie van de wind om in elektriciteit. De wieken van de windturbine draaien door de kracht van de wind en drijven een generator aan die elektriciteit produceert. De elektriciteit wordt vervolgens via kabels naar het elektriciteitsnetwerk getransporteerd en kan worden gebruikt voor verschillende doeleinden, zoals het leveren van stroom aan huizen en bedrijven. (Dgem, 2023)

De windturbines zijn daarbij ideaal voor een plat dak, en wind is er altijd. Ook 's nachts. Zo is er de Airturb, een kleine wokkelvormige turbine. Deze kost €2500 en levert ongeveer 1000 kWh op. Maar ter vergelijking met een zonnepaneel, levert het een stuk minder op. Zonnepanelen zijn dan ook wel duurder, gemiddeld €4700, maar leveren dan ook 2600 kWh op.

Het is niet een kwestie van het één of het ander, omdat alle energieën nodig zijn. Er hoeft niet worden gekozen tussen de twee, want het versterkt elkaar. Maar ook bij het gebruik van windturbines moet er gebruik worden gemaakt van het elektriciteitsnet. Hierdoor is het op het dak van een warehouse wel eerder een alternatief is ter vervanging van de zonnepanelen in plaats van een aanvulling (RTL nieuws, 2022).

Zonneboilers

Omdat windturbines niet de ideale toevoeging bleken te zijn op het dak van een warehouse, is er gekeken naar zonneboilers als andere optie. Een zonneboiler bestaat uit een zonnecollector op het dak en een voorraadvat voor warm water. De zonnecollector wordt aangesloten op een buizenstelsel waar een vloeistof in zit en verwarmt dit vloeistof met de opgevangen zonne-energie. De vloeistof transporteert de warmte door het buizenstelsel naar een voorraadvat. Dit is de boiler. Daar geven de buizen hun warmte af aan het kraanwater (Wilt, 2022). Dit is voor woningen interessant, om te kunnen douchen op zonne-energie, is dit niet zo relevant voor warehouses.

Wat wel interessant is voor warehouses, is vloerverwarming via zonneboilers. Hier heb je wel een zonneboilercombi voor nodig, waarmee niet alleen het sanitair water kan worden verwarmd, maar ook de rest van het pand. Vloerverwarming is een laag temperatuurverwarmingssysteem. Het wekt gelijkmatig en geleidelijk warmte op over de hele ruimte. Dat betekent dat vloerverwarming geen hoge temperatuur nodig heeft. Daarbij functioneert wandverwarming ook bij lage temperatuur en is dus ook goed te combineren met de zonneboilercombi. Deze werkt ook tijdens de wintermaanden, omdat het beschikt over een geïntegreerde CV-brander: zodra er niet voldoende zonne-energie is, zal deze cv-brander worden ingeschakeld om warmte te vervangen.

De prijs van deze zonneboilercombi is duurder dan een gewone zonneboiler. De totale kosten van een zonneboilercombi is moeilijk in te schatten, omdat het afhankelijk is van verschillende factoren zoals merk, capaciteit en hoeveelheid collectoren. Over het algemeen kan er worden uitgegaan van €3000 tot €5000 per huishouden, waarbij de prijs van zonnepanelen gemiddeld ligt op €4700 per huishouden. De kosten van een zonneboilercombi verschilt dus niet zo veel van zonnepanelen, maar zal dit op grote schaal, zoals op het dak van een warehouse, nog een stuk goedkoper zijn dan een zonnepaneleninstallatie (Solvari, sd).

Als er al zonnepanelen op het dak zijn, zijn zonneboilers dus een prima tweede stap. Hierbij is er geen probleem met netcongestie en kan het pand worden verwarmd door middel van zonne-energie, wat weer zal bijdragen aan de verduurzaming van het warehouse.

