

BRINK

 **Kuipers** koninklijke

essent



Technische standaard

Lokaal collectief energiesysteem

Factsheets

1	MANAGEMENTSAMENVATTING.....	5
2	VIRTUAL GRID	6
2.1	ALGEMENE BESCHRIJVING VIRTUAL GRID	6
2.1.1	Voordelen van een virtueel netwerk.....	6
2.2	ECTOGRID.....	7
2.2.1	Omschrijving techniek	7
2.2.2	Werkingsprincipe.....	7
2.2.3	Do's and don'ts Kansen en risico's.....	8
2.2.4	Verwante technologieën	9
2.2.4.1	Technische voorwaarden.....	9
2.2.4.2	Regelgeving.....	9
2.3	VIRTUAL GRID	10
2.3.1	Omschrijving techniek	10
2.3.2	Werkingsprincipe.....	10
2.3.3	Do and don'ts Kansen en risico's	11
2.3.4	Verwante technologieën	11
3	ENERGIEMANAGEMENT	12
3.1	ALGEMENE BESCHRIJVING ENERGIEMANAGEMENT	12
3.1.1	Voordelen van een energiebeheerplatform:	12
3.2	ENERGIEMONITORING – OPTIMUM	13
3.2.1	Omschrijving techniek	13
3.2.2	Werkingsprincipe.....	13
3.2.3	Do and don'ts Kansen en risico's	15
3.2.4	Verwante technologieën	15
3.2.5	Technische voorwaarden.....	15
3.2.6	Regelgeving.....	15
3.3	ENERGIEBEHEER – SECTOR COUPLING	16
3.3.1	Omschrijving techniek	16
3.3.2	Werkingsprincipe.....	16
3.3.3	Do's and don'ts Kansen en risico's.....	18
3.3.4	Verwante technologieën	18
3.3.5	Technische voorwaarden.....	19
3.3.6	Regelgeving.....	19
3.4	VEHICLE TO GRID – V2G.....	20
3.4.1	Omschrijving techniek	20
3.4.2	Do's and don'ts Kansen en risico's.....	21
3.4.3	Verwante technologieën	21
3.4.4	Technische voorwaarden.....	21
3.4.5	Regelgeving.....	22
3.5	REGULIER LADEN – AC	23
3.5.1	Omschrijving techniek	23
3.5.2	Werkingsprincipe.....	23
3.5.3	Do's and don'ts Kansen en risico's.....	23
3.5.4	Verwante technologieën	24
3.5.5	Technische voorwaarden.....	24

3.5.6	Regelgeving	24
3.6	SNELLADEN – DC	26
3.6.1	Omschrijving techniek	26
3.6.2	Werkingsprincipe.....	26
3.6.3	Do's and dont's Kansen en risico's.....	27
3.6.4	Verwante technologieën	27
3.6.5	Technische voorwaarden.....	27
3.6.6	Regelgeving	28
3.6.6.1	Goedkeuring van vergunningen en planning	28
3.6.7	Beleidsondersteuning.....	28
3.7	ENERGIEOPSLAG – ELEKTRICAL BATTERY STORAGE.....	29
3.7.1	Omschrijving techniek	29
3.7.2	Werkingsprincipe.....	29
3.7.3	Do's and dont's Kansen en risico's.....	29
3.7.4	Verwante technologieën	30
3.7.5	Technische voorwaarden.....	30
3.7.6	Regelgeving	30
3.7.7	Beleidsondersteuning.....	31
3.8	WATERSTOF EN BRANDSTOFCELLEN	32
3.8.1	Omschrijving techniek	32
3.8.2	Werkingsprincipe.....	32
3.8.3	Do's and dont's Kansen en risico's.....	33
3.8.4	Verwante technologieën	34
3.8.5	Technische voorwaarden.....	34
3.8.6	Regelgeving	34
3.9	WINDTURBINES	36
3.9.1	Omschrijving techniek	36
3.9.2	Werkingsprincipe.....	36
3.9.3	Do's and dont's Kansen en risico's.....	36
3.9.4	Verwante technologieën	37
3.9.5	Technische voorwaarden.....	37
3.9.6	Regelgeving	38
4	WARMTENET EN ENERGIEOPWEKKING	39
4.1	ALGEMENE BESCHRIJVING WARMTENET	39
4.2	RESTWARMTEKOPPELING.....	41
4.2.1	Omschrijving techniek	41
4.2.2	Werkingsprincipe.....	41
4.2.3	Do's & Don'ts Kansen en risico's.....	42
4.2.4	Technische voorwaarden.....	43
4.2.5	Communicatie, samenwerking, uitwisselingsprotocollen	44
4.2.6	Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden.....	44
4.2.7	Richtlijnen onderhoud en beheer	44
4.2.8	Regelgeving	45
4.3	WARMTEPOMP (INDIVIDUEEL).....	46
4.3.1	Omschrijving techniek	46
4.3.2	Werkingsprincipe.....	46
4.3.3	Do's & Don'ts Kansen en risico's.....	47
4.3.4	Ontwerputgangspunten	48

4.3.5	Richtlijnen onderhoud en beheer	49
4.3.6	Ruimtelijke voorwaarden	51
4.3.7	Technische voorwaarden.....	52
4.3.8	Collectieve koppelmogelijkheden	52
4.4	WARMTEPOMP (COLLECTIEF)	53
4.4.1	Omschrijving techniek	53
4.4.2	Werkingsprincipe.....	53
4.4.3	Do's & Don'ts Kansen en risico's.....	53
4.4.4	Technische voorwaarden.....	54
4.4.5	Ruimtelijke voorwaarden	55
4.4.6	Collectieve koppelmogelijkheden	56
4.4.7	Communicatie, samenwerking & uitwisselingsprotocollen.....	56
4.4.8	Monitoring en prestatiebewaking.....	56
4.5	WKO-BRON (OPEN)	57
4.5.1	Omschrijving techniek	57
4.5.2	Werkingsprincipe.....	57
4.5.3	Do's & Don'ts Kansen en risico's.....	58
4.5.4	Technische voorwaarden.....	58
4.5.5	Ruimtelijke voorwaarden	59
4.5.6	Collectieve koppelmogelijkheden	60
4.5.7	Communicatie, samenwerking, uitwisselingsprotocollen	60
4.5.8	Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden.....	61
4.5.9	Richtlijnen onderhoud en beheer	61
4.6	WKO-BRON (GESLOTEN).....	63
4.6.1	Omschrijving techniek	63
4.6.2	Werkingsprincipe.....	63
4.6.3	Do's & Don'ts Kansen en risico's.....	64
4.6.4	Ontwerputgangspunten	65
4.6.5	Regelgeving.....	67
4.7	BIOGAS	68
4.7.1	Omschrijving techniek	68
4.7.2	Werkingsprincipe.....	68
4.7.3	Do's & Don'ts Kansen en risico's.....	69
4.7.4	Ontwerputgangspunten	69
4.7.5	Ruimtelijke voorwaarden	69
4.7.6	Technische voorwaarden.....	69
4.7.7	Collectieve koppelmogelijkheden	70
4.7.8	Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden.....	70
4.7.9	Richtlijnen onderhoud en beheer	70
4.7.10	Regelgeving.....	71
4.8	E-KETELS	72
4.8.1	Omschrijving techniek	72
4.8.2	Werkingsprincipe.....	72
4.8.3	Do's & Don'ts kansen en risico's.....	73
4.8.4	Technische voorwaarden.....	73
4.8.5	Regelgeving.....	73
4.9	BUFFERVATEN THERMISCHE OPSLAG	74
4.9.1	Omschrijving techniek	74

4.9.2	Werkingsprincipe.....	74
4.9.3	Do's & Don'ts kansen en risico's.....	75
4.9.4	Technische voorwaarden.....	76
4.10	ZONNECOLLECTOREN	77
4.10.1	Omschrijving techniek	77
4.10.2	Werkingsprincipe.....	77
4.10.3	Do's & Don'ts kansen en risico's.....	78
4.10.4	Technische voorwaarden.....	79
4.10.5	Regelgeving.....	79
4.11	AQUATHERMIE (TED, TEO & TEA)	80
4.11.1	Omschrijving techniek	80
4.11.2	Werkingsprincipe.....	80
4.11.3	Do's & Don'ts kansen en risico's.....	81
4.11.4	Technische voorwaarden.....	82
4.11.5	Ruimtelijke voorwaarden	83
4.11.6	Collectieve koppelingsmogelijkheden	84
4.11.7	Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden.....	84
4.11.8	Richtlijnen onderhoud en beheer	84
4.11.9	Regelgeving.....	85
4.12	GEOTHERMIE	86
4.12.1	Omschrijving techniek	86
4.12.2	Werkingsprincipe.....	86
4.12.3	Do's & Don'ts Kansen en risico's.....	87
4.12.4	Technische voorwaarden.....	88
4.12.5	Regelgeving.....	89
4.13	PV-PANELEN – ZONNE-ENERGIE	90
4.13.1	Omschrijving techniek	90
4.13.2	Werkingsprincipe.....	90
4.13.3	Do's & Don'ts Kansen en risico's.....	90
4.13.4	Verwante technologieën	91
4.13.5	Technische voorwaarden.....	91

Auteurs:

Essent EIS, Kuipers, Brink
Rajiv Hotchandani,
Ron Lemmen,
Gautham Sudhakar,
Roel van der Heijden.

	Naam	Actie	Status	Datum
0.1	80% gereed	Verstrekt aan POM	Ter controle	07-07-2023
0.2	Concept gereed	Verstrekt aan POM	Ter controle	21-07-2023
1.0	Technische standaard	Verstrekt aan POM	definitief	28-07-2023

1 Managementsamenvatting

Deze technische standaard is opgesteld om inzicht te geven in welke technieken er mogelijk zijn binnen een collectief energiesysteem. Per techniek zijn de belangrijkste aandachtspunten en voorwaarden opgenomen. Hiermee wordt de basis gelegd, zowel op individueel niveau als (klein) collectief om in een later stadium een collectief energiesysteem te kunnen ontwikkelen.

Leeswijzer

Iedere technische oplossing wordt eerst globaal beschreven. Vervolgens wordt het werkingsprincipe van de techniek beschreven en de kansen, risico's en voorwaarden van de desbetreffende techniek.

De technieken zijn geschreven vanuit 3 hoofdthema's: Virtual grid, Energiemanagement en warmtenet/energieopwekking.

2 Virtual Grid

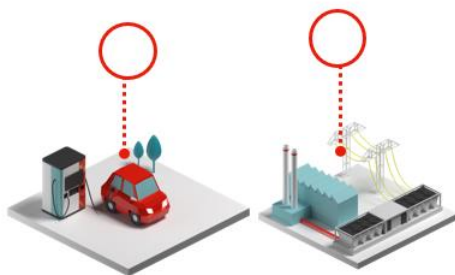
2.1 Algemene beschrijving Virtual Grid

Een virtueel elektriciteitsnet is een oplossing voor problemen met netwerkcongestie en biedt flexibiliteit om zich aan te passen aan het wisselende aanbod van hernieuwbare bronnen en de wisselende vraag van gebruikers. Virtual grid integreert centraal de opwekking van hernieuwbare energie, opslagsystemen en optimaliseert netverbindingen. Virtual grid bestaat uit twee lagen: Virtuele laag en fysieke laag. De virtuele laag richt zich op de integratie van gegevensgestuurde oplossingen die de uitwisseling van elektriciteit slim beheren. De fysieke laag legt de nadruk op oplossingen die zich richten op het optimaliseren van vraag en aanbod door fysieke aanpassingen aan het energiesysteem.

Het hoge energieverbruik van bedrijventerreinen maakt ze vatbaar voor verschillende energie-uitdagingen als gevolg van congestie van het elektriciteitsnet. Het maatschappelijk belang van bedrijventerreinen is cruciaal en daarom is het noodzakelijk om bedrijven te helpen hun uitdagingen aan te gaan en hun economische activiteiten in stand te houden.

De drie belangrijkste energie-uitdagingen die door een virtueel net kunnen worden opgelost, zijn:

- Voldoen aan duurzaamheid
- Omgaan met congestie
- Energie betaalbaar houden.



Traditioneel energiesysteem (links) een versus virtueel grid (rechts)

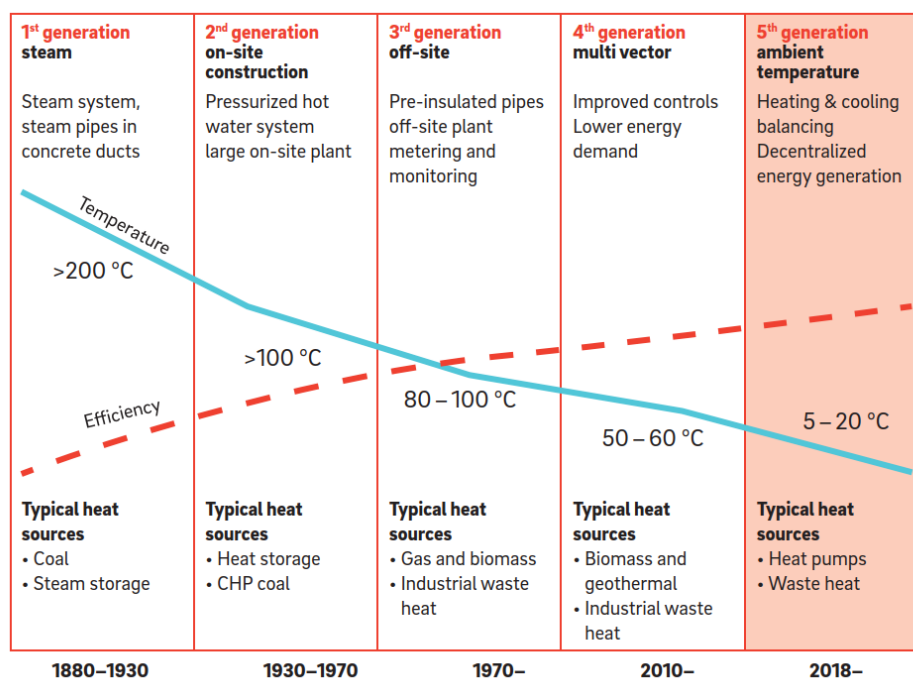
2.1.1 Voordelen van een virtueel netwerk

- Virtuele netwerken vergemakkelijken de integratie van diverse energiebronnen, zoals zonne- en windenergie en opslagsystemen op batterijen.
- Virtuele netwerken stellen consumenten en gemeenschappen in staat om hun energie lokaal op te wekken, op te slaan en te beheren. Dit vergroot de energieonafhankelijkheid en vermindert de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen.
- Investeren in virtuele netwerken positioneert bedrijven en gemeenschappen voor toekomstbestendige energiesystemen. Het stelt hen in staat om zich aan te passen aan veranderende technologieën en regelgeving, waardoor de weg wordt vrijgemaakt voor een duurzamere toekomst.

