

NOTITIE

Onderwerp	Energiescan Buitenstad
Project	Advisering woningbouwlocatie Buitenstad Zaltbommel
Opdrachtgever	Waalbommel B.V.
Projectcode	117437
Status	Definitief
Datum	19 maart 2020
Referentie	117437/20-004.439
Auteur(s)	J.F. van Haaren MSc, ir. T.M. Postma

Gecontroleerd door	J.A. Zoete MSc
Goedgekeurd door	ir. D.J. Biron
Paraaf	

Bijlage(n)	VO stedenbouwkundig plan
------------	--------------------------

Aan	Waalbommel B.V.	J. Terpstra, R. Lust
Kopie	-	

1 INTRODUCTIE

Deze notitie geeft inzicht in de technische en financiële haalbaarheid van duurzame energie in Buitenstad. De duurzame energiescan bestaat uit twee delen:

- 1 **potentiescan:** die de mogelijkheden voor hernieuwbare elektriciteit en warmte beschrijft (hoofdstuk 3);
- 2 **kosten- en batenscan:** waarin de toe te passen energiesystemen worden afgewogen tegen de te ontwerpen woningen (hoofdstuk 4).

2 ADVIES

Voldoende potentie duurzame energie

Bij Buitenstad is voldoende potentie voor opwekken van elektriciteit uit zonne-energie en bodemenergie voor warmte/koude uit de bodem. Er is onvoldoende potentie en er zijn beperkte inpassingsmogelijkheden voor de ontwikkeling van windturbines en waterkrachtcentrale (zie tabel 2.1).

Tabel 2.1 Overzicht potentie hernieuwbare energiebronnen

Type energiesysteem	Voldoende potentie?	Toelichting
zonne-energie op daken	✓	dakoppervlak biedt mogelijkheid voor zonPV, slimme inpassing in ontwerp maximaliseert opbrengst
zonne-energie op gevels	⚠	domineert architectuur, potentie beperkt
zonne-energie op water	⚠	mogelijke beperking met betrekking tot inpassing zonnepanelen en aansluiting op elektriciteitsnet
windenergie	✗	niet inpasbaar, beperkte potentie
elektriciteit uit waterkracht	⚠	potentie is beperkt, geen substantiële bijdrage aan invulling van elektriciteitsvraag Buitenstad
collectief, open bodemenergie-systeem (WKO) al dan niet in combinatie met thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)	✓	bodempotentie voldoende, dichtheid en omvang vastgoed mogelijk voldoende voor postieve businesscase
individueel/semicollectief, gesloten bodemenergie-systeem (bodemplus)	✓	maakbaar, haalbaar en betaalbaar voor grondgebonden en gestapelde nieuwbouw
geothermie (grootschalig collectief)	✗	geen zicht op ontwikkeling geothermie op korte termijn, Buitenstad heeft onvoldoende schaalgrootte
thermische energie uit afvalwater (TEA)	⚠	beschikbaarheid van warmte niet inzichtelijk op basis van huidige informatie. Potentie wordt mogelijk al benut door lopende projecten in Zaltbommel (Hospice)
lucht/water warmtepompen	✓	mits inpasbaar in architectonisch ontwerp
restwarmte	✗	in verband met schaarste van hoge temperatuur hernieuwbare warmte is het advies deze warmte niet in te zetten voor goed geïsoleerde nieuwbouw gebouwen

Duurzame warmte en elektriciteit betaalbaar, behalve waterkracht

Er is een positieve businesscase voor het toepassen van zonnepanelen, met een terugverdientijd van circa 7 jaar. Daarbij zijn verschillende organisatievormen denkbaar.

De betaalbaarheid van hernieuwbare warmte en koude wordt ook positief ingeschat, waarbij de Total Cost over Ownership van collectieve bodemenergiesystemen vanwege hogere energielasten hoger zijn vergeleken met individuele bodemenergiesystemen (zie hoofdstuk 4). Mogelijk biedt een combinatie van een collectief en individueel bodemenergiesysteem een optimalisatie in de kosten. Ook lucht/water warmtepompen zijn financieel haalbaar, extra kosten voor akoestische inpassing zijn een aandachtspunt.

De investeringskosten van elektriciteit uit waterkracht zijn hoog en kunnen niet met voldoende rendement worden terugverdiend.

Advies: maak duurzame energie onderdeel van de gebiedsontwikkeling

Wij adviseren duurzame energieopwekking onderdeel te maken van de gebiedsontwikkeling door concrete energie- en duurzaamheidsambities te formuleren. Redenen daarvoor: een aardgasvrij ontwikkeling van nieuwbouw is in de regel verplicht. Daarnaast blijkt uit de potentiescan dat er meerdere mogelijkheden zijn om hernieuwbare energie te benutten in Buitenstad. Dit komt de kwaliteit van de wijk ten goede.

