



Duurzame Elektriciteitsvoorziening Bedrijventerreinen Breda Oost

13 april 2021

Opdrachtgevers

Arjan Rook
- Gemeente Breda

Jeppe Koertshuis
- Breda Oost 2050

Auteurs

Menno van den Donker
- Durin, www.durin.nl

Ad Breukel, Hugo de Moor
- Avans Hogeschool, www.avans.nl



Inhoud

Hoofdstuk 1. Doel en scope	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Doelstelling	5
1.3 Scope	6
1.4 Eerdere ideeën vanuit student-onderzoek	7
1.5 Opzet	8
Hoofdstuk 2 Context: energietools voor bedrijventerreinen	9
2.1 Introductie	9
2.2 Duurzame bedrijventerreinen: analyse succesfactoren	9
2.3 Energiemonitortechnieken voor collectieve projecten	13
2.4 DC projecten	15
2.5 Virtuele energiecentrale (cVPP) door middel van parkeermogelijkheden en laadpleinen	15
2.6 Conclusies	16
Hoofdstuk 3 Bouwsteen 1: Stakeholders	17
3.1 Inleiding	17
3.2 Type stakeholders	17
3.3 Stakeholders	17
Hoofdstuk 4 Bouwsteen 2: Energievraag: nu en in 2030	21
4.1 Historische elektriciteitsvraag	21
4.2 Toekomstige elektriciteitsvraag	21
4.3 Samenvattend	22
Hoofdstuk 5 Bouwsteen 3: Duurzame opwekking van elektriciteit	24
5.1 Inleiding	24
5.2 Soorten opwek	24
5.3 Ruimtelijke inkadering	25
5.4 Opbrengstberekening	28
5.5 Roadmap	30
Hoofdstuk 6 Bouwsteen 4a: Balansvraagstuk en energieopties	33
6.1 Inleiding	33
6.2 Netto transportprofiel en netcapaciteit	33
6.3 Curtailment	35

6.4 Dag/nacht balancerings: Flexibiliteit en opslagcapaciteit	37
6.5 Seizoens balancerings: nog geen technische oplossing.....	39
6.6 Conclusie	40
Hoofdstuk 7 Bouwsteen 4b: Richting een eerste pilot	42
7.1 Inleiding	42
7.2 Pilot opties en ideeën.....	42
7.3 Pilot 1: Demonstratieproject.....	43
7.4 Pilot 2: Onderzoeksproject	43
Hoofdstuk 8 Bouwsteen 5: Business case en Conclusie	47
8.1 De onderdelen van de business case	47
8.2 Van Breda-Oost naar Breda als geheel.....	49
8.3 Van pilot naar de implementatie verduurzaming van Breda-Oost	50

Portfolio

Naast het rapport is een portfolio uitgereikt bestaande uit:

- Het bijlagen-boek (bijlagen 1-4)
- Een uitgebreide versie van het hoofdstuk 2 over verduurzaming op bedrijventerreinen en pilots rondom nieuwe energietechnieken in Nederland
- Het rapport van de studenten van de Minor Urban Innovation (2020-2021)

Hoofdstuk 1. Doel en scope

1.1 Inleiding

Circa 2,5 procent van de landoppervlakte ingericht als bedrijventerreinen. Een stijging van dertig procent vergeleken met twintig jaar geleden. Dat meldt het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) op basis van cijfers tussen 1996 en 2012. Totaal telt Nederland nu 841 vierkante kilometer aan bedrijventerreinen, tegenover 649 in 1996. Ter vergelijking: de Flevopolder is 970 vierkante kilometer¹. In 2017 waren er in Nederland ruim 4.000 locaties (waarvan 86% bedrijventerreinen) die ruimtelijk bestemd en geschikt zijn om te kunnen ondernemen. Naast bedrijventerreinen zijn dat zeehaventerreinen, vliegvelden en meubelboulevards (in 2010 waren dat er nog 3.506). In het overzicht zijn alle werklocaties samengevat als bedrijventerreinen².

Dit oppervlak biedt veel mogelijkheden tot het winnen en lokaal gebruiken van duurzame energie, maar deze ruimte wordt voorsnog niet op grote schaal benut. Over het energieverbruik van bedrijventerreinen is relatief weinig bekend alhoewel TNO uitrekende dat met verduurzaming van bedrijventerreinen in potentie net zo veel of zelfs meer CO₂ kan worden bespaard als met het aardgasvrij maken van woonwijken³. Verandering is nodig. Gelukkig zijn er steeds meer initiatieven ook vanuit de overheid om deze situatie te verbeteren⁴.

Bedrijven op bedrijventerreinen werken vaak niet samen om duurzame ambities te realiseren, omdat dit tijdrovend en complex is. Dit wordt mede veroorzaakt doordat er vroeger nauwelijks landelijk beleid was voor de duurzaamheid van bedrijventerreinen (Van Nispen, H., 2019).⁵ Daardoor konden alleen bedrijven met een groot aandelenkapitaal profiteren van duurzame technologieën, want zelfs met subsidieregelingen blijven initiële investeringen noodzakelijk. Bedrijven met een klein kapitaal hadden hier geen investeringskracht voor, met stijgende energiekosten, verschillen in koopkracht en maatschappelijke verschillen als gevolg (ECN, 2017).⁶

Tegenwoordig is er meer mogelijk en ontstaat er beweging. Uit een onderzoek van Kantar⁷ blijkt dat voor 45% van de ondervraagde organisaties verduurzaming van de energiehuishouding in (zeer) grote mate een actueel thema is⁸. In hoofdstuk 2 wordt hier verder op ingegaan.

Om ervoor te zorgen dat de meer dan 400 gevestigde bedrijven in Breda Oost wel gezamenlijk ambities kunnen realiseren, heeft de VBBO een bedrijven Investeringszone (BIZ) ingericht, een wettelijk instrument waarmee alle ondernemers gezamenlijk investeren in de kwaliteit, veiligheid en onderhoud

¹ <https://www.bnr.nl/nieuws/binnenland/10309635/2-5-procent-van-nederland-is-nu-bedrijventerrein>

² <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/bedrijventerreinen/feiten-en-cijfers-duurzame-bedrijventerreinen>

³ <https://www.duurzaam-ondernemen.nl/ondertekening-convenant-verduurzaming-bedrijventerreinen/>

⁴ <https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2369275-stop-met-zonneparken-en-leg-zonnepanelen-op-daken.html>

⁵ Van Nispen, H. (2019, January 14). Duurzame bedrijventerreinen: hoe doe je dat als gemeente? - SME. Retrieved April 1, 2020, from <https://sme.nl/kennis/beleid-en-proces/duurzame-bedrijventerreinen-hoe-doe-je-dat-als-gemeente>

⁶ ECN. (2017). De winnaars en verliezers van de energietransitie. Retrieved from <https://www.tertiem.nl/wp-content/uploads/2018/03/winnaarsenverliezers.pdf>

⁷ Enquête bij meer dan 100 managers van parkmanagementorganisaties, vertegenwoordigers van ondernemersverenigingen of fondsen en vertegenwoordigers van ontwikkelorganisaties en -maatschappijen

⁸ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/bedrijventerreinen/feiten-en-cijfers-duurzame-bedrijventerreinen>

bedrijventerrein. Deze bedrijfsinvesteringszone heet 3B-O, of voluit Bedrijfsinvesteringszone Bedrijventerreinen Breda-Oost. Daarnaast is een tweede entiteit opgericht: Breda Oost 2050 BV. Deze entiteit onderzoekt of ook het gezamenlijk aanpakken van de energietransitie een onderdeel kan gaan vormen van de portefeuille van 3B-O. Breda Oost 2050 BV is mede-opdrachtgever van dit rapport.

3B-O maakt vijfjarenplannen voor Breda Oost⁹. Om een vijfjarenplan van start te laten gaan moet de stemming aan een eisen voldoen en de plannen binnen 5 jaar kunnen worden uitgevoerd binnen budget. Sinds 2017 is de BIZ met het eerste plan (BIZ1) van start gegaan. BIZ1 loopt van 2017 tot en met 2021. Hier ligt de focus vooral op beveiliging. Het nog formeel te starten BIZ2 zal het tijdsframe 2022-2026 betreffen. Daarin zullen vermoedelijk meer onderwerpen worden behandeld: duurzaamheid – veiligheid – smart.



Figuur 1 – Missie, Visie en Strategie van 3B-O

Een invalshoek rondom duurzaamheid bij 3B-O is het gegeven dat lokaal geproduceerde duurzame energie vaak niet lokaal gebruikt en niet getransporteerd kan worden wegens congestie. Dit probleem wordt in onderstaand rapport behandeld.

Maatschappelijk gezien zijn meer duurzame elektriciteitsprojecten op bedrijventerreinen gewenst, maar dan moet het wel passen in het gehele energie- en kostenplaatje voor de betrokkenen. Ook de netbeheerders zijn hierbij belanghebbende wegens hun taak voor het transporteren van de energiestroom van nieuwe projecten, de problematiek van congestie en oplossingsrichtingen zoals netverzwaring of het toepassen van nieuwere technieken om dit te voorkomen.

1.2 Doelstelling

Deze rapportage richt zich op het bieden van inzicht in de inzet en integratie van energietechnieken om een deel van 3B-O duurzaam, zelfvoorzienend en smart te kunnen maken. Deze begrippen houden in:

- Duurzaam: reductie van CO₂ uitstoot, bijdrage aan klimaatdoelstellingen van de gemeente Breda / RES.
- Zelfvoorzienend: inpassing van duurzame energie is gebaat bij het lokaal produceren en gebruik van energie; de schaal in dit onderzoek betreft Hoogeind en Moleneind en kan eventueel worden uitgebreid naar woonwijken voor complementaire opwek en gebruik.
- Smart: real-time bijsturen op basis van monitoren

⁹ Bron: TBK studenten in gesprek met J. Koertshuis, 14 april 2020.

1.3 Scope

Het onderzoek richt zich op de volgende bedrijventerreinen met de daarin liggende straten:

- Hoogeind I en II: Minervum (7001 – 7500), Tilburgseweg (257-269).
- Hoogeind III: Baarschot (2-50) en Oude Leijestraat (1-7).
- Moleneind: Takkebijsters (1-73), Heusing (1-20), Tilburgseweg (139-141-207-215), Hoge Schouw (1-4), Paardebijsters (1-4) en Gijzenveld (3-9).

De afbakening is hieronder in een visual aangeven.



Figuur 2 – Afbakening van de Bedrijventerreinen Breda Oost

De data over het aantal bedrijven zijn afkomstig uit de WOZ Vastgoedmonitor¹⁰ van de Gemeente Breda. Dit betreft gegevens die verkregen zijn uit het niet meer bestaande platform Energie in Beeld. Belangrijke opmerking is dat er geen grootverbruikers in deze bron zijn aangegeven. Hier komen we later bij de analyses (hoofdstuk 4) op terug

- Het aantal bedrijven op Hoogeind I, II en III is: 273
- Het aantal bedrijven op Moleneind is: 154
- Totaal: 427

1.4 Eerdere ideeën vanuit student-onderzoek

De afgelopen jaren hebben studenten van Avans en de TUE voorstudies gedaan naar mogelijkheden voor smart en duurzaam (bijlage 2 en het aanvullende rapport van de studenten van de Minor Urban Innovation¹¹). Een korte samenvatting daaruit is als volgt.

- **Carpoolen** en bomen planten zijn relatief simpele ideeën die makkelijk te implementeren zijn en waar ook draagvlak voor gecreëerd kan worden. Complexer is een groene gevel (figuur 3). Deze kan bij de ingang van het terrein kunnen worden aangebracht ter ondersteuning van de uitstraling van het bedrijventerrein.



Figuur 3 – Voorbeeld van een groene gevel

- Het **Smart Office**¹² komt ook in de voorgrond als optie. Hiermee kan het energieverbruik en de CO₂-uitstoot van elk bedrijf worden gevolgd en biedt mogelijkheden op het gebied van duurzaam energieverbruik, comfort en veiligheid.
- Om een dergelijk office te realiseren zijn monitoring instrumenten nodig. Daarover gaat het volgende verbeteridee: **monitoring / digitale netwerkontwikkeling**. Monitoren varieert van het eenvoudig meten van het elektriciteits- en gasverbruik tot aan complexere monitoring zoals complete scans op bedrijfsprocessen en het vinden van andere, meer duurzame bronnen. Samen met een live feed met sensoren en algoritmes, die de CO₂-uitstoot berekenen door het implementeren van elke emissiebron (denk aan transport, productie, bouw etc.), kan

¹⁰ De gemeente Breda houdt in een vastgoedmonitor bij welk vastgoed op de bedrijventerreinen aanwezig is en hoeveel energie dit vastgoed verbruikt. Zie verder Bijlage 4.

¹¹ Avans Minor Urban Innovation (Team Red Breda). Verduurzaming Minervum 2021. Verslag is bijgevoegd in de portfolio (zip-file) bij deze rapportage

¹² Akkerman, W. (2016, 19 januari). Wat is een smart home? Geraadpleegd op 28 april 2020, van <https://www.smarthomemagazine.nl/2016/01/wat-is-een-smart-home-alles-dat-je-moet-weten/>

er transparantie ontstaan op het industriepark, en een positieve rivaliteit tussen de bedrijven (Kilduff, 2014).¹³ Optie: rangschik de monitoringresultaten en publiceer ze open en transparant aan partners en consumenten (via website/media). Zo'n ranking systeem kan bijdragen aan verdere community building.

1.5 Opzet

De bovenstaande combinatie van ideeën laat zien dat er bij 3B-O ruimte is voor investeringen in slimme duurzaamheid. De optie van duurzame energieopwekking -en opslag (om te komen tot een autonoom energiegebruik) is nog niet goed uitgewerkt. Dat valt goed te verbinden aan smart mobility. Daarbij kan op termijn samenwerking worden gezocht met aangrenzende woonwijken voor energie-transfer.

Onze visie hierin is de lokale situatie tot op zeker hoogte (maar niet per se 100%) zelfvoorzienend te maken. Het idee daarbij is dat verschillende locaties op dezelfde moment duurzame energieoverschotten (of tekorten) zullen hebben door min of meer dezelfde aanwezigheid van zon – wind in Nederland tijdens de dag-nacht-zomer-winter. Men kan dus niet door onderling energietransport elkaars overschotten kunnen gebruiken (of tekorten zullen aanvullen). Dat maakt behoefte van opslag relevant. Andere energiebronnen (zoals uit windmolens op zee, of biomassa) kunnen zeker als exogeen worden meegenomen in de modellering, maar dat zal niet in elke wijk / buurt aan de orde zijn (en de combi zon / wind wel).

Wij zullen ons in dit onderzoek op systeemintegratie richten van:

- warmte – elektriciteit
- opslag-opwek-gebruik
- bedrijventerrein (en eventueel aangrenzende wijk)
- draagvlak en financiering (no-regret fasering)

In het onderzoeksverslag beschrijven en analyseren we eerst de context van verduurzaming op bedrijventerreinen in Nederland aan de hand van recente pilots met innovatieve energietechnieken

Daarna worden vijf bouwstenen behandeld om te komen tot een energie-advies voor 3B-O

1. De eerste bouwsteen gaat over het betrekken van relevante stakeholders en hun wensen en mogelijkheden (comfort, financieel etc.).
2. De nulmeting en gebruiksscenario's vormen de eerste bouwsteen: hoeveel elektriciteit en gas gebruikt het terrein nu (met welk doel) en wat is de verwachte stijging van het energiegebruik naar 2030/2050? (hoofdstuk berekeningen)
 - bij bouwsteen nulmeting: ook warmte gegevens meenemen van rapport Transition HERO (versie 4 en mailwisseling met Arjan Rook en Ad Breukel)
3. De derde bouwsteen beschrijft de zoektocht naar geschikte oppervlakken voor energieopwekking met zonnepanelen of -collectoren en duurzame bron(opties).
4. Vierde bouwsteen: de energiebalans van de energie neutrale terreinen van de toekomst – vragen over netverzwaring en mogelijkheden voor opslag.
 - welke energiemix opties zijn hierbij passend
5. De vijfde bouwsteen betreft de business case en beschrijft de financiële implicaties voor zowel projectfinanciers als pandeigenaren en gebruikers
 - advies

13 Kilduff, G. J. (2014). Driven to Win. Social Psychological and Personality Science, 5(8), 944–952.
<https://doi.org/10.1177/1948550614539770>

Hoofdstuk 2 Context: energietools voor bedrijventerreinen

2.1 Introductie

In deze desk study komen onderwerpen aan bod ten aanzien van verduurzaming en nieuwe energiemogelijkheden op Nederlandse bedrijventerreinen. Voor de huidige aandacht voor bedrijventerreinen zijn meerdere aanleidingen. De Regionale Energie Strategieën worden bijvoorbeeld steeds meer uitgewerkt. De RES West-Brabant geeft een prominente plaats aan de duurzame opwek van elektriciteit. Ook gemeentes zijn bezig met de verduurzaming van hun vastgoed. Het vastgoedproject van de gemeente Eindhoven was er in projecten met meerdere gebouwen tegelijkertijd op gericht met relatief eenvoudige middelen een bijdrage te leveren aan wens van Eindhoven om in 2045 energieneutraal te zijn¹⁴.

In onze studie richten wij ons speciaal op bedrijven op een gemeenschappelijk terrein. We starten met de analyse van een bestaande onderzoek naar Nederlandse terreinen om te komen tot een aantal factoren waarmee Breda-Oost rekening mee zal moeten houden om succesvolle collectieve verduurzaming te realiseren. Daarna wordt verder ingezoomd op pilots over twee opkomende technieken voor collectieve verduurzamingsprojecten de visualisatie door Energie Management Systemen (EMS) en het gebruik van DC technieken, als opties voor collectieve verduurzamingsprojecten op Breda-Oost. We bespreken deze in het licht van de ontwikkelingen rondom Virtual Power Plants, actoren samen als energieleverancier kunnen fungeren.

2.2 Duurzame bedrijventerreinen: analyse succesfactoren

Inleiding

Zoals eerder aangehaald heeft RVO onderzoek door Kantar laten doen naar duurzaam ondernemen op bedrijventerreinen¹⁵. We vergelijken de argumenten die in dat onderzoek naar voren komen met ander vergelijkbaar onderzoek zoals dat van Bepositive. Dit initiatief verzamelt lokale initiatieven van parkmanagers, ondernemersvereniging en/of gemeenten om met collectieve initiatieven tot verduurzaming te komen¹⁶. De analyse levert factoren op die we toepassen op een casus van een bedrijventerrein in Ruurlo om na te gaan hoe daar invulling aan de verduurzaming is gegeven en die we uiteindelijk willen gebruiken voor de keuzes bij Breda-Oost.

Gemiddeld positieve attitude over verduurzamingstechnieken

Het onderzoek van Kantar¹⁷ toont dat voor 45% van de ondervraagde organisaties verduurzaming van de energiehuishouding in grote mate een actueel thema is waar men positief tegenover staat (bijlage 3). Het gaat daarbij om de inzet van technieken zoals zonnepanelen, led, warmtepompen, isolatie (muur, dak en glas), warmteterugwinning op de ventilatie, microgrids, warmtenetten en energiemonitoring. Deze technieken leveren voordelen op voordelen die niet alleen financieel van

¹⁴ <https://energieslag.rvo.nl/news/view/51194984/publiek-vastgoed-maximaal-verduurzaamd-met-minimale-middelen>

¹⁵ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/bedrijventerreinen/feiten-en-cijfers-duurzame-bedrijventerreinen>

¹⁶ <https://www.duurzaam-ondernemen.nl/ondertekening-convenant-verduurzaming-bedrijventerreinen/>.