2.2 Ectogrid

2.2.1 Omschrijving techniek

E.ON Ectogrid™ is een 5e generatie warmtenet voor collectieve verwarming en koeling*. Het bestaat uit dezelfde soort componenten als conventionele energieoplossingen - het verschil zit hem in een nieuwe manier om ze te combineren. E.ON Ectogrid™ is een gepatenteerde verwarmings- en koelingsoplossing gebaseerd op uitgebreide ervaring met het ontwerpen en beheren van energiesystemen in verschillende delen van de wereld en levert zowel verwarming als koeling vanuit hetzelfde netwerk.

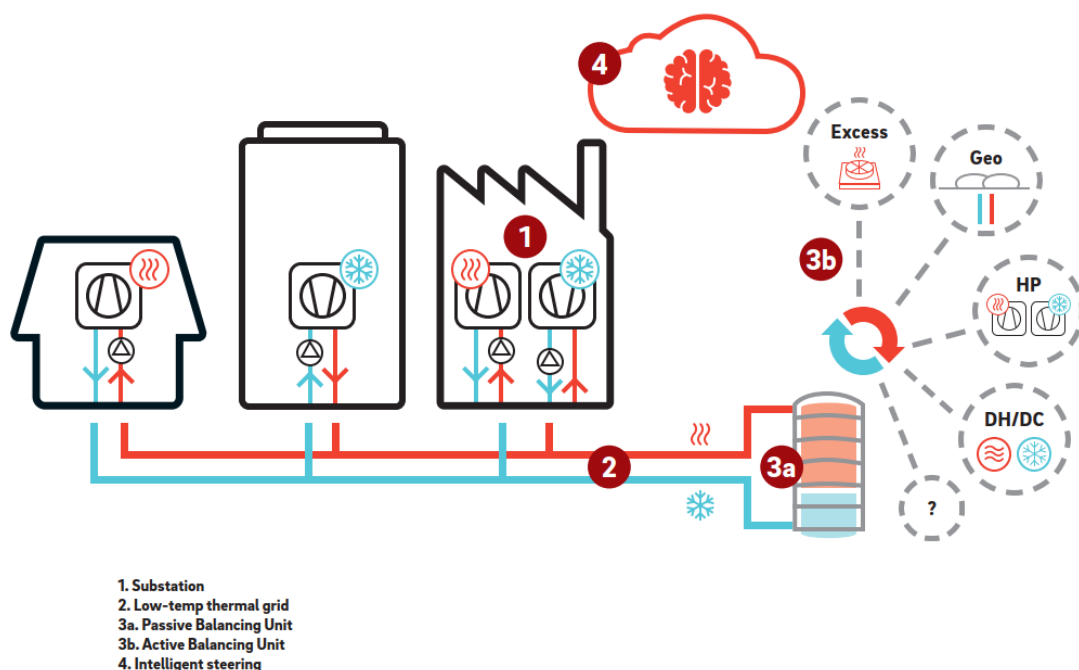


2.2.2 Werkingsprincipe

Elk gebouw dat is aangesloten op een E.ON Ectogrid™ heeft een warmtepomp en/of een koelmachine (=1. Substation) die de temperatuur naar behoefte verhoogt of verlaagt. Als een gebouw bijvoorbeeld verwarmd moet worden, wordt er water uit de warme leiding (=2. Warmtenet met lage temperatuur) gehaald en is er slechts een kleine hoeveelheid elektrische energie nodig om de temperatuur op het gewenste niveau te brengen. (zie de factsheets betreffende warmtepompen (4.3 & 4.4) voor de specifieke werking van warmtepompen). De koeling wordt teruggestuurd in de koude leiding (=2. Thermisch laagtemperatuurnet) om te worden hergebruikt door een gebouw dat EEN KOELVRAAG heeft. Om dit te laten werken zijn decentrale pompen in elk deelstation nodig.

Het voordeel is dat het water in het netwerk niet zo warm of koud hoeft te zijn als de werkelijke vraag naar verwarming of koeling, wat \ lage warmteverliezen geeft. Warmtepompen en koelmachines kunnen hierdoor beter presteren omdat ze binnen een gunstiger temperatuurbereik kunnen werken dan bij andere oplossingen, wat de efficiëntie ten goede komt.

E.ON ectogrid™ verwerkt variaties in vraag en aanbod door energie op te slaan die op een later moment kan worden wanneer er een warmte- of koudevraag is. E.ON ectogrid™ gebruikt een accumulatorvat (=3a. Passive Balancing Unit) om de warm- en koudwaterniveaus van het systeem in evenwicht te houden. Als het reservoir niet voldoende is om het verschil tussen de verwarmings- en koelingsbehoeften van een systeem te balanceren, maakt E.ON ectogrid™ gebruik van externe energievoorziening (= 3b. Active Balancing Unit) om energie te leveren of af te voeren. Actieve balanceringsniveaus kunnen worden toegepast door verschillende soorten energie, bijvoorbeeld omkeerbare lucht/water-warmtepomp, geothermie/boorgat, overtollige warmte van industrieën, datacenters, winkelcentra, openbare baden enz., of zelfs stadsverwarming/stadskoeling. Het proces wordt aangestuurd door het datagedreven platform E.ON ectocloud™ (=4. Intelligente besturing). E.ON ectocloud™ maakt thermische systeemoptimalisatie en controle van productieplanning, nettemperatuur en balanceringsniveaus mogelijk om de efficiëntie van de activa en het gehele systeem te verbeteren.



Schematische weergave

2.2.3 Do's and don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Thermische energie wordt optimaal (her)gebruikt in plaats van verspild, wat leidt tot lagere operationele en investeringskosten.
- Het systeem is modulair op te bouwen en uit te breiden dankzij decentraal pompen en opwekken
- Twee leidingen nemen minder ruimte in beslag in de grond en vergen minder onderhoud, in vergelijking met de vier leidingen die nodig zijn voor stadsverwarming/ -koelingsystemen.

- Slimme regeling en energiemangement maakt optimalisatie en regeling van de temperaturen en inregelniveaus mogelijk.

Risico's

- Vereist lage temperatuursystemen om volledig te kunnen profiteren van warmteterugwinning en de hoogste efficiëntie te bereiken. Bestaande warmtepompen en BMS moeten via een gateway worden geïntegreerd in het E.ON ectocloud™ stuursysteem en moeten geschikt zijn voor gebruik in combinatie met ModBus TCP.

2.2.4 Verwante technologieën

Een ectogrid™-systeem is gerelateerd aan andere lusroosters met lage (omgevings-)temperatuur omdat het vergelijkbare componenten vereist, maar E.ON ectogrid™ streeft naar het verminderen en hergebruiken van energie door het lokaal te balanceren. Vervolgens wordt pas gekeken naar het toevoegen van extra warmtebronnen.

2.2.4.1 Technische voorwaarden

Een E.ON ectogrid™ vereist de volgende voorwaarden:

- Wanneer er niet vanaf het begin een E.ON ectogrid™ wordt aangelegd, moeten de individuele warmtepompen in de technische ruimten in een later stadium kunnen worden aangesloten op een warmtenet als bron. Dit betekent bijvoorbeeld kiezen voor waterbronwarmtepompen met een droge koeler als warmtebron in plaats van een luchtbronwarmtepomp.
- Idealiter een goede tussen verwarmings- en koelvraag.
- De thermische activa moeten worden aangesloten op de ectogrid-gateway waarvoor een internetverbinding vereist is.
- De hydraulische configuratie van de warmtepompen moet bidirectionele energiestromen mogelijk maken (gelijktijdig verwarmen en koelen).

2.2.4.2 Regelgeving

De wettelijke vereisten zijn afhankelijk van de configuratie van de ectogrid. Over het algemeen zijn er vergunningen nodig voor de leidinginfrastructuur in de grond. Als een WKO wordt gebruikt als WKO, is een waterwetvergunning vereist.

*) de vijfde generatie warmtenetten onderscheidt zich t.o.v. vorige netwerken in het gebruik van een thermische energieopslag. De eerste generaties warmtenetten bestonden uit hoge temperaturen en hoge druk, veelal stoom, netwerken. In de derde en vierde generatie werd de temperatuur verlaagd, eerst naar iets onder het kookpunt (er was geen sprake meer van stoom maar van heet water) en vervolgens naar lagere temperaturen.

2.3 Virtual Grid

2.3.1 Omschrijving techniek

Een virtueel elektriciteitsnet (virtual grid) is een oplossing voor de congestie van het elektriciteitsnet en richt zich op een gedecentraliseerde energie-infrastructuur gericht op efficiënt gebruik van lokale opwekking van hernieuwbare energie, energieopslag en flexibel energieverbruik (EV, verwarming en koeling en ander elektrisch gebruik).

Het virtual grid wordt gerealiseerd in samenwerking met de netbeheerder (DNB). In het huidige regulatoire kader hebben klanten een netaansluiting met een (maximale) gecontracteerde transportcapaciteit (MVA), begrensd door regulering. Deze capaciteit wordt toegewezen aan elk individueel netaansluitpunt in een bepaald gebied met 24/7 beschikbaarheid. De capaciteit is echter niet altijd nodig voor de individuele aansluitingen.

Het virtuele net aggregeert de aansluitingen in een bepaald gebied en maakt het delen van netcapaciteit, energie en flexibiliteit mogelijk. De beschikbare netcapaciteit wordt dus efficiënter gebruikt, waardoor er meer verbindingen in het gebied kunnen worden gecreëerd. Door de beschikbare transportcapaciteit efficiënter te gebruiken, wordt ook de behoefte aan netuitbreiding kleiner.

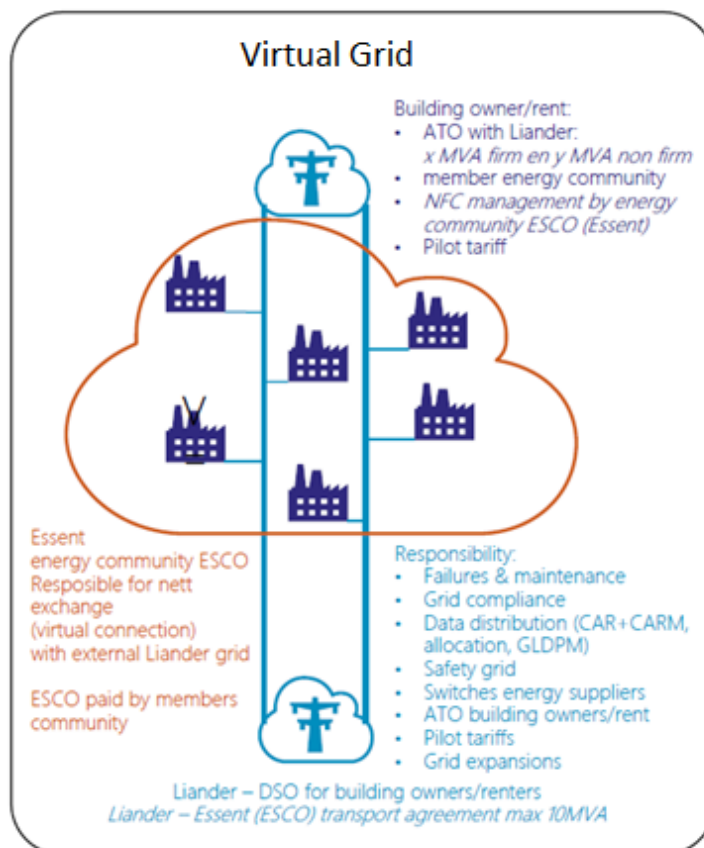
Het concept van het virtuele elektriciteitsnet is op dit moment nog niet gereguleerd, maar Essent doet een pilot met netbeheerder Liander, waarbij het concept HECS (Hybrid Energy Community System) wordt genoemd. Essent lobbyt ook bij Netbeheer Nederland om het virtuele net in regelgeving mogelijk te maken dankzij collectieve aansluit- en transportovereenkomsten (ATO).

2.3.2 Werkingsprincipe

Het virtuele net werkt met conventionele netaansluitingen die door de netbeheerder (DNB) aan de eindgebruiker worden geleverd via een aansluit- en transportovereenkomst.

Een derde partij (ESCo) is echter verantwoordelijk voor het samenvoegen van de aansluitingen, het beheren van de flexibiliteit en het garanderen dat te allen tijde aan de vereisten van het virtuele net wordt voldaan. Het bereik van het virtuele net en de capaciteit die kan worden samengevoegd, hangt af van de bestaande (en toekomstige) netwerktopologie.

Om het gebruik van lokaal geproduceerde energie te stimuleren, wordt een nieuw tariefregime geïntroduceerd voor het transport van elektriciteit. De elektriciteit die wordt getransporteerd tussen aansluitingen op het virtuele net is voordeliger dan de elektriciteit die van buiten het virtuele net wordt getransporteerd. Dit nieuwe tariefstelsel ondersteunt de investeringen in flexibiliteitsactiva die worden gebruikt om het virtuele net in balans te houden.