2.2.9. Energieopslag batterijen

Nederland heeft een groot probleem met het opslaan van warmte en elektriciteit. Ook al hebben we in de toekomst genoeg duurzame energie, dan nog zal het stroom- & warmtenet dit in Nederland niet aankunnen. Daarbij komt ook nog eens kijken dat wind en zon niet altijd aanwezig is, terwijl de vraag naar energie 24/7 aanwezig is, soms is er juist te weinig en moet een fossiele energiecentrale bijspringen. Gelukkig zijn er een aantal oplossingen voor dit probleem zoals het toepassen van batterijen voor warmte en elektriciteitsopslag. Het klinkt logisch, maar helaas zijn batterijen nog relatief duur en bevatten weinig capaciteit voor lange termijn. Het delven van het materiaal dat toegepast wordt in batterijen, lithium, is niet duurzaam en milieuvriendelijk. Daarbij komt ook nog eens kijken dat het maken van de batterijen enorm veel energie vraagt. Momenteel wordt er onderzoek gedaan naar alternatieven. De zandbatterij is daar het nieuwste snuffje in:

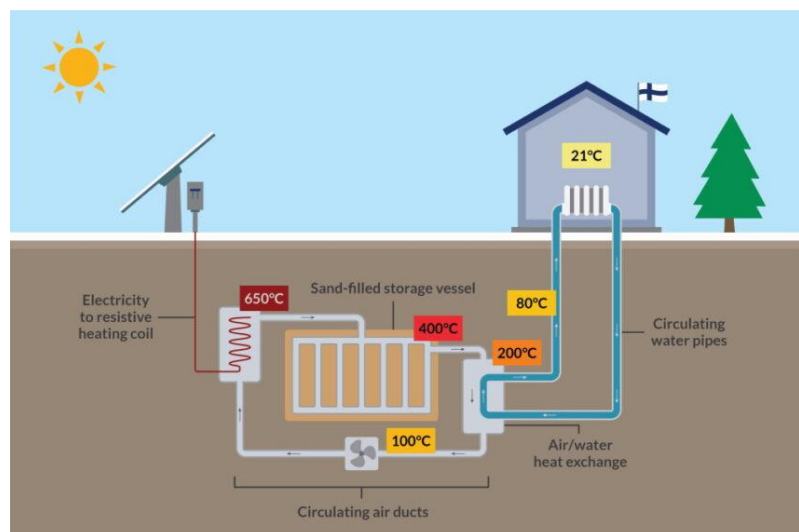
Warmteopslag in de toekomst:

Begin 2022 is een Fins bedrijf gestart met het testen van een “zandbatterij” in een woonwijk. Uit deze onderzoek blijkt dat het zand maandenlang dezelfde temperatuur blijft behouden. De zandbatterij is daarmee de eerste commerciële oplossing voor de lange termijn. De werking van een zandbatterij is als volgt: In een grote geïsoleerde silo zit ongeveer 100 ton zand. Groene stroom, uit zon en wind, wordt naar de zandbatterij geleid. Daar wordt de elektrische stroom die door het zand stroomt door wrijving omgezet in warmte. Het zand warmt op tot zo'n 500 graden Celsius. Hierbij komt warme lucht vrij die door middel van een warmtewisselaar in het zand wordt gecirculeerd.

Het is ook mogelijk om de warmte om te zetten naar elektriciteit. Een nadeel hiervan is dat er veel energie verloren gaat, waardoor er weer wat complicaties zijn met het economisch plaatje. (Weerdt, 2023)



Figuur 3: zandbatterij tijdens de test



Figuur 2: mogelijke toepassing lokaal zandbatterij

3. Warehouse of the future

In dit hoofdstuk wordt met een blik naar de toekomst gekeken. Ook wordt er antwoord gegeven op de deelvraag: *“Op welke manier kan verduurzaming van een warehouse worden gerealiseerd door middel van energiebesparing & opwekking?”*

Warehouse of the future:

In de toekomst zullen de wet -en regelgeving omtrent verduurzaming steeds strenger worden en zal er steeds minder energie moeten worden verbruikt en CO2 worden uitgestoten. Hierbij zijn er huidige ontwikkelingen in de verduurzaming van warehouses, zoals het gebruiken van ledverlichting, sensoren, goede isolatie & ventilatie, zonnepanelen op het dak en batterijen. Dit zijn duurzame manieren van energiebesparing & energieopwekking bij een warehouse.