¹⁷ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/bedrijventerreinen/feiten-en-cijfers-duurzame-bedrijventerreinen>

aard kunnen zijn (energiebesparing, goedkopere toegang tot elektriciteit, voorkomen netverzwaring) maar ook betrekking hebben op uitstootvermindering en sociale waarden (Joyce & Paquin, 2016)¹⁸. De aangegeven attitude geldt voor zowel grote bedrijven als voor het MKB.

Verschillen in het de opstart van de uitvoering: bedrijfsgrootte

Het beeld voor de daadwerkelijke uitvoering is hiermee in lijn: bijna de helft van de ondervraagden is al bezig met het uitvoeren of uitwerken van plannen voor verduurzaming van de energiehuishouding. Hier is wel een verschil tussen MKB en grote bedrijven. De kleine en middelgrote organisaties geven relatief vaak aan helemaal niets te doen aan verduurzaming van de energiehuishouding. Volgens het BE+ (Bepositief) netwerk (<https://www.bepositief.nl/>) heeft slechts 5% van het MKB heeft al daadwerkelijk geïnvesteerd in duurzame energie

Barrières die uitvoering van verduurzaming belemmeren

De barrières die de inpassing energietechnieken belemmeren¹⁹ zijn te splitsen in “financiering” en “organisatie”.

- 1) Financiering: bedrijven op de terreinen willen er geen geld voor vrijmaken, kennen de financieringsmogelijkheden vanuit de nationale overheid (subsidiemaatregelen) niet en er is onduidelijkheid over de ondersteuning/ontzorging van de lokale overheid bij financiering.
- 2) Organisatie: verduurzaming vereist de inpassing van energie- en netwerktechnieken om daarmee tot zichtbare voordelen te komen. Bedrijven ervaren dat ze niet de toegang hebben tot kennis over energiegegevens, technieken, ondersteuning, tijd en samenwerking om deze technieken tot hun voordeel in te zetten. Het opzetten van een business model is hiervoor gewenst²⁰.

Oplossingsrichtingen om barrières te pareren

Hieronder gaan we in op het aanpakken van de genoemde barrières om te investeren in technieken.

1) Financiering

Als de nationale overheid de eerste helft van de benodigde middelen zou bijdragen, verwachten zes op de tien organisaties de andere helft van de financiering bij elkaar te kunnen krijgen via ondernemers, lokale overheden of ontwikkelmaatschappijen. Mogelijkheden voor financiering vanuit de nationale overheid staan in de voernoten weergegeven^{21 22}.

De tweede helft voor de financiering zal bij de bedrijven zelf vandaan komen en bij aanvullende regionale subsidies. In Noord-Brabant is dat bijvoorbeeld “Brabant geeft Energie”²³ maar ook de Brabantse Ontwikkelingsmaatschappij verleent op dat gebied diensten (<https://www.bom.nl/>)

Maar het gaat hier ook om hulp bij de financiële besluiten, bijvoorbeeld vanaf welk moment is het rendabel om in een bestaand pand te investeren voor onderhoud (na 10-15-20 jaar?) en welke

¹⁸ Joyce, A., & Paquin, R. L. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1474–1486. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.067>

¹⁹ <https://www.bepositief.nl/wp-content/uploads/2019/10/Convenant-Verduurzaming-Bedrijventerreinen-10-september-2019.pdf>

²⁰ A. Osterwalder, Y. Pigneur, (2010) Business Model Canvas. Self published

²¹ <https://www.terts.org/>

²² Daarnaast zijn er ontwikkelsubsidies voor trajecten om verduurzaming van de grond te tillen, zoals de MOOI regeling, de DEI+ en andere opties. Deze verschillen in mate van TRL en grootte/periode.

²³ https://www.brabant.nl/applicaties/producten/energie_brabant_geeft_energie_subsidie_18888

financieringsopties kunnen worden gekoppeld aan de informatieplicht. Hiermee kunnen bedrijven worden ontzorgd.

2) Organisatie

Een collectieve aanpak wordt in het onderzoek van Kantar²⁴ als geschikt business model gezien om gezamenlijk de inzet van technieken aan te pakken. Deze collectieve aanpak maakt gebruik van een netwerk model dat de verschillende actoren (gebruikers, aanbieders etc.) beschrijft en hoe deze worden verbonden door transacties (goederen, diensten, geld) om de waardecreatie en het verdienmodel te bepalen²⁵.

- Vier op de tien ondervraagde organisaties verwachten dat tussen de 20-40% procent van de bedrijven mee zal doen aan een collectieve aanpak.
- Drie op de tien rekenen erop dat het percentage deelnemende bedrijven hoger zal zijn dan 40%.

Een collectieve aanpak begint met een stakeholdersanalyse. De type stakeholders zijn opgedeeld in representatieve groepen, die elk belang (vanuit hun bedrijfsdoelstellingen) bij en invloed op het resultaat zullen hebben.

- Vraagzijde: de gebruikers vertegenwoordigd door een collectief orgaan zoals een BIZ
- Aanbodzijde: energie-technische bedrijven, investeerder, projectontwikkelaar, exploitant, aannemer, energieleverancier.
- Institutionele/technische context: de lokale overheid (als mogelijke opdrachtgever en als overheidsinstantie medebepaler van de spelregels), omwonenden, financierders, regionale ontwikkelingsmaatschappijen, netbeheerder, adviseurs/kennisinstellingen

Voor Breda-Oost zal volgend hoofdstuk op de stakeholders en het business model worden ingegaan. Het is voor de verdere collectieve zaak noodzakelijk om de belangen te inventariseren, dilemma's hiertussen op te sporen en dan hierin afwegingen te maken.

Samengevat komen de volgende vier factoren naar voren als relevant voor de succesvolle verduurzaming van bedrijven op bedrijventerreinen

- 1) Technieken: variatie in technieken met meerdere soorten voordelen
- 2) Bedrijfsgrootte: grote bedrijven en MKB
- 3) Financiering: nationale bronnen en lokale mogelijkheden (incl. ontzorging)
- 4) Collectieve organisatievorm (het business-netwerk model): stakeholders en afwegingen

²⁴ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/bedrijventerreinen>

²⁵ Brehmer, M., Podoyntsyna, K. S., & Langerak, F. (2018). Sustainable business models as boundary-spanning systems of value transfers. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4514-4531.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.083>

We analyseren een casus over een energieneutraal park in Ruurlo²⁶ aan de hand van deze factoren om na te gaan hoe men daar invulling aan heeft gegeven²⁷.

Bedrijventerrein Ruurlo, onderdeel Berkelland (4 kernen).

<https://www.achterhoekonderneemtduurzaam.nl/berkelland/>

Start gesprek:

- Pilot Ruurlo Minimaal 11 vd 60, inmiddels 30 bedrijven van verschillende omvang (<https://www.achterhoekonderneemtduurzaam.nl/wp-content/uploads/2017/07/Duurzaam-Ondernemen-Bedrijvenpark-Ruurlo.pdf>)
- Gemeente betrokken
- DOE Scan: 2015 met subsidie vanuit gemeente: 1500 euro
 - Energiecoach: vergoeding van 1000 euro
 - 500 euro nazorg: bellen klaar wat is er gebeurd
 - Kost bedrijf niets
 - TI naar led

Belangrijk:

- Bedrijf bij hand nemen
- PvA: binnen 5 jaar
- Sommige bedrijven: die vinden dat uit zichzelf belangrijk (koploper), , andere veelal angst voor verplichting uit overheid. Beter is: bewustwording via-via andere bedrijven op terrein: bijeenkomsten (borrel achtig) – interviewen - voorbeelden gebruiken: business case: bv kosten warmte naar benden, verlichting goedkoper EN mooier (project van TL naar LED)
- Oppassen met moeten: eventueel aansluiten bij Informatieplicht 50.000 kwh; 5 jaar terugverdienen
- Besparing en kwaliteit: als je gaat renoveren
- Concreet voorbeeld: bedrijf Bronckhorst High Tech

Inmiddels: over hele Achterhoek uitgerold (Provincie 2,6 miljoen subsidie). Hierbij actief: Rinus Smet - GEA deelnemer van het programma Bedrijven(terreinen) van de Toekomst, MKB-energiebesparing en lid van de borgingscommissie. Hij is bestuurder van een aantal Achterhoekse organisaties en de drijvende kracht achter Achterhoek Onderneemt Duurzaam (AOD), een initiatief voor ondernemers, door ondernemers, dat vanuit de SIKa (Samenwerkende Industriekringen Achterhoek) ontstond. <http://industrielekringberkelland.nl/interview-met-rinus-smet/>

Een korte typering van dit project op de aangegeven factoren geeft onderstaand beeld.

1) Technieken:

- Eerste focus op verlichting, met financiële (besparing) en sociale (kwaliteit) opbrengst.

2) Type bedrijven:

- Gevarieerd: groot en MKB

²⁶ <https://www.achterhoekonderneemtduurzaam.nl/wp-content/uploads/2017/07/Duurzaam-Ondernemen-Bedrijvenpark-Ruurlo.pdf>

²⁷ Interview Ad Breukel met Henk Deunk (Belangenvereniging Bedrijvenparken Ruurlo) op 9 februari 2021.

3)Collectieve organisatie:

- Gemeente en meerdere bedrijven tegelijk betrokken
- Makkelijk/prettig contact creëren (cultuur)
- Support bij verzamelen van gebruiksgegevens/monitoren door energicoach (DOE-scan)
- Actieve nazorg
- Lokaal initiatief onderdeel van collectieve actie in de regio

4)Financiële ondersteuning:

- DOE scan: geen kosten voor ondernemers
- Meerdere waarden gecombineerd:
- Investerings niet als verplichting brengen maar samen positieve business case bekijken

De vier factoren zijn ingevuld zodat van meerdere kanten de ondernemers gesteund worden bij hun investeringen en vervolgstappen.

Voor deze studie naar innovatieve pilots richten wij ons verder op twee nieuwere technieken met potentie voor collectieve verduurzamingsprojecten hebben: de visualisatie door Energie Management Systemen (EMS) en het gebruik van DC technieken. We plaatsen dit binnen ontwikkelingen rondom Virtual Power Plants, een nieuwe concept waarbij een actoren samen als energieleverancier kunnen optreden.

2.3 Energiemonitortechnieken voor collectieve projecten

Met energiemanagementsystemen (EMS) wordt energieverbruik van gebouwen gemeten met als doel het verbruik te verminderen door het optimaliseren van het energiegebruik en het realiseren van energiebesparingen door middel van technieken zoals zonnepanelen, warmtepompen, laadpalen en meetsystemen.

De ontwikkelingen voor smart grids breiden uit naar gebiedsniveau (Hossain et al., 2016)²⁸. Er zijn voor collectieve projecten meerdere monitoring/smart grid instrumenten²⁹ om de stroomverdeling van zonne-energie op flatgebouwen toe te kennen aan de individuele units.

Ook kunnen draadloze EMS en sensoren worden gebruikt om apparaten op afstand te monitoren en te bedienen en te monitoren op gebouw- en gebiedsniveau.

Er gaat steeds meer aandacht naar visualisatie, als manier om gebruikers mee te nemen in de investerings- en gebruiksbeslissingen voor smart energy technologieën. energiehuishouding per groep gebouwen en dat gaan visualiseren met een interactief dashboard. We bespreken een drietal aantal instrumenten in ontwikkeling die het mogelijk maken de energiehuishouding van een terrein te visualiseren en de impact van investeringen te kunnen ranken.

- 1) Op de campus van de TU Eindhoven vormen zonnepanelen, laadpalen en warmte- en koudeopslag een lokaal energienetwerk beschouwen. Vanuit Avans hebben we binnen EIRE contact met Phuong Nguyen en Guus Pemen om de samenwerking met deze groep te bespreken. Zenmo (<https://zenmo.com/>) is hierbij aangesloten (Auke Hoekstra). Met hun Energy transition lab kan het energie systeem van een gebied worden gesimuleerd en kunnen toekomst scenario's getest worden. Het energie systeem bevat warmte, elektriciteit, distributie en opslag. Door met

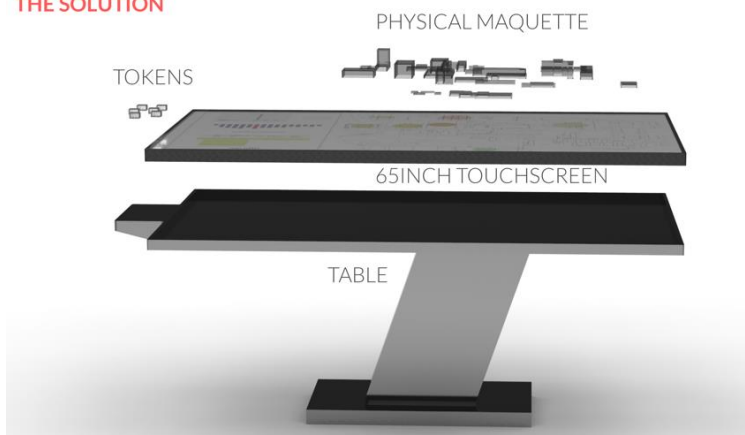
²⁸ Hossain et al. (2016). The role of smart grid in renewable energy: An overview

²⁹ <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/energietransitie-business/34851/zonnepanelen-flats>

geografische data te werken kan er ook rekening worden gehouden met gebiedsontwikkeling en worden de scenario's tastbaarder.

- 2) Een vergelijkbaar TU Eindhoven initiatief op gebiedsniveau waarmee we samenwerken is Team Red (<https://teamred.nl/ourproduct.html>). Dit team voert onderzoek uit naar energiehuishouding per groep gebouwen en dat gaan visualiseren met een interactief dashboard. Het team maakt een fysieke maquette om de energiehuishouding (en scenario's hiervoor) van de TUE campus te visualiseren.

THE SOLUTION



Hieronder staat een screen shot uit de 19-03-2021 presentatie van Team Red.



Figuur 4 – Voorbeeld uit presentatie Team Red over de energiehuishouding van de TUE Campus

- 3) Tenslotte verwijzen we naar een instrument voor het doorrekenen van de energiebehoefte en flexibiliteit in wijken en op bedrijventerreinen “Mijn Buurt Energiesom”³⁰. Energievectoren zoals elektriciteit en warmte kunnen worden meegenomen, evenals EV's en laadpalen. Hiermee is het

³⁰ <https://www.pondes.nl/mijnbuurtenergiesom/>

een hulpmiddel voor de gebiedsgerichte aanpak en invulling van de RES'en. Model maakt gebruik van publieke data en is open source. Het detailniveau van de data moet worden nagegaan. Men wil dit pakket uitbreiden met interactieve middelen zoals een wijkkaart die uitrekent wat de kabels en leidingen kosten als je een wijkstelsel maakt en verbindt tussen opwek en installatie locaties.

2.4 DC projecten

Het inpassen van gelijkstroom technieken heeft een lange traditie, maar heeft recent weer een opleving gekregen. Voordelen van gelijkstroom zijn dat er meer vermogen door de kabels kan, dat steeds meer apparatuur gelijkspanning gebruikt en dat bijvoorbeeld de opwekking van stroom uit zonnepanelen meteen kan worden aangewend. Vanuit Stichting Gelijkstroom zijn ons meerdere voorbeelden onder de aandacht gebracht van lopende DC projecten.

- N470: zonnepanelen in het geluidsscherm bij Delfgauw wekken voldoende energie op om 323 lichtmasten en 225 verkeerslichten langs de weg van stroom te voorzien. Een DE grid inclusief batterij zorgt ervoor dat de stroom die overdag wordt opgewekt, 's avonds gebruikt kan worden³¹.
- Pulse gebouw in Delft, waarbij de zonenstroom van 490 panelen verder in het gebouw worden verdeeld³².
- In het project DC OVL XXL wordt op diverse plekken onderzoek gedaan naar het toepassen van gelijkspanning in openbare verlichting en worden verschillende oplossingsrichtingen gedemonstreerd³³.
- DC laadplein: Hogeschool van Amsterdam en Ecotap zijn zeer recent begonnen met een test van meerdere DC laders (niet bidirectioneel) voor een DC laadplein³⁴

Daarnaast werken we samen met Team Casa³⁵ dat een zelfstandig gebouw ontwerpt met veel aandacht voor de integratie van energietechnieken met aandacht voor productie en opslag. In dit project is een lokaal DC-net met opslag van elektrische energie voor circa 10kWh opgenomen.

2.5 Virtuele energiecentrale (cVPP) door middel van parkeermogelijkheden en laadpleinen

Een interessante richting voor toepassing is die van meer energie-autonomie door middel van een collectieve Virtual Power Plant opzet (cVPP), Dit is een eigen meso- grid voor het industrieterrein als geheel, via 1 aansluiting gekoppeld aan het net en met remote technieken aangestuurd. Op dit net is de mogelijkheid met DC snelladers en ontladen te werken en de energiestromen en -keuzes op een eigen wijze zichtbaar te maken.

- Stichting Duurzame Projecten Loenen (DPL) en de Technische Universiteit Eindhoven (TUE) werken samen in het internationale project rondom de Community-based Virtual Power

³¹ <https://www.zuid-holland.nl/actueel/nieuws/november-2020/provinciale-weg-n470-wekt-eigen-energie/>

³² <https://gelijkspanning.org/wp-content/uploads/2020/06/3.6-P-Govers-Pulse-DC.pdf>

³³ <https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/openbare-verlichting-en-aanvullende-services-op-grote-schaal-realiseren-met-dc-technologie-00029616>

³⁴ <https://www.hva.nl/urban-technology/gedeelde-content/nieuws/nieuws/2021/03/eerste-dc-laadpaal-actief-voor-snel-laden-van-elektrische-autos.html>

³⁵ <https://teamcasa.nl/about/>

- Plant (cVPP) - een Europees Interreg-project, waarin de TU/e kijkt hoe burgers lokaal aan kunnen haken bij een eigen Virtual Power Plant voor hun gemeenschap³⁶.
- Ook parkeerexploitanten kunnen van hun parkeergarages lokale "plants" maken, door ze te voorzien van zonnepanelen en daarmee een batterij die vervolgens elektrische auto's van stroom kan voorzien³⁷. Sommige projecten gaan nog verder, en staan ook toe dat auto's stroom terugleveren aan een centrale faciliteit (V2G toepassingen). Daarmee dienen laadfaciliteiten als een virtual power plant, zoals in Utrecht. Autobatterijen inzetten als tijdelijke energieopslag is een idee dat veel enthousiasme oplevert³⁸. Op die manier kan schone, maar tijdelijke, energie uit zon en wind opgeslagen worden in geparkeerde auto's, mede om piekbelasting mee op te vangen. Robin Berg: "Wij bieden een vloot van elektrische deelauto's als een soort grote 'virtual power plant' aan het energiesysteem aan, om daar vervolgens het systeem mee te verduurzamen en zelf ook nog wijzer van te worden."
 - Tenslotte kunnen ook laadpleinen een functie voor V2G uitvoeren. Dit maakt onderdeel uit van Proeftuin Slimme Laadpleinen, een project van Nationaal Kennisplatform Laadinfrastructuur (NKL).