Schematische weergave

2.3.3 Do and don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Optimaliseert het gebruik van de beschikbare transportcapaciteit in een gebied
- Maakt nieuwe verbindingen mogelijk
- Lagere energietransportkosten
- Gebaseerd op conventioneel elektriciteitsnet met 24/7 beschikbaarheid

Risico's

- Vereist meestal investeringen in flexibiliteitsactiva zoals batterijen
- Zowel ESCo als DSO zijn nodig om de elektriciteitsbalans in een gebied te beheren
- Potentieel hangt af van de bestaande netwerktopologie

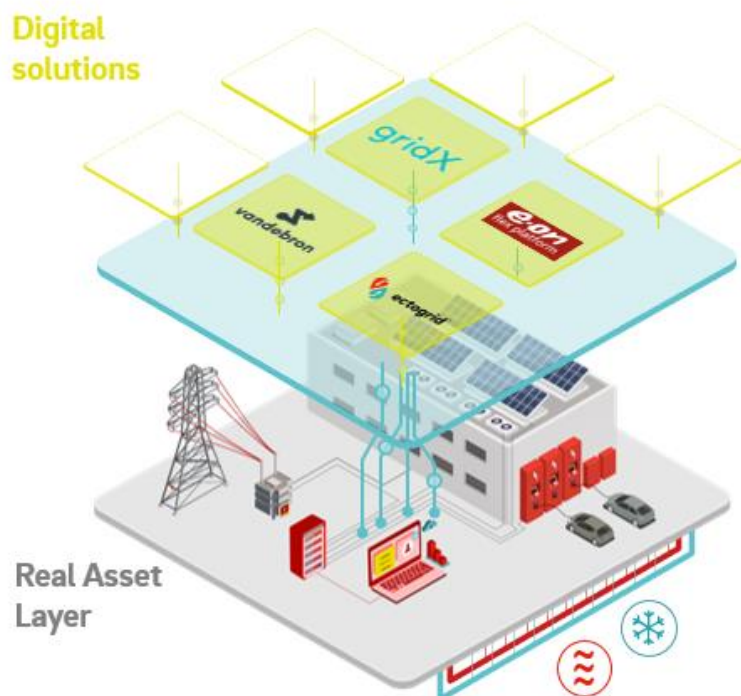
2.3.4 Verwante technologieën

Een virtueel elektriciteitsnet is vergelijkbaar met een particulier elektriciteitsnet (micro-grid of smart-grid), maar maakt gebruik van conventionele netkoppeling met slimme sturing dankzij flexibiliteit en digitale oplossingen. Een virtueel elektriciteitsnet lijkt ook op en deelt doelstellingen met het concept van Energy Hubs.

3 Energiemanagement

3.1 Algemene beschrijving energiemangement

Een energiebeheerplatform is een IT-oplossing die gegevens over energieprijzen, energieverbruik en netwerkcapaciteit integreert. Door deze gegevens te analyseren en te combineren, geeft het platform aanwijzingen of signalen aan gebruikers over gunstige voorwaarden voor energiegebruik. Deze signalen kunnen bestaan uit duurzaamheidsprikkels, prijsprikkels en beschikbaarheid van netwerkcapaciteit. Het platform kan ook de besturing van apparaten automatiseren op basis van deze signalen. Het doel is het optimaliseren van energieverbruik, duurzaamheid, het bevorderen van kostenbesparingen en een efficiënt gebruik van het energienet.



3.1.1 Voordelen van een energiebeheerplatform:

- Door het bijhouden en beheren van het energieverbruik kunnen gebruikers mogelijkheden identificeren om geld te besparen op hun energierekeningen.
- Energiebeheerplatforms kunnen gebruikers helpen bij het identificeren en implementeren van energie-efficiëntiemaatregelen.
- Het platform helpt klanten om energie op te slaan tijdens daluren en te gebruiken tijdens piekuren. Dit kan helpen om de piekvraag te verminderen.

3.2 Energiemonitoring – Optimum

3.2.1 Omschrijving techniek

Slimme oplossingen voor energiemonitoring geven een nauwkeurig overzicht van het energieverbruik en waardevolle inzichten om de energie-efficiëntie te verhogen. E.ON Optimum is een slim energiemonitoring cloudgebaseerd energieplatform van Essent dat energie-intelligentie geeft, wat kan helpen om het energieverbruik en de kosten eenvoudig te verminderen, waardoor snellere en betere beslissingen kunnen worden genomen en duurzaamheidsdoelstellingen kunnen worden gehaald.

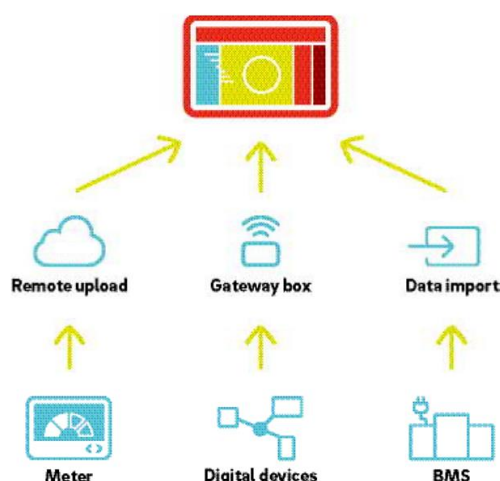
De monitoring verkrijgt gegevens op verschillende manieren (automatisch of met handmatige tussenkomst) van meters, submeters (elektriciteit en verwarming) en sensoren via het gebouwbeheersysteem. De gegevens worden verzameld, verzonden, opgeslagen en op een veilige manier beschikbaar gemaakt in de Optimum cloud.

3.2.2 Werkingsprincipe

Alle energiestroomgegevens worden verzameld in de Optimum cloud en beschikbaar gesteld. De gegevens worden gepresenteerd in verschillende aanpasbare dashboards. Alle live en historische gegevens worden op een eenvoudige manier toegankelijk gemaakt, zodat:

- **Optimaliseer de energiestromen** door een beter overzicht te krijgen van het verbruik en het stimuleren van actiemogelijkheden
- **Actieve kostenbeheersing** door overzicht te houden over het gedrag van uw gebouwen en systemen.
- **Lagere CO2-uitstoot** door het energieverbruik beter te beheersen en te plannen voor de toekomst.

De klant blijft altijd eigenaar van zijn gegevens, die worden uitgewisseld in overeenstemming met de Europese normen voor gegevensbescherming en hosting vindt uitsluitend plaats in beveiligde Europese datacenters die zijn gecertificeerd volgens ISO 27001.



Schematische weergave

Optimum is beschikbaar op verschillende servicelevels, zoals hieronder weergegeven:

Levels of service

Functionalities	Optimum Entry	Optimum Plus	Optimum Advanced	Optimum Professional
Consumption overview	✓	✓	✓	✓
Cost overview	✓	✓	✓	✓
Daily consumption analysis	✓	✓	✓	✓
Daily cost analysis	✓	✓	✓	✓
Daily CO ₂ analysis	✓	✓	✓	✓
Weekly consumption analysis	✓	✓	✓	✓
Weekly cost analysis	✓	✓	✓	✓
Weekly CO ₂ analysis	✓	✓	✓	✓
Monthly consumption analysis	✓	✓	✓	✓
Monthly cost analysis	✓	✓	✓	✓
Monthly CO ₂ analysis	✓	✓	✓	✓
Yearly consumption analysis	✓	✓	✓	✓
Yearly cost analysis	✓	✓	✓	✓
Yearly CO ₂ analysis	✓	✓	✓	✓
Multiple user access	✓	✓	✓	✓
Building portfolio kWh benchmarking		✓	✓	✓
Historical site comparison of consumption data		✓	✓	✓
Individual load analysis		✓	✓	✓
Configuration of minimum base load		✓	✓	✓
Configuration of maximum base load		✓	✓	✓
Multiple building load analysis		✓	✓	✓
Pre-packaged reports		✓	✓	✓
Meter/site level comparison		✓	✓	✓
Customisable dashboards			✓	✓
Buildings portfolio analysis			✓	✓
Single site heatmap			✓	✓
Single site days of the week data analysis			✓	✓
Single site season data analysis			✓	✓
Single site weather data analysis			✓	✓
Energy modelling				✓
Site project investment and key indicator tracking				✓
Multiple project investment tracking				✓
Automated target based anomaly detection				✓
Manual target based anomaly detection				✓

3.2.3 Do and don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Verbeterde energie-efficiëntie: E.ON Optimum kan u helpen gebieden te identificeren waar u energie kunt besparen, wat kan leiden tot lagere energierekeningen en minder CO2-uitstoot.
- Betere besluitvorming: De inzichten van E.ON Optimum kunnen je helpen betere beslissingen te nemen over je energieverbruik, zoals wanneer je overstapt naar een andere energieleverancier of wanneer je investeert in energie-efficiëntiemaatregelen.

Risico's

- Voor energiebesparing is het nodig om te handelen op basis van de analyse van de gegevens in E.ON Optimum. De analyse vereist energie-expertise.
- Gegevens moeten gedurende een bepaalde tijd worden verzameld voordat ze kunnen worden geïnterpreteerd.

3.2.4 Verwante technologieën

E.ON Optimum is in de kern een cloud-gebaseerde oplossing voor energiemonitoring. De functionaliteiten zijn vergelijkbaar met die van een aangesloten gebouwbeheersysteem.

3.2.5 Technische voorwaarden

E.ON Optimum vereist slimme meters en netwerkcapaciteit zodat de Optimum gateway de benodigde gegevens kan verzamelen.

3.2.6 Regelgeving

- E.ON Optimum voldoet aan de Europese normen voor gegevensbescherming.
- E.ON Optimum wordt gehost in beveiligde Europese datacenters die gecertificeerd zijn volgens ISO 27001.

3.3 Energiebeheer – Sector Coupling

3.3.1 Omschrijving techniek

Sectorkoppeling is de benaming voor de integratie en coördinatie van verschillende energiesectoren. Hieronder vallen verwarming, mobiliteit, industrie en elektriciteit. Deze sectoren worden aan elkaar gekoppeld en op een slimme manier digitaal aangestuurd zodat ze energie met elkaar kunnen uitwisselen. Dit maakt optimalisatie van de energiebronnen mogelijk ongeacht de energiedrager.

Het belangrijkste doel van deze techniek is om het gebruik van duurzame energiebronnen aan te moedigen door deze te koppelen en zo effectiever gebruik te maken van de gewonnen energie. Overtollige elektriciteit uit zonne- en windenergie kan bijvoorbeeld worden opgeslagen als thermische energie of worden gebruikt om waterstof te produceren. Waterstof kan vervolgens worden gebruikt als brandstof. Op vergelijkbare wijze kan afvalwarmte van industriële processen worden (her)gebruikt in een warmtenet of worden gebruikt om elektriciteit op te wekken.

3.3.2 Werkingsprincipe

Sectorkoppeling werkt door digitale technologieën te gebruiken om de energiestroom te controleren en te sturen, of het nu gaat om thermische of elektrische energie (of mogelijk in een andere vorm). Deze techniek maakt efficiënter en gecoördineerd gebruik van bronnen mogelijk, evenals de integratie van hernieuwbare energiebronnen in het net.