Bij het formuleren en uitwerken van concrete energie- en duurzaamheidsambities kan bijvoorbeeld gedacht worden aan:

- energieneutrale gebouwen. Er is voldoende potentieel oppervlak om met zonnepanelen aan de toekomstige BENG-eisen te kunnen voldoen. Energieneutrale gebouwen (EPC = 0 oftewel BENG 1 en BENG 2 = 0) zijn kansrijk. De haalbaarheid kan op basis van een potentiescan nog niet vastgesteld worden en vereist nadere uitwerking;
- klimaatneutrale energievoorziening. Er is voldoende potentie in de bodem voor haalbare en betaalbare bodemenergiesystemen in Buitenstad. De combinatie van een collectief bodemenergiesysteem met zonnepanelen boven de centraal gelegen parkeervoorziening is een kans om tot een lokaal, klimaatneutraal energiesysteem te komen. De bodemverontreiniging is een aandachtspunt maar geen direct risico voor de haalbaarheid.

Vervolgstep: voorkom verrassingen

Om de energiepotentie te kunnen benutten moet in het ontwerp rekening gehouden worden met de inpassing en ontwikkeling van duurzame energiebronnen. Onafhankelijk van eventuele energie-ambities wordt aanbevolen om te onderzoeken:

- hoe de oriëntatie van daken de hoeveelheid te wekken elektriciteit met zonnepanelen positief kan beïnvloeden. In de potentiescan is er nog geen rekening gehouden met grootschalig elektriciteit op te wekken op de parkeerplaats in het midden van het plangebied;
- of de inpassing van warmteleidingen in het huidige kabels- en leidingenprofiel mogelijk is;
- of er aanvullende voorwaarden zijn waaronder een bodemenergiesysteem vergund kan worden. Denk daarbij aan interferentie en impact op bodemsamenstelling en milieu.

Met deze vervolgstappen worden duurzame energieontwikkelingen specifiek gemaakt en ontstaat duidelijkheid over de ontwikkelkosten en -baten (betaalbaarheid) en randvoorwaarden die nodig zijn om de ontwikkeling mogelijk te maken (haalbaarheid en maakbaarheid).

3 POTENTIESCAN

3.1 Zonne-energie

In de gebouwde omgeving is zonne-energie de meest praktisch inpasbare manier van elektrische energieopwekking. De integratie van zonne-energie op daken (Building Attached PV, ook wel BAPV) is al veel te zien op bestaande en nieuwe gebouwen. De integratie van zonne-energie in facades en daken (Building Integrated PV, ook wel BIPV) is in opkomst en gaat een belangrijke rol spelen voor hoogbouw om te voldoen aan de energieprestatienormen (BENG) en ambities. Ook kan in de gebouwde omgeving gekeken worden naar zonne-energie in het gebied, bijvoorbeeld op parkeerplaatsen, op velden en op water.

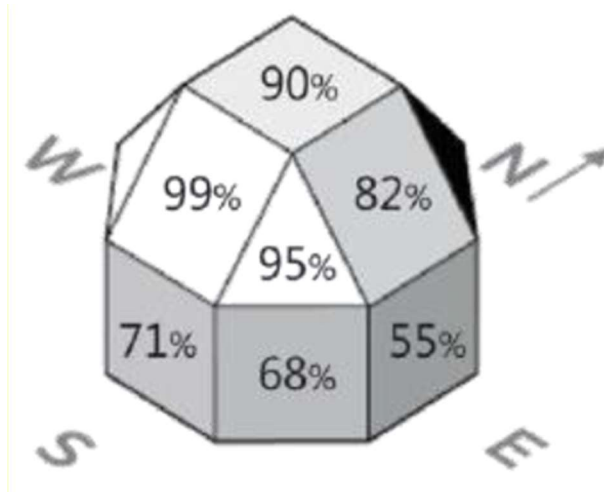
Kengetallen

De oriëntatie en helling van PV modules is van invloed op de verwachte opbrengst. Omdat nog niet precies bekend is hoe de daken worden ingericht houden we rekening met 2 scenario's:

- 1 minder optimaal geplaatste PV systemen. In dit geval wordt er aangenomen dat de PV-systemen in een oost-west opstelling worden geplaatst. De verwachte energie-opbrengst is hierbij 800 kWh/ kWp of 175 kWh/m²;
- 2 optimaal geplaatste PV-systemen. In dit geval wordt er aangenomen dat de PV-systeem ideaal is geplaatst (zuid-opstelling) zodat er een maximale opbrengst kan worden verwacht. In dit geval brengen de PV-systemen 900 kWh/ kWp op en is de verwachte energie-opbrengst 200 kWh/m².

De opbrengst van BIPV bij integratie in gevels is afhankelijk van de oriëntatie van de panelen. Een eerste inschatting van de opbrengst van BIPV panelen is door de maximaal haalbare opbrengst (zie (2); 200 kWh/m²) te vermenigvuldigen met het percentage uit afbeelding 3.1.

Afbeelding 3.1 Zonne-energie opbrengst percentages voor verschillende oriëntaties en hellingshoeken



Potentie zonne-energie op daken

Met plaatsing van PV kan er zo'n 1,2 - 2,3 miljoen kWh per jaar worden opgewekt wanneer alle daken worden benut. Op basis van 280 woningen is dit gemiddeld circa 6.500 kWh opgewekte elektriciteit per woning (NB: kostprijs zonnepanelen per woning circa EUR 7.500,00 exclusief omzetbelasting, zie paragraaf 4.1). Naar verwachting is dit voldoende om aan gestelde BENG eisen of ambitie energieneutrale gebouwen te voldoen.