2.6 Conclusies

Dit hoofdstuk heeft factoren (technieken, bedrijfsgrootte, organisatie en financiering) voor een collectieve verduurzaming van bedrijventerreinen geanalyseerd als minimale voorwaarden voor de succesvolle inpassing van duurzame energie bij Breda-Oost. De invulling van en de relaties tussen deze factoren kan op meerdere manieren worden vormgegeven – daarvoor zijn in dit hoofdstuk suggesties gegeven.

Er is met name aandacht gegeven aan twee technieken die vernieuwend zijn en gebruikers kunnen meenemen in het verduurzamingstraject: DC netten en visualisatietechnieken van EMS systemen. Deze vernieuwde aspecten, die in hun combinatie nog niet of nauwelijks voorkomen in Nederland (gezien ook de zeer recente PhD vacature aan de TU Delft³⁹), bieden ruimte voor de aanvraag voor een nieuwe subsidietraject voor Breda-Oost. Na de analyse van de stakeholders, het energievraag- en -aanbod en de daaruit voortvloeiende balansvraagstukken, komen we in het hoofdstuk 7 voor de concrete opties (een startproject en een traject voor systeemintegratie) hierop terug.

³⁶ <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/cvpp-community-based-virtual-power-plant/news#tab-6>

³⁷ <https://www.technischweekblad.nl/artikelen/tech-achtergrond/een-parkeergarage-als-batterij#:~:text=Gemeentes%20en%20parkeerexploitanten%20zouden%20parkeergarages,laad%20je%20elektrische%20auto's%20op.>

³⁸ <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/greenleaders/33997/robin-berg-elektrische-deelautos>

³⁹ <https://carriere.nrc.nl/vacatures/technische-universiteit-delft-tud/promovendus-dc-systems-energy-conversion-storage-55303>

Hoofdstuk 3 Bouwsteen 1: Stakeholders

3.1 Inleiding

Aan de hand van een verkenning op het terrein en aanvullende gesprekken met partners van 3B-O zijn de stakeholders in beeld gekomen.

Om het terrein en de bedrijven goed te leren kennen, is er een excursie (per fiets) uitgevoerd, waar we een eerste beeld van de het terrein, de locaties en de bedrijven hebben gekregen (zie bijlage 1). In de gesprekken is een beeld geschetst van de mogelijke locaties van drie windturbines, van mogelijkheden voor zonnepanelen (op daken en op andere locaties) en van de locaties van een aantal grootverbruikers.

3.2 Type stakeholders

De type stakeholders zijn ingedeeld in representatieve groepen zoals in paragraaf 2.2. aangegeven.

- Vraagzijde: de gebruikers op Breda-Oost worden vertegenwoordigd door 3B-O.
- Aanbodzijde: energie-technische bedrijven, investeerder, projectontwikkelaar, exploitant, aannemer, energieleverancier.
- Institutionele/technische context: de gemeente Breda lokale overheid (als mogelijke opdrachtgever en als overheidsinstantie medebepaler van de spelregels), omwonenden, financierders, BOM, Enexis, adviseurs/kennisinstellingen(Avans, Durin, TransitionHERO, Stichting Gelijkstroom)

Uitgangspunten:

- Het is belangrijk dat er vanuit de vraagzijde ontwikkeld wordt (bedrijven en omwonenden)
- Het initiatief en de controle start bij het bedrijvencollectief en de gemeente Breda.

3.3 Stakeholders

1. Breda Oost 2050

Breda Oost 2050 is de centrale entiteit van waaruit de duurzaamheidsprojecten worden opgezet op de bedrijventerreinen. Nu wordt bestuur gevormd door Miel Nobelen (vz.3B-O) en Jeppe Koertshuis (vz. VBBO). Verder dienen door overeenkomsten afspraken en rollen zo goed en duidelijk mogelijk te worden vastgelegd. Belangrijkste taak is het procesverloop te managen en te zorgen dat de inhoud door professionele stakeholders wordt gerealiseerd.

Deze projectorganisatie (eigenaar van het project) zal de wettelijke situatie over de verkrijgbaarheid van de energiedata (relaties met de netbeheerder Enexis) en de toestemming voor de toepassing van een lokaal grid snel moeten oppakken. Over de juridische aspecten is reeds contact opgenomen met een aantal partijen die hiermee ervaring hebben: RVO (Marco Kolkman), Enduris (netbeheerder in Zeeland) en Fluvius (Vlaamse netbeheerder).

2. 3B-O

De bedrijven zijn de toekomstige gebruikers en willen best hun verantwoordelijkheid nemen voor hun bijdrage bij de energietransitie. Daarom zijn zij vertegenwoordigd in het bedrijvencollectief 3B-O. Belangrijkste taak is erop toezien dat de belangen van de bedrijven optimaal worden bediend en dat er draagvlak wordt gecreëerd. Deze bedrijven bevatten zowel kleinverbruikers als grootverbruikers.

3. Omwonenden

Er wordt in woonhuizen vooral 's avonds en in het weekend energie verbruikt, terwijl bedrijven met name doordeweeks overdag energie verbruiken. Een collectief van woonhuizen en bedrijven zou derhalve een veel gelijkmatigere energievraag hebben. Binnen dit collectief zou er op weekdays overdag stroom vanuit de woonwijk aan het bedrijventerrein geleverd kunnen worden, terwijl er in de weekenden juist stroom vanuit het bedrijventerrein aan de woonwijken geleverd zou kunnen worden. Daarom zouden ook de omwonenden mee kunnen profiteren en moeten ze van meet af aan betrokken worden. Dit kan door wijkraad Heusdenhout en dorpsraad Bavel als stakeholder erbij te betrekken.

4. Gemeente Breda

De bijdrage van gemeente Breda maakt het traject veel gemakkelijker. De gemeente kan faciliteren in uren, kennis, netwerk, geld, en als onafhankelijke toezichthouder opereren. Van belang is om te weten wat de gemeente zou kunnen en willen bijdragen.

- Breda wil in 2044 CO₂-neutraal zijn: aardgasvrij
- "Vóór 2030 willen we met een aantal wijken en buurten aan de slag om deze aardgasvrij of aardgasvrij-klaar te maken", aldus Greetje Bos, wethouder Energietransitie

5. Adviseurs/kennisaanbieders

Omdat natuurlijk niet alle kennis in huis is maar een van de belangrijkste taken voor Breda Oost 2050 procesbegeleiding en controle is, zijn adviseurs nodig. Controle is waarborg voor bedrijvencollectief en gemeente. Deze adviseurs zijn: notaris, fiscalist, accountant, jurist, technische partners zoals PR-electronics BV. Daarnaast zijn er kennisaanbieders zoals Avans (in samenwerking met Team Red), Durin, Transition Hero en de Stichting Gelijkspanning.

6. Ontwikkelaar

Omdat de totale investering enorm is en er dient te worden voorgefinancierd, kunnen we niet zonder een professionele ontwikkelaar die het proces tot financial close uitvoert in opdracht van Breda Oost 2050 (zoals nu bij ontwikkeling windmolens gebeurt). De ontwikkelaar dient (een deel van) de kosten risicodragend te investeren en wordt beloond met een success fee. De ontwikkelaar zou eigenlijk pas betrokken moeten worden op het moment dat plan redelijk ver is uitgewerkt.

7. Financiers/Banken

Doorgaans financieren banken en andere financiers een groot deel in de vorm van leningen die terug betaald moeten worden. Banken kijken hierin naar zekerheden en kasstroom. Voorbeelden van financiers zijn normale banken zijn zoals Rabobank of ING, maar ook Triodos, of een institutionele belegger. De keuze voor een financier hoeft niet vroeg in het proces genomen te worden.

Daarnaast zijn er mogelijke subsidieregelingen die maatwerk vragen om toe te kunnen passen

- PPS Toeslag regeling, max 400k (dit jaar: deadline 18 april 2021)
- MOOI regeling Systeemintegratie, min 2 mln. (deadline vooraanmelding 4 mei 2021)
- DEI+
- HER+: wordt aangewend voor het lichtgewicht zonnepanelen project GESCHIKT
- Interreg opties
- OP Zuid.

8. BOM

De BOM kan een bijdrage leveren en hulp bieden bij de financiële structuur. De rol en bijdrage van de BOM moeten in kaart worden gebracht.

9. Beheerder/exploitant systeem

Hiermee wordt exploitant/beheerder van het systeem bedoeld. Een voorbeeld kan zijn Ennatuurlijk of Enexis, maar ook een energieleverancier is goed mogelijk. Deze rol kan ook i.c.m. andere rol worden ingevuld.

10. Energieleverancier

Elektriciteit zal moeten worden verhandeld. Deze rol kan alleen een energieleverancier vervullen. Vaak zijn energieleveranciers ook eigenaar en/of beheerder van systemen. Met een aantal leveranciers moeten we gesprekken gaan opstarten. Denk bij een energimaatschappij aan: <https://www.hezelaer.nl/over-hezelaer/>

11. Investeerder/eigenaar

Anders dan financier heeft een eigenaar/investeerder eigendom, ofwel aandelen. De investeerder(s) of eigenaar(s) kan bijvoorbeeld energimaatschappij zijn, maar ook bedrijvencollectief, institutionele of strategische belegger, of overheid. Gaandeweg moet dat duidelijk worden. Met verschillende potentiële eigenaars/investeerdens dienen gesprekken te worden opgestart.

12. Aannemers

Projecten zullen moeten worden gerealiseerd. Deze rol kan ook door een beheerder, exploitant, energieleverancier of zelfs eigenaar/investeerder worden vervuld.

Zeer belangrijk is dat alle bovenstaande rollen vervuld worden. En ook moet snel duidelijk worden op welk moment in het proces deze rollen/stakeholders ingevuld moeten worden. Time management is van belang.

13. Netbeheerder

Netbeheerders werken binnen hun wettelijke vastgestelde taak voor ontwikkeling en beheer van netwerk, inclusief het verstrekken van data. Gezien het belang van die data is uitgebreid contact geweest met Enexis, wat in bijlage 4 is vastgelegd. Kort samengevat: Enexis voelt zich niet gerechtigd energiedata (E+W0 op clusterniveau / uur-dag niveau aan te bieden wegens het mogelijke bedrijfsgeheim/bedrijfsbelang. Wij bevelen aan zelf data te verzamelen (ODA portaal) of een intensieve samenwerking met Enexis aan te gaan.

Instrumenten zoals Business Model Canvas⁴⁰ en Business Model Connect⁴¹ ondersteunen de verdere organisatie van het business model. Hierin worden verschillende actoren (gebruikers, aanbieders etc.) verbonden door transacties (goederen, diensten, geld) om de waardecreatie (zoals toegang tot energie) en het verdienmodel (eenmalige betaling of een abonnement te bepalen) te bepalen. Ook leggen deze instrumenten de basis voor het type samenwerking tussen betrokkenen (zoals een licentievorm of een platformstructuur). Hieronder staat een eerste opzet van het Business Model Connect⁴² model voor Breda Oost dat in vervolgetraject kan worden uitgebouwd.

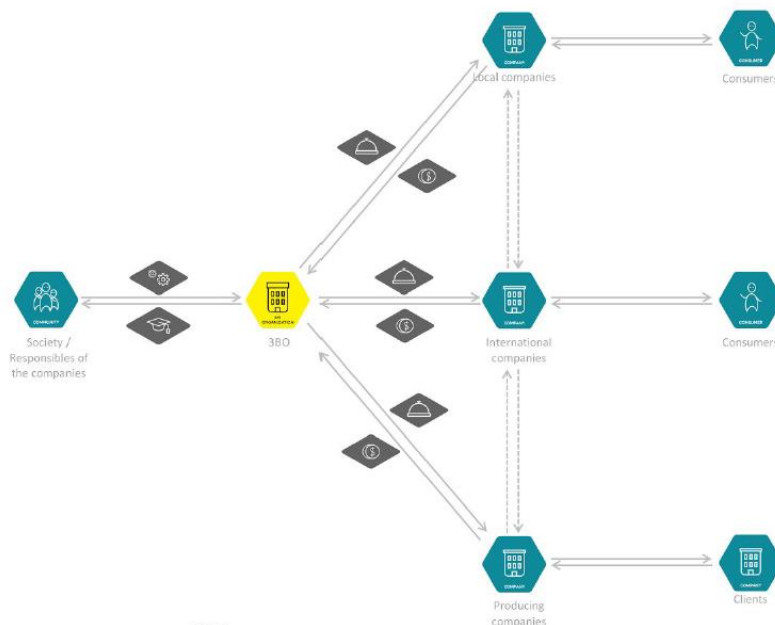
⁴⁰ A. Osterwalder, Y. Pigneur, (2010) Business Model Canvas. Self published

⁴¹ Brehmer, M., Podoyntsina, K. S., & Langerak, F. (2018). Sustainable business models as boundary-spanning systems of value transfers. Journal of Cleaner Production, 172, 4514-4531.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.083>

⁴² Studenten TUE Green Business Models cursusjaar 2019-2020

Value proposition

3BO creates value by providing service on security, sustainability and other innovative projects at the BIZ region of Breda.



Business Model type (most likely):



Developed by Meike Brehmer & Ksenia Podovnytsyna / This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

BUSINESS MODEL
CONNECT

Figuur 5 – Opzet Business Model Connect netwerk

Hoofdstuk 4 Bouwsteen 2: Energievraag: nu en in 2030

4.1 Historische elektriciteitsvraag

Zoals eerder aangegeven is gebruik gemaakt van historische data om het energieverbruik op de bedrijventerreinen in kaart te brengen. In bijlage 4 is een samenvatting van de diverse bronnen die we hebben geraadpleegd om aan de benodigde data te komen.

Een belangrijke opmerking die we vooraf willen plaatsen is dat er geen goede, toegankelijke bron van verbruiksdata bestaat. Hieronder presenteren we de data die met name zijn gebaseerd op de WOZ Vastgoedmonitor⁴³ van de Gemeente Breda. Dit betreft gegevens die verkregen zijn uit het platform Energie in Beeld. Ook deze dataset is niet perfect. We schatten dat de daadwerkelijke verbruikscijfers circa 10% kunnen afwijken van de door ons gepresenteerde getallen. Dit komt met name door het niet beschikbaar zijn van grootverbruikersdata. Een andere reden is het niet exact kunnen volgen van de grenzen van de bedrijventerreinen. Zo is bijvoorbeeld het verbruik in de Urkstraat besloten in de dataset, terwijl deze straat net buiten de afbakening ligt. Tenslotte zijn de gegevens uit 2016; sindsdien kunnen er veranderingen in het aantal bedrijven en het verbruik van de bedrijven zijn opgetreden.

Door in de toekomst meer eigen data te gaan verzamelen kunnen we deze onzekerheid in de data wegnemen. Zie hiervoor ook de aanbevelingen in hoofdstuk 7. Toch stellen we dat de ordegrrootte van onze getallen kloppend is, en in lijn met eerder verrichte studies zoals de warmtescan en de getallen van TaskForce Label A.

Tabel 1 – Historisch elektriciteitsverbruik op de twee bedrijventerreinen.

Bedrijven terrein	Aantal bedrijven	Verbruik [x miljoen kWh]
Moleneind	154	7,7
Hoogeind	273	23
TOTAAL	427	31

We zien dat de historische elektriciteitsvraag circa 31 miljoen kWh per jaar bedraagt. Om hier een beeld bij te vormen: Dit komt overeen met het elektriciteitsverbruik van 10.000 huishoudens. Om dit elektriciteitsverbruik af te dekken met zonnepanelen zou er ongeveer 31 MWp nodig zijn op ongeveer 31 hectare dakoppervlak.

4.2 Toekomstige elektriciteitsvraag

Wanneer we een elektriciteitsneutraal bedrijventerrein willen realiseren zullen we niet alleen naar het elektriciteitsverbruik nu, maar ook naar het elektriciteitsverbruik in de toekomst moeten kijken. Voor een deel zou er elektriciteit bespaard kunnen gaan worden, door steeds zuinigere verlichting en steeds betere isolatie. Er zijn echter ook twee grote verbruiksposten die er in de toekomst bij zullen komen: Elektrisch verwarmen en elektrisch vervoer. Hierdoor zal de elektriciteitsvraag de komende jaren vermoedelijk juist verder gaan stijgen.

Een schatting voor de toename in het elektriciteitsverbruik voor verwarming verkrijgen we indien we naar het huidige gasverbruik kijken. Op Moleneind en Hoogeind samen wordt zo'n 3,2 miljoen m³ gas

⁴³ De gemeente Breda houdt in een vastgoedmonitor bij welk vastgoed op de bedrijventerreinen aanwezig is en hoeveel energie dit vastgoed verbruikt. Zie verder Bijlage 4.

verbruikt. Deze gasvraag wordt vervangen door de verwarmingstechniek van de toekomst. Maar hoe ziet deze verwarming van de toekomst er uit? Grofweg zijn er drie scenario's:

- Warmtenet. Het is mogelijk dat de warmte aan de kantoren geleverd zal worden via een warmtenet. Het meest gunstige scenario is dat er gebruik gemaakt zou kunnen worden van industriële restwarmte, eventueel aangevuld met warmte opgewekt door zonnecollectoren. Dit scenario staat beschreven in de Quickscan Duurzaam Warmtenet. Het gevraagde elektrische vermogen voor de benodigde warmtepompen bedraagt circa 8 MW. Dit zou 4 miljoen kWh met zich mee zou brengen⁴⁴.
- All-electric door middel van warmtepompen. Om de elektriciteitsvraag in dit scenario te schatten maken we gebruik van de vuistregel⁴⁵ dat 1 m³ gas vervangen kan worden door 3 kWh aan elektriciteit. Hiermee zal in dit scenario het totale stroomverbruik met bijna 10 miljoen kWh kunnen gaan toenemen.
- Waterstof als vervanger van aardgas. Het probleem met vrijwel alle waterstof-scenario's is de zeer grote energievraag die het produceren van waterstof met zich mee brengt. Dit zou bij productie op de bedrijventerreinen zelf een extra elektriciteitsvraag van tientallen miljoenen kWh betekenen. Als daarentegen de waterstof elders geproduceerd zou worden en naar de bedrijventerreinen toe getransporteerd zouden worden, spreken we niet langer van een energieneutraal bedrijventerrein.

Een schatting voor de toename van het elektriciteitsverbruik voor elektrisch vervoer verkrijgen we enerzijds door te redeneren vanuit de werknemer. Op de bedrijventerreinen zijn zo'n 7.920 medewerkers⁴⁶ actief. Zo'n 60% van de werknemers komt met de auto naar het werk⁴⁷. Gemiddeld rijdt men 13.000 km per jaar⁴⁸ met een typisch verbruik van 15 kWh per 100 km. Lastiger is het om te schatten *waar* men de auto zal opladen: Thuis, onderweg, of op het werk? We schatten dit voorlopig op 33% elk. Zo komen we op een toekomstig additioneel elektriciteitsverbruik van 3,4 miljoen kWh per jaar.