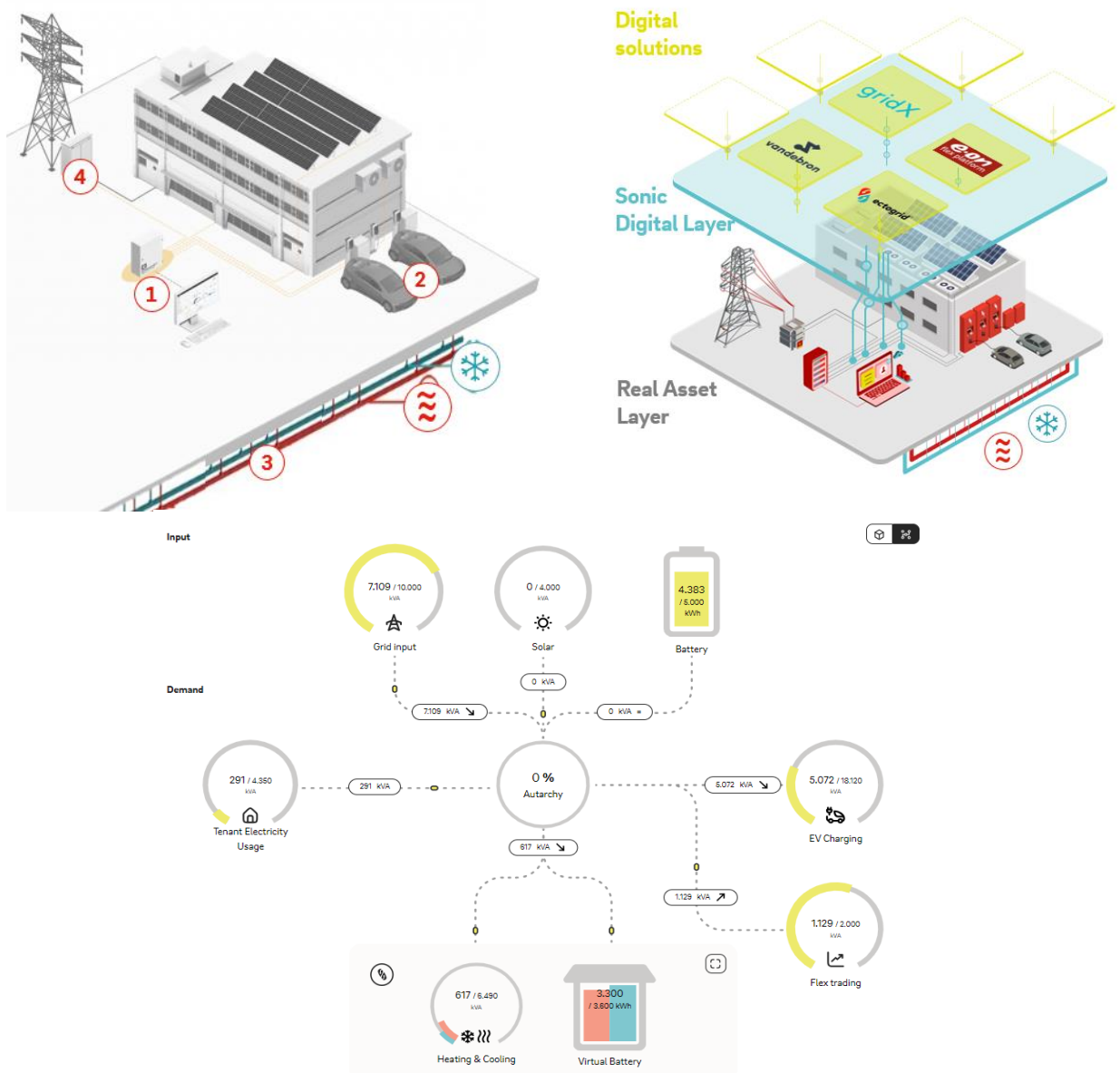


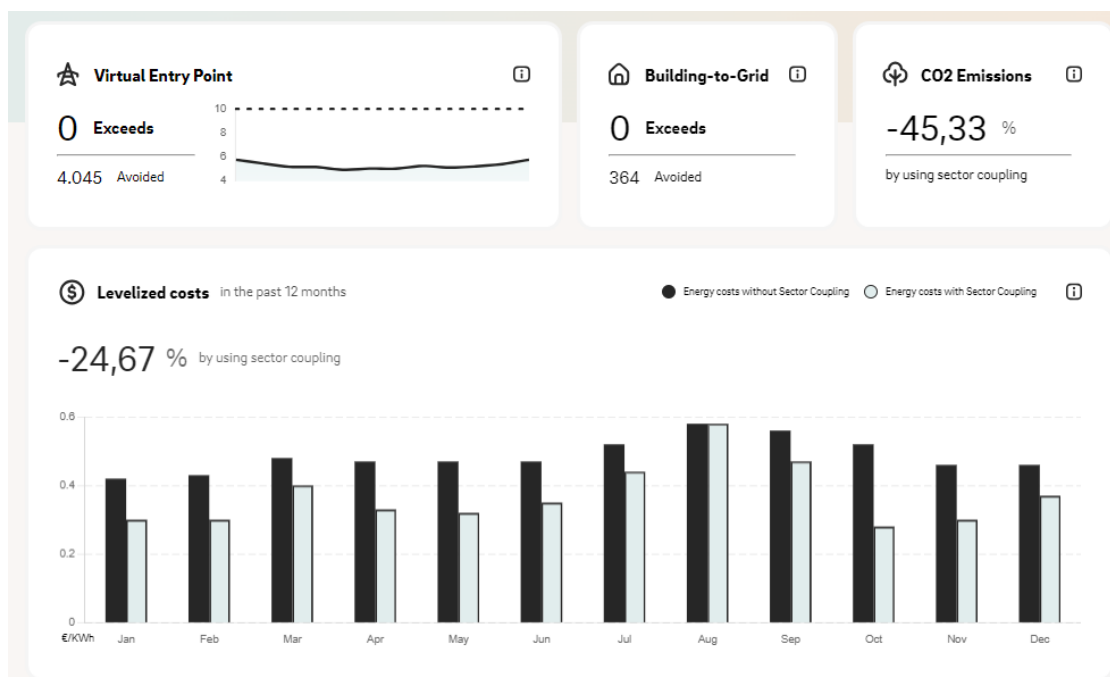
Sectorkoppeling bouwt voort op bestaande energiemiddelen die worden gebruikt voor de levering van energiediensten zoals verwarming, koeling, het opladen van EV's of de productie van duurzame energie en verbindt deze om verdere optimalisatie mogelijk te maken. Dit maakt een volledig en effectief gebruik van alle energiebronnen en flexibiliteit in een lokaal energiesysteem mogelijk.

De belangrijkste pijlers van sectorkoppeling zijn:

1. Geoptimaliseerd beheer van de belasting
 - Belasting balanceren tussen netaansluiting, PV, EV-vloot, batterij en netcapaciteit
 - Kostenreductie achter 'Virtual Grid'.
2. Slim opladen van elektrische voertuigen
 - Controle van EV-opladen om onder randvoorwaarden te blijven en optimaliseren voor energiemarkten.
 - Oplaadportaal incl. meting en facturering.

3. Geoptimaliseerde verwarming en koeling
 - Sturen en balanceren van laag-ex thermisch netwerk incl. decentrale en centrale activa.
 - Meting, controle en facturering van verwarming en koeling.
4. Verzilveren van flexibiliteit
 - Optimalisatie van de flexibiliteit van het energiesysteem door ondersteunende netwerkdiensten te leveren.





3.3.3 Do's and don't's | Kansen en risico's

Kansen

- Door verschillende sectoren te combineren, is er één energiesysteem voor verwarming, koeling en elektriciteit.
- De energiekosten worden verlaagd dankzij optimalisatie tussen de verschillende energiesectoren.
- Omdat maximale flexibiliteit mogelijk is, wordt de congestie van het elektriciteitsnet verlicht door de pieken in de vraag te verminderen..
- Het systeem draagt bij aan de stabilisatie van het algehele elektriciteitsnet.

Risico's

- Sectorkoppeling vereist vaak investeringen in nieuwe flexibiliteitsmiddelen en betrokkenheid van vroege gebruikers.
- De mogelijkheid tot hogere kosten.
-

3.3.4 Verwante technologieën

Sector Coupling is gerelateerd aan de technologieën die het stuurt en optimaliseert, dit zijn voornamelijk:

- Slim elektriciteitsnet of virtueel elektriciteitsnet
- Slim opladen van EV's
- Hernieuwbare energieopwekking (PV, Wind)
- Batterij-energieopslag
- Thermische netwerken
- Restwarmte
- Thermische opslag
- Beheer van de vraagzijde
- Productie en opslag van waterstof

3.3.5 Technische voorwaarden

Sectorkoppeling vereist dat de onderliggende activa al zijn aangesloten op een slim sturend digitaal platform. Dit kan worden bereikt door oplossingen zoals ectogrid, virtual grid, smart charging en smart monitoring.

3.3.6 Regelgeving

Er zijn geen andere regelgevende vereisten voor lokaal belastingsbeheer dan die welke betrekking hebben op de onderliggende activa. Om de flexibiliteit op de markt te kunnen brengen en ondersteunende netdiensten te kunnen leveren, moeten de verantwoordelijke energiestuurder en de activa gekwalificeerd zijn voor marktdeelname (BRP, FCR, aFRR).

3.4 Vehicle to grid – V2G

3.4.1 Omschrijving techniek

Met V2G-technologie (Vehicle-to-grid) kan een elektrisch voertuig (EV) stroom uitwisselen met het elektriciteitsnet met behulp van een *bidirectional* lader¹ die bestuurd wordt via een EMS (energiebeheersysteem). Door middel van deze lader kunnen elektrische voertuigen energie terugvoeren naar het elektriciteitsnet tijdens periodes van grote vraag, oftewel tijdens piekmomenten. V2G helpt om vraag en aanbod in evenwicht te brengen. De afhankelijkheid van piekcentrales, die duur en vervuילend zijn, vermindert drastisch door toepassing van de V2G-technologie.

V2G-technologie heeft de potentie om de stabiliteit en betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet te verbeteren. WERKINGSPRINCIPE:

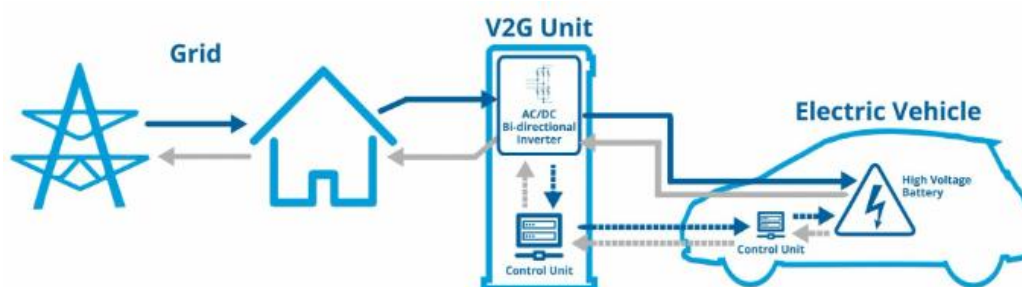
Met V2G-technologie kan een elektrisch voertuig synchroniseren met het elektriciteitsnet en stroom teruggeven aan het net met behulp van een gespecialiseerde *bidirectional* lader. Deze geavanceerde laders bevatten geavanceerde wisselaars die ofwel de batterij van de EV kunnen opladen of stroom kunnen terugsturen naar het elektriciteitsnet wanneer dit wordt opgedragen, zoals in tijden van grote vraag naar stroom om het elektriciteitsnet te helpen stabiliseren.

Om te kunnen functioneren, zijn echter de volgende drie voorwaarden vereist:

1. EV met V2G-capaciteit
2. Bidirectionele lader
3. Virtueel energiecentrale programma (EV-eigenaren met V2G-mogelijkheden kunnen deelnemen)

VPP's maken meestal gebruik van cloud-gebaseerde software om verschillende accusystemen te bedienen en zo een grootschalig virtueel generator- of opslagsysteem te creëren.

Schematische weergave



¹ een bidirectional lader is een lader die in twee richtingen kan laden. In dit geval wordt de auto-accu geladen of ontladen. Een standaard lader laadt in één richting.

3.4.2 Do's and don't's | Kansen en risico's

Kansen

- Duizenden EV's kunnen worden aangesloten om als één groot gedistribueerd energiesysteem te fungeren met behulp van V2G-technologie.
- V2G-technologie stelt EV-eigenaars in staat om geld of tegood te verdienen door deel te nemen aan VPP / demand response programma's.
- Door de intermitterende opwekking van hernieuwbare energie is er een bufferopslag nodig om de variatie in output te bufferen. V2G kan fungeren als een bufferbron en meer hernieuwbare energie integreren in het elektriciteitsnet.
- De energiebehoefte van een bedrijf kan verlegd worden door het benutten van de autobatterijen die gedurende een werkdag via laadpalen 'ingekoppeld' zijn in de energiestructuur van het bedrijf.

Risico's

- De regelgevende omgeving rond de V2G-technologie is nog onzeker en verschillende regio's en distributienetbeheerders hebben verschillende richtlijnen en stimulansen.
- Zeer weinig EV's die momenteel op de markt zijn, zijn compatibel met bidirectioneel opladen en ondersteunen dus de V2G-functionaliteit.
- De kosten om over V2G-technologie te beschikken zijn relatief hoog. Er zijn verschillende elementen die bijdragen aan deze kosten: bidirectionele laders, kwalificatiekosten voor ondersteuning in het VPP-programma.

3.4.3 Verwante technologieën

Afhankelijk van de richting van de energiestroom en waar de stroom wordt gevraagd, kan de V2G-technologie worden ingedeeld in de volgende types.

- Eenrichtings lokaal opladen
- In één richting slim opladen
- Bi-directioneel slim laden: V2H (Voertuig naar huis) & V2B (Voertuig naar gebouw)
- Bi-directioneel slim laden: V2G (Voertuig naar grid, Net)

3.4.4 Technische voorwaarden

Elektrische capaciteit en beschikbaarheid dient vooraf onderzocht te worden. Identificeer daarbij de piekvraag en het stroomverbruik van het gebouw ter plaatse, en het overschot aan hernieuwbare energie dat gedurende een jaar wordt geproduceerd en niet wordt gebruikt voor eigenverbruik. En bepaal de capaciteit van de gezamenlijke EV's om het potentieel van V2G-functionaliteit in te schatten.

Het ontwerp van de systeemarchitectuur is een belangrijke stap om de opzet van een V2G-systeem te configureren. Dit is afhankelijk van het type architectuur: Gecentraliseerd of Decentraal. De functies in elk van de classificaties dienen om de distributie te organiseren en de verschillende gegevens van EV's te optimaliseren. Zoals het gewenste SOC-niveau, de grootte van de batterij en de oplaadtijd, enzovoort.

Een communicatieprotocol is een voorwaarde voor het ontwerpen van een V2G-installatie. Verschillende communicatiestrategieën moeten worden gemodelleerd. Een dataflow van het elektriciteitsnet en EV's in beide richtingen is noodzakelijk om de werking van het V2G-systeem te controleren.

3.4.5 Regelgeving

3.4.5.1 Vergunningen

Het verkrijgen van de nodige vergunningen en het naleven van plaatselijke voorschriften, bouwverordeningen en bestemmingsplannen is een vereiste voor het installeren van EV-oplaadinfrastructuur. Vereiste vergunningen die van kracht zijn in de betreffende gemeenten.

KLIC report: Dit rapport is nodig om de graafwerken uit te voeren voor de installatie van een laadinfrastructuur, laadpalen, voor EV.

3.4.5.2 Veiligheid en naleving

- IEC 61850-20: V2G communication interface, 2nd Gen network layer and application requirements
- NEN 3140: Operation of electrical installations – low voltage
- IEC 61851: Requirements for charging station with a conductive connection to an EV
- IEC 62196: Requirements for Plugs, sockets, vehicle plugs and vehicle sockets for charging electric vehicles using a cable with AC to 250A and DC to 400A.

3.4.5.3 Overeenkomst netaansluiting

Er wordt een overeenkomst gesloten met de lokale distributienetbeheerder (DNB) en de eigenaar van de EV-oplaadinfrastructuur over de aansluiting als deze voldoet aan de vereisten van de lokale netbeheerder.

3.4.5.4 Aansluit- en transportovereenkomst

Deze overeenkomst beschrijft de procedures, technische vereisten en verantwoordelijkheden voor het aansluiten van de EV-oplaadinfrastructuur op het elektriciteitsnet.

3.4.5.5 Beleidsondersteuning

De Nederlandse overheid werkt aan een ondersteunend regelgevend kader voor V2G-technologie.

Er is nog geen overheidsbeleid stimuleringsmaatregelen en ondersteunende maatregelen om de V2G-technologie te faciliteren.