Op basis van het stedenbouwkundige plan zijn de bruto dakoppervlaktes bepaald. Op basis van schetsen uit het stedenbouwkundig plan is ingeschat of de daken minder optimaal of optimaal georiënteerd zijn. In verband met looppaden, randen tot de dakrand of eventueel installaties op het dak is een factor van 60 % gebruikt om van bruto dakoppervlak naar bruikbaar dakoppervlak te gaan. Zie ook de volgende overzichtstabel¹.

¹ 1,8 miljoen kWh +/- 30 % nauwkeurigheid vanwege aannames over beschikbaar dakoppervlak en oriëntatie.

Tabel 3.1 Overzicht zonne-energie opwekpotentieel

Kavel	Inzetbaar dakoppervlak (m ²)	Classificatie (minder optimaal = MO; optimaal = O)	Vermogen (kWp)	Jaarlijkse energieopbrengst (kWh)
A	281	MO	62	49.526
B	743	O	164	147.193
C	1.749	MO	385	307.824
D	523	MO	115	91.978
E	1.307	O	287	258.746
F	1.048	MO	231	184.483
G	720	MO	158	126.720
H	1.316	O	289	260.528
I	1.033	O	227	204.455
J	393	MO	86	69.168
K	115	MO	25	20.275
L	207	MO	46	36.432
M	346	O	76	68.429
totaal	9.781		2.152	1.825.758

Potentie zonne-energie op gevels

De energetische potentie van zonne-energie op gevels voor Buitenstad kan worden bepaald zodra meer bekend is over het gebouwwontwerp, bijvoorbeeld de plaatsing van ramen. Bij toepassing van efficiënte BIPV zonnepanelen op gevels is het mogelijk zo'n 100 - 140 kWh/m² op te wekken. Zon op gevels kan worden ingezet als aanvulling op zon op dak, of als esthetische wens om de energieopwekking van gebouwen zichtbaar te maken.

Potentie zonne-energie op water

Drijvende zonne-energie is intussen marktrijp en meermaals toegepast. De insteekhaven heeft een maximaal oppervlak van 8.500 m² en kan worden ingezet voor drijvende zonne-energie. Wanneer dit oppervlak dicht wordt gelegd met een oost/west opstelling kan er zo'n 1.500 MWh worden opgewekt. Met een meer open configuratie neemt de opbrengst lineair af bij gelijkblijvend oppervlak.

3.2 Windenergie

Windenergie dichtbij of naast woongebouwen is in de regel niet inpasbaar. In Nederland is de inpassing van windenergie sterk gereguleerd.

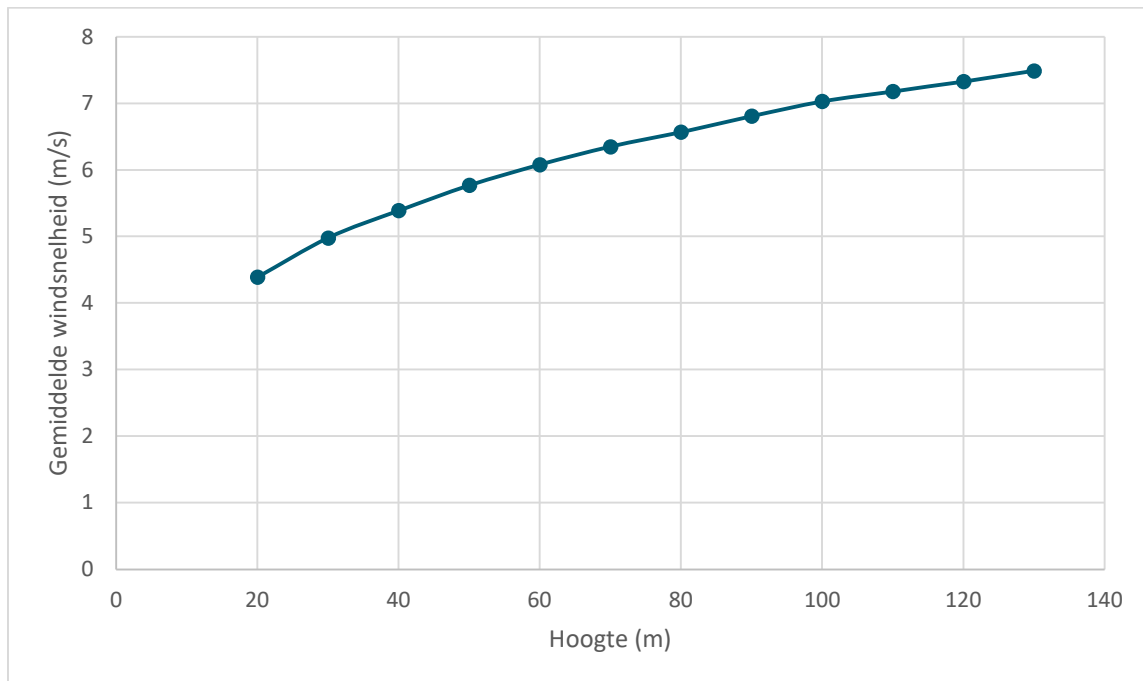
Windenergie kan een groot aandeel hebben in de energievoorziening van Buitenstad. Een grote windturbine van 2 MW wekt net zoveel energie op als een zonnenveld van 7MW, daarvoor is zo'n 10 hectare land nodig. Echter is de plaatsing van een windturbine complex en zeer afhankelijk van de windcondities en de omgeving.