Een tweede schatting moeten we maken van het aantal logistieke en zakelijke reiskilometers. Dit is sterk afhankelijk van het type bedrijf. We schatten voorlopig dat het opladen van logistieke en zakelijke ritten een vergelijkbaar elektriciteitsvraag kent als dat van medewerkers. Ook voor deze categorie dienen we dus 3,4 miljoen kWh te reserveren.

4.3 Samenvattend

We kunnen het onderstaande stellen voor het elektriciteitsverbruik nu en in de toekomst: Het huidige verbruik is zo'n 31 miljoen kWh. Door toenemende elektrische verwarming en elektrisch vervoer zal het in de loop van de energietransitie, afhankelijk van het verwarmingsscenario, kunnen stijgen naar 37-47 miljoen kWh.

⁴⁴ Stef Clevers (TransitionHERO), *Bedrijventerreinen 3B-O Duurzaam Warmtenet*, Document 3BO-1-BRE-0001-4, 15 juli 2020. De aanvullende corresponderen gaf een stroomverbruik van 4 GWh/j aan (email 24 maart 2021).

⁴⁵ Toelichting: In 1 m³ gas zit 10 kWh aan energie. Door middel van een warmtepomp met COP (coëfficiënt of performance) van 3.33 kan deze 10 kWh energie worden opgewekt door 3 kWh aan elektriciteit.

⁴⁶ Uittreksel uit het Vestigingenregister met peildatum april 2019

⁴⁷ <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/14/4-procent-lopend-naar-het-werk>

⁴⁸ <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/40/opnieuw-record-personenautokilometers-in-2019>

Tabel 2 – Historisch en toekomstig elektriciteitsverbruik op de bedrijventerreinen.

Bedrijven terrein	Bedrijven	Mede- werkers	Huidig verbruik [GWh]	Toekomstig voor verwarming [GWh]	Toekomstig voor vervoer [GWh]	Totaal toekomstig [GWh]
Moleneind	154	2.127	7,7	0 tot 4	1,7	9,4 tot 13,4
Hoogeind	273	5.793	23	0 tot 6	4,5	27,5 tot 33,5
TOTAAL	427	7.920	31	0 tot 10	6,2	37 tot 47

Hoofdstuk 5 Bouwsteen 3: Duurzame opwekking van elektriciteit

5.1 Inleiding

De elektriciteitsopwek beschouwen we langs drie assen:

- 1) Soorten opwek. We bepalen welke soorten elektriciteitsopwek wel, en welke niet meegenomen worden.
- 2) Ruimtelijke inkadering. We onderzoeken hoeveel ruimte er op de industrieterreinen beschikbaar is voor de diverse typen opwek.
- 3) Opbrengstberekening. We berekenen hoeveel elektriciteit er in potentie op de diverse oppervlakken op te wekken is.
- 4) Roadmap. We plaatsen de diverse opwekmogelijkheden in de tijd achter elkaar in een roadmap, om te zien wanneer in de tijd hoeveel elektriciteit opgewekt zou kunnen worden.

5.2 Soorten opwek

Electriciteitsopwek kan met behulp van diverse bronnen gebeuren. In het onderzoek onderscheiden we de volgende vier belangrijkste typen opwek:

- Windturbines op onbebouwde kavels. Er kunnen op Hoogeind 2-3 windmolens geplaatst worden.
- Zonnepanelen op onbebouwde kavels, bij voorkeur gecombineerd met windmolens.
- Zonnepanelen op platte daken. Vrijwel alle bedrijfsgebouwen hebben een plat dak dat nog onbenut is voor zonne-energie.
- Zonnepanelen als parkeeroverkapping. De bedrijventerreinen kennen enkele grotere parkeerterreinen die zich prima lenen voor overkapping. De kleinere parkeerterreinen direct bij de diverse bedrijfspanden zijn technisch gezien ook geschikt, maar zijn organisatorisch lastiger te realiseren, en worden daarom apart benoemd.



Figuur 6 – Voorbeelden van de vier kansrijke opwek technieken die in dit project zijn meegenomen: (a) Windturbines op “Windpark Hazeldonk”, (b) Grondgebonden Zonnepark “ZonneWijde Breda”, (c) Zonnepanelen op plat bedrijfsdak bij distributiecentrum VolkerWessels in Breda Oost, (d) Zonnepanelen als parkeeroverkapping in Bloemendaal.

Naast deze vier kansrijke technieken bestaan er nog meer mogelijkheden voor elektriciteitsopwek. Deze andere mogelijkheden zijn echter op dit moment in de tijd nog te duur, te onvolwassen/onbewezen of hebben nog te weinig opwekpotentie. We hebben daarom besloten de onderstaande technieken in de roadmap tot aan 2030 nog niet mee te nemen.

- Kleine windturbines op bedrijfspanden. Er zijn vele van dit soort ‘small urban wind’ turbines op de markt. Over het algemeen zijn ze economisch alleen terug te verdienen op hoge kantoorgebouwen die dicht aan de kust liggen. Op de bedrijventerreinen Breda-Oost kennen we weinig hoogbouw en is de windsnelheid bovendien over het algemeen te laag om een zinnige bijdrage aan de elektriciteitsopwekking te leveren. We zullen de komende jaren met name de prijsontwikkeling van deze turbines moeten volgen. Wellicht dat ze in de verdere toekomst dermate in prijs omlaag gaan dat het ook voor windluwe gebieden een zinnige investering zou kunnen gaan worden.
- Zonnepanelen op de gevel. Zonnepanelen op de gevel is een veelbelovende techniek om kantoorloftoren en woontoren energieneutraal te kunnen maken. Op Hoogeind en Moleneind kennen we echter vooral relatief lage bedrijfspanden van twee of drie verdiepingen hoog. Op dit soort lage panden speelt de mogelijke opwek van panelen op de gevel slechts een kleine rol.
- Zonnepanelen als wegdek. Er zijn diverse proeven gaande, zowel in Nederland als internationaal, met het inbouwen van zonnepanelen in het wegdek van de toekomst. Tot nu toe zijn deze proeven nog niet heel succesvol. Het is met name de levensduur van de prototypes die nog te wensen overlaat. Nadat de levensduur problemen zullen zijn opgelost wordt de uitrol van deze techniek geremd door de lange levensduur van reguliere wegdekken, waardoor er slechts eens in de 25 jaar een logisch moment voor vervanging door zonnepanelen ontstaat. We verwachten hierdoor dat het nog zeker tot 2030 duurt vooraleer deze techniek een significante bijdrage aan de energietransitie kan gaan leveren.

Hoewel deze minder kansrijke opties in het huidige rapport niet meegenomen worden, is het wel degelijk goed om deze opties in het achterhoofd te blijven houden. Door voortschrijdende technologische ontwikkelingen kan het namelijk best zo zijn dat deze technieken over 10 jaar wél grootschalig economisch rendabel uit te voeren zullen zijn.

5.3 Ruimtelijke inkadering

Voor de vier soorten opwek hebben we in kaart gebracht hoeveel oppervlak er beschikbaar is op de bedrijventerreinen.

Windturbines op onbebouwde kavels

Windmolens worden bij voorkeur op de randen van onbebouwde kavels geplaatst, zodanig dat er naast windmolens ook zonnepanelen op hetzelfde stuk grond geplaatst kunnen worden. Ook is er voldoende afstand tussen de windmolens nodig. Er heeft reeds vooronderzoek plaatsgevonden naar de mogelijke locaties voor windturbines. Hieruit kwamen de drie locaties naar voren die in figuur 2 getoond zijn. De drie ingetekende windmolens leveren elk een nominaal vermogen van 2.3 MW. Windmolen 2 en 3 kunnen binnen het bestaande bestemmingsplan gebouwd worden. Voor de plaatsing van windmolen 1 is een bestemmingsplanwijziging nodig waardoor de plaatsing van deze windmolen niet geheel zeker is. We rekenen in het vervolg derhalve met de plaatsing van 2-3 windmolens van 2.3 MW per stuk.

Tabel 3 – Aantallen windturbines op de bedrijventerreinen.

Bedrijventerrein	Aantal Windturbines	Vermogen [MW]
Hoogeind	3	6,9
Moleneind	0	0
TOTAAL	3	6,9



Figuur 7 – Mogelijkheden voor wind- en zonne-energie op Hogeind en Moleneind. Geschetst zijn de positie van windmolens (groene bolletjes), zonnepanelen op onbebouwde kavels (groene vlakken, inclusief zonnepark de Bavelse Berg) en parkeeroverkappingen (grijze vlakken). Niet getoond op de kaart zijn dakoppervlakken van de diverse gebouwen.

Zonnepanelen op onbebouwde kavels

Op de kavels waar windmolens geplaatst worden zou de overige grond gebruikt kunnen worden voor zonnepanelen. Dit geeft het bijkomende voordeel dat er minder ‘planschade’ zal ontstaan op de desbetreffende kavels. Voor een deel gebeurt dit al: Naast Windmolen 1, op de voormalige stortplaats van de Bavelse Berg, zal een groot zonnepark verrijzen met een totaal vermogen van 45 MWp. Dit zonnepark ligt echter niet binnen de grenzen van Hogeind en zal daarom buiten beschouwing worden gelaten.

Nabij Windmolen 2 zijn drie lege kavels waar in totaal 3,4 ha ruimte is om zonnepanelen te plaatsen. Deze zijn tevens groen ingetekend op de kaart van figuur 2. Naast Windmolen 3 kunnen ook grondgebonden zonneparken worden gebouwd. Deze kavel is 1,3 ha groot.

Op Hogeind III is een groot terrein dat toebehoorde aan een Stolwerk Sloopwerken. Eind 2020 ging Stolwerk failliet. Dit terrein zal gesaneerd en herontwikkeld moeten worden voordat er nieuwe bedrijvigheid zou kunnen ontstaan. Er bestaat wellicht de mogelijkheid om dit terrein te herontwikkelen als grondgebonden zonnepark van 12,8 ha. groot.

Tot slot is er een vrij perceel van 0,4 ha. op Moleneind dat ingezet zou kunnen worden voor de opwekking van zonne-energie.

Tabel 4 – Potentieel beschikbaar grondoppervlak op de bedrijventerreinen.

Bedrijventerrein	Kavel	Oppervlak [ha.]	Totaal per terrein [ha.]
Hoogeind	Voormalig terrein Stolwerk Sloopwerken	12,8	18,3
Hoogeind	Drie kavels nabij Windmolen 2	3,4	
Hoogeind	Twee kavels nabij Windmolen 3	2,1	
Moleneind	Kavel aan de Heusing	0,4	0,4
Totaal		18,7	18,7

Zonnepanelen op platte daken

Om achter de potentie voor zonnepanelen op platte daken te komen maken we net als in het vorige hoofdstuk gebruik van de WOZ Vastgoedmonitor van de Gemeente Breda. Hieruit halen we de onderstaande gegevens voor wat betreft het bruto vloeroppervlak van de gebouwen op de bedrijventerreinen. We hebben hiermee te vertaalslag gemaakt naar dakoppervlak door uit te gaan van gemiddeld 2 ½ verdieping bij kantoortoepassing en 1 verdieping bij productie en opslag toepassing.

Vervolgens maken we de vertaalslag naar vrij oppervlak, beschikbaar voor de plaatsing van voor zonnepanelen. We schatten op basis van ervaringsgetallen dat voor deze typische gebouwgroottes zo'n 60% van het oppervlak ook daadwerkelijk vrij is voor de plaatsing van zonne-energie opwekking. De overige 40% van het dakoppervlak is doorgaans al bezet door zaken als klimaatsystemen, lichtpunten, welvingen en dakranden.

Tabel 5 – Beschikbaar dakoppervlak op de bedrijventerreinen.

Bedrijven-terrein	Aantal bedrijven	Bruto Vloeroppervlak [m ²]	Totaal Dakoppervlak [ha.]	Vrij dakoppervlak 60% [ha.]
Hoogeind	273	285.658	21,3	12,8
Moleneind	154	126.932	6,2	8,9
TOTAAL	427	412.590	27,5	21,7

Een belangrijke opmerking bij zon op daken die we dienen te maken gaat over de draagkracht. Een groot deel van de bedrijfsdaken is te licht geconstrueerd om het gewicht van zonnepanelen met betonnen tegels als ballast te kunnen dragen. Dit probleem speelt op meerdere bedrijventerreinen en er zijn diverse partijen bezig om technische oplossingen uit te werken. Hierbij kan gedacht worden aan het verankeren van de zonnepanelen aan de draagconstructie zodat er geen ballast meer gebruikt hoeft te worden. Ook kunnen er lichtgewicht zonnepanelen of flexibele zonnepanelen ingezet worden, bijvoorbeeld van Solarge⁴⁹, DAS Energy⁵⁰ of Miasolé⁵¹. Wij zijn er in deze studie vanuit gegaan dat er inderdaad een technische en betaalbare oplossing voor dit probleem wordt gevonden. Het verdient aanbeveling om in een eerste pilot project een dergelijke lichtgewicht oplossing in de praktijk te toetsen.

Een tweede belangrijke opmerking die we dienen te plaatsen is een mogelijke interactie met de warmteroadmap⁵². Daarin staat namelijk de plaatsing van zonnecollectoren op enkele platte daken benoemd. Het gaat hierbij gelukkig om relatief kleine oppervlakken die slechts in beperkte mate

⁴⁹ www.solarge.com

⁵⁰ www.das-energy.com

⁵¹ www.miasole.com

⁵² Stef Clevers (TransitionHERO), Bedrijventerreinen 3B-O Duurzaam Warmtenet, Document 3BO-1-BRE-0001-4, 15 juli 2020

invloed zullen hebben op het totaal te kunnen plaatsen zonnepanelen. Dit komt enerzijds doordat de warmtevraag op de bedrijventerrein zeer gering is. Anderzijds kennen zonnecollectoren een zeer hoge efficiency waardoor er maar weinig nodig zijn om de benodigde warmte op te wekken.

Zonnepanelen als parkeeroverkapping.

Via google maps hebben we in kaart gebracht welke parkeerterreinen er op de bedrijventerreinen aanwezig zijn. Deze terreinen zijn in Figuur 7 met een grijs vlak aangegeven en staan opgesomd in onderstaande Tabel 6.

Wat in Figuur 7 meteen in het oog springt is het parkeerterrein in het noorden van Hoogeind, behorende bij Alphabet Lease. Dit parkeerterrein is 4,3 ha. groot. Een tweede opvallende locatie vinden we bij de Van Mossel groep, in het zuidwesten van Hoogeind. Dit bestaat uit een parkeerterrein op het maaiveld aangevuld met twee parkeerdekken bovenop het dak van het gebouw. Bij elkaar gaat het om 1,4 ha. Overige parkeerterreinen op Hoogeind tellen op tot 1,9 ha. en op Moleneind tot 2,5 ha.

Tabel 6 – Beschikbaar oppervlak aan parkeerterreinen op de drie bedrijventerreinen.

Bedrijventerrein	Parkeerterrein	Oppervlak [ha.]	Totaal per terrein [ha.]
Hoogeind	Alphabet Lease	4,3	7,6
Hoogeind	Van Mossel	1,4	
Hoogeind	Diverse terreinen	1,9	
Moleneind	Diverse terreinen	2,5	2,5
TOTAAL		10,1	10,1

Totaaloverzicht van benutbaar oppervlak.

Als samenvatting tonen we hieronder het totaal potentieel benutbare oppervlak voor de plaatsing van zonnepanelen en windturbines.

Tabel 7 – Potentieel oppervlak voor windturbines, grondgebonden zonnepanelen op onbebouwde kavels, zonnepanelen op platte daken en zonnepanelen als parkeeroverkapping.

Toepassing	Hoogeind	Moleneind	TOTAAL
Windturbines	3 turbines	-	3 turbines
Grondgebonden zonnepanelen	18,3 ha.	0,4 ha.	18,7 ha.
Zonnepanelen op platte daken	12,8 ha.	8,9 ha.	21,7 ha.
Zonnepanelen als parkeeroverkapping	7,6 ha.	2,5 ha.	10,1 ha.
Totaal	38,7 ha. + 3 turbines	11,8 ha.	50,5 ha. + 3 turbines

5.4 Opbrengstberekening

De opbrengstberekening splitsen we op in twee stappen: De eerste stap betreft de vertaalslag van oppervlak naar opgesteld vermogen, de tweede stap betreft de vertaalslag van vermogen naar opgewekte kWh.

Van oppervlak naar vermogen

Om bij de potentiële energieopbrengst te komen zullen we eerst de aanwezige oppervlakken moeten vertalen in een potentieel vermogen aan zonnepanelen. Hierbij zijn twee parameters van belang: De vermogensdichtheid en de pakkingsdichtheid.

De vermogensdichtheid, ρ , uitgedrukt in Wp/m^2 , geeft weer hoeveel piekvermogen de zonnepanelen leveren per eenheid van oppervlak. Door de ontwikkeling van steeds efficiëntere zonneceltechnologieën is dit een getal dat voortdurend stijgt. In het jaar 2000 was de vermogensdichtheid nog typisch 120 Wp/m^2 . In 2010 steeg het naar 145 Wp/m^2 . In 2020 is het verder doorgestegen naar 180 Wp/m^2 . De verwachting is dat in 2030 een vermogensdichtheid van 220 Wp/m^2 normaal zal zijn. Daarna zal door reeds technologische verbeteringen die nu al in het lab bekend zijn verder kunnen doorstijgen naar waarden boven de 300 Wp/m^2 . Wij nemen in onze potentieelberekeningen een waarde aan van 200 Wp/m^2 . Dit zijn de zonnepanelen van het jaar 2025.

Een tweede parameter die het vermogen bepaalt is de pakkingsdichtheid, uitgedrukt in %. Dit getal geeft aan welk gedeelte van het oppervlak in de praktijk maximaal gevuld zou kunnen worden met zonnepanelen. Ook dit getal is in beweging. In 2010 was een pakkingsdichtheid van 40% nog normaal. Dit waren zonneparken waarbij de zonnepanelen onder 35° zuidgericht werden geplaatst, met grote afstand tussen de rijen om de schaduw van de ene rij op de volgende rij te beperken. Daarna zagen we systemen die onder een hoek van 20° werden geplaatst zodat de rij-afstand verder verkleind kon worden. Tot slot zien we nu vooral de zogenaamde ‘oost/west’ opstellingen waarin de hoeveelheid lege ruimte tot een minimum is beperkt. Deze systemen hebben een pakkingsdichtheid van zo’n 80%. Bij parkeeroverkappingen zullen we echter een iets lager getal aannemen. Hier is doorgaans wat meer ruimte tussen de rijen panelen nodig, om toevoerwegen en looppaden vrij van zonnepanelen te houden.

Het opgesteld vermogen is nu een directe vermenigvuldiging van [beschikbaar oppervlak] $\times$ [vermogensdichtheid] $\times$ [pakkingsdichtheid]. Let hierbij ook op de omrekening van hectare naar m^2 en van Wp naar MWp.

Tabel 8 – Potentieel vermogen uit windturbines en zonnepanelen op Hoogeind, Moleneind, en op beide terreinen bij elkaar.