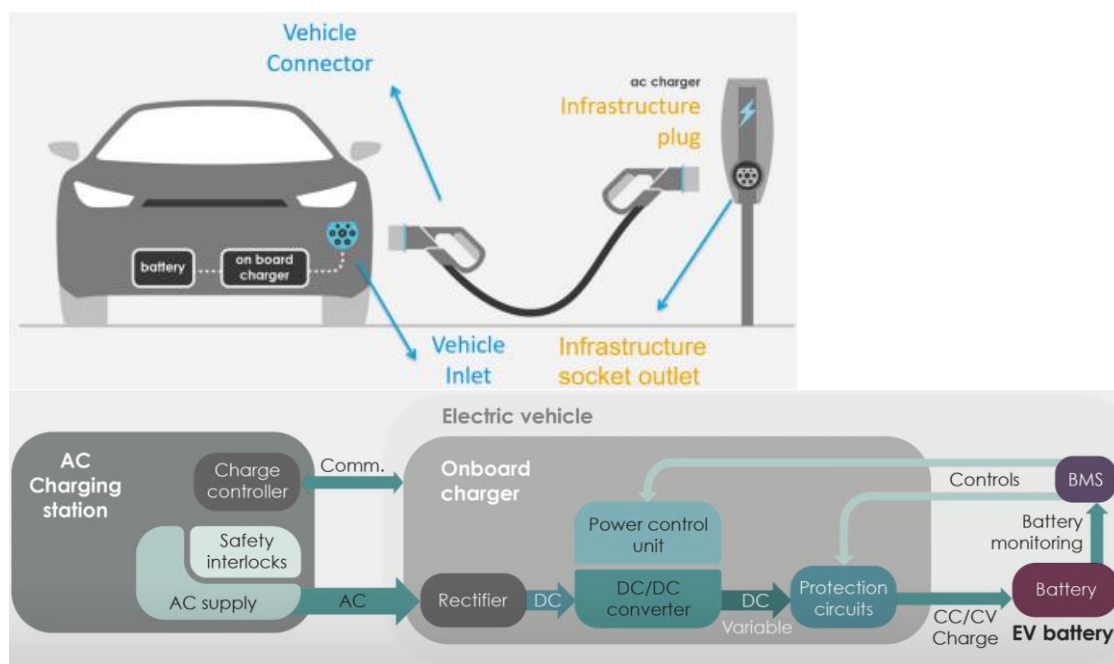
3.5 Regulier laden – AC

3.5.1 Omschrijving techniek

Reguliere laders (AC's) maken gebruik van wisselstroom en bieden een goedkope oplossing om een elektrisch voertuig (EV) op te laden. De laadinfrastructuur is laagdrempelig. AC-laders zijn verkrijgbaar met verschillende connectortypes, vermogensniveaus en veiligheidsfuncties om te voldoen aan de laadbehoeften van verschillende EV-modellen. Dankzij de technologische vooruitgang blijven AC-laders evolueren om hogere laadsnelheden (DC-laders), een hogere efficiëntie en betere slimme laadmogelijkheden te bieden.

3.5.2 Werkingsprincipe

Een AC-lader gebruikt een ingebouwde lader met een gelijkrichter die de wisselstroom van het elektriciteitsnet omzet in gelijkstroom om de accu op te laden. Een signaal van het BMS (Battery Management System) stuurt het ingangssignaal naar de vermogensregeleenheid, die de stroom en spanning van de DC/DC-converter aanpast om het laadvermogen te regelen dat aan de accu wordt geleverd. De vermogensregeleenheid geeft het feedbacksignaal van het GBS om het opladen van de accu te regelen.



Schematische weergave

3.5.3 Do's and dont's | Kansen en risico's

Kansen

- AC-laders zijn in Nederland overal beschikbaar in woonwijken, commerciële gebieden en op het werk. Dit maakt het handig voor EV-gebruikers. De stekker en plugcontact zijn in europa de type 2 AC-lader.
- Overnachten en langer opladen is mogelijk met behulp van AC-laders.
- AC-laders kunnen geïntegreerd worden met hernieuwbare energieoplossingen en zo kunnen EV's opgeladen worden met behulp van duurzame energiebronnen.
- AC-laders zijn goedkoper dan DC-snelladers. Dit komt door de lagere uitrustings- en installatiekosten.

Risico's

- De lagere oplaadsnelheid van AC-laders is niet ideaal voor EV-gebruikers die snel moeten opladen.
- Het lage vermogen van AC-laders kan een beperking vormen voor EV's met een grotere batterijcapaciteit (zoals commerciële bestelwagens en vrachtwagens) of wanneer meerdere voertuigen tegelijkertijd aan een hogere snelheid opgeladen moeten worden.

3.5.4 Verwante technologieën

AC-laders hebben meestal de voorkeur om personenauto's op te laden en het duurt meestal 4 - 12 uur om een batterij volledig op te laden. AC laders zijn, afhankelijk van hun vermogen en functies, verkrijgbaar in verschillende types.

- AC langzaam laden (3 - 7 kW)
- AC gemiddeld laden (11 - 22 kW)
- AC Snelladen (43 kW)

3.5.5 Technische voorwaarden

Voer een locatiebeoordeling uit om te bepalen of de locatie geschikt is voor het installeren van AC-laadpalen. Factoren zoals ruimte, nabijheid van elektrische infrastructuur, capaciteit van die infrastructuur, de indeling van de parkeerplaats en bereikbaarheid spelen een belangrijke rol bij het opzetten van een laadinfrastructuur.

De elektrische capaciteit en beschikbaarheid moeten worden bepaald. Een belangrijke stap in het proces is het bepalen van de transformatorcapaciteit op de locatie en het vermogen om aan de stroomvraag van de AC-laadinfrastructuur te voldoen.

Load balancing en energiebeheer moeten worden geïmplementeerd om de beschikbare stroomcapaciteit strategisch over de oplaadpunten te verdelen. Dit zorgt ervoor dat de laadinfrastructuur optimaal functioneert en het elektrische systeem niet overbelast raakt. Het voordeel is dat meerdere EV's tegelijkertijd op een slimme manier worden opgeladen, wat kosten bespaart. Hiervoor wordt met software en monitoring bepaald hoeveel energievraag er is, en wat de actuele te leveren capaciteit is.

Plan het communicatie- en bewakingssysteem goed om bewaking, toegang en beheer van de laadinfrastructuur op afstand mogelijk te maken. Functionaliteiten zoals het monitoren van het energieverbruik, foutrapportage en real-time statusbewaking zijn belangrijk voor het beheer van laadpalen. Dit kan met software behorende bij de laadinfrastructuur, of met een smart energiemanagementsysteem wat de laadinfrastructuur aanstuurt eventueel gekoppeld aan het GBS, gebouwbeheerssysteem.

De lay-out en toegankelijkheid van het laadstation is de stap waarbij het ontwerp van het laadstation zo wordt geconfigureerd dat de gegeven ruimte optimaal wordt benut. Er moeten geschikte connectortypen en laadsnelheden worden gekozen die passen bij het ontwerp, de behoefte en de beoogde levensduur van het systeem.

3.5.6 Regelgeving

3.5.6.1 *Goedkeuring van vergunningen en planning*

Het verkrijgen van de nodige vergunningen en het naleven van plaatselijke voorschriften, bouwverordeningen en bestemmingsplannen is een vereiste voor het installeren van EV-oplaadinfrastructuur. Vereiste vergunningen die van kracht zijn in de betreffende gemeenten.

KLIC report: Dit rapport is nodig om de graafwerken uit te voeren voor de installatie van een laadinfrastructuur voor EV.

3.5.6.2 *Overeenkomst netaansluiting*

Er wordt een overeenkomst gesloten met de lokale distributienetbeheerder (DNB) en de eigenaar van de EV-oplaadinfrastructuur over de aansluiting als deze voldoet aan de vereisten van de lokale netbeheerder.

Aansluit-en transportovereenkomst: Deze overeenkomst beschrijft de procedures, technische vereisten en verantwoordelijkheden voor het aansluiten van de EV-oplaadinfrastructuur op het elektriciteitsnet.

3.5.6.3 *Elektrische veiligheid en naleving*

Het geïnstalleerde EV-systeem moet voldoen aan de elektrische veiligheidsnormen en aan de Nederlandse elektrische regelgeving. Systeeminstallateurs moeten gekwalificeerd en gecertificeerd zijn, zodat ze voldoen aan de veiligheidsrichtlijnen en elektrische voorschriften om een veilige en betrouwbare werking van het systeem te garanderen.

- NEN 1010: Standard for the design and realization of safe and reliable electrical/PV installations
- NEN 3140: Operation of electrical installations – low voltage
- IEC 61851: Requirements for AC charging station with a conductive connection to an EV
- IEC 62196: Requirements for Plugs, sockets, vehicle plugs and vehicle sockets for charging electric vehicles using a cable with AC to 250A and DC to 400A.

3.5.6.4 *Privacy en beveiliging van gegevens*

Bij EV-laadinfrastructuur worden vaak gebruikersgegevens verzameld en verwerkt, het is belangrijk om de privacyregels na te leven.

General Data Protection Regulation (GDPR) – Zorgt ervoor dat passende beveiligingsmaatregelen worden geïmplementeerd om gebruikersgegevens en privacy te beschermen.

3.5.6.5 *Beleidsondersteuning*

EIA (Energy investment Allowance)

- Bedrijven en openbare instellingen kunnen tot 36 procent korting krijgen op de kosten voor de aankoop en installatie van oplaadstations.
- VAMIL (Random depreciation of environmental investments)
- Bedrijven en openbare instellingen kunnen tot 75 procent van de kosten voor de aankoop en installatie van oplaadstations terugkrijgen van de belasting.

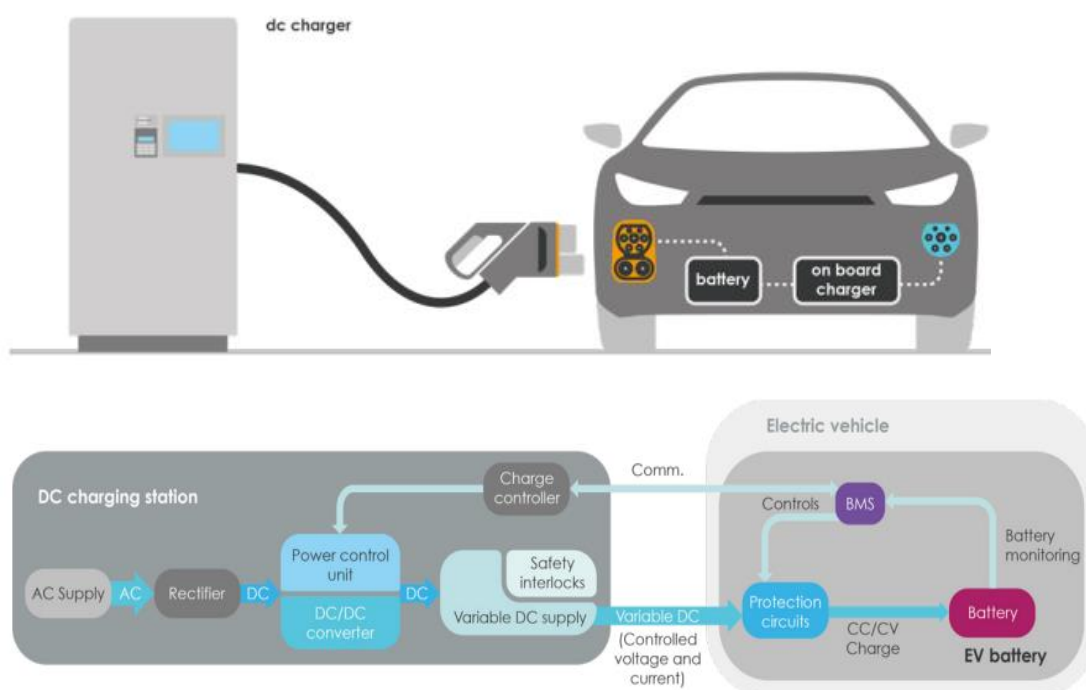
3.6 Snelladen – DC

3.6.1 Omschrijving techniek

DC (Direct Current) laders bieden een snellaadoplossing om een EV (elektrisch voertuig) op te laden. DC-laders zijn verkrijgbaar in verschillende connectortypes, vermogensniveaus en veiligheidsfuncties om te voldoen aan de laadbehoeften van verschillende EV-modellen en andere elektrische toepassingen zoals vrachtwagens, heftrucks, logistiek materieel. DC-snelladers worden geïmplementeerd als een externe lader in plaats van on-board laders die ruimte innemen in het voertuig. DC-snelladers kunnen door meerdere gebruikers worden gedeeld. Doordat de laadtijd kort is staat een auto maar een geringe tijd bij een laadpaal.

3.6.2 Werkingsprincipe

Een gelijkstroomlaadstation (DC) gebruikt een externe lader met een gelijkrichter die de wisselstroom van het elektriciteitsnet omzet in gelijkstroom (DC) om de batterij op te laden. Vervolgens past de vermogensregeleenheid adaptief de stroom en spanning van de DC/DC-converter aan om het laadvermogen te regelen dat aan de batterij wordt geleverd. De veiligheidsvergrendeling en beveiligingscircuits die zijn ingebouwd in DC-laadstations schakelen de EV-connector uit en stoppen het laadproces als er sprake is van onjuiste aansluiting of een storing in de laadinstallatie.



Schematische weergave

3.6.3 Do's and don't's | Kansen en risico's

Kansen

- DC-laders bieden hogere laadsnelheden met behulp van een hoog laadvermogen, waardoor EV's snel kunnen opladen
- Ideaal voor het opladen van EV's tijdens korte stops en om verder te rijden zonder grote vertragingen.
- Geschikt voor EV's met een grotere accucapaciteit en een hogere energievraag. (Voorbeeld: bussen en bestelwagens)
- DC-laders in Nederland ondersteunen meerdere laadstandaarden. CHAdeMO, CCS en Tesla Supercharger zijn de verschillende soorten laders die gebruikt worden in de DC-laadinfrastructuur.

Risico's

- Gelijkstroomladers (DC's) hebben veel ruimte nodig en zijn duurder dan wisselstroomladers (AC's).
- Het installeren van meerdere gelijkstroomladers op één locatie zorgt voor een aanzienlijke toename van de belasting van het elektriciteitsnet.

3.6.4 Verwante technologieën

DC-laders zijn afhankelijk van hun vermogen en functies verkrijgbaar in verschillende types op de markt.

- CHAdeMO (200 kW)
- CCS (350 kW)
- Tesla Supercharger (120 kW)

3.6.5 Technische voorwaarden

Voer een locatiebeoordeling uit om te bepalen of de locatie geschikt is voor het installeren van DC-laadpalen. Factoren zoals ruimte, nabijheid van elektrische infrastructuur, de indeling van de parkeergelegenheid en bereikbaarheid spelen een belangrijke rol bij het opzetten van een laadinfrastructuur.

De elektrische capaciteit en beschikbaarheid moeten worden bepaald. Een belangrijke stap in het proces is het bepalen van de transformatorcapaciteit op de locatie en het vermogen ervan om aan de stroomvraag van de gelijkstroomlaadinfrastructuur te voldoen.