Potentie windenergie

Het windaanbod bij Buitenstad is benaderd via de Windviewer van RVO. Rondom de locatie is te spreken van een relatief open gebied wat gunstig is voor de aanvoer van een laminaire luchtstroming voor windturbines. Met een gemiddelde windsnelheid van rond de 7 m/s op 100 meter hoogte valt Buitenstad in IEC windklasse III geclassificeerd als 'low wind'. Om rendabel een windturbine te exploiteren zal vanwege de lage

windsnelheden op deze locatie een turbine toegepast moeten worden met een grote rotordiameter en voldoende hoogte.

Afbeelding 3.2 Gemiddelde windsnelheden bij Buitenstad



Windturbines zijn grofweg te verdelen in 3 typen.

Zeer kleine windenergie (**micro**) is doorgaans financieel niet haalbaar. Een testopstelling waarbij een aantal microwindturbines zijn onderzocht in Zeeland toonde tegenvallende resultaten, waarbij de best presterende turbine kon produceren tegen EUR 0,24 per kWh (Ingrenious, 2012).

Er zijn diverse **kleine** windturbines verkrijgbaar met een tiphoogte rond de 25 meter. Typisch hebben deze turbines een vermogen van 10-100 kW. De energieproductie ligt met een E.A.Z. windturbine (de houten Groningse windmolens) of een Enair 200L rond de 15 - 20 MWh per jaar¹. Dat komt overeen met het elektriciteitsverbruik van circa 5 huishoudens.

Grote en middelgrote windturbines zijn goed te zien in het landschap. De inpassing van dit type turbine vergt het zeer zorgvuldig doorlopen van planprocedures en kan soms wel 5 jaar duren. Gezien de hoeveelheid bebouwing rondom Buitenstad zien wij dit type turbine niet als haalbaar. Alleen al voor normering rondom geluid is een afstand tot woningen van 400-750 meter noodzakelijk.

¹ Op basis van getallen E.A.Z. gemiddelde opbrengst van 30 MWh in Groningen met gemiddelde windsnelheid van 5,5 m/s en opbrengst prognoses van Enair van 18 MWh bij 4,0 m/s.

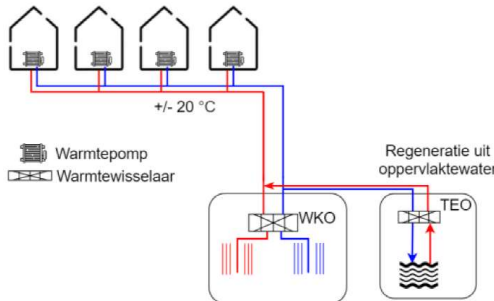
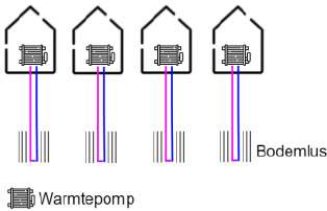
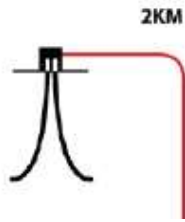
3.3 Elektriciteit uit waterkracht

De potentie bij Zaltbommel wordt in de rapportage van RHDHV als beperkt ingeschat, namelijk < 20 kW¹ bij de Martinus Nijhoffbrug. Achterliggende redenen raken aan de inpassing: in de vaarroute kan geen waterkrachtcentrale gerealiseerd worden. In de kribbe wellicht wel, al is elektriciteitsopbrengst daar zeer beperkt.

3.4 Bodemenergie

De bodem kan op verschillende manieren een rol spelen om woningen van energie te voorzien (zie tabel 3.2.).

Tabel 3.2 Globaal overzicht bodemenergie

Type energiesysteem	Grafische weergave
1 Open bodemenergie-systeem (WKO) bestaat in diverse varianten met steeds hetzelfde basisprincipe. Met een bronsysteem wordt warmte uitgewisseld tussen het warmtenet en grondwater. Zo ontstaan ondergronds warme en koude aquifers waar energie opgeslagen wordt. Afhankelijk van het verschil tussen de warmte- en koudevraag is een regeneratievoorziening noodzakelijk om de aquifers te balanceren. Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) is een mogelijke bron van energie om een thermische onbalans in de bodem te compenseren NB: oppervlaktewater als primaire en enige bron van warmte (aquathermie) wordt niet gezien als oplossing vanwege grote onzekerheden over inpassing, milieu-effecten en beperkte energetisch rendement in het winterseizoen	
2 Gesloten bodemenergie-systeem (bodemplus) door water rond te pompen door een bodemplus wordt energie met de bodem uitgewisseld. Dit is mogelijk voor zowel grondgebonden woningen als appartementen. Met energiezuinige woningen is de bodem voldoende in balans te houden	
3 Geothermie (aardwarmte) geothermie produceert veel warmte met een hoge temperatuur (circa 7.090 graden). De warmte wordt met een stadsverwarmingsnet getransporteerd en gedistribueerd naar verschillende afnemers. Dit kunnen zowel utiliteit, industrie en glastuinbouw zijn. De minimale schaalgrootte is circa 6.000 woningequivalenten	

Potentie

De potentie van verschillende bodemenergiesystemen is bepaald op basis van de volgende uitgangspunten:

- 280 woningen waarvan 200 appartement en 80 grondgebonden;
- energiezuinige woningen (nieuwbouwstandaard BENG);
- bodemopbouw op basis van gegevens uit WKO-tool, DINOloket en Grondwatertools.