Hoogeind	Oppervlak	Vermogensdichtheid	Pakkingsdichtheid	Vermogen [MWp]
Windturbines	3 stuks	2,3 MW/stuk	-	6,9
Grondgebonden zonnepanelen	18,3 ha.	200 W/m^2	80%	29,3
Zonnepanelen op platte daken	12,8 ha.	200 W/m^2	80%	20,5
Zonnepanelen als parkeeroverkapping	7,6 ha.	200 W/m^2	50%	7,6
Subtotaal				64,3
Moleneind	Oppervlak	Vermogensdichtheid	Pakkingsdichtheid	Vermogen [MWp]
Grondgebonden zonnepanelen	0,4 ha.	200 W/m^2	80%	0,6
Zonnepanelen op platte daken	8,9 ha.	200 W/m^2	80%	14,2
Zonnepanelen als parkeeroverkapping	2,5 ha.	200 W/m^2	50%	2,5
Subtotaal				17,4
Beide terreinen samen	Oppervlak	Vermogensdichtheid	Pakkingsdichtheid	Vermogen [MWp]
Windturbines	3 stuks	2,3 MW/stuk	-	6,9
Grondgebonden zonnepanelen	18,7 ha.	200 W/m^2	80%	29,9
Zonnepanelen op platte daken	21,7 ha.	200 W/m^2	80%	34,7
Zonnepanelen als parkeeroverkapping	10,1 ha.	200 W/m^2	50%	10,1
Totaal				81,6

We zien dat er een potentie bestaat van 80 MW opwekcapaciteit. Maar let op: Dit kan alleen bereikt worden indien ieder dak, ieder parkeerterrein en iedere vrije kavel belegd zou worden met zonnepanelen. Het zal tientallen jaren duren vooraleer we deze situatie daadwerkelijk zouden kunnen bereiken. Natuurlijk rijst nu al de vraag: Wat is een realistische schatting van wat we de komende jaren

kunnen bereiken? In paragraaf 5.5 zullen we op deze vraag ingaan, en laten we in een roadmap zien via welke stappen en hoe snel we daadwerkelijk de opwekcapaciteit kunnen uitbreiden. Maar voordat we daar aankomen volgt eerst nog de vertaalslag van opwekcapaciteit naar daadwerkelijk opgewekte hoeveel kWh.

Van vermogen naar energie

De vertaalslag van opgesteld vermogen naar opgewekte energie maken we door het vermogen te vermenigvuldigen met het aantal vollasturen. Voor zonnepanelen is dit typisch 900 uur per jaar. Dit betekent dat 1 kW aan zonnepanelen in een jaar 900 kWh aan energie kan opwekken. Voor windmolens bedraagt het aantal vollasturen typisch 2500 uur per jaar.

Tabel 9 – Potentieel opgewekte energie uit windturbines en zonnepanelen op Hoogeind, Moleneind, en op beide terreinen bij elkaar.

Hoogeind	Vermogen [MWp]	Vollasturen [uur/jaar]	Energie [GWh]
Windturbines	6,9	2500	17,3
Grondgebonden zonnepanelen	29,3	900	26,9
Zonnepanelen op platte daken	20,5	900	18,5
Zonnepanelen als parkeeroverkapping	7,6	900	6,8
Subtotaal	64,3		69,5
Moleneind	Vermogen [MWp]	Vollasturen [uur/jaar]	Energie [GWh]
Grondgebonden zonnepanelen	0,6	900	0,5
Zonnepanelen op platte daken	14,2	900	12,8
Zonnepanelen als parkeeroverkapping	2,5	900	2,3
Subtotaal	17,3		15,6
Beide terreinen samen	Vermogen [MWp]	Vollasturen [uur/jaar]	Energie [GWh]
Windturbines	6,9	2500	17,3
Grondgebonden zonnepanelen	29,9	900	26,9
Zonnepanelen op platte daken	34,7	900	31,2
Zonnepanelen als parkeeroverkapping	10,1	900	9,1
Totaal	81,6		84,5

We zien dat er een lange-termijn potentie bestaat voor een opwek van ruim 80 GWh. Dit is bijna het dubbele van wat nodig zou zijn om aan de toekomstige elektriciteitsvraag op de bedrijventerreinen te voldoen. Het goede nieuws is dus: Het is technisch gezien mogelijk om het bedrijventerrein elektriciteitsneutraal te maken.

5.5 Roadmap

In de roadmap schetsen we in welk tempo de uitbreiding van de zonne- en wind-energie capaciteit plaats zou kunnen gaan vinden, en wanneer het moment in de tijd komt dat de bedrijventerreinen 'electriciteitsneutraal' kunnen zijn.

Het vertrekpunt is hierbij de huidige situatie. Afgaande van een handmatige analyse van luchtbeelden kunnen we stellen dat op dit moment voor 0,6 ha. aan dakoppervlak is belegd met zonnepanelen. We schatten dat dit overeenkomt met een opgesteld vermogen van zo'n 500 kWp. De overige toepassingen beginnen bij nul: Er zijn nog geen windturbines geplaatst, geen parkeerterreinen overkapt en geen grondgebonden zonnepanelen geplaatst.

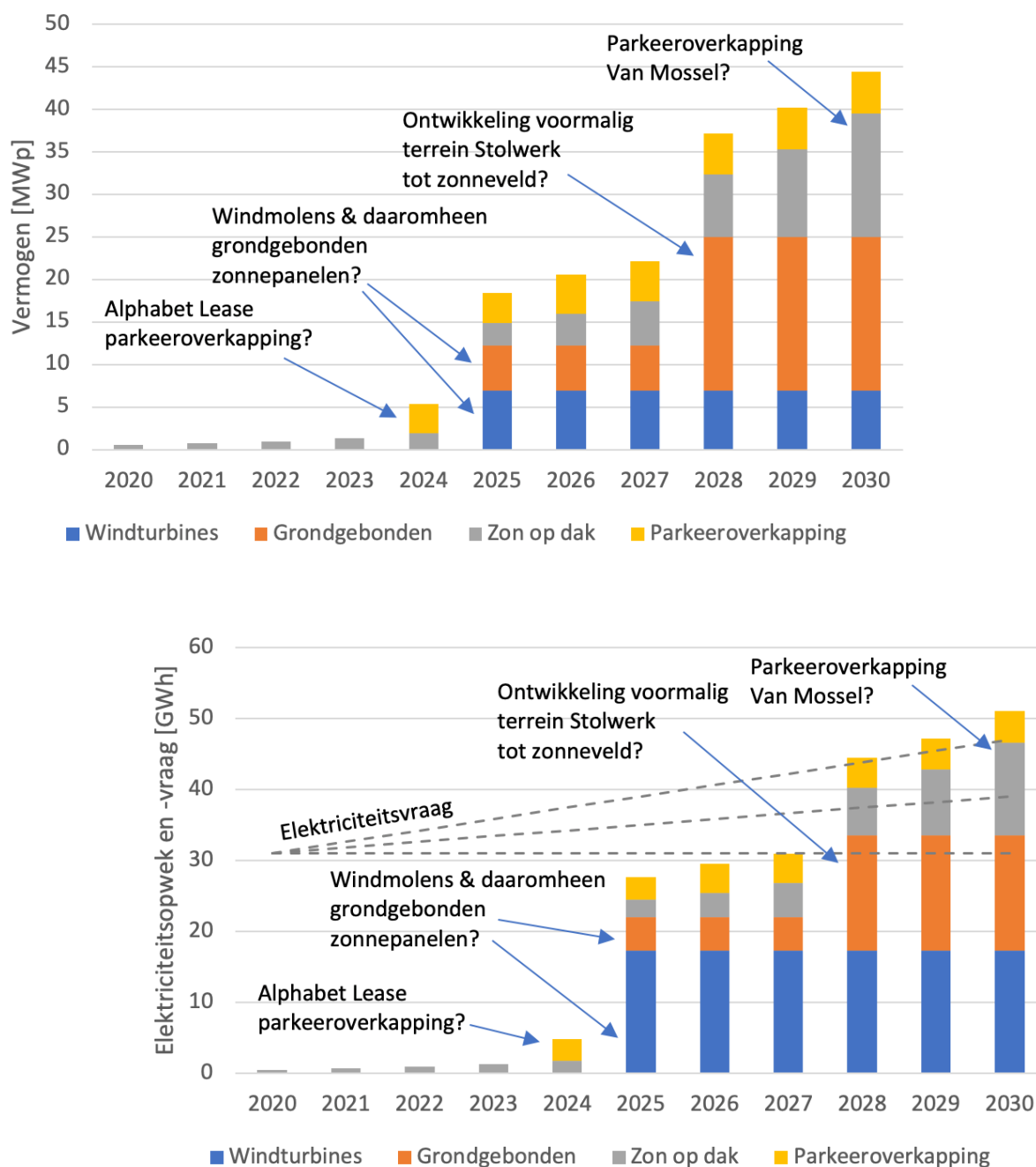
De roadmap wordt opgebouwd uit autonome groei van zon op dak van 40% per jaar, gecombineerd met gerichte campagnes vanuit de gemeente en 3B-O om de andere toepassingen te stimuleren. Deze campagnes zijn:

- Het realiseren van een parkeerplaatsoverkapping bij Alphabet Lease in 2024
- Het realiseren van 3 windmolens met daaromheen grondgebonden zonnepanelen in 2025
- Het her-ontwikkelen van voormalig terrein Stolwerk tot grootschalig zonnepark in 2028
- Het realiseren van een parkeerplaatsoverkapping bij Van Mossel in 2030

De roadmap wordt in

Figuur 8 hieronder weergegeven. De grafieken hieronder tonen de samenvatting van de analyse. De bovenste grafiek laat het opgesteld vermogen zien, de onderste grafiek de daarmee opgewekte energie. In de onderste grafiek is een mogelijke ontwikkeling van de elektriciteitsvraag als stippellijn weergegeven (overgenomen uit tabel II over het hoofdstuk “energievraag”).

Het betreft hier een theoretisch ‘best case’ scenario. Er zitten namelijk een aantal onzekere aannames in. We weten niet of Alphabet Lease iets ziet zitten in het overkappen van haar parkeerplaats. We weten niet of Van Mossel iets ziet zitten in het overkappen van haar parkeerplaats. We weten niet of het idee om het voormalige terrein van Stolwerk Sloopwerken om te vormen tot grondgebonden zonnepark op enthousiasme kan rekenen bij de lokale politiek en bij mogelijke initiatiefnemers. Deze zaken zullen in meer pragmatisch opgezette vervolgprojecten uitgezocht moeten worden.



Figuur 8 – Roadmap voor energieneutrale Bedrijventerreinen Breda Oost in 2030, via enkele specifiek benoemde stepping stones. De bovenste figuur toont het opgestelde vermogen in MWp. De onderste figuur toont de daarmee jaarlijks opgewekte energie in GWh.

Hoofdstuk 6 Bouwsteen 4a: Balansvraagstuk en energieopties

6.1 Inleiding

Elektriciteitsproductie en -verbruik moeten te allen tijde in balans zijn. Op dit moment in het energiesysteem gebeurt dit door gascentrales snel op en af te regelen wanneer er meer of juist minder vraag naar elektriciteit ontstaat. Maar in de toekomst willen we veel minder afhankelijk zijn van gas. Hoe kunnen we dit balansvraagstuk in de energieneutrale bedrijventerreinen van de toekomst aanpakken?

Om deze vraag te beantwoorden bekijken we eerst hoe groot het probleem eigenlijk is. Hiertoe berekenen we het netto transportprofiel van elektriciteit die de bedrijventerreinen in- en uit wordt getransporteerd. Vervolgens becijferen we hoeveel het net verzwakt zou moeten worden om deze elektriciteitsstroom te kunnen faciliteren. Tenslotte kijken we naar alternatieve methoden in plaats van een netverzwaring, te weten het beter balanceren van vraag en aanbod binnen het bedrijventerrein.

6.2 Netto transportprofiel en netcapaciteit

De eerste stap betreft het in kaart brengen van het netto transportprofiel. Dit betekent: Hoeveel elektriciteit moet wanneer de bedrijventerreinen in getransporteerd worden, omdat de energievraag bij de bedrijven hoger is dan de opwek door zonnepanelen en windmolens? En hoeveel elektriciteit moet wanneer nu juist het bedrijventerrein uit getransporteerd worden, omdat de opwek door windmolens en zonnepanelen hoger is dan de vraag bij de bedrijven?

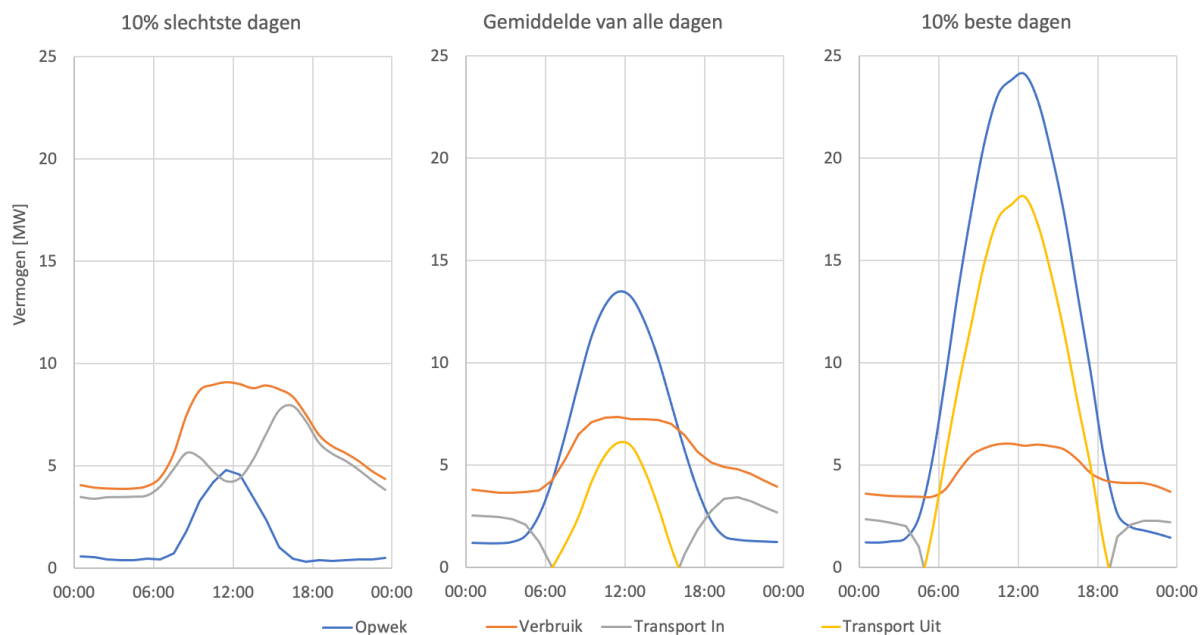
Dit doen we als volgt. De elektriciteitsvraag uit hoofdstuk 4 vertalen we naar een vraagprofiel door middel van gestandaardiseerde profielen van het NEDU⁵³. De geïnstalleerde capaciteit van het energieneutrale bedrijventerrein uit hoofdstuk 5 vertalen we naar een opwekprofiel met behulp van weersgegevens van het KNMI station⁵⁴ te Gilze-Rijen in de periode 2016-2020. Wanneer we nu het vraagprofiel van het opwekprofiel aftrekken, krijgen we het transport profiel.

Het is een complexe dataset met 43849 datapunten, voor elk uur gedurende de afgelopen vijf jaar. Om hierin inzicht te verschaffen tonen we de volgende drie grafieken:

- De linkergrafiek toont het gemiddelde van de 10% 'slechtste' dagen, ofwel de dagen met het grootste tekort aan stroom. Dit zijn allemaal windstille dagen in de winter. Op deze dagen zal er veel stroom het elektriciteitsneutrale bedrijventerrein in getransporteerd moeten worden.
- De middelste grafiek toont het gemiddelde van alle dagen. Deze gemiddelde dag is energie-neutraal over de 24 uur heen bekeken. Maar nog steeds vindt er stroomtransport plaats: In de nacht wordt er stroom in de bedrijventerreinen ingevoerd, en overdag wordt er stroom de bedrijventerreinen uitgevoerd.
- De rechtergrafiek toont het gemiddelde van de 10% 'beste' dagen, ofwel de dagen met het grootste stroomoverschot. Dit zijn allemaal zonnige, windige zomerdagen. Er is in de nacht nog wel een klein beetje stroom nodig op deze dagen, maar wat vooral opvalt is dat er een enorme opwekpiek overdag is: Er wordt 24 MW aan stroom geproduceerd, waarvan 18 MW de bedrijventerreinen uit getransporteerd moet worden.

⁵³ <https://www.nedu.nl/documenten/verbruiksprofielen/>

⁵⁴ <http://projects.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/selectie.cgi>



Figuur 9 – Typische dagprofielen van opwek, verbruik en transport van energie. De linkergrafiek toont het gemiddelde van de 10% dagen met de grootste energietekorten, de middelste grafiek het gemiddelde van alle dagen, de rechtergrafiek het gemiddelde van de 10% dagen met de grootste overschotten.

We vatten deze profielen aamen in een overzichtstabel. Hierin laten we de gemiddelden en totalen zien van de periode van vijf jaar (2016-2020) die we hebben doorgerekend

Tabel 10 – Overzichtstabel met elektriciteitsstromen in elektriciteitsneutrale Bedrijventerreinen Breda Oost

Opwek ...waarvan zon ...waarvan wind	47 GWh 30 GWh 17 GWh	Dit is de totale opwek van energie met alle windmolens en zonnepanelen op de bedrijventerreinen bij elkaar.
Verbruik	47 GWh	Dit is het totale verbruik van alle bedrijven op de bedrijventerreinen bij elkaar, per jaar.
Transport in	19 GWh	Dit is de stroom die per jaar is ingekocht omdat de vraag bij de bedrijven groter was dan de opwek, op dat moment in de tijd.
Eigen verbruik	28 GWh	Dit is de stroom die per jaar is opgewekt door zonnepanelen en windmolens en direct, ter plekke, op dat moment in de tijd, verbruikt is door de bedrijven
Transport uit	19 GWh	Dit is de stroom die wel is opgewekt, maar waar geen vraag voor was op dat moment in de tijd. Deze stroom is uit de bedrijventerreinen weg getransporteerd.

We kijken nu nogmaals naar Figuur 9, maar nu met het oog op de benodigde transport van elektriciteit in relatie tot de netcapaciteit. Allereerst leiden we af wat de bestaande netcapaciteit is. We zien in alle drie de grafieken dat de elektriciteitsvraag (de oranje lijn) net onder de 10 MW blijft. Het elektriciteitsnet is ooit aangelegd om deze verbruikspieken te kunnen opvangen. We mogen dus aannemen dat het bestaande net minimaal 10 MW moet kunnen transporteren.

Nu beoordelen we of het bestaande net voldoende is voor de benodigde transportcapaciteit. De transportcapaciteit is in Figuur 9 weergegeven met de grijze lijn (voor transport in het terrein, naar binnen toe) en de gele lijn (voor transport uit het terrein, naar buiten toe). We zien dat op de 10%

slechtste dagen en op de gemiddelde dag de benodigde transportcapaciteit minder is dan 10 MW. Het bestaande net is dus in staat om dit op te vangen.