Loadbalancing en energiebeheer moeten worden geïmplementeerd om de beschikbare stroomcapaciteit strategisch over de oplaadpunten te verdelen. Dit zorgt ervoor dat de laadinfrastructuur optimaal werkt en het elektrische systeem niet overbelast raakt.

Plan het communicatie- en bewakingssysteem goed om bewaking, toegang en beheer van de laadinfrastructuur op afstand mogelijk te maken. Functionaliteiten zoals het monitoren van het energieverbruik, foutrapportage en real-time statusbewaking zijn belangrijk voor het beheer van laadpalen.

De indeling van de laadstations en toegankelijkheid is de stap waarbij het ontwerp van het laadstation zo wordt geconfigureerd dat de beschikbare ruimte optimaal wordt benut. Aan de hand van het ontwerp worden keuzes gemaakt op het gebied van connectortypen, laadsnelheden en de gewenste levensduur.

3.6.6 Regelgeving

3.6.6.1 *Goedkeuring van vergunningen en planning*

Het verkrijgen van de nodige vergunningen en het naleven van plaatselijke voorschriften, bouwverordeningen en bestemmingsplannen is een vereiste voor het installeren van EV-oplaadinfrastructuur. Vereiste vergunningen die van kracht zijn in de betreffende gemeenten.

KLIC report: Dit rapport is nodig om de graafwerken uit te voeren voor de installatie van een laadinfrastructuur voor EV.

3.6.6.2 *Overeenkomst netaansluiting*

Er wordt een overeenkomst gesloten met de lokale distributienetbeheerder (DNB) en de eigenaar van de EV-oplaadinfrastructuur over de aansluiting als deze voldoet aan de vereisten van de lokale netbeheerder.

Aansluit-en transportovereenkomst: Deze overeenkomst beschrijft de procedures, technische vereisten en verantwoordelijkheden voor het aansluiten van de EV-oplaadinfrastructuur op het elektriciteitsnet.

3.6.6.3 *Elektrische veiligheid en naleving*

Het geïnstalleerde EV-systeem moet voldoen aan de elektrische veiligheidsnormen en aan de Nederlandse elektrische regelgeving. Systeeminstallateurs moeten gekwalificeerd en gecertificeerd zijn, zodat ze voldoen aan de veiligheidsrichtlijnen en elektrische voorschriften om een veilige en betrouwbare werking van het systeem te garanderen.

- NEN 1010: Standard for the design and realization of safe and reliable electrical/PV installations
- NEN 3140: Operation of electrical installations – low voltage
- IEC 61851: Requirements for charging station with a conductive connection to an EV
- IEC 62196: Requirements for Plugs, sockets, vehicle plugs and vehicle sockets for charging electric vehicles using a cable with AC to 250A and DC to 400A.

3.6.6.4 *Privacy en beveiliging van gegevens*

Bij EV-laadinfrastructuur worden vaak gebruikersgegevens verzameld en verwerkt, het is belangrijk om de privacyregels na te leven.

General Data Protection Regulation (GDPR) – Zorgt ervoor dat passende beveiligingsmaatregelen worden geïmplementeerd om gebruikersgegevens en privacy te beschermen.

3.6.7 **Beleidsondersteuning**

EIA (Energy investment Allowance):

Bedrijven en openbare instellingen kunnen tot 36 procent korting krijgen op de kosten voor de aankoop en installatie van oplaadstations.

VAMIL (Random depreciation of environmental investments):

Bedrijven en openbare instellingen kunnen tot 75 procent van de kosten voor de aankoop en installatie van oplaadstations terugkrijgen van de belasting.

3.7 Energieopslag – Elektrical Battery Storage

3.7.1 Omschrijving techniek

Ons elektriciteitsnet werkt volgens het principe dat de opwekking van energie altijd gelijk is aan het energieverbruik. Wanneer de energie wordt opgewekt met hernieuwbare energiebronnen, heeft dit de beperking dat het onvoorspelbaar is. Om gebruik te maken van de energie die overmatig geproduceerd wordt door de hernieuwbare bronnen, moet deze energie worden opgeslagen. We kunnen deze energie gebruiken op momenten van schaarste, waardoor het elektriciteitsnet in balans blijft. Een effectieve manier voor energieopslag is de lithium-ion (Li-ion) batterijtechnologie. In deze factsheet wordt uitleg gegeven over de werking van Li-ion-accu's.

3.7.2 Werkingsprincipe

Lithium-ion (Li-ion) accu bestaat uit twee elektroden die anode en kathode worden genoemd. De anode wordt de negatieve pool genoemd en de kathode vormt de positieve pool van de accu. De kathode van een lithium-ion-accu bestaat voornamelijk uit een lithiumverbinding, terwijl de negatieve elektrode meestal is gemaakt van koolstof (grafiet). Wanneer de accu wordt opgeladen met een lading, hebben de lithiumionen de neiging om van de kathode naar de anode te bewegen, d.w.z. van de positieve elektrode naar de negatieve elektrode. Wanneer de batterij wordt ontladen, wordt de beweging van de lithiumionen omgekeerd van anode naar kathode, d.w.z. van de negatieve elektrode naar de positieve elektrode. Op deze manier wordt de elektrische energie overgedragen aan de aangesloten belasting.



Schematische weergave

3.7.3 Do's and don't's | Kansen en risico's

Kansen

- Lithium-ion-accu's hebben een hoge energiedichtheid. De oplaadsnelheid van lithium-ion-accu's is hoog.

- De installatie van lithium-ion-accu's is relatief eenvoudig vergeleken met andere energieopslagtechnologieën.
- De ruimte die nodig is voor de installatie van lithium-ion-accu's is minimaal en de accu's kunnen goed worden verpakt in verschillende formaten (kasten, zeecontainers), afhankelijk van de opslagcapaciteit.
- De technologie achter de lithium-ion accu wordt steeds geavanceerder en biedt lage onderhoudskosten voor de accu gedurende zijn levensduur.

Risico's

- Lithium-ion-accu's die elke dag worden gebruikt, hebben een kortere levensduur van 8-10 jaar. De gemiddelde levensduur van een lithium-ion-accu is 15 jaar.
- De laadcapaciteit van een lithium-ion-accu neemt na verloop van tijd af door het verlies van lithium-ionen in de vaste elektrolyt interfase en kathode-elektrolyt interfase.
- Als de lithiumionen in de batterij uitgeput raken, kunnen ze niet worden vervangen. De batterij kan dus niet worden gerecycled.

3.7.4 Verwante technologieën

Technologieën die verband houden met energieopslag die beschikbaar zijn op de markt zijn:

- Flowbatterijen (langdurige energieopslag)
- Kristalbatterijen (vaste toestand - lood/zwavelzuur)

3.7.5 Technische voorwaarden

Bedrijven en industrieën hebben een hoge piekbelasting in hun dagelijkse energiebelastingsprofiel. Dit komt doordat het elektriciteitsverbruik gedurende een korte periode een hoog niveau bereikt, bijvoorbeeld bij het opstarten van apparatuur en machines. Voor de elektriciteit die tijdens deze piekbelastingsperiode wordt gebruikt, moeten hogere netwerktarieven worden betaald. Energieopslagsystemen kunnen helpen om de piekbelasting te beperken, dit proces staat bekend als *Peak Shaving*. De batterij levert de energie voor de piekbelastingsperiode en voorkomt piekbelasting in het netgebruik, waardoor de netwerktarieven worden verlaagd.

Een van de mogelijkheden van de batterij is dat deze kan worden gebruikt om het eigen verbruik van energie die wordt geproduceerd door hernieuwbare bronnen (PV, windenergie) te optimaliseren. Energieopslagsystemen distribueren het overschot aan elektriciteit uit hernieuwbare energietechnologieën door ze op te slaan en op een later tijdstip te gebruiken. Vooral de combinatie met zonnepanelen is voor de hand liggend, de maximale zonne-energie die midden op de dag valt kan op een later tijdstip benut worden.

Het verschil tussen vraag en aanbod in energie maakt het balanceren van de elektriciteitsstroom in het net moeilijker, vooral wanneer de elektriciteit wordt geleverd door hernieuwbare energiebronnen. Door deze onbalans ontstaan er schommelingen in de elektriciteitsprijzen. Grote energieopslag in de vorm van batterijen kan een oplossing bieden voor het balanceren van het elektriciteitsnet.

3.7.6 Regelgeving

Het verkrijgen van de nodige vergunningen en het naleven van lokale voorschriften, bouwverordeningen en bestemmingsplannen is een vereiste voordat een energieopslagsysteem op een projectlocatie wordt geïnstalleerd. Afhankelijk van de grootte en locatie van de installatie kunnen vergunningen vereist zijn van de gemeente of andere relevante autoriteiten.

Omgevingsvergunning: Voor het installeren van een accu is een bouwvergunning nodig, zodat aan alle plaatselijke bouwvoorschriften, veiligheidsnormen en bestemmingsplannen wordt voldaan

Het is belangrijk om te voldoen aan de brandveiligheidsvoorschriften en -richtlijnen die specifiek zijn voor lithium-ionbatterijen. Lithium-ion batterijsystemen brengen unieke overwegingen met zich mee op het gebied van brandveiligheid en gevaarlijke materialen. Dit omvat de implementatie van brandbestrijdings- en detectiesystemen, goede ventilatie en naleving van de vereisten voor opslag en behandeling van gevaarlijke materialen.

PGS 37-1 & PGS 37-2: Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen, De PGS-richtlijn bevat de belangrijkste risico's met betrekking tot milieu- en brandveiligheid.

Er wordt een overeenkomst gesloten met de lokale distributienetbeheerder (DNB) en de eigenaar van het energieopslagsysteem over de technische vereisten en het aansluitingsproces. Feed-in tarieven en tarieven voor energiehandel kunnen ook van toepassing zijn voor specifieke batterijgroottes en -capaciteiten.

Aansluit-en transportovereenkomst: Deze overeenkomst beschrijft de procedures, technische vereisten en verantwoordelijkheden voordat het batterijsysteem op het elektriciteitsnet wordt aangesloten.

3.7.7 Beleidsondersteuning

- SDE++ (Stimulering Duurzame Energieproductie)
- EIA (Energie-investeringsaftrek)
- MIA (Milieu-investeringsaftrek)
- Lokale subsidies en stimuleringsmaatregelen (van gemeenten/provincies)
- Green deal/Fit for 55 (Subsidie om transitie te ondersteunen en EU-emissie met 55% te verminderen)

3.8 Waterstof en brandstofcellen

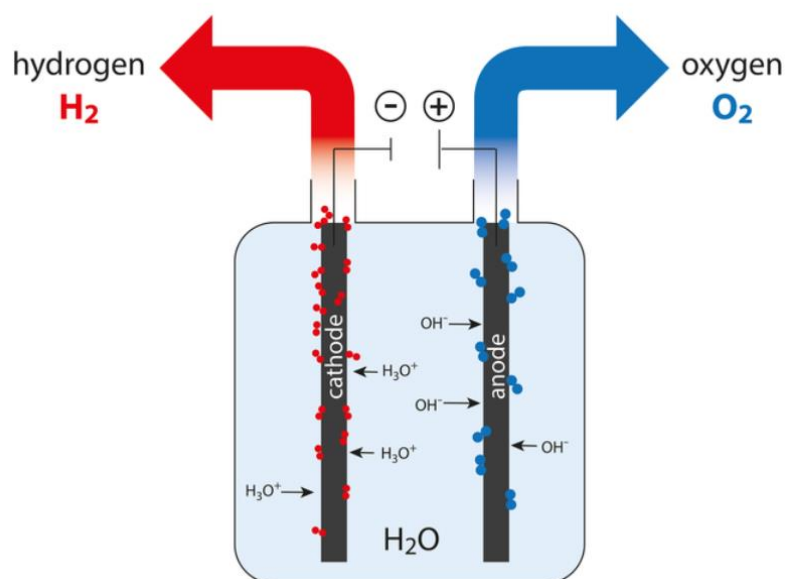
3.8.1 Omschrijving techniek

Waterstof als energiedrager wordt gezien als een essentiële technologie in de overgang van Nederland naar een duurzaam energiesysteem. Elektrolyse is een belangrijke technologie voor de productie van waterstof. Elektrolyse maakt gebruik van elektriciteit om watermoleculen te splitsen in waterstof en zuurstof via een elektrolyseproces. De geproduceerde waterstof kan worden gebruikt als schone energiedrager in verschillende toepassingen zoals transport, industrie en energieopslag. Nederland investeert in geavanceerde elektrolyzertechnologie en infrastructuurontwikkeling en wil bijdragen aan het koolstofvrij maken van de economie.

3.8.2 Werkingsprincipe

Het elektrolyseproces vindt plaats in een stapel brandstofcellen. Binnen een stapel bestaat de elektrolytische cel uit twee elektroden: Anode en kathode ondergedompeld in een elektrolytische oplossing. Wanneer er een elektrische belasting wordt uitgeoefend, worden de watermoleculen aan de anodezijde geoxideerd en komt er zuurstofgas vrij. Aan de kathodezijde worden waterstofionen en elektronen gevormd. De waterstofionen migreren dan door de elektrolyt naar de kathode en combineren met elektronen om waterstofgas te vormen.

Individuele waterstofcellen worden gestapeld zodat er een hoger vermogen en voltage bereikt wordt.