¹ Rapportage onderzoek potentie energie uit waterkracht in provincie Gelderland, RHDHV, 27 december 2016.

Tabel 3.3 Technische en financiële haalbaarheid

Type en haalbaarheid	Haalbaarheid	Toelichting
collectief, open bodemenergie-systeem (WKO)	✓	haalbaar, want: - de bodemopbouw is geschikt voor de realisatie van een WKO-bronnen; - op basis van de WKO-tool¹ zijn er geen verbods- en aandachtsgebieden van toepassing op Buitenstad; - voldoende regeneratiemogelijkheden met oppervlaktewater (TEO); - de stedelijke dichtheid binnen het plangebied biedt voldoende zicht op afzet van energie in verhouding tot de kosten van benodigde infrastructuur; - temperatuurniveau (lage temperatuur) en energievraag van nieuwbouwwoningen sluiten goed aan op temperatuurniveau van bronnen (hoog energetisch rendement) aandachtspunt: - regelgeving en maatregelen tijdens uitvoering ten behoeve van bodemverontreiniging en ligging nabij rivier
individueel/semicollectief, gesloten bodemenergie-systeem (bodemlus)	✓	haalbaar, want: - stedelijke dichtheid binnen het plangebied biedt voldoende zicht op beperkte en beheersbare thermische interferentie tussen verschillende systemen; - temperatuurniveau en energievraag van nieuwbouwwoningen sluiten goed aan op temperatuurniveau van bodem (hoog energetisch rendement) aandachtspunt: - regelgeving en maatregelen tijdens uitvoering ten behoeve van bodemverontreiniging en ligging nabij rivier
geothermie (grootschalig collectief)	✗	niet haalbaar, want: - schaalgrootte is bepalend voor de technische en financiële haalbaarheid van geothermie (richtlijn voor de realisatie van een geothermieproject: >6.000 woningen); - ontwikkeling van geothermie is een ontwikkeling van tenminste 5 jaar

3.5 Thermische Energie uit Afvalwater (TEA)

De potentie van Thermische Energie uit Afvalwater wordt vanwege onzekerheid over omvang van potentie en beschikbaarheid in en dichtbij Buitenstad niet als realistisch beschouwd.

De potentie van thermische energie uit afvalwater uit Buitenstad en direct aanliggende omgeving is met de beschikbare gegevens niet in te schatten. Daarnaast wordt er reeds vanuit lopende projecten (Hospice) de inzet van thermische energie uit afvalwater onderzocht waarmee de toepassing voor Buitenstad zou komen te vervallen².

3.6 Restwarmte

Hernieuwbare warmte is schaars. Als nieuwbouwwontwikkelingen aanspraak maken op deze restwarmte, is deze restwarmte niet beschikbaar voor bestaande gebouwen. Vanuit het oogpunt van verdeling van hernieuwbare energie moeten restwarmtebronnen daarom strategisch ingezet worden. Om die reden wordt geadviseerd om te kiezen voor een energiebron die geen impact heeft op de verduurzamingsmogelijkheden van de gebouwde omgeving in nabijgelegen gebieden. Restwarmte wordt in deze energiescan niet verder uitgewerkt.

¹ WKOtool.nl, geraadpleegd op 27 januari 2020.

² Reactie van de heer R. Lust, projectleider ontwikkeling Smit's Bouwbedrijf op conceptnotitie.

4 KOSTEN-BATENSCAN

4.1 Zonne-energie

Zonne-energie op daken

Het vermogen van de zonne-energie installatie per woning bedraagt circa 7.500 Wp (wanneer al het beschikbare oppervlak wordt ingezet). De systeemprijzen liggen op ongeveer circa EUR 1,00 Wp, daarmee komt de investering per woning op ongeveer circa EUR 7.500,00 per woning (NB: per woning wordt circa 6.500 kWh per jaar aan elektriciteit opgewekt, zie paragraaf 3.1). Op basis van de salderingsregeling en voorgenomen versobering daarvan verdienen huishoudens deze investering in 6-8 jaar terug.

Zonne-energie op gevels

De kosten van BIPV oplossingen variëren sterk afhankelijk van het type zonnepaneel en de mate van maatwerk. Een studie uitgevoerd door de Universiteit Utrecht¹ in 2017 toont aan dat de kosten van BIPV op circa EUR 200,00 - 500,00 m² ligt. De kosten van BIPV zijn aanmerkelijk hoger dan die van reguliere zonnepaneelinstallaties en kennen daarom ook een langere terugverdientijd. BIPV panelen hebben wel een dubbele functie omdat ze tevens als gevelbekleding werken, daarmee bespaart de toepassing op reguliere gevelbekleding.

Zonne-energie op water

In Nederland worden sinds dit jaar diverse zonne-energie op water projecten gerealiseerd. Deze projecten hebben allen een SDE+ beschikking om tot een financieel haalbaar project te komen. De exacte investeringskosten zijn ons niet bekend. Op basis van gerealiseerde projecten is de conclusie dat er een rendabele business case te maken is met zonne-energie op water projecten.