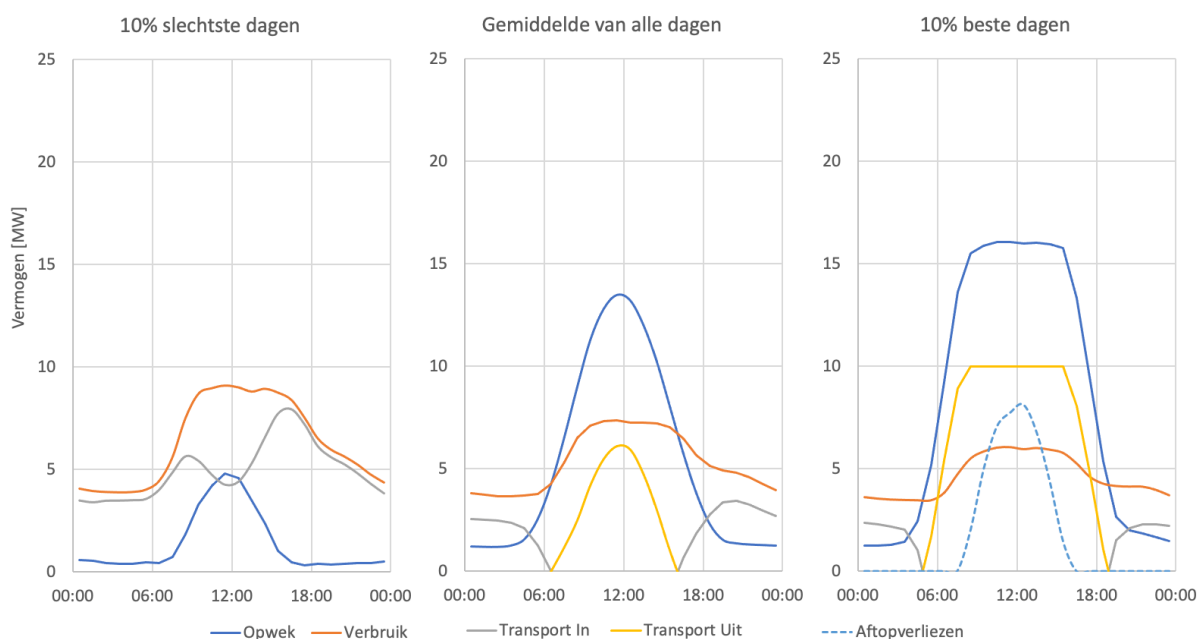
Echter, er ontstaat een probleem op de 10% beste dagen. Daar is een transportcapaciteit van 18 MW nodig om alle stroom de wijk uit te krijgen. Deze vereiste transportcapaciteit is bijna twee maal zo hoog als de bestaande netcapaciteit aankan. Als we dit scenario willen faciliteren zou de netcapaciteit dus verdubbeld dienen te worden.

6.3 Curtailment

In de vorige paragraaf zagen we dat het bestaande net niet toereikend is om alle in de zomer opgewekte energie af te voeren. Maar moeten we hierom eigenlijk wel een netverzwaring uitvoeren?

Als we het net niet zouden verzwaren, betekent dit een verlies van opgewekte energie. Dit wordt vaak aangeduid met de term ‘curtailment’ of ‘aftoppen’. Maar hoeveel is dit verlies dan? Om dit te illustreren laten we wederom de drie typische dagen zien.

- Op de 10% slechtste dagen is de netcapaciteit voldoende om de transportpiek op te vangen.
- Ook op de ‘gemiddelde dag’ blijft de vereiste transportcapaciteit onder de 10 MW en is het bestaande net dus voldoende.
- Op de ‘10% beste dagen’ wordt er wel energie afgetopt. Dit is in de grafiek weergegeven met een blauwe stippellijn. Door deze energie af te toppen blijft de vereiste transportcapaciteit precies onder de 10 MW.



Figuur 10 – Typische dagprofielen van opwek, verbruik en transport van energie, in een situatie zonder netwerkverzwaring, waarin de transportcapaciteit altijd lager dan 10 MW moet bedragen. De linkergrafiek toont het gemiddelde van de 10% dagen met de grootste energietekorten, de middelste grafiek het gemiddelde van alle dagen, de rechtergrafiek het gemiddelde van de 10% dagen met de grootste overschotten.

De vraag “Is er wel echt een netverzwaring nodig?” is een relevante vraag. Netverzwaringen zijn duur en tijdrovend. Wegen de kosten van extra netinfrastructuur op tegen de baten van de iets grotere oogst van zonne-energie op zomerse dagen rond het middag-uur? Om deze discussie met cijfers te onderbouwen hebben we een simulatie gemaakt van de hoeveelheid verloren gegane energie als functie van de netcapaciteit. De resultaten van de simulatie staan in onderstaande tabel.

Tabel 11 – Simulatie investeringen netverzwaring vs. aftopverliezen

Bestaande capaciteit + verzwaring [MW]	Investering (mln. €)	Aftopverliezen [GWh/jaar]	Afschrijving op investering per additioneel geproduceerde kWh
10 + 0	0	3,1	-
10 + 1	0,35	2,5	€0,012/kWh
10 + 3	1,05	1,4	€0,012/kWh
10 + 5	1,75	0,8	€0,015/kWh
10 + 10	3,5	0,1	€0,023/kWh
10 + 14	4,9	0,01	€0,032/kWh
10 + 18	6,3	0	€0,041/kWh

In de tabel zien we dat de aftopverliezen circa 3,1 GWh per jaar bedragen indien we het net niet zouden verzwaren. Als we de netcapaciteit zouden verdubbelen, van 10 MW naar 20 MW, zouden we de aftopverliezen kunnen terugbrengen van 3,1 GWh naar 0,1 GWh. Te zien is dat om aftopverliezen helemaal te voorkomen er een netwerkverzwaring nodig zou zijn van 18 MW, zodat de nieuwe netwerkcapaciteit 28 MW zou bedragen. Dit komt overeen met de huidige werkwijze van de netbeheerders, die inderdaad het netwerk uitrichten op de piekwaardes.

Tevens hebben we de onderstaande tabel de kosten van de netverzwaring opgenomen. We stellen hierbij de prijs van een netverzwaring op €0.35 mln./MW in overeenstemming met de Netbeheer Nederland potentieelstudie⁵⁵. Deze investering wordt in de regel over 50 jaar afgeschreven. In de laatste kolom zien we terug wat de afschrijving op de investering per additioneel geproduceerde kWh kost. Dit is voor een beperkte netverzwaring van enkele MW nog ongeveer 1 cent per kWh, maar loopt voor netverdubbeling of verdrievoudiging al snel op naar 3-4 cent per kWh.

Tegelijkertijd levert deze netwerkverzwaring van 10 MW naar 28 MW maar 7% extra energie (3,1 GWh/jaar ÷ 47 GWh /jaar) op. Het lijkt dus economisch gezien vele malen aantrekkelijker om een hele kleine of helemaal géén netwerkverzwaring uit te voeren, en in plaats daarvan eenvoudigweg te accepteren dat er aftopverliezen zullen zijn. Dit wordt des te evidentier wanneer men beseft dat het helemaal geen nut heeft om de energie-overschotten de bedrijventerreinen uit te transporteren. Er is immers op die momenten van zonnige, winderige zomermiddagen een zeer breed energie-overschot in Nederland, en dus zal niemand in Nederland gebruik willen maken van die energie. Dit zal zich uiten in zeer lage of zelfs negatieve stroomprijzen.

We komen terug op dit punt in de aanbevelingen. We zullen betogen dat het aanbevelenswaardig is om in een vroeg stadium met de netbeheerders om te tafel te gaan. Zo kan al in het experimentele pilot stadium een regel afgesproken worden waarin bijvoorbeeld elke zonne-energie installatie een aansluiting krijgt van maximaal 50% van de piekwaarde. Hiermee kunnen onnodige maatschappelijke kosten die zouden voortvloeien uit een netverzwaring voorkomen worden. In deze situatie wordt de opgewekte energie ter plekke zoveel als mogelijk gebruikt, extra nodig energie indien nodig ingevoerd en uitgevoerd met het bestaande net en accepteren we aftopverliezen; dit is dan een semi-autonome en semi-lokale energieoplossing omdat er nog steeds een relevante uitwisseling is met de omgeving via het netwerk van de netbeheerder.

⁵⁵ Ecofys, "De Waarde van Congestie management", te downloaden op de website van Netbeheer Nederland: https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Rapport_Ecofys_Waarde_van_Congestie management_86.pdf

6.4 Dag/nacht balancering: Flexibiliteit en opslagcapaciteit

Het inbouwen van flexibiliteit in het lokale netwerk op de bedrijventerreinen is een andere manier om om te gaan met de grillige transportprofielen. Hiervoor baseren we ons mede op het rapport **'Flexibiliteit in de gebouwde omgeving: wegwijzer voor ondernemers'** dat inzichtelijk maakt hoe ondernemers aan de slag kunnen met energieflexibiliteit, en op welke manieren het geld kan opleveren⁵⁶.

Flexibiliteit kan bijvoorbeeld worden aangebracht in de vorm van batterijen, die de productie-piek overdag opslaan en de opgeslagen energie 's nachts gebruiken om de bedrijven van stroom te voorzien. Deze batterijen kunnen in containers worden geplaatst nabij de windmolens of zonnenvelden.

Ook is het mogelijk om de flexibiliteit aan te brengen in de vorm van bidirectionele laadpalen. De geparkeerde elektrische voertuigen worden dan overdag opgeladen en 's nachts deels weer ontladen (tot een vooraf afgesproken minimum, zodat de batterij 's ochtends vroeg bijvoorbeeld nog steeds minimaal 70% vol is). Dit is natuurlijk alleen mogelijk indien er 's nachts voldoende auto's geparkeerd blijven staan op de bedrijventerreinen. Je moet dan denken aan bedrijfswagens, deelauto's of een tijdelijke voorraad in een wagenpark. Deze aanpak sluit aan bij de huidige ontwikkelingen voor de balancering van het net, waar autobatterijen niet meer alleen voor rijden worden gebruikt. Voor verdere achtergronden zie onder meer Atlas⁵⁷.

Tot slot is het mogelijk om flexibiliteit in te bouwen door 'demand side management'. Bijvoorbeeld zouden koelhuizen op zonnige zomerse dagen wat harder kunnen laten koelen en 's nachts juist weer wat minder. Een energiemanagementsysteem kan worden ingezet om apparaten slim aan te sturen en deze flexibiliteit aan te bieden.

In deze paragraaf zullen we berekenen hoe groot deze flexibiliteit zou moeten zijn. We gaan hierbij gemakshalve uit van het eerste scenario, dat wil zeggen stand-alone batterijen die op diverse strategische plekken op de bedrijventerreinen geplaatst kunnen worden. Uiteraard kan in de uitvoering ook voor andere vormen van flexibiliteit gekozen worden.

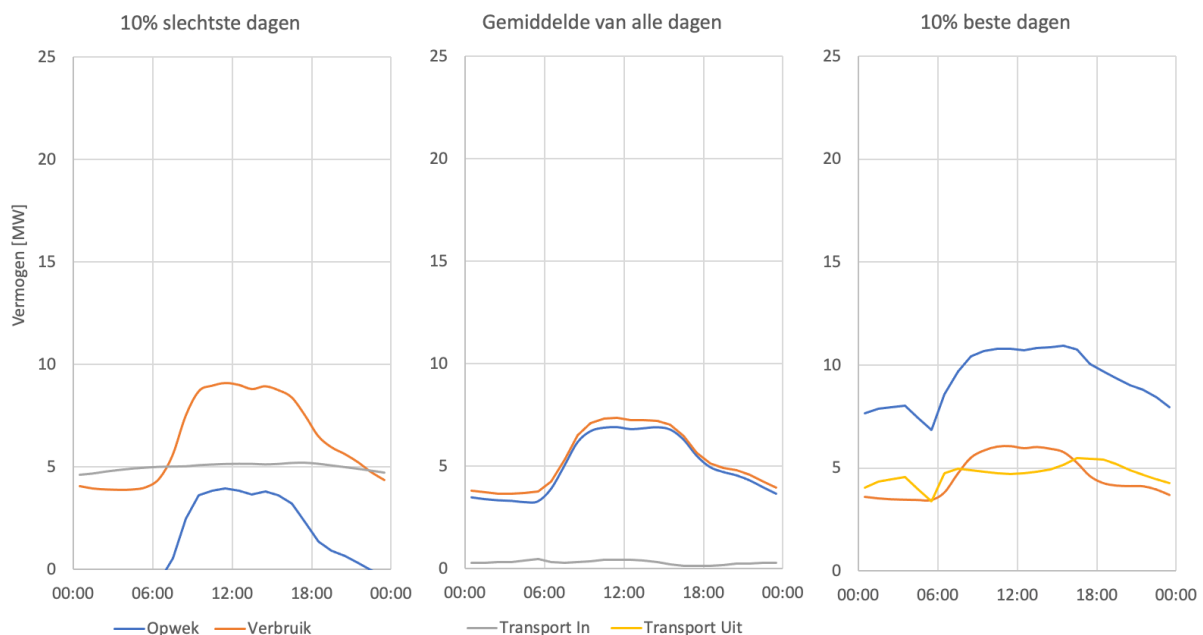


Figuur 11 – Voorbeelden van batterijen geplaatst bij zonnepanelen in Weert (links) en bij Windmolens in Hardinxveld-Giessendam (rechts).

⁵⁶ https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/TKI%20rapport_Flexibiliteit%20in%20de%20gebouwde%20omgeving_Feb2021.pdf

⁵⁷ Seizoen 1 - Aflevering 3 van 30 - NTR: https://www.npostart.nl/atlas/17-02-2021/VPWON_1328174

Om te illustreren wat flexibiliteit kan betekenen hebben we wederom de drie typische dagen doorgerekend. Hierbij gingen we uit van batterij-opslag ter grootte van 1 dag. Met het elektriciteitsverbruik van 47 GWh per jaar komt dit neer op batterijen met een opslagcapaciteit van 128 MWh. Ter referentie: Dit zijn ruim 1000 Tesla Model X batterijen.



Figuur 12 – Typische dagprofielen van opwek, verbruik en transport van energie, in een situatie met batterijen met een opslagcapaciteit van 1 dag. De linkergrafiek toont het gemiddelde van de 10% dagen met de grootste energietekorten, de middelste grafiek het gemiddelde van alle dagen, de rechtergrafiek het gemiddelde van de 10% dagen met de grootste overschotten.

In deze situatie met batterijen zien we dat het transportprofiel zeer geleidelijk en stabiel is. In de 10% slechtste dagen (linker grafiek) wordt er een zeer constante ‘base load’ gevraagd van circa 5 MW. In de 10% beste dagen (rechtergrafiek) wordt er juist een ‘base load’ geleverd van 5 MW. Gemiddeld over het jaar heen is de energievraag ongeveer nul (middelste grafiek). In deze situatie is het bedrijventerrein een stuk meer zelfvoorzienend geworden. Er wordt overdag minder energie naar de buitenwereld toe getransporteerd en ’s nachts minder energie vanuit de buitenwereld naar binnen toe getransporteerd, dan in het scenario ‘Netverzwaring’ in de vorige paragraaf. Natuurlijk hangt hier ook een prijskaartje aan. Opslagcapaciteit is op dit moment nog niet goedkoop. Een interessante vraag hier luidt dan ook hoe groot de batterij zou moeten zijn? Om dit in kaart te brengen hebben we de batterijcapaciteit gevarieerd en doorgerekend hoeveel procent aftopverliezen er zijn en hoe groot het eigenverbruik is. De resultaten van de simulatie staan in onderstaande tabel.

Tabel 12 – Simulatie van afnemende aftopverliezen bij toenemende batterijcapaciteit

Batterij capaciteit [MWh]	Aftopverliezen [GWh]	Eigen verbruik (GWh)	Transport In & Uit [GWh]
0	3,1	28	19
10	2,7	30	17
25	2,0	33	14
50	1,0	35	12
75	0,4	37	10
100	0,1	37	10
125	0,0	38	9
250	0,0	38	9
500	0,0	39	8

Te zien is dat de aftopverliezen grotendeels vermeden kunnen worden indien er flexibiliteit ter waarde van 75 MWh of meer aanwezig is in het systeem. Bij die waarde is het eigenverbruik opgelopen tot 37 GWh van de 47 GWh, wordt er minder afgetopt en is er dus nog voor slechts 10 GWh uitwisseling met de buitenwereld nodig. Deze uitwisseling is in de vorm van een constante ‘base load’ levering in de zomer, en eenzelfde constante ‘base load’ vraag in de winter.

Echter, de investeringen in dit scenario kunnen al snel uit de hand lopen. Een batterij van 10 MWh kost al snel enkele miljoenen euro’s en is daarmee een stuk duurder dan het uitvoeren van een (beperkte) netverzwaring. De conclusie die we kunnen trekken is dat het economisch ondoenlijk is om de vereiste flexibiliteit volledig in de vorm van centrale batterijen te gaan plaatsen. Om dit scenario te laten slagen zullen we echt op zoek moeten naar goedkopere vormen van flexibiliteit zoals bidirectionele laadpalen en demand-side management. Grote centrale batterijen zullen we slechts zeer beperkt moeten gaan plaatsen, en alleen in die gevallen waarin ze meerdere rollen tegelijk kunnen vervullen.

6.5 Seizoens balancerings: nog geen technische oplossing

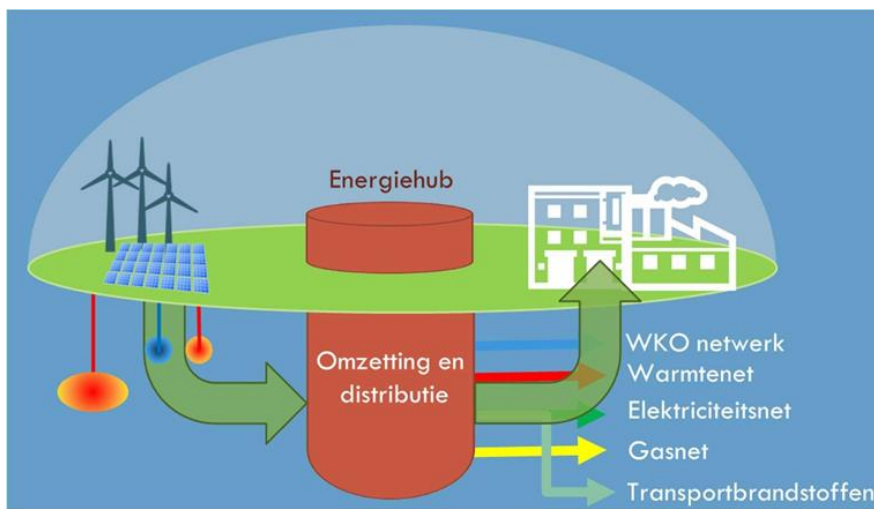
In deze paragraaf willen we nog kort stilstaan bij de seizoensbalancerings.

Zonnepanelen wekken vooral stroom op in de zomer. De stroomvraag is er echter het gehele jaar door. Er zal daarom in een energieneutraal bedrijventerrein de gehele zomer lang een stroom-overschot ontstaan, en in de winter juist een stroomtekort.

Innovaties waaronder waterstof productie, solar fuel productie, zwaartekrachtenergie en warmtebatterijen kunnen mogelijk in de verdere toekomst de oplossingen voor dit probleem aandragen. Deze innovaties zijn echter op dit moment nog erg onvolwassen. Bovendien is de kans groot dat deze installaties zich *buiten* de grenzen van de bedrijventerreinen Breda Oost zullen gaan bevinden. Dit is bijvoorbeeld het geval indien er grote centrale waterstofproductie sites zouden gaan ontstaan in de haven van Rotterdam (vanwege beschikbaarheid windstroom) en in Oost-Groningen (vanwege goede gasopslag en distributie infrastructuur).