Echter blijkt uit onderzoek dat er aan de huidige oplossingen nog wat problemen zijn, zoals netcongestie. Voor dit probleem worden er al uitvoerig oplossingen voor bedacht en denken wij dat de netwerken in de toekomst voldoende capaciteit zullen hebben om alle daken van zonnepanelen te kunnen voorzien. Hierbij is de zandbatterij een goede oplossing om energie op te slaan voor als er geen zon -of wind is en er weinig energie wordt gewekt.

Mocht het nu zijn dat het probleem van netcongestie nou niet volledig wordt aangepakt, kan het een optie zijn om de daken van een warehouse niet volledig te benutten met zonnepanelen, maar enkel voor een bepaald deel. Daarnaast kunnen dan zonneboilers worden gebruikt om het pand te verwarmen. In dit geval kan de zandbatterij ook alsnog goede manier zijn om energie op te slaan.

Het warehouse zelf zal ook zijn verduurzaamd door middel van verlichting, de trend van procesautomatisering wat het energiegebruik zal laten dalen, en zullen alle panden voorzien zijn van goede isolatie wat de basis is van een duurzaam pand.

Ook zullen alle magazijnen in de toekomst zo volledig mogelijk worden benut, en zal het bovendien niet voorkomen dat nieuwe panden worden gebouwd van milieuvriendelijke materialen, en dat er gebruik wordt gemaakt van sloopmateriaal voor nieuwbouw.

Dit alles heeft natuurlijk ook een prijskaartje, maar in de toekomst zal er geen keus zijn. Verduurzaming zal nu eenmaal moeten, wat invloed zal hebben op de prijs van een warehouse. Dit zal de consument dan uiteindelijk in zijn portemonnee voelen, die meer betaald om zijn pakketje thuis te laten bezorgen of retour te sturen.

4. Conclusie

In dit paragraaf wordt antwoord op de hiaat gegeven: *“Wat is het gat aan kennis tussen enerzijds het huidige onderwijs en anderzijds spelende ontwikkelingen binnen logistiek vastgoed?”* & *“Wat is er vanuit het vakgebieden nodig om het warehouse of the future te realiseren?”*

Welke kennis is er vanuit Facility Management?

Tijdens enkele projecten hebben we te maken gekregen met het onderwerp duurzaamheid en energiebesparing. Verder is er in leerjaar 1 en 2 het vak huisvesting gegeven, bij dit vak is er ingegaan op het duurzaam onderhouden van panden, duurzaamheidscertificeringsmethoden (BREEAM & ISO 50001) en de hulpmiddelen voor het energiebeheer.

Welke kennis ontbrak er vanuit Facility Management?

Vanuit de opleiding is er weinig theorie gericht op duurzame energieoplossingen en de voor- en nadelen hiervan. Er wordt namelijk vooral gefocust op hoe meer verduurzamen hoe beter; hoe meer zonnepanelen hoe beter, zoveel mogelijk biobased bouwen. Maar tijdens dit project ben ik erachter gekomen dat meer niet altijd beter is. Want je kan een warehouse volledig vol leggen met zonnepanelen, maar als de energie vervolgens niet gebufferd kan worden, heeft het geen nut om zoveel panelen te plaatsen.

Welke kennis is er vanuit Logistics Management?