4.2 Collectief, open bodemenergiesysteem (WKO)

Het merendeel van de woningen in Buitenstad is gestapeld, dit werkt positief op de betaalbaarheid van een collectief energiesysteem. Immers: er is minder infrastructuur nodig om woningen van energie te voorzien. Een bijdrage in de aansluitkosten (BAK) per woning ligt voor een nieuwbouw ontwikkeling typisch tussen EUR 6.000,00 en EUR 8.000,00 per aangesloten woning.

Gedurende de exploitatie van het energiesysteem betalen bewoners voor een vastrecht en gebruikstarief. Energielasten voor nieuwbouwwoningen liggen op, of net onder de door de ACM voorgeschreven maximumtarieven. Daar staat tegenover dat de bewoners volledig ontzorgd zijn en op een toekomstbestendige, duurzame energievoorziening zijn aangesloten.

4.3 Individueel/semicollectief gesloten bodemenergiesysteem (bodemplus)

Grondgebonden woningen

Een bodemplus met warmtepomp kan door woningeigenaren worden gehuurd of gekocht. Dit biedt flexibiliteit. De bedragen voor huur en koop zijn situationeel voor de ontwikkeling en kunnen sterk uiteenlopen:

- koopoptie: circa EUR 10.000,00 exclusief omzetbelasting met een bandbreedte van -10 % tot +50 %. Maandlasten daarna zijn gebruiksafhankelijk, maar doorgaans lager dan de maandelijkse lasten bij aansluiting op een collectieve energievoorziening;
- huuroptie: sterk afhankelijk van de aanbieder, doch vergelijkbaar of goedkoper ten opzichte van een aansluiting op een collectieve energievoorziening.

¹ <https://www.uu.nl/sites/default/files/roadmap-pv-systemen-en-toepassingen-final.pdf>.

Gestapelde woningen (appartementen)

Boven elkaar gelegen appartementen worden aangesloten op 1 diep geboorde bodemlus. Ook hier bestaat een koop- en een huur-optie voor de warmtepomp. Richtbedragen zijn situationeel en afhankelijk van de systeemconfiguratie. Zo kunnen appartementen een warmtepomp delen of niet. De kosten voor kopen of huren liggen doorgaans niet hoger dan in het geval van een grondgebonden woning met een bodemlus.

4.4 (Gezamenlijke) warmtepompsystemen in diverse varianten

Voor alternatieve configuraties van collectieve, semicollectieve en individuele warmtepompsystemen verandert het beeld niet behalve:

- vanwege een hoog energetisch rendement van bodemenergiesystemen zijn gebruikskosten minimaal. Gebruikskosten van lucht/water warmtepompen zijn hoger vanwege een lager energetisch rendement van het systeem;
- akoestische maatregelen om geluidsproductie van lucht/water warmtepompen te beperken zijn kostenverhogend. Per woning met een individueel lucht/water warmtepompsysteem kunnen kosten oplopen tot EUR 1.500,00 - 2.000,00.

4.5 Elektriciteit uit waterkracht

De betaalbaarheid van waterkrachtcentrales is niet positief. Vanwege hoge investeringskosten en beperkte opbrengst is het investeringsrendement te beperkt om interessant te zijn¹. Dit geldt voor zowel grotere als kleinere systemen. Waterkracht kan wel worden gezien als een 'extra' wanneer een deel van de investering bekostigd kan worden uit bijvoorbeeld (rijks)gelden. Zie ook het financiële voorbeeld van een waterkrachtcentrale van 18 kW uit het rapport van RHDHV:

'Een waterkrachtcentrale van 18 kW bij Stuw de Pol levert op jaarbasis theoretisch 75 MWh aan energie (ca 20 gezinnen). De inkomsten (na aftrek van operationele kosten) die daar bij horen liggen afhankelijk van de transactieprijzen tussen EUR 7.200 / jaar en EUR 12.000 / jaar. Om een redelijke IRR van 10 tot 12 procent te behalen mogen de investeringskosten tussen EUR 38.311 en EUR 61.813 liggen.'

5 ONTWERPRICHTLIJN RUIMTELIJKE INPASSING

5.1 Inpassing zonne-energie

Zonne-energie op daken

Binnen het stedelijk ontwerp kan rekening gehouden worden met een volgorde in de toepassing van zonne-energie. De volgorde is gebaseerd op gemak van toepassing en multifunctioneel ruimtegebruik:

- 1 benut dakoppervlak;
- 2 benut geveloppervlak;
- 3 benut openbare ruimte waar een overkapping mogelijk is (carpool, trottoirs, OV haltes);
- 4 aanvullingen vanuit het gebied (veld of drijvend).

¹ Rapportage onderzoek potentie energie uit waterkracht in provincie Gelderland, RHDHV, 27 december 2016.