Er komt een financieel omslagpunt voor waterstof wanneer gebruik wordt gemaakt van een “energiehub op een bedrijventerrein”. Een energiehub optimaliseert de balans van lokale vraag en aanbod van (duurzame) energie waarbij gebruik gemaakt wordt van verschillende energiedragers (gas, elektriciteit, warmte), conversie en opslag. Een energiehub kan daarnaast de regionale netbeheerder ook helpen door flexibiliteitsdiensten te bieden (via een Aggregator) of impliciet te optimaliseren (met behulp van een Aggregator) op bijvoorbeeld aansluit- en transportkosten van de energiehub- deelnemers. Op dezelfde manier kan een Aggregator ook zorgen voor een koppeling met andere energiehub, de groothandelsmarkten of de hoogspanningsnetbeheerder.

Op dit moment zijn de mogelijkheden om te optimaliseren binnen een energiehub beperkt, vooral als de deelnemers een eigen fysieke aansluiting hebben. Een uitzondering is de postcoderoosregeling die het voor kleinverbruikers mogelijk maakt om zonne-energie opgewekt in de energiehub te salderen (mits de energiehub zich binnen de postcoderoos bevindt). Nieuwe Europese richtlijnen voorzien een grotere rol voor energiehub (‘communities’) – zie de Clean Energy Package, maar of en hoe dit geïmplementeerd gaat worden in Nederland is nog hoogst onzeker⁵⁸.



Figuur 13 – Visualisatie van een Energiehub

Voor de Bedrijventerreinen Breda Oost is het derhalve nog erg onzeker of er een impact zou zijn en zo ja hoe groot die dan is. Vermoedelijk zal dit thema pas echt volwassen worden in de jaren 2030-2040. We zullen dit probleem dus voorlopig wel moeten onderkennen en cijfermatig moeten onderbouwen, maar kunnen nog niet over concrete oplossingen adviseren.

6.6 Conclusie

Het exact in de tijd matchen van opwek en verbruik is een uitdaging voor het energieneutrale bedrijventerrein van de toekomst. Indien we niets aan het elektriciteitssysteem en infrastructuur zouden veranderen komen we in een situatie waarin er in de Bedrijventerreinen Breda Oost weliswaar 31-47 GWh wordt verbruikt en 31-47 GWh wordt opgewekt, maar waarin:

- Slechts 28 GWh daarvan werkelijk binnen het bedrijventerrein wordt verbruikt
- Er 19 GWh energie ingekocht moet worden in de nachten en in de winter
- Er 3 GWh energie verloren gaat in de zomer omdat het elektriciteitsnet niet toereikend is
- Er een overgebleven overschot van 16 GWh verkocht moet worden op zonnige, winderige zomerdagen, waarin de stroomprijs vermoedelijk zeer laag of zelfs negatief is

⁵⁸ Tekst afkomstig van Avans Studenten: Team Red Breda. Verduurzaming Minervum 2021. Verslag wordt bijgevoegd in de portfolio (zip-file) bij deze rapportage

Dit is slechts gedeeltelijk een zelf-voorzienend energiesysteem. Het systeem kan meer autonoom worden middels het opnemen van flexibiliteit. Eerder is gesteld dat meeste potentie zit in het slim laden van elektrische voertuigen en het flexibel aansturen van warmtepompen, met speciale aandacht voor bidirectionele laadpalen en centrale batterijsystemen voor opslag en demand side management. Wanneer er een flexibiliteit van tenminste 75 MWh wordt opgenomen op de bedrijventerreinen kunnen aftopverliezen worden voorkomen. Tevens wordt zo het eigen verbruik verhoogd van 28 GWh naar 37 GWh. Er dan nog slechts 10 GWh uitwisseling met de buitenwereld nodig. Deze uitwisseling is in de vorm van een constante 'base load' levering in de zomer, dag én nacht. Het óók 's nachts uitleveren van stroom voorkomt dat de stroom tegen negatieve prijzen verkocht moet worden. De kosten van centrale batterijen zijn vooralsnog nog zeer hoog, dus is het zoeken naar het gebruik van autobatterijen die door middel van een bidirectionele (DC-)laadinfrastructuur tijdelijke opslag kunnen bieden.

Daarmee ligt er basis voor een innovatiestrategie naar 2030 in drie fasen:

- Focus in 2021-2025 eerst op de uitbouw van opwekcapaciteit en gedeeltelijke netverzwaring.
- Pak daarna in 2025-2030 de dag/nacht balancering aan middels demand-side management, bidirectionele laadpalen en eventueel ondersteund door centrale batterij opslag systemen.
- Richt je tot slot in het tijdframe 2030-2040 op de seizoensopslag, eventueel middels waterstofproductie, maar slechts dan wanneer dit daadwerkelijk op de bedrijventerreinen zelf plaats zou moeten gaan vinden, en slechts dan wanneer er tegen die tijd economisch rendabele technieken beschikbaar zijn gekomen.

Ons advies is: begin met een pilotproject om op kleine schaal een aantal concrete energietechnieken te testen en hiermee na te gaan hoe ze daarna op grote schaal geïntegreerd te kunnen inzetten en wat daarvan de kosten en opbrengsten voor de stakeholders zijn. Het volgend hoofdstuk gaat daar nader op in.

Hoofdstuk 7 Bouwsteen 4b: Richting een eerste pilot

7.1 Inleiding

We streven naar de inzet en integratie van energietechnieken om Minervum voor een groot deel **duurzaam** en **zelfvoorzienend** te kunnen maken. Een pilot is een eerste stap op weg naar dat doel. Technieken kunnen in een dergelijke pilot in de praktijk worden getoetst en deelnemers kunnen enthousiast gemaakt worden.

7.2 Pilot opties en ideeën

Als mogelijke onderdelen voor de pilot zien we de onderstaande lijst.

- Een pilot met een zo klein mogelijke aansluiting, om niet onnodig veel netcapaciteit bij Enexis te claimen. Dit kan door zon en wind op dezelfde aansluiting te zetten ('cable pooling') en door de Zon-PV systemen op maximaal 50% van de nominale waarde aan te sluiten⁵⁹. Gerelateerde onderzoeksvraag is in welke mate netverzwaring te vermijden is, hoeveel 'aftopverliezen' er in de praktijk optreden en op welke manier de baten verdeeld kunnen worden.
- Een pilot waarin innovatieve lichtgewicht zonnepanelen worden toegepast op platte bedrijfsdaken met weinig draagkracht. Dit kan bijvoorbeeld door toepassen van Solarge panelen. De eerste grootschalige toepassing van deze innovatieve panelen van Nederlandse bodem kan zeker op ondersteuning vanuit het rijk rekenen.
- Een pilot waarin bidirectionele laadpalen op een laadplein worden geplaatst, zodat de batterijen van geparkeerde elektrische voertuigen gebruikt kunnen worden voor tijdelijke energie-opslag. Mogelijk kan dit gecombineerd worden met een parkeeroverkapping met zonnepanelen.
- Een pilot met DC infrastructuur, waarin onderzocht wordt in welke mate het toepassen van een DC net binnen bestaande Enexis infrastructuur de noodzaak van een netverzwaring kan wegnemen. Een specifiek geval hierbinnen is de infrastructuur voor straatverlichting.
- Een pilot waarin energietools voor bedrijventerreinen worden geïmplementeerd: Energie-uitwisseling tussen bedrijven door middel van een EMS inclusief monitor visualisatie (mede aanwezig in: Sendlab, GESCHIKT, EIRES/Zenmo, Team Red). Dit gevoed door een (real time?) data platform.
- Een pilot waarin de mogelijkheden van een 'VPP als energy hub' worden onderzocht. Hierin treedt een collectief van opwekinstallaties en opslagcapaciteit als één entiteit op op de energiemarkt, en kan daarin haar netbalancerings-diensten landelijk aanbieden.
- Een pilot waarin een koppeling wordt gemaakt tussen warmtenet en elektriciteitsnet. Zo zou PRE graag elektronica ontwikkelen waarmee restwarmte uit laadpalen benut kan worden.

Belangrijke randvoorwaarden voor de pilot zijn:

- Enthousiaste bedrijven. Een pilot dient uitgevoerd te worden met 'koplopers' die graag tijd en energie in de pilot willen steken. We zullen enthousiaste bedrijven moeten vinden die binnen één of meer van de genoemde pilot scope opties vallen (bv: heeft of wil een laadplein, heeft plat dak met weinig draagkracht, ligt in de buurt van de te plaatsen windmolen zodat cable pooling mogelijk wordt, ligt in het pilot gebied van het warmtenet). Dit zijn vermoedelijk bedrijven met Nederlandse DGAs zodat ze snel kunnen schakelen.

⁵⁹ <https://www.hieropgewekt.nl/kennisdossiers/zon-en-wind-op-dezelfde-aansluiting-doe-er-je-voordeel-mee>

- Subsidie mogelijkheden: De genoemde pilot opties zijn allen innovatief genoeg om als subsidieproject aangemerkt te worden. Het meest voor de hand liggend is de DEI+, waarin 40% van de meerkosten door het rijk vergoed worden. Daarnaast zijn er mogelijkheden binnen HER+ en SIGOHE, vooral wanneer er toeleveranciers toetreden en binnen het project verkennend onderzoek en productontwikkeling uitvoeren. Meer informatie over deze regelingen is te vinden op de website van RVO⁶⁰.
- Business model en business case. We dienen inzichtelijk te maken wat de kosten en opbrengsten voor elk van de stakeholders is, en met name van de bedrijven van Breda-Oost: wat levert het op voor wie (financieel en niet-financieel).....en wat niet..... wat zijn daaraan verbonden kosten...wie betaalt die kosten? Hierop wordt in het laatste hoofdstuk ingegaan.
- Tijdsplan en technology readiness level (TRL): Niet alle opties zijn even ver uit-ontwikkeld. Grofweg staan de bovengenoemde opties gesorteerd van korte termijn naar lange termijn. De bovenste paar opties zouden komende 2-3 jaar in een grootschalig demonstratieproject kunnen worden gebouwd. De onderste opties vereisen eerst een voorafgaand onderzoeks- en ontwikkelproject waarin de producten verder worden doorontwikkeld.

7.3 Pilot 1: Demonstratieproject

Een korte termijn demonstratieproject zou de onderwerpen kunnen omvatten:

- Het plaatsen van windmolens en lichtgewicht zonnepanelen op dezelfde kabel ('cable pooling').
- Het plaatsen van lichtgewicht zonnepanelen op een verkleinde aansluiting ('curtailment').
- Het gebruiken van bidirectionele laadpalen om de opwek en verbruik beter aan elkaar te kunnen koppelen binnen één gebouw.
- Het verkennen van additionele mogelijkheden van DC, door een proef DC kabel te leggen tussen twee entiteiten.
- Het voeden van straatverlichting met DC
- Dit uitvoeren binnen een bedrijvenscollectief (Breda Oost 2050) als vernieuwende gebiedsaanpak.
- Dit kan het beste uitgevoerd worden in een cluster van 1-5 bedrijven die zich in de buurt van een windmolen bevinden.
- Het delen van energie tussen deze bedrijven is nog geen onderdeel van deze pilot, maar kan hierop wel een volgende stap worden.

Dit project zou deels gefinancierd kunnen worden vanuit de DEI+ regeling. In dat geval worden 40% van de meerkosten vergoed. Meerkosten zijn kosten die gemaakt worden bovenop reguliere zonnepanelen en windmolens, dit zijn o.a. de aftopverliezen, de extra kosten voor lichtgewicht zonnepanelen, de extra kosten voor bidirectionele laadpalen. De investerende partij dient deze subsidie aan te vragen. Dit is ofwel Breda Oost 2050 (indien zijn exploitatie wil gaan organiseren) ofwel de deelnemende bedrijven zelf.

7.4 Pilot 2: Onderzoeksproject

Binnen het onderzoeksproject is de focus vanzelfsprekend wat diffuser. In zijn algemeenheid willen we naar een situatie toewerken waarin het delen van energie tussen deelnemers mogelijk wordt en zoveel mogelijk opgewekte energie ter plekke in het bedrijventerrein wordt gebruikt, en er hierbij een duidelijke koppeling tussen E en W wordt gemaakt. Voor uitwisseling met het landelijke net zouden we willen dat het bedrijvenscollectief als energy hub kan gaan optreden.

⁶⁰ <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/subsidies-energie-innovatie-topsector-energie>

Als eerste stap dienen we een dataplatform over opwek en verbruik op te zetten:

- Voorselectie voor een aantal bedrijven (Van Wezel?) die hun aanwezige zonnepanelen nu al ter beschikking willen stellen (PRE) en/of deel gaan nemen aan GESCHIKT (lichtgewicht panelen)
- Handtekeningen bij deze bedrijven ophalen voor toegang tot hun energiegegevens
- Parkeerplaats met ondergrondse energie-opslag voor locatie DC laad-plaza met (deel-) auto's als tijdelijke buffer.
- Focus op bedrijven met Nederlandse NL DGAs (grootverbruik en kleinverbruik)

Energie-autonomie door middel van een collectieve Energy Hub: een eigen meso-grid maken voor het industrieterrein als geheel, via 1 aansluiting gekoppeld aan het net en met remote technieken aangestuurd. Op dit net is de mogelijkheid met DC snelladers en ontladen te werken en een warmtenet aan te sluiten.

- Als elektriciteit tekort: van het grid halen (zoals nu op individueel niveau) of uit eigen opslag (als eigen turbine, dan seizoensverschil minder een issue)
- Als elektriciteit overschot: opslaan – storage nagaan en later zelf gebruiken; in (deel-) auto's en bijdragen aan disbalans markt (betaling per kWh moet dan wel redelijk zijn, anders onaantrekkelijk)
- Warmtenet aanleggen tussen bedrijven (incl. zonnecollectoren en warmtepompen): restwarmte van bedrijven en van laadpleinen benutten (innovatie PRE) benutten voor warmtebuffer

Dit is een originele aanpak voor een bedrijventerrein en kan werken met no-regret fasering

Kwesties:

- Eigenaarschap project
- Scope: eventueel inclusief Heusdenhout en Bavelse Berg erbij?
- Intentieovereenkomst, flink aantal jaren (Vergelijk Biseps; paraplu nota)
- Business Case ter onderbouwing: argumenten vanuit pilot: focus op rendabele onderdelen (alsof een no-regret aanpak). Belangrijk voor gebruikers en ook bewoners als Heusdenhout wordt meegenomen.
- Juridische kwesties aanstippen

Subsidie-vorm: de MOOI-SIGOHE biedt subsidie aan brede samenwerkingsverbanden die innovatieve sector-overstijgende systeemoplossingen onderzoeken en ontwikkelen. Het gaat hierbij om innovaties op de gebieden van: 'opwek', 'transport en distributie', 'opslag en conversie' en 'verbruik'.⁶¹

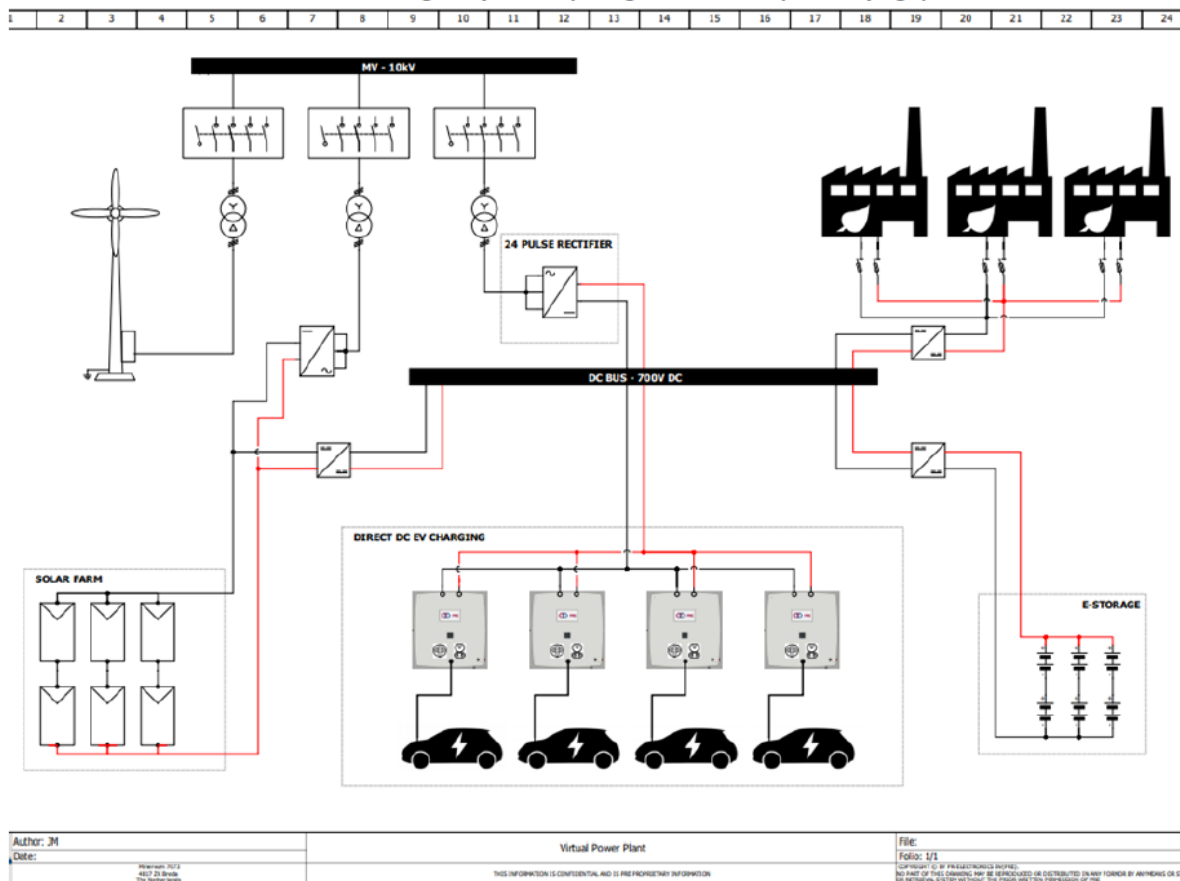
Technieken:

- Energie uit extra zonne-energie daken / directe koppeling Bavelse Berg en windenergie met mogelijk 3 turbines
- Eigen meso-grid, met 1 aansluiting naar nationaal grid met batterijen ertussen om energie uitwisseling mogelijk te maken. DC biedt daarbij meer capaciteit dan AC. DC duurder (in potentie), wel efficiënter en veel vermogen.
- Laad plaza vanuit DC / mobility hub op locatie van Tigchelaar, waar ook autobedrijf Van Mossel zit (zie bijlage 1)
- Batterij: ondergrondse plaatsing
- (Deel-) auto tijdelijke buffer elektriciteit.