Tijdens de studie Logistics Management doe je wel bepaalde kennis op qua verduurzaming, maar er zijn geen vakken in duurzaamheid of iets dergelijks. Tijdens projecten moesten we soms wel met duurzame ideeën of oplossingen komen, of dat we moesten regelen dat een bedrijf zich aan de regels van BREEAM voldoet. Hierdoor doe je toch kennis op van verduurzaming. Verder leren we over procesoptimalisatie en de keten efficiënt inrichten. Het doel hiervan is voornamelijk kosten besparen, maar het is vaak ook beter voor het milieu.

Welke kennis ontbrak er vanuit Logistics Management?

Vanuit Logistics Management worden geen specifieke lessen gegeven in verduurzamen. Ook leren we niet over energieoplossingen en waarom dit van belang is. Er wordt te weinig doorgevraagd en hierdoor ontbreekt er kennis. Er wordt veel over zonnepanelen gesproken als het gaat om het vullen van een dak. Tijdens het maken van dit project kwam er naar voren dat er ook andere opties zijn zoals windturbines en zonneboilers. Hier miste ik kennis over. Ik zou aanraden om professionals gastcolleges te laten doen die met hun werk bezig zijn met het verduurzamen van de logistieke keten. Hierdoor blijven de studenten op de hoogte van de trends en actualiteiten.

Bij mijn opleiding Logistics Management wordt er op het gebied van warehouses gefocust op het proces in het warehouse zelf. Ondanks een geoptimaliseerd proces ook tot minder energieverbruik leidt, is dit niet iets waarop wordt ingegaan. Verduurzaming komt eigenlijk alleen aan bod bij het verduurzamen van transport en de zero-emissie doelstellingen die hierbij worden gesteld, en dan blijft het ook vrij globaal: Er moet worden verduurzaamd.

Wat hierbij niet aan bod komt en wat tijdens dit project wel duidelijk is geworden, dat het allemaal niet zo makkelijk is. Achter elke verduurzamingsoplossing zitten wel haken en ogen en veroorzaakt dit weer een ander probleem. Zo is een groen dak bouwkundig lastig en trekt het ongedierte aan, zonnepanelen veroorzaken netcongestie, en bovendien: is het financieel wel haalbaar? Dit zijn zaken die wij tijdens dit project hebben uitgezocht waarbij er van tevoren nog geen kennis van hadden vanuit de opleiding en hier dus voorheen nog nooit over is nagedacht.

Welke kennis is er vanuit Bouwkunde?

Binnen de opleiding Bouwkunde worden er 4 uitstroomprofielen aangeboden, namelijk bouw & -ontwerp, -techniek, -uitvoering & -innovatie. Zelf zit ik in het uitstroomprofiel Bouw & Techniek, waarbij de nadruk wordt gelegd op de constructie en bouwfysica van gebouwen. Binnen de opleiding Bouwkunde – uitstroomprofiel Bouw & Techniek, worden er veel kennislessen gegeven over duurzaamheid en energie, enkele willekeurige voorbeelden zijn: energiebesparing & energieopwekking, BENG-berekeningen, NTA8800 regelgeving, isolatiewaardes berekenen en nog veel meer. Daarbij zijn er ook een aantal praktische toepassingslessen geweest waarbij de casus lag bij het inmeten, controleren en berekenen met de BENG-eisen van de duurzaamheid van woongebouw en bedrijfshallen.

Tijdens deze cursussen wordt er regelmatig verwezen naar de NTA8800 regelgeving, de regelgeving met betrekking tot energietransitie in een gebouw. De nadruk wordt dan vooral gelegd op kantoor- en woninggebouwen. Dit gebeurt omdat duurzaamheid en energie als een enorm belangrijke factor worden beschouwd binnen woningbouw. De leefomgeving dient comfortabel en behaaglijk te zijn, en ook dat heeft weer betrekking tot duurzaamheid en energie.

Welke kennis ontbreekt er vanuit Bouwkunde?

Het belang van duurzaamheid en energie-efficiëntie in de bouwsector wordt steeds groter, en de rol van bouwkundigen in het ontwerpen en realiseren van duurzame gebouwen en warehouses wordt steeds crucialer. Echter zijn er nog een aantal belangrijke punten opgevallen dat wordt gemist bij de bouwkunde opleiding.