Afbeelding 5.1 Visualisaties van toepassingen van PV-panelen op platte daken en zadeldaken



De volgende randvoorwaarden zijn van toepassing voor zonne-energie op daken en gebouwen:

- realiseer een oost/west opstelling op platte daken om de opbrengst per m² te maximaliseren. Een oost/west opstelling zorgt niet voor de hoogste energieopbrengst per zonnepaneel, maar wel per m² dakoppervlak;
- waar mogelijk zonne-energie op schuine dak toepassen, mijd daarbij de schuine daken tussen noordwest en noordoost;
- schuine daken zo plaatsen dat het vlak georiënteerd is op het zuiden;
- plaats dak-elementen (zoals afvoer of installaties) aan de randen zodat een zo groot mogelijk vlak overblijft voor zonne-energie;
- tracht het maximaal dak-potentieel in het stedelijk ontwerp toe te passen;
- houdt (binnenshuis) rekening met opstelplekken voor omvormers en bekabeling;
- voorkom dat omliggende gebouwen een schaduw werpen op de zon georiënteerd dakoppervlak;
- bomen aan de zuid- of westzijde van woningen hebben een gunstig effect op de warmte en koudevraag van de woningen. Pas bomen toe die niet hoger reiken dan de dakgoot om planschade door verminderde opbrengst van zonnepanelen te voorkomen.

Zonne-energie op en in gevels

Steeds vaker worden ook de gevels van gebouwen ingezet voor de opwek van duurzame energie. Dalende kosten en betere en uitbreiding van mogelijke integratiemogelijkheden van zonne-energie maken BIPV voor façades een reële optie om de energieprestatie van een gebied of gebouw te verbeteren. De plaatsing van zonne-energie op verticale vlakken zorgt voor een vermindering in opbrengst ten opzichte van een optimale plaatsing.

Er zijn diverse technische mogelijkheden om zonne-energie in façades van gebouwen te integreren. Doorgaans bestaan BIPV-oplossingen uit rechte delen (rechthoeken). Oplossingen kunnen onderdeel zijn van de thermische schil van een gebouw wat eisen stelt aan de isolatiewaarden van een paneel. Andere oplossingen zijn makkelijker in te passen, zoals glas-glas zonnepanelen als balkonbalustrade of vliesgevel.

Afbeelding 5.2 Visualisaties van toepassingen van PV-panelen in en op gevels



Of BIPV in gevels ook voor Buitenstad relevant en wenselijk is zal afhankelijk zijn van de totale energievraag. Wanneer BIPV wordt toegepast wordt zijn de volgende randvoorwaarden van toepassing:

- tracht zuidgevels vrij te houden voor zonne-energie bij gebouwen van 3 of meer bouwlagen;
- houdt in het groenprogramma rekening met deze gebouwen in verband met schaduwwerking bomen;
- hogere gebouwen zijn het meest interessant voor deze techniek en hebben ook het minste dakoppervlak in relatie tot gebruiksoppervlak waardoor energieprestatieverplichtingen (BENG3) beter te realiseren zijn.

Zonne-energie op water

Aandachtspunten voor inpassing van drijvende zonne-energie zijn:

- de ecologische impact van het dichtleggen van een wateroppervlak. Er zijn ook opstellingen mogelijk waarbij meer dan 50 % van het wateroppervlak open blijft;
- ander gebruik van de insteekhaven;
- de mate van golfslag op de locatie;
- voldoende grootte netaansluiting voor de hoeveelheid vermogen.

Afbeelding 5.3 Voorbeeld van een drijvende zonne-energie installatie, testen op de Slufter



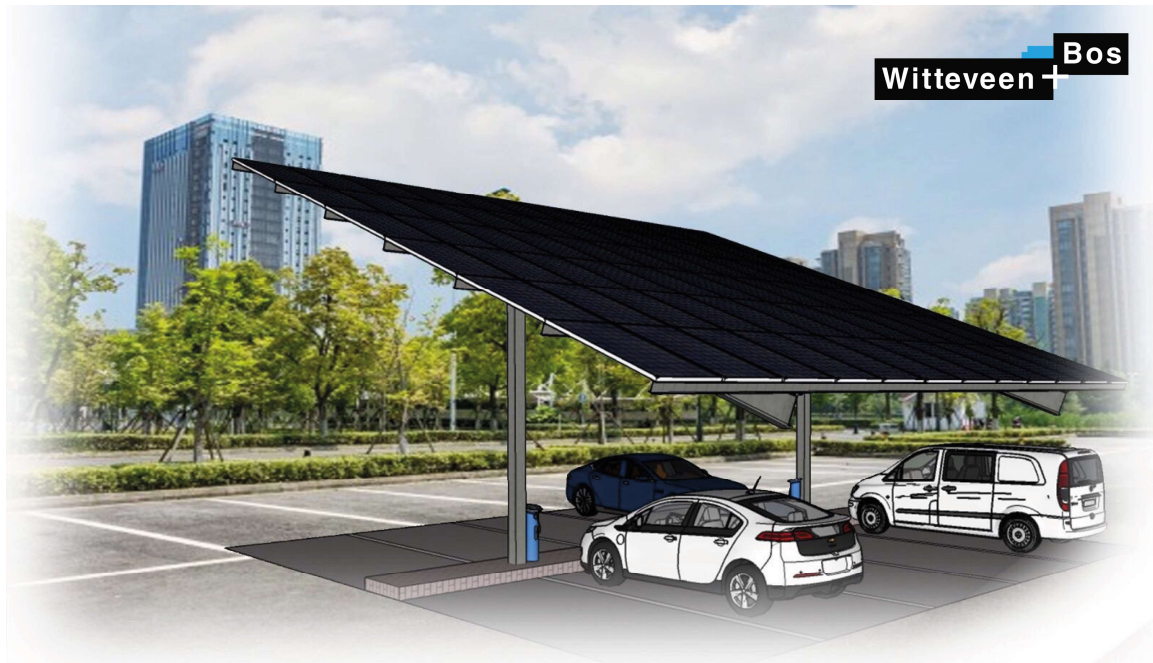
Overige mogelijkheden zonne-energie

Naast opwekpotentieel op gebouwen kan ook de openbare ruimte en het omliggende gebied ingezet worden voor energieopwekking:

- overdekte tram- en bushaltes;
- overdekte parkeerplaatsen bij woningen, openbare parkeerplaatsen en carpoolplekken;
- gedeeltelijke overdekking van trottoirs of strandboulevards;
- zonne-energie in bestrating, zoals SolaRoad of SolarPath.