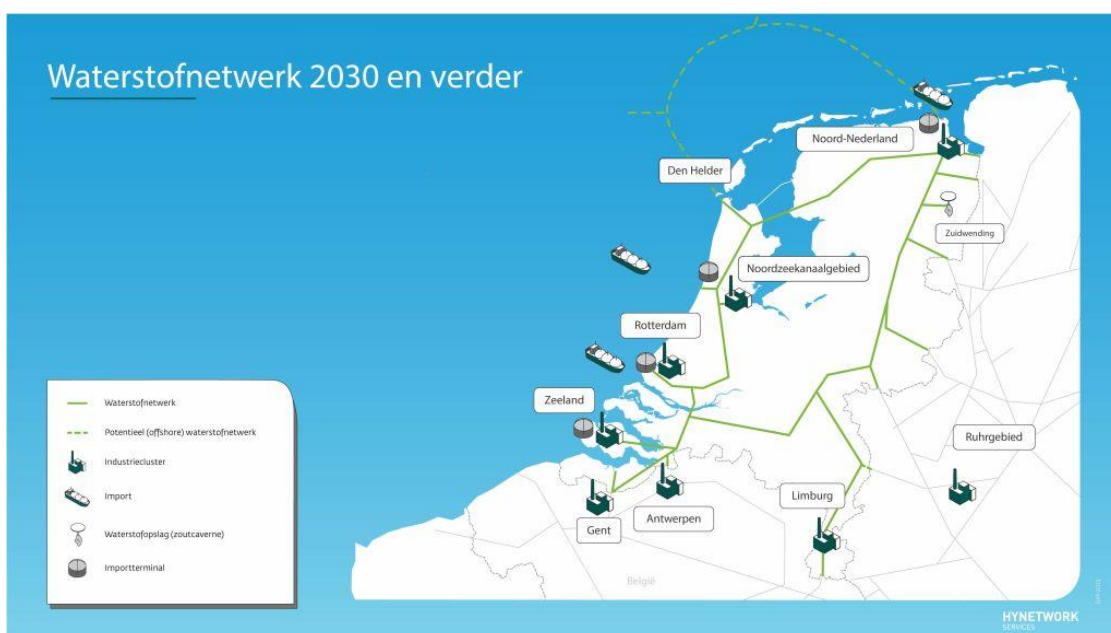
Schematische weergave

3.8.3 Do's and don't's | Kansen en risico's

Kansen

De Nederlandse gasunie wil het huidige gasnetwerk in Nederland (deels) gaan inzetten voor waterstof. Met als grote voordeel dat er een kwalitatief goed gasnetwerk al aanwezig is, en dit een enorme financiële investering bespaart.

Vanuit het Duitse Ruhr-gebied wordt een waterstof-backbone aangelegd, de Delta Rhine Corridor. Deze corridor bestaat uit meerdere, nieuwe, buisleidingen van Rotterdam, Moerdijk, Venlo, Geleen naar Duitsland, Gelsenkirchen, Keulen, Ludwigshafen. Zie onderstaande kaart van Hynetwork (100% dochter van Gasunie) met het beoogde tracée.



- Waterstof als energiedrager biedt een enorm potentieel om verschillende sectoren (transport, industrie en verwarming) van de nationale economie koolstofvrij te maken.
- Waterstof kan worden gebruikt als een effectief energieopslagmedium. Het maakt de opslag mogelijk van overtollige hernieuwbare energie die wordt opgewekt tijdens de periode van lage vraag. Opgeslagen waterstof kan weer worden omgezet in elektriciteit met behulp van brandstofceltechnologie.
- Waterstofopslag biedt een potentieel voor grotere energieonafhankelijkheid en dus een middel om intermitterende hernieuwbare energiebronnen in balans te brengen en de stabiliteit van het elektriciteitsnet te verbeteren.

Risico's

- De productie en opslag van waterstof zijn nog steeds relatief duur in vergelijking met het traditionele energieopwekkingssysteem met fossiele brandstoffen. Er wordt echter verwacht dat de kosten zullen dalen naarmate de technologie voortschrijdt.
- Efficiëntieverlies gaat gepaard met het omzetten van elektriciteit in waterstof. Energieverlies kan de algehele efficiëntie van het systeem beïnvloeden.
- Waterstof heeft specifieke veiligheidsoverwegingen vanwege de zeer ontvlambare eigenschappen en de lage ontstekingsenergie. Er moet een goede infrastructuur worden ontwikkeld voor de behandeling, opslag en het transport van waterstof.

3.8.4 Verwante technologieën

Er zijn verschillende soorten waterstoftechnologieën voor de productie en het gebruik van waterstof:

- Soorten elektrolyzers (productie van waterstof): Alkaline, PEM en vaste oxide.
- Mobiliteit aangedreven door waterstof, met behulp van brandstofcellen.
- Soorten waterstofopslag: Gecomprimeerde, vloeibare en ondergrondse opslag.

3.8.5 Technische voorwaarden

Waterbehandeling en compressie zijn belangrijke processen bij de productie van waterstof. De balans van een installatie met elektrolysertechnologie omvat een waterzuiveringsinstallatie, van waaruit het gezuiverde en gedeïoniseerde water naar een elektrolytapparaat wordt geleid. De waterstof die door een elektrolyse wordt geproduceerd, moet onder hoge druk worden gecomprimeerd voor opslagdoeleinden.

Het installeren van een geschikt veiligheidssysteem is belangrijk in een waterstofproductie-installatie. Veiligheidssystemen zoals gaslekdetectie, ventilatie en brandbestrijding maken deel uit van een waterstofproductie-installatie.

Een stabiele en betrouwbare stroomvoorziening is essentieel voor de werking van de elektrolyser. De vollasturen van een elektrolytser bepalen hoe lang de elektrolytser kan werken in een jaar dat gevoed wordt door hernieuwbare energiebronnen om groene energie te produceren.

Infrastructuur voor opslag en distributie wordt gezien als een belangrijke pijler in waterstofproductietechnologieën. Het opzetten van opslagfaciliteiten, pijpleidingen en transportmedia is belangrijk in het ontwikkelingsproces van een waterstofproductie-installatie.

3.8.6 Regelgeving

3.8.6.1 Vergunning voor goedkeuring

Een milieuvergunning is meestal vereist voor de installatie en werking van een elektrolyse-installatie. Het is een methode om naleving van milieu- en bouwvoorschriften te garanderen.

3.8.6.2 Omgevingsvergunning milieu

De vergunning geeft een richtlijn voor de ontwikkeling van een waterstofproductiefaciliteit en controleert op mogelijke gevolgen voor de luchtkwaliteit, het afvalbeheer, het watergebruik en andere milieuaspecten.

3.8.6.3 Veiligheid en naleving

Naleving van gezondheids- en veiligheidsvoorschriften is essentieel bij het installeren van een elektrolyser. Het zorgt voor een veilige werkomgeving, het implementeren van de juiste training en protocollen voor het omgaan met gevaarlijke materialen en het naleven van gezondheids- en veiligheidsnormen op het werk.

NEN-EN-IEC 60079: Guideline for electrical equipment in an explosive atmospheres.

PED (Pressure equipment directive): PED sets a safety requirement for all the pressure equipment's including pressure vessels, piping and related components.

ATEX directive: compliance with ATEX directives are necessary, because the electrolyser and balance of plant equipment's are inside an area classified as hazardous due to potential explosive atmosphere.

3.8.6.4 *Overeenkomst netaansluiting*

Er wordt een overeenkomst gesloten met de lokale distributienetbeheerder (DNB) en de eigenaar van het energieopslagsysteem over de technische vereisten en het aansluitingsproces. Feed-in tarieven en tarieven voor energiehandel kunnen ook van toepassing zijn voor specifieke batterijgroottes en -capaciteiten.

3.8.6.5 *Aansluit- en transportovereenkomst*

Deze overeenkomst beschrijft de procedures, technische vereisten en verantwoordelijkheden voordat het batterijsysteem op het elektriciteitsnet wordt aangesloten.

3.8.6.6 *Beleidsondersteuning*

- SDE++ (Stimulating Renewable Energy Production)
- Green deal/Fit for 55 (Subsidie ondersteunt de transitie en uitstootvermindering binnen de EU by 55%)
- Europese financieringsprogramma's (Deze zijn gericht op waterstof- en schone energieprojecten. Subsidies en investeringen kunnen worden toegekend voor het opzetten van installaties voor elektrolyse).
- Innovatiefinanciering door RVO (Biedt financieringsprogramma's aan ter ondersteuning van innovatieve projecten op het gebied van waterstofproductie en -opslag).

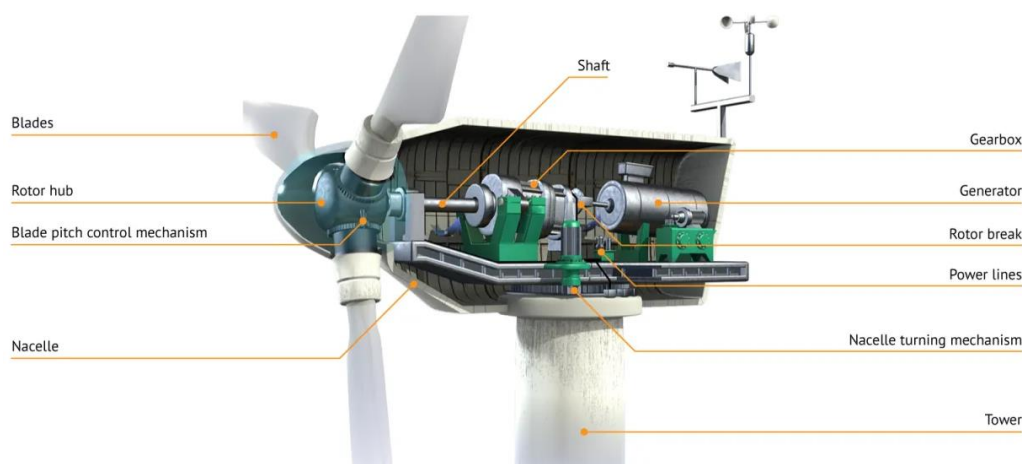
3.9 Windturbines

3.9.1 Omschrijving techniek

Windturbines spelen een prominente rol op het gebied van duurzame energieopwekking in Nederland. Als de wind waait, gaat de rotor draaien en wordt de mechanische energie van de wind omgezet in een draaiende beweging. Deze beweging wordt vervolgens overgebracht naar een generator in de gondel, waar het wordt omgezet in elektriciteit. De hoge turbine zorgt ervoor dat de rotor wordt blootgesteld aan sterke en consistente winden, waardoor de energieproductie wordt gemaximaliseerd en er wordt bijgedragen aan de Nederlandse doelstellingen op het gebied van duurzame energie.

3.9.2 Werkingsprincipe

Windturbines bestaan uit drie hoofdonderdelen: de rotor, de gondel en de toren. De rotorbladen van de windturbine zijn aerodynamisch ontworpen. Door de vorm en de hoek van de bladen oefent de wind er een kracht op uit, waardoor de bladen gaan draaien. De rotatiebeweging van de rotorbladen wordt overgebracht op een centrale as die verbonden is met een tandwielkast. De tandwielkast verhoogt de rotatiesnelheid van de as tot de optimale snelheid voor de generator. De roterende as is verbonden met een generator die zich in de gondel bevindt. De mechanische energie van de roterende as wordt omgezet in elektrische energie via elektromagnetische inductie.



Schematische weergave

3.9.3 Do's and dont's | Kansen en risico's

Kansen

- Nederland heeft gunstige windomstandigheden, vooral langs de kust en op zee. Deze overvloed aan wind maakt windturbines een levensvatbare en efficiënte manier om elektriciteit op te wekken.
- Windturbines kunnen op land of op zee worden geïnstalleerd, wat mogelijkheden biedt voor dubbel landgebruik in landbouwgebieden.
- Windenergie vermindert de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen, wat de energiezekerheid vergroot en de kwetsbaarheid voor prijsschommelingen vermindert.

Risico's

- De installatie en inrichting van windturbines vergt aanzienlijke investeringen vooraf, wat voor sommige projectontwikkelaars een probleem kan zijn.
- Windenergie is niet constant, omdat het afhankelijk is van de beschikbaarheid van wind. Door de onvoorspelbare aard van de wind is het een uitdaging om te zorgen voor een stabiele en betrouwbare elektriciteitsvoorziening.
- Windturbines veroorzaken zowel milieu- als ecologische problemen omdat ze een risico vormen voor de vogelpopulatie. Lawaai veroorzaakt door de turbines kan overlast veroorzaken voor omwonenden, mens en dier.

3.9.4 Verwante technologieën

Er zijn verschillende soorten technologieën beschikbaar met betrekking tot windturbintetechnologie. De verschillende producten zijn gebaseerd op de hoeveelheid opgewekte elektriciteit, geografische classificatie en het type as dat wordt gebruikt.

Opgewekte elektriciteit (Stroomopwekking / Hubhoogte):

- 200kW / 98ft, 30m¹
- 900 kW / 190ft, 58m¹
- 1800 kW / 260ft, 80m¹
- 3000 kW / 290ft 90m¹
- 6000kW / 330ft 100m¹

Hierbij moet worden opgemerkt dat het rendement van een hogere turbine exponentieel toeneemt. Dit voordeel ontstaat door de hardere en consistentere windsnelheden op grotere hoogte. Een kleine, lage windturbine is vaak niet rendabel. Geografische classificatie: Windturbines op het water & windturbines op het land.

Verschillende typen assen: Horizontale as & verticale as windturbines.

3.9.5 Technische voorwaarden

Het uitvoeren van een onderzoek om de beschikbaarheid van wind in kaart te brengen is cruciaal voordat een locatie voor projectontwikkeling wordt geselecteerd. Hierbij worden gegevens verzameld over windsnelheden, windrichting en turbulentie over een langere periode.

Locatieselectie en -planning is een stap waarbij een geschikte locatie wordt geïdentificeerd op basis van vele factoren, zoals de beschikbaarheid van land, milieueffectbeoordeling, bestemmingsplannen en de nabijheid van transmissie-infrastructuur.

Selectie en ontwerp van turbines: Factoren waarmee in deze fase rekening moet worden gehouden zijn turbinecapaciteit, rotordiameter, naafhoogte en vermogenscurve. De selectie van deze parameters is gekoppeld aan gegevens over windbronnen, locatievoorwaarden en doelstellingen voor energieopwekking.

Windturbine-installaties vereisen een aansluiting op het elektriciteitsnet om overtollige energie terug te leveren aan het elektriciteitsnet. Voor een succesvolle installatie is het van cruciaal belang om de vereisten voor aansluiting op het elektriciteitsnet te begrijpen, met inbegrip van aanvraagprocedures, overeenkomsten en voorschriften voor het meten van het elektriciteitsnet.

3.9.6 Regelgeving

3.9.6.1 *Goedkeuring van vergunningen en planning*

Een omgevingsvergunning en een vergunning voor ruimtelijke ordening zijn de vergunningen die vereist zijn voor de ontwikkeling van een windturbineproject. Beide vergunningen zorgen ervoor dat de bouwvoorschriften en veiligheidsnormen worden nageleefd, dat mogelijke milieueffecten worden beoordeeld en dat specifieke richtlijnen van de gemeente/provincie worden gevolgd.