Het opvallende is dat bij de bouwkunde opleidingen vaak de focus ligt op het verduurzamen van gebouwen, zoals het toepassen van zonnepanelen, maar er wordt weinig ingegaan op het probleem van het elektriciteitsnet. Uit onderzoek en gastlessen tijdens dit project is gebleken dat het leggen van zonnepanelen op het dak van een warehouse weinig zin heeft, omdat het elektriciteitsnet de piekuren van zonne- en windenergie niet aankan, waardoor de zonnepanelen uitvallen. Oplossingen, zoals het toepassen van batterijen, zijn naar voren gekomen dankzij dit project. Meer kennis en onderzoek naar dit probleem zouden wenselijk zijn tijdens de bouwkunde lessen, aangezien we te maken hebben met een onstabiele toestroom van duurzame energie als alles afhankelijk is van wind- en zonne-energie.

Bovendien wordt er vaak weinig praktische ervaring en blootstelling aan echte duurzaamheidsprojecten geboden tijdens de opleiding. Hoewel studenten theoretische kennis hebben over duurzaamheid en energie, missen ze de praktische vaardigheden en inzichten die nodig zijn om duurzaamheidsprincipes daadwerkelijk toe te passen in “echte” (bouw)projecten.

Tips om gat tussen bouwkunde opleiding en beroepspraktijk te dichten.

Hieronder worden enkele tips gegeven voor het aanleren van kennis en vaardigheden op het gebied van het verduurzamen van een magazijn binnen de opleiding bouwkunde.

1. Gastcolleges en workshops: Nodig experts uit de logistieke en magazijnsector uit om gastcolleges en workshops te verzorgen over duurzaamheid in magazijnen. Dit kan studenten inzicht geven in de huidige duurzaamheidstrends en -praktijken in de industrie en hen stimuleren om duurzaamheidsaspecten in hun toekomstige werk toe te passen. Helaas lopen scholen vaak achter met de nieuwste trends in de praktijk, dit kan eenvoudig opgelost worden door gastcolleges te organiseren.
2. Praktijkgerichte projecten: Stimuleer studenten om praktijkgerichte projecten uit te voeren waarbij ze duurzaamheidsprincipes toepassen bij het ontwerpen en bouwen van magazijnen. Dit kan hen helpen om hands-on ervaring op te doen en te begrijpen hoe duurzaamheid kan worden geïntegreerd in de praktijk. Vaak worden opdrachten op school zweverig en onduidelijk aangegeven, terwijl er in de praktijk echt veel duidelijker worden omschreven. Dit puntje is in samenhang met punt 1, vaak zijn de docenten en scholen niet op de hoogte van de laatste trends.
3. Onderzoek en innovatie: Moedig studenten aan om onderzoek te doen naar duurzaamheid in magazijnen en innovatieve oplossingen te ontwikkelen. Dit kan hen helpen om nieuwe ideeën en benaderingen te ontdekken en bij te dragen aan de ontwikkeling van duurzaamheidspraktijken in de magazijnindustrie. Mede dankzij dit MDC-project ben ik veel meer nieuwe ideeën en innovaties tegengekomen met duurzame energie, omdat we echt onderzoek moeten verrichten.

Door het toepassen van deze tips kan de hiaat tussen de opleiding bouwkunde en duurzaamheid van magazijnen en gebouwen te verkleinen, en studenten voor te bereiden op het ontwerpen, toetsen en bouwen van duurzame magazijnen in de toekomst.