⁶¹ MOOI-call systeemintegratie <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/mooi/mooi-sigohe>

- Eventueel straatverlichting: zie bijvoorbeeld in Zoetermeer (DC paragraaf hoofdstuk 2).
- Warmtenet en WTW voor tijdelijke buffer warmte of eventueel hoge temperatuur warmtepompen
- Remote / sturing (Avans en TUE): voor aansturing van dit net gebruik maken van remote technieken: de energiebalans zelf in de gaten houden, en sturen. Het afstemmen van vraag en aanbod is een van de grote uitdaging voor het grootschalig lokaal opwekken van duurzame energie. Een Virtual Power Plant (VPP) die alle opwek- en gebruikersdata verzamelt, kan helpen om inzicht te krijgen, waarmee de vraag beter kan worden afgestemd op het aanbod. Dan zijn meetgegevens nodig die aangeven wat energievraag,-aanbod en -opslag zijn. Dan dient te worden samengewerkt met Enexis of gegevens worden aangevuld met (ODA)data (spectral / allinpower. Deze sturing past goed bij Sendlab (Avans) en TU initiatieven (EIRES en Team Red: zie hoofdstuk 2)
- Juridisch: hier komen belangrijke kwesties om DC grid te mogen inrichten. Een extra reden voor samenwerking met Enexis. Dit moet op hoog niveau worden ingestoken, vanuit een goed plan met perspectief ligt.
- Gemeente is van plan bij te dragen aan graven

Schema en onderdelen van het beoogde systeem (ook gestuurd als aparte bijlage)



Figuur 14 – Visualisatie uit bijdragen van PRE

Schematisch overzicht van het systeem



Figuur 15 – Visualisatie in maquette vorm

In het systeem komen de volgende hoofdelementen naar voren:

- een 1MW site met snelladers voor 3B-O leden overdag en vrachtwagens 's avonds / 's nachts lokaal gevoed vanuit zonne- en windenergie
- een lokale batterij-opslag om de opgewekte zonne/windenergie op te slaan
- een warmte opslag buffer / koppeling naar een warmtenet. Alle verliezen die in de laders optreden worden op deze manier teruggewonnen.
- een software platform dat deze 1MW assets (de lokale batterij, de zonne/windenergie, de EV's op Minervum) aanbiedt als een Virtual Power Plant op de energiemarkt.

Om dit te realiseren willen we van de volgende innovatieve technologieën gebruik maken (in Breda ontwikkeld) en de werking ervan demonstreren.

- Innovatieve DC Grid architectuur: met als voordelen hoge efficiency, lage kosten, lokaal integreerbare zonne-/windenergie
- Onzichtbare (ondergrondse) laadinfrastructuur en elektrische energieopslag, teneinde de kostbare ruimte zo efficiënt mogelijk te benutten. (het aantal laadplekken te maximaliseren)
- Centrale ondergrondse thermische energieopslag aan te sluiten op een warmtenet
- Integratie met deel-auto's en andere EV-bedrijfsauto's op Minervum (3-BO). Zodat de huidige elektrische infrastructuur op Minervum het mogelijk maakt om straks alle EV's te laden (zonder zware investeringen in het net).
- Een gebruiksvriendelijke en veilige omgeving voor het laden. De use case laden biedt perspectief voor geheel nieuwe business modellen.

Onderzoeksvragen

- Hoe kan de netaansluiting beperkt worden gehouden?
- Hoe kan met vermogen worden gestuurd? Bijvoorbeeld: wat gebeurt er als je DC netspanning verhoogt / verlaagt. Is AC of DC daarvoor beter geschikt?

Hoofdstuk 8 Bouwsteen 5: Business case en Conclusie

8.1 De onderdelen van de business case

Een betekenisvolle toename van duurzame energie opwekking is nodig. Middels strategische keuzes door de stakeholders zal bepaald worden welke technieken worden toegepast. Wij zullen deze keuzes ondersteunen door kosten en opbrengsten voor de individuele energieopwekking en -opslagtechnieken naar voren te brengen.

Daarmee is de business case voor het totaal nog niet bepaald – deze kan pas worden opgesteld als de uitwerking en integratie van energietechnieken in een haalbaarheidsstudie is vastgelegd. In de verschillende hoofdstukken (met name het balans-hoofdstuk 6) zijn bedragen genoemd waarmee gerekend kan gaan worden. We vullen deze bedragen in dit hoofdstuk aan en komen hiermee tot een overzicht van de kosten en baten per energietechniek om de pilots en de vervolgstappen mee te ondersteunen.

Zonnepanelen

Voor bedrijven schatting we de investeringskosten van zonnepanelen in 2021 als volgt in:

- PV systemen op een industrieel, groot oppervlak, kosten €0,65 per Wp.
- PV systemen op basis van lichtgewicht zonnepanelen kennen op dit moment nog een opslag op de prijs, die circa €0,25-€0,45 zal bedragen. Hiermee komen lichtgewicht PV systemen op een prijs van €0,90-€1,10 per Wp.
- PV systemen op basis van parkeeroverkappingen kennen eveneens een opslag op de prijs. Deze meerprijs schatten we in op €0,35/Wp zodat ook hier een totaalprijs van circa €1.00 per Wp ontstaat.

De kosten van PV systemen daalden de afgelopen 30 jaar gemiddeld met 10% per jaar. Het is aannemelijk te veronderstellen dat de kosten van lichtgewicht PV systemen sneller zullen dalen dan de prijs voor conventionele. Dit zijn namelijk nieuwere producten die zich nog in een eerdere fase van de leercurve bevinden. We rekenen de komende acht jaar met 5% prijsdaling per jaar voor conventionele PV systemen en 10% per jaar met lichtgewicht PV systemen. Onder die aanname zullen de kosten in 2030 voor beide systemen €0,45 per Wp bedragen. Als gemiddelde gewogen prijs tussen nu en 2030 zal nemen we aan €0,59 per Wp.

Als we uitgaan 34 MWp opwekcapaciteit in Breda-Oost in 2030 kan worden opgewekt, bij een gemiddelde prijs van €0,59 cent per Wp, is dat een totaalinvestering in zonnepanelen van €20 miljoen. De opbrengsten van deze investering zullen worden bepaald door de toepassing.

Toepassing op land moeten de stroom verkopen tegen een typische marktprijs van €0,04/kWh. Daarbovenop kunnen de groenestroomcertificaten worden verkocht voor circa €0,01/kWh. Op dit moment kunnen de opbrengsten nog aangevuld worden met SDE+ subsidie. Het is onduidelijk of dat in de toekomst nog zo zal blijven.

Toepassingen op bedrijfsdaken en laadpleinen hebben meer inkomsten. De kale stroomprijs bedraagt circa €0,04/kWh. Groene stroom certificaten €0,01/kWh. Daarbovenop kan bij het deel van de opwekte stroom die zelf verbruikt wordt ('eigenverbruik') de energielasting vermeden worden. Deze bedraagt in 2022 voor bedrijven met een verbruik tussen €10.000-€50.000 kWh per jaar €0,05 plus duurzame energie opslag (ODE) van €0,04. Stel dat er 40% eigenverbruik is dan zal de gemiddelde opbrengst van de zonnestroom dus $€0,04 + €0,01 + 40\% \times €0,05 + 40\% \times €0,04 = €0,09/\text{kWh}$ bedragen.

Turbines

Op het terrein kunnen 3 turbines geplaatst worden, ieder met een nominaal vermogen van 2,3 MW. De verwachte reële jaarlijkse opbrengst ligt voor deze turbines rond de 5,3 GWh⁶².

Aanvankelijk was een investering uitgewerkt voor 2 turbines:

- Investering rond de 4 miljoen euro
- Jaarlijkse kosten: 55.000 euro.
- De initiële investering zal grotendeels via de bank worden gefinancierd, en de overige 20% kan vanuit een obligatieconstructie worden gefinancierd.
- Terugverdientijd ligt op 15 jaar (positieve cashflow)
- Besparing is jaarlijks 1,2 miljoen euro (5 jaar terugverdientijd alleen voor stroomkosten)

Deze berekening kan desgewenst worden uitgebreid naar 3 turbines.

Voorkomen van onnodige netverzwaring

Indien de huidige wettelijke kaders worden toegepast en het net toereikend zal worden gemaakt voor piekbelastingen, zal het net bijna 3x zo zwaar moeten worden. Hiermee is een investering van €6,3 miljoen gemoeid (zie Tabel 11, onderste rij).

We hebben laten zien dat dit geen zinnige besteding van maatschappelijk geld is. De investeringen in het net bereiken in dat geval uitsluitend dat we stroom kunnen afvoeren op windiger, zonnige dagen wanneer er in heel Nederland een overschot aan duurzame stroom zal zijn en de verkoopwaarde negatief zal zijn. De extra kosten die hiervoor gemaakt worden zijn, zijn omgeslagen op de additioneel uitgevoerde stroom €0,04/kWh terwijl de opbrengsten zeer gering zullen zijn. Het zou veel beter zijn om deze €6,3 miljoen op andere wijze te besteden.

Aftoppen

We stellen een pilot voor waarbij de zonnepanelen en windmolens zoveel mogelijk op basis van 'cable pooling' en 'curtailment' worden ingezet, zodanig dat er geen of slechts een zeer geringe netverzwaring uitgevoerd dient te worden. Indien deze proef lukt hoeft er niets aan het elektriciteitssysteem en infrastructuur aangepast te worden. In dat geval geldt voor het totale toekomstige verbruik van 47 GWh:

- 28 GWh wordt op het bedrijventerrein opgewekt en direct weer verbruikt
- 16 GWh wordt op het bedrijventerrein opgewekt maar niet verbruikt. Deze stroom zal dus geleverd moeten worden aan andere delen van Breda of aan het landelijke net
- 3 GWh aan energie gaat verloren in de zomer omdat het elektriciteitsnet niet toereikend is ('curtailment' of 'aftoppen' genoemd). Deze stroom vertegenwoordigt een waarde van slechts €0-€150.000. Dit 'aftoppen' is dus een vele malen goedkopere optie dan het uitvoeren van een netverzwaring.
- 19 GWh energie wordt ingekocht in de nachten en in de winter

Flexibele opslag

Wanneer er een flexibiliteit van tenminste 75 MWh wordt opgenomen op de bedrijventerreinen, kunnen de aftopverliezen van 3,1 GWh naar 0,4 GWh teruggebracht worden. Het eigen verbruik wordt dan verhoogd van 28 GWh naar 37 GWh met nog 10 GWh uitwisseling met de buitenwereld in de vorm van een constante 'base load' levering in de zomer, dag én nacht.

Een batterij van 75 MWh kost miljoenen euro's. Een voorbeeld is de Wall-grove batterij (75 MWh met vermogen van 50MW) van meer dan \$60 miljoen⁶³. Daarmee is deze oplossing een stuk duurder dan

⁶² Correspondentie Avans studenten Minor Urban Innovation met Jeppe Koertshuis

⁶³ <https://cleantechnica.com/2020/10/27/tesla-megapack-batteries-coming-to-new-south-wales/>

het uitvoeren van een (beperkte) netverzwaring. De conclusie die we kunnen trekken is dat het economisch ondoenlijk is om de vereiste flexibiliteit volledig in de vorm van centrale batterijen te gaan plaatsen. We zullen op zoek moeten naar goedkopere vormen van flexibiliteit, zoals demand-side management en bidirectionele laadpalen.

Er zitten dus economisch gezien nadelen aan netverzwaringen en opslag met centrale batterijen vergeleken met het accepteren dat er aftopverliezen zullen zijn. We zien twee richtingen voor de business case voor elektriciteit:

- Acceptatie aftopverliezen op een semi-autonoom bedrijventerrein: eventueel kan in het experimentele pilot stadium worden afgesproken dat elke zonne-energie installatie een aansluiting krijgt van maximaal 50% van de piekwaarde. Hiermee kunnen onnodige maatschappelijke kosten die zouden voortvloeien uit een netverzwaring voorkomen worden. In deze situatie wordt de opgewekte energie ter plekke zoveel als mogelijk gebruikt, extra nodig energie indien nodig ingevoerd en uitgevoerd met het bestaande net en accepteren we aftopverliezen; dit is dan een semi-autonome en semi-lokale energieoplossing omdat er nog steeds een relevante uitwisseling is met de omgeving via het netwerk van de netbeheerder.
- Decentrale vormen van lokale opslag: om de flexibele opslag toch te laten slagen en curtailment verder te voorkomen, zullen goedkopere vormen van flexibiliteit zoals bidirectionele laadpalen en EV, demand-side management en decentraal geplaatste (second-life) batterijen. Bloomberg berekent dat de prijzen rond de \$100 euro per kWh komen te liggen in 2023⁶⁴. De gezamenlijke opslagkosten van 75 MWh bedragen zo'n \$7,5 miljoen, een stuk minder dan de centrale batterij. Of deze decentrale batterijen dan gezamenlijk over genoeg vermogen beschikken, en of ze dicht bij de bron kunnen worden gepositioneerd, zijn zaken die dan moeten worden nagegaan.

Warmteaanbod: een warmtenet en all-electric oplossingen

We hebben gezien dat de Elektriciteit en Warmte oplossing elkaar niet in de weg staan en parallel geïnstalleerd: integratie in één energiesysteem is goed mogelijk.

- Voor een all-electric oplossing is maximaal 10 GWh extra vraag nodig, waarvan de investering is meegenomen in het balansvraagstuk.
- De 8 MW warmtepompen (50%) die de Quickscan Duurzaam Warmtenet⁶⁵ voorstelde om het warmtenet te voeden, wordt op jaarbasis tot 4 GWh/jaar energie gebruikt. Deze hoeveelheid past ook goed in het balansvraagstuk. De aanvullende kosten zijn niet meegenomen in onze berekeningen, maar er is een eigen business case voor het warmtenet opgesteld met een investering van 27,8 miljoen euro met een jaarlijks positief saldo van 480.000 euro per jaar.

8.2 Van Breda-Oost naar Breda als geheel

Duurzaam organiseren wordt steeds meer eens must⁶⁶. Jan Jonker, hoogleraar duurzame businessmodellen, geeft aan dat er generatie businessmodellen nodig is die anders denkt over impact en waarde creatie. Prijsmodellen zoals "true price" houden hier al rekening mee⁶⁷. Zo is bijvoorbeeld CO₂ momenteel zeer laag geprijsd, hetgeen investeringen in de huidige CO₂ vermijding tot relatief duur maakt. Maar als de nevenschade van CO₂ uitstoot anders (hoger) wordt berekend, zien ook de uitkomsten uit financiële modellen er anders uit.

⁶⁴ <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/?sf113554299=1>

⁶⁵ Stef Clevers (TransitionHERO), *Bedrijventerreinen 3B-O Duurzaam Warmtenet*, Document 3BO-1-BRE-0001-4, 15 juli 2020. De aanvullende corresponderen gaf een stroomverbruik van 4 GWh/j aan (email 24 maart 2021).

⁶⁶ <https://www.thefutureofus.nl/programma/jan-jonker-duurzaam-organiseren/>

⁶⁷ <https://transitiecoalitievoedsel.nl/portfolio/truecost-trueprice/>

Nieuwe business model benaderingen gaan al meer in op het belonen van ecologische en sociale waarden in de samenwerking. Dit zien we ook in de sustainable development goals (SDGs) aan bod komen (Joyce & Paquin, 2016)⁶⁸. Vanuit de “Sustainable Development Goals” is duurzaam doel nummer 7 relevant voor Breda-Oost: “Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all”. Dit kan meetbaar worden gemaakt:

- In 2030 kan Breda-Oost voor 100% van hun eigen elektriciteitsvraag (47 GWh/jaar) zelf voorzien.
- Hiermee kan Breda-Oost kan 6% van de gehele benodigde hoeveelheid duurzame energieproductie van die de gemeente Breda in 2030 aan opwekken (800 GWh = 2.886 TJ) ⁶⁹

Het duurzame ontwikkelingsdoel 13 gaat over “Climate action”. Hoe minder fossiele brandstoffen er worden verbruikt, hoe minder uitstoot van het broeikasgas CO₂, hoe minder effect er is op het klimaat. We hebben aangetoond dat bedrijventerrein met de grootte van Breda-Oost in 2030 op jaarbasis circa 50 M KWh (50 GWh = 0,05 G kWh) duurzame energie kan leveren met zon en wind.

- Als dit 5 keer zou worden gekopieerd wordt in Breda, dan er is een jaarlijks aanvulling van 250 GWh aan extra zonne- en windenergie.
- Hiermee vindt 150 kilo ton CO₂ vermindering per jaar plaats⁷⁰. Dit is precies de doelstelling “CO₂ reductie duurzaam ondernemen” in Breda (van 350 kiloton uitstoot in 2020 naar 200 kiloton in 2030)

Deze benadering laat zien dat bedrijventerreinen als onderdeel van de gebouwde omgeving een uitstekende mogelijkheid bieden om tegemoet te komen aan de uitdagingen die de verduurzaming aan steden stelt. De laatste paragraaf gaat in op de manier waarop dit bij Breda-Oost kan worden gerealiseerd.

8.3 Van pilot naar de implementatie verduurzaming van Breda-Oost

In hoofdstuk 7 zijn twee opties voor pilotprojecten geïntroduceerd die meerdere energietechnieken combineren. Deze pilots komen voort uit het opbouwen van een duurzaam energiesysteem met meerdere bouwstenen die vanaf hoofdstuk 3 zijn uitgewerkt.

- In hoofdstuk 3 zijn de relevante stakeholders opgesomd en is aangegeven hoe deze met business model technieken te verbinden om samenwerking te stimuleren vanuit het inzichtelijk maken van de kosten en opbrengsten voor stakeholders
- In de daarop volgende hoofdstukken zijn de ontwikkeling van de energievraag, het duurzame energieaanbod en de balancerings hiervan besproken.
- In hoofdstuk 7 introduceerden we de pilotprojecten, die de voor- en nadelen van verduurzaming in de praktijk zichtbaar kunnen maken om hiermee de toekomstige gebruikers te kunnen stimuleren.
- In dit slothoofdstuk 8 zijn de bedragen vermeld die niet alleen de kosten en baten voor de pilotonderdelen specificeren maar ook die in de vervolgtrajecten. Uiteindelijk draait het om de vraag: “Hoe kunnen de energietechnieken op grote schaal worden geïntegreerd om voordelen voor de gebruikers en andere stakeholders te kunnen creëren?”

⁶⁸ Joyce, A., & Paquin, R. L. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. Journal of Cleaner Production, 135, 1474–1486.<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.067>

⁶⁹ <https://www.hetgeldvanbreda.nl/begroting-2021/programma/klimaatbegroting-breda-2021#onderdeel-24-actsheet-duurzame-energieproductie>

⁷⁰ Klimaatplein en Milieu Centraal gaan uit van reductie van circa 0,6 kg CO₂ per vermeden kWh

Bij succesvol verlopen pilots kan het Breda-Oost de volgende opbouw volgen:

- 2021-2025: uitbouw van opwekcapaciteit en gedeeltelijke netverzwaring.
- 2025-2030 de dag/nacht balancering aan middels demand-side management, bidirectionele laadpalen en eventueel ondersteund door centrale batterij opslag systemen.
- Vanaf 2030: realiseren seizoensopslag, eventueel middels waterstofproductie, maar slechts dan wanneer dit daadwerkelijk op de bedrijventerreinen zelf plaats zou moeten gaan vinden, en slechts dan wanneer er tegen die tijd economisch rendabele technieken beschikbaar zijn gekomen.