Met name het centrale parkeerplein biedt een mooie kans om zonne-energie te plaatsen. Het plein heeft een oppervlak van ongeveer 3.500 m², bij volledige overdekking met een lichte zonnepaneel overkapping kan hier zo'n 500.000 kWh per jaar worden opgewekt. Een voorbeeld hiervan is te zien in afbeelding 5.4.

Afbeelding 5.4 Visualisatie overdekte carport met laadinfrastructuur



5.2 Inpassing windenergie

Kleine windenergie, zoals de windmolens van E.A.Z., zijn mogelijk inpasbaar voor Buitenstad. De dichtheid van bebouwing en de vereiste afstand tot de waterweg maken inpassing echter ingewikkeld. Ook de bijdrage aan de energievoorziening van Buitenstad zal vanwege de beperkte windsnelheid, rotorhoogte rotordiameter beperkt zijn. Windenergie moet dan echt een wens zijn om de identiteit van het gebied te versterken.

Scheepvaart en radarverstoring

Onder andere in het Handboek risicozonering windturbines (RVO, 2014) wordt ingegaan op afstanden langs kanalen, rivieren en havens. Rijkswaterstaat hanteert de regel dat een windturbine ten minste 50 meter uit de rand van de vaarweg geplaatst moet worden. Deze afstand wordt gehanteerd om verstoring voor wal- en scheepsradarapparatuur en visuele hinder te voorkomen.

Afbeelding 5.5 Visualisatie van E.A.Z. kleine windturbine van hout



5.3 Inpassing bodemenergiesystemen

Collectief bodemenergiesysteem (WKO)

Een collectief bodemenergiesysteem wordt beter haalbaar en betaalbaar met hogere bouwdichtheid. Gegeven de ligging van blok K en L ten opzichte van de overige bebouwing is het onwaarschijnlijk dat deze woningen onderdeel zullen uitmaken van een collectief energiesysteem, omdat de extra investeringen in infrastructuur niet opwegen tegen de inkomsten uit verkoop van warmte. Hernieuwbare energie voor de woningen van blok K en L is mogelijk alleen (financieel) interessant met een individuele oplossing.

Een collectief bodemenergiesysteem is een energiesysteem op gebiedsniveau. Bij inpassing van het systeem in de openbare ruimte en gebouwen moet rekening gehouden worden met:

- inpassing energiecentrale. De energiecentrale is het punt waar de WKO warmte en koude uitwisselt met het distributienetwerk;
 - houdt rekening met een bovengrondse ruimtereservering van tenminste 100 m²;
 - de energiecentrale wordt, gezien de elektriciteitsaansluiting, bij voorkeur gecombineerd met een transformatorstation van de netbeheerder;
 - de energiecentrale wordt idealiter tussen de warme en koude bron in geplaatst;
- inpassing van een warmtenet:
 - reserveer ruimte in het dwarsprofiel voor kabels en leidingen, de warmte-infrastructuur (aanvoer- en retourleiding) heeft een ruimtebeslag van circa 0,75 x 0,25 meter (dwarsdoorsnede). Naarmate het warmtenet verder afsplitst wordt het ruimtebeslag kleiner;
- regeneratievoorziening zoals Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO):
 - om de onbalans tussen warmte- en koude in de bodem te compenseren is Waalwater uit de binnenhaven of rivier een logische bron van warmte. Een warmtewisselstation bestaat uit een water in- en uitlaat en 2 leidingen naar de energiecentrale (zie hierboven) waar warmte uitgewisseld wordt met het bronwater. Reserveer hiervoor ruimte in het dwarsprofiel.

Individueel/semicollectief gesloten bodemenergiesysteem (bodemplus)

Individuele systemen hebben geen impact op de ruimte in openbaar gebied. De thermische interactie in de bodem is wel zeer belangrijk. Daarom moet van individuele en semicollectieve bodemenergiesystemen worden vastgesteld of de systemen elkaar onderling niet negatief beïnvloeden middels een bodeminterferentiestudie.

(Gezamenlijke) warmtepompsystemen in diverse varianten

Voor alternatieve configuraties van collectieve, semi-collectieve en individuele warmtepompsystemen gelden geen nieuwe of andere voorwaarden voor inpassing.

De inpassing van lucht/water warmtepompen is wel een aandachtspunt. Om te voldoen aan eisen ten aanzien van geluidsproductie zijn akoestische maatregelen nodig. Deze maatregelen zijn beeldbepalend en verdienen daarom aandacht bij inpassing in de ruimte.

Afbeelding I.1 VO stedenbouwkundig plan Buitenstad Zaltbommel .d.d. 8 april 2019, wUrk