Bibliografie

- Dgem. (2023). *windenergie*. Opgehaald van <https://www.dgem.nl/nl/windenergie/windturbines-de-techniek>
- DuurzaamNieuws. (2014, oktober 6). *Duurzamer werken, ook in het magazijn*. Opgehaald van <https://www.duurzaamnieuws.nl/duurzamer-werken-ook-het-magazijn/#:~:text=Door%20de%20verschillende%20afvalstromen%20in,kunnen%20passende%20recyclingmaatregelen%20worden%20bepaald>
- ETB Hogenes*. (sd). Opgehaald van <https://www.etbhogenes.nl/diensten/energietransitie-duurzaamheid/daglichtsensoren-en-bewegingsmelders/>
- Feenstra. (2023). *Ventilatie*. Opgehaald van <https://www.feenstra.com/ventilatie/>
- Freriks, G. (2021, januari 13). *Wat zijn de risico's van wachten met verduurzaming*. Opgehaald van <https://www.warehousetotaal.nl/blogs/wat-zijn-de-risicos-van-wachten-met-verduurzaming/>
- Gemeente Rotterdam*. (sd). Opgehaald van <https://www.rotterdam.nl/groene-daken>
- Jansen, M. (2022, oktober 5). *De belangrijkste maatregelen voor CO2-reductie in de logistiek*. Opgehaald van <https://lean-green.nl/de-belangrijkste-maatregelen-voor-co2-reductie-in-de-logistiek/>
- Manutan. (2020, juni 10). *Snel meer duurzaamheid in het magazijn*. Opgehaald van <https://www.manutan.nl/blog/duurzame-werkplek/snel-meer-duurzaamheid-in-het-magazijn/>
- Milieu Centraal*. (sd). Opgehaald van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zuinige-lampen/ledlamp/>
- Milieu Centraal*. (sd). Opgehaald van <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/waterstof/#de-voor-en-nadelen-van-waterstof>
- Milieucentraal. (sd). *Kosten en opbrengst zonnepanelen*. Opgehaald van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/kosten-en-opbrengst-zonnepanelen/>
- Nabuurs. (2022, Juli 29). *Samen verduurzamen door slimme oplossingen in te zetten*. Opgehaald van <https://www.nabuurs.nl/blog/samen-verduurzamen-door-slimme-oplossingen-in-te-zetten/>
- Rijksoverheid. (2021, September 9). *Netcapaciteit en netcongestie*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/zonne-energie/netcapaciteit>
- RTL nieuws. (2022, februari 17). *Alternatief voor zonnepanelen: zet een windturbine op je dak*. Opgehaald van RTL nieuws: <https://www.rtlnieuws.nl/editien/artikel/5130241/groene-stroom-windenergie-windturbine-airturb-zonnepanelen>
- Solvari. (sd). *Zonneboiler vloerverwarming: info & mogelijkheden*. Opgehaald van <https://www.zonneboiler-advies.nl/zonneboiler-vloerverwarming>
- Van Rooijen. (sd). *The future is green!* Opgehaald van <https://www.vanrooijen.nl/over-ons/maatschappelijk-verantwoord-ondernemen/planet/zonnepanelen>
- Warehouse Totaal. (2020, februari 15). *Warehouses worden milieu- en mensvriendelijker*. Opgehaald van <https://www.warehousetotaal.nl/nieuws/logistiekdag-warehouses-worden-milieu-en-mensvriendelijker/109740/>
- Weerd, R. d. (2023, 4 24). *Change.inc*. Opgehaald van Change.inc: <https://www.change.inc/energie/finse-zandbatterij-kan-energie-maandenlang-opslaan-38588>
- Wilt, P. v. (2022, juni 16). *Zonneboiler kopen: waar moet je op letten?* Opgehaald van Consumentenbond: [https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/zonneboiler-kopen#:~:text=Als%20je%20al%20zonnepanelen%20\(die,de%20stroom%20die%20je%20teruglevert.](https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/zonneboiler-kopen#:~:text=Als%20je%20al%20zonnepanelen%20(die,de%20stroom%20die%20je%20teruglevert.)

- Dgem. (2023). *windenergie*. Opgehaald van <https://www.dgem.nl/nl/windenergie/windturbines-de-techniek>
- DuurzaamNieuws. (2014, oktober 6). *Duurzamer werken, ook in het magazijn*. Opgehaald van <https://www.duurzaamnieuws.nl/duurzamer-werken-ook-het-magazijn/#:~:text=Door%20de%20verschillende%20afvalstromen%20in,kunnen%20passende%20recyclingmaatregelen%20worden%20bepaald>
- ETB Hogenes. (sd). Opgehaald van <https://www.etbhogenes.nl/diensten/energietransitie-duurzaamheid/daglichtsensoren-en-bewegingsmelders/>
- Feenstra. (2023). *Ventilatie*. Opgehaald van <https://www.feenstra.com/ventilatie/>
- Freriks, G. (2021, januari 13). *Wat zijn de risico's van wachten met verduurzaming*. Opgehaald van <https://www.warehousetotaal.nl/blogs/wat-zijn-de-risicos-van-wachten-met-verduurzaming/>
- Gemeente Rotterdam. (sd). Opgehaald van <https://www.rotterdam.nl/groene-daken>
- Jansen, M. (2022, oktober 5). *De belangrijkste maatregelen voor CO2-reductie in de logistiek*. Opgehaald van <https://lean-green.nl/de-belangrijkste-maatregelen-voor-co2-reductie-in-de-logistiek/>
- Manutan. (2020, juni 10). *Snel meer duurzaamheid in het magazijn*. Opgehaald van <https://www.manutan.nl/blog/duurzame-werkplek/snel-meer-duurzaamheid-in-het-magazijn/>
- Milieu Centraal. (sd). Opgehaald van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zuinigelampen/ledlamp/>
- Milieu Centraal. (sd). Opgehaald van <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/waterstof/#de-voor-en-nadelen-van-waterstof>
- Milieucentraal. (sd). *Kosten en opbrengst zonnepanelen*. Opgehaald van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/kosten-en-opbrengst-zonnepanelen/>
- Nabuurs. (2022, Juli 29). *Samen verduurzamen door slimme oplossingen in te zetten*. Opgehaald van <https://www.nabuurs.nl/blog/samen-verduurzamen-door-slimme-oplossingen-in-te-zetten/>
- Rijksoverheid. (2021, September 9). *Netcapaciteit en netcongestie*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/zonne-energie/netcapaciteit>
- RTL nieuws. (2022, februari 17). *Alternatief voor zonnepanelen: zet een windturbine op je dak*. Opgehaald van RTL nieuws: <https://www.rtlnieuws.nl/editienl/artikel/5130241/groene-stroom-windenergie-windturbine-airturb-zonnepanelen>
- Solvari. (sd). *Zonneboiler vloerverwarming: info & mogelijkheden*. Opgehaald van <https://www.zonneboileradvies.nl/zonneboiler-vloerverwarming>
- Van Rooijen. (sd). *The future is green!* Opgehaald van <https://www.vanrooijen.nl/over-ons/maatschappelijk-verantwoord-ondernemen/planet/zonnepanelen>
- Warehouse Totaal. (2020, februari 15). *Warehouses worden milieu- en mensvriendelijker*. Opgehaald van <https://www.warehousetotaal.nl/nieuws/logistiekdag-warehouses-worden-milieu-en-mensvriendelijker/109740/>
- Weerdt, R. d. (2023, 4 24). *Change.inc*. Opgehaald van Change.inc: <https://www.change.inc/energie/finse-zandbatterij-kan-energie-maandenlang-opslaan-38588>
- Wilt, P. v. (2022, juni 16). *Zonneboiler kopen: waar moet je op letten?* Opgehaald van Consumentenbond: [https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/zonneboiler-kopen#:~:text=Als%20je%20al%20zonnepanelen%20\(die,de%20stroom%20die%20je%20teruglevert.](https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/zonneboiler-kopen#:~:text=Als%20je%20al%20zonnepanelen%20(die,de%20stroom%20die%20je%20teruglevert.)