Omgevingsvergunning & Bestemmingsplan: Beide vergunningen zijn nodig omdat daarmee aan alle bouw- en ruimtelijke voorschriften wordt voldaan.

3.9.6.2 *Milieueffectrapportage (EIA):*

Afhankelijk van het windturbineproject worden in een MEB de mogelijke ecologische effecten beoordeeld, zoals effecten op flora en fauna, biodiversiteit, visuele effecten, schaduwflikkering en geluid. Windturbines moeten voldoen aan de gestelde normen om een vergunning voor projectontwikkeling te krijgen.

3.9.6.3 *Overeenkomst netaansluiting*

Met de lokale distributienetbeheerder (DNB) en de exploitant van het windpark wordt overeenstemming bereikt over de technische vereisten en het aansluitingsproces.

Aansluit- en transportovereenkomst: Deze overeenkomst beschrijft de procedures, technische vereisten en verantwoordelijkheden voordat het windpark wordt aangesloten op het elektriciteitsnet.

3.9.6.4 *Elektrische veiligheid en naleving*

Geïnstalleerde windturbines moeten voldoen aan de elektrische veiligheidsnormen en aan de Nederlandse elektrische regelgeving. Systeeminstallateurs moeten gekwalificeerd en gecertificeerd zijn, zodat ze voldoen aan de veiligheidsrichtlijnen en elektrische voorschriften om een veilige en betrouwbare werking van het systeem te garanderen.

- NEN-EN-IEC 61400-11: Standard specifies the requirements for measuring performance of wind turbines.
- NEN-EN-IEC 61400-21: Standard specifies the measurement and assessment of power quality characteristics of wind turbines.
- NEN-EN-IEC 61400-24: Standard addresses guidelines to design & install the lightning protection devices for wind turbines.

3.9.6.5 *Beleidsondersteuning*

- Feed-in Tariffs (Overheidscontracten op lange termijn met een vaste prijs voor opgewekte elektriciteit)
- RECs (Renewable energy certificates)
- SDE++ (Stimulating Renewable Energy Production)
- Green deal agreements (Publiek-private samenwerking om projecten voor hernieuwbare energie te bevorderen door ondersteuning te bieden via kennisuitwisseling en financiële prikkels)

4 Warmtenet en energieopwekking

4.1 Algemene beschrijving warmtenet

Een warmtenet levert warmte -of koude- aan meerdere gebouwen en gebruikers. Warmtenetten zijn bekend in steden waarbij bijvoorbeeld meerdere woningen en bedrijven aangesloten zijn op 'stadswarmte'.

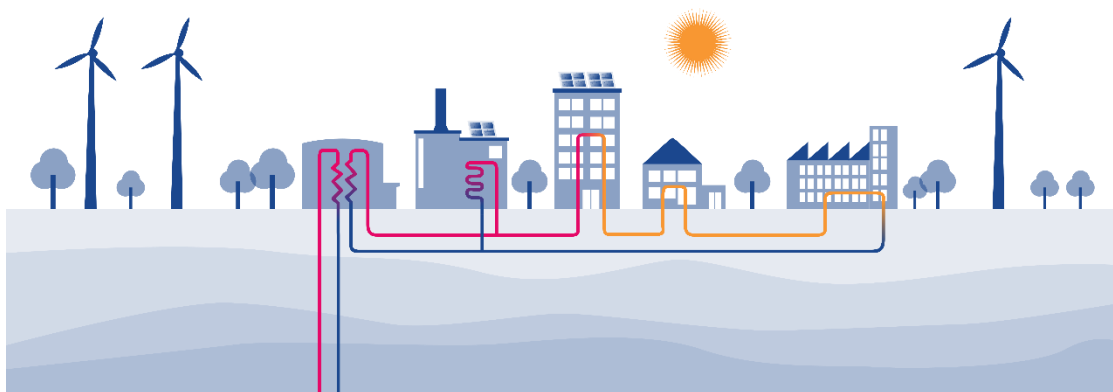
In utilitaire projecten en bedrijventerreinen is een warmtenet interessant om warmte en/of koude uit te wisselen. Dit kan kleinschalig middels een warmtekoppeling tussen enkele assets of grootschalig waarbij meerdere bedrijven op een bedrijventerrein een aansluiting hebben op een warmtenet.

De Veghelse bedrijventerreinen hebben grote mogelijkheden op het gebied van een warmtenet. Er zijn een aantal bedrijven die een substantiële hoeveelheid restwarmte beschikbaar hebben, welke nu nog onnuttig in het kanaal of in de buitenlucht wordt geloosd. Het hebben van meerdere aanbieders van restwarmte houdt ook in dat het warmtenet niet van één toeleverancier afhankelijk is continuïteit van aanbod beter geborgd is.

Daarnaast biedt de Zuid-Willemsvaart kansen om aquathermie toe te passen. Hierdoor kan warmte (en koude) uit het kanaal worden gewonnen. Deze warmte kan via een warmtenet naar de aangesloten bedrijven worden getransporteerd waardoor de energievraag op het hele terrein omlaag gaat. De faseerbaarheid van een warmtenet biedt de kans om het bedrijventerrein in Veghel verder te verkennen, waarna gestart kan worden in het gebied met de hoogste potentie. Wanneer het eerste deel gerealiseerd is, kunnen de kansen opnieuw bekeken worden waardoor het warmtenet geleidelijk uitgebreid kan worden.

Het warmtenet zelf is een infrastructurele distributie; het bestaat uit geïsoleerde leidingen in de grond waar warm water doorheen stroomt. Dit is beschreven in hoofdstuk 4.0. Ectogrid is een systeem met een specifieke koppeling waarbij er middels monitoring en voorspelling slim energie opgewekt en verdeeld kan worden tussen warmtelevering, warmtevraag en warmteopslag.

De aanleg van een warmtenet heeft een aantal voordelen. Zo kan een warmtenet helpen om de restwarmte die bij een bedrijf uit het proces komt te distribueren naar een of meerdere andere bedrijven. Hierdoor wordt warmte die anders verloren gaat nuttig ingezet, waardoor andere bedrijven minder energie verbruiken.



Daarnaast kan het schaalvoordelen bieden: energiebronnen en -opslagsystemen die pas vanaf een bepaalde schaalgrote interessant worden, kunnen toch interessant zijn wanneer meerdere (kleinere) bedrijven gekoppeld worden middels een warmtenet. Denk hierbij bijvoorbeeld aan WKO installaties (hfst 4.5 & 4.6) aquathermie (hfst. 4.13) of geothermie (hfst. 4.14).

Een warmtenet kan gevoed worden door meerdere energiebronnen tegelijk. Hierdoor kan het systeem redundant worden ingericht om de leveringszekerheid te verhogen. Ook kunnen niet-duurzame energiebronnen in eerste instantie nog gebruikt worden, waar deze in de toekomst vervangen worden. Dit maakt het warmtenet toekomstbestendig, waardoor je geen toekomstige ontwikkelingen uitsluit. En hoeft bestaande techniek niet in één keer vervangen worden.

Een ander voordeel van een warmtenet is het gelijktijdigheidsvoordeel. Wanneer meerdere bedrijven op een warmtenet gekoppeld zitten met een centrale warmteopwekking, dan is de kans erg klein dat alle bedrijven tegelijk hun piekvermogen aanspreken. Hierdoor kan een kleiner-vermogen systeem gebouwd worden vergeleken met de situatie waarin ieder bedrijf zijn eigen (piek) voorziening moet realiseren. Ook kan worden geprofiteerd van schaalvoordelen op onderhoud, beheer en realisatie, en hoeven bedrijven niet zelf te investeren in een installatie en betalen ze een periodiek bedrag voor de aansluiting op het warmtenet.

Een warmtenet is faseerbaar aan te leggen en in de toekomst altijd uitbreidbaar. Hierdoor kunnen nieuwe bedrijven altijd aankoppelen, en hoeven niet alle investeringen in het hele net in één keer gedaan te worden.

4.2 Restwarmtekoppeling

4.2.1 Omschrijving techniek

Bij veel bedrijfsprocessen komt restwarmte vrij. Deze warmte kan benut worden door deze uit te wisselen tussen bedrijven. Dit gebeurt doormiddel van een warmtewisselaar (TSA), die de restwarmte doorgeeft aan omliggende gebouwen voor bijvoorbeeld ruimteverwarming en/of het bereiden van warmtapwater. De restwarmte wordt verzameld in de centrale techniekruimte, waar een systeem van warmtewisselaars en leidingen ervoor zorgt van het transport en de distributie naar afnemende gebouwen. Een TSA zorgt dat het proceswater en het koudemiddel of verwarmingswater niet vermengen, maar wel de warmte-energie overdragen.

Restwarmte wordt als een duurzame bron gezien omdat een voorheen 'afval' product nu wordt hergebruikt als nuttige energie.

De voordelen van het gebruik van restwarmte zijn talrijk. Ten eerste draagt het bij aan het efficiënter gebruiken van warmte, waardoor de CO₂-uitstoot en de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen worden verminderd. Daarnaast kan het benutten van restwarmte leiden tot kostenbesparingen voor bedrijven omdat ze gebruik maken van het overschot aan energie van andere bedrijven. Dit systeem is zowel geschikt voor grote als kleine bedrijven. Bovendien is het een schaalbare techniek die afgestemd kan worden op de behoefte van de warmtevraag van gebouwen. Het is belangrijk om jaarlijks preventief onderhoud uit te voeren om de optimale werking en efficiëntie van het systeem te waarborgen.

4.2.2 Werkingsprincipe

Er zijn verschillende mogelijkheden om restwarmte te benutten en deze warmte nuttig in te zetten. We kunnen onderscheid maken in drie type restwarmte temperaturen:

1. **Hoge temperatuur (~90C):** Direct inzetten in het bedrijfsproces. Warmte komt direct vrij bij het bedrijfsproces en wordt ingezet om het proces te optimaliseren. De restwarmte die daaruit voortvloeit wordt met een TSA overgedragen aan een collectief warmtenet.
2. **Midden temperatuur (~60C):** Deze restwarmte is in te zetten voor ruimteverwarming voor:
 - a. Individuele gebouwen
 - b. Collectief warmtenet
3. **Lage temperatuur (~30C):** Deze warmte kan worden ingezet als bron voor een collectief warmtenet. Doordat de temperatuur laag is zal deze warmte in combinatie met een warmtepomp / WKO-bron moeten opgewaardeerd naar een werkbaar temperatuurregime. (Zie factsheet Ectogrid voor de voordelen van lage temperatuur warmtenetten)

De restwarmte wordt door middel van een TSA in de technische ruimte van een gebouw overgedragen naar een collectief warmtenet. Afhankelijk van het gewenste temperatuurniveau wordt er door tussenkomst van een warmtepomp, de warmte opgewaardeerd naar de juiste temperatuur.

4.2.3 Do's & Don'ts | Kansen en risico's

Do's

- Inventariseren van de restwarmtebronnen op een terrein. Het is van groot belang dat er grote, continue hoeveelheid restwarmte beschikbaar is om het interessant te maken om deze te leveren aan een warmtenet. (Continuïteit kan optioneel geborgd worden met een thermische opslag zoals een buffervat)
- Koppelen van restwarmte met een temperatuur regime van hoog temperatuur (80C) midden temperatuur (65C) en laagtemperatuur (35C) op een collectief warmtenet.
- Warmte-overschot opslaan in een WKO systeem of een buffertank zodat die op een later moment benut wordt als er weer warmtevraag is.
- In de initiatiefase/ ontwerpfase van een warmtenet met restwarmtebronnen dienen leverings- en contractafspraken worden opgesteld om de levering van restwarmte vast te leggen. Energielevering valt onder de regels van het ACM.
- Bij een ontoereikende primaire energiebron kan restwarmte als secundaire bron opgenomen worden gekoppeld en ondersteunend aan het verwarmingssysteem middels een warmtepomp. Of omgekeerd kan restwarmte de primaire energielevering zijn, waar bij piekvraagmomenten een secundaire energielevering gekoppeld is. (zoals bijv. Een E-ketel)
- Restwarmtekoppeling is een specifieke techniek. Selecteer specialisten met kennis hiervan voor het ontwerp, realisatie en inregelen van het systeem zodat het maximale rendement behaald wordt.

Don'ts

- Uitsluitend focus hebben om de inkoppeling van restwarmte zonder aanpassing of herijking van het totale energie-ontwerp. Restwarmte is een waardevolle bron die bijdraagt aan het verminderen van de afhankelijkheid van fossiele brandstof. Echter is het ontwerpen en realiseren van de centrale energievoorziening leidend.
- Te laat starten met het creëren van draagvlak om restwarmte beschikbaar te stellen. Het benutten van restwarmte is rendabeler, efficiënter, bij een collectief. Afnemers moeten eerst meegenomen worden in de techniek zodat ze dit gezamenlijk voordeel zien.
- Besparen in de ontwerpfase op componentselecties als bemetering en monitoringsvoorzieningen. Door het toevoegen van bemetering en monitoring kan de efficiency van het systeem ingeregeld worden. Tevens biedt de regeltechniek de mogelijkheid om flexibel te blijven; als de samenstelling van een collectief veranderd kan via monitoring en inregelen de instelling van het systeem aangepast worden.

Kansen

- Geproduceerde CO₂uitstoot kan opgenomen worden door bijvoorbeeld tuinders, om meststoffen of algen te kweken. Vergt nader onderzoek en samenwerking met partnerpartijen die dit als pilot willen oppakken
- Het leveren van restwarmte i.p.v. warmte lozen in water of aan de lucht helpt in duurzaamheidsbeleid. En zal een positief effect hebben in de aankomende CSRD wetgeving (onder voorbehoud van werkelijke wetregels ingaande per 2024).

Risico's

- Leveringszekerheid ten opzichte van warmtevraag. Noodzaak voor een primaire voorziening óf een thermische opslag met voldoende capaciteit dient het uitgangspunt te zijn.
- Veel belanghebbende en stakeholders. Tussenkost van een onafhankelijke partij (energieleverancier) is van belang bij meer dan 2 bedrijven.
- Contractvormingsfase en vergunningen.

4.2.4 Technische voorwaarden

Er zijn technische randvoorwaarden waar rekening mee gehouden moet worden. Restwarmte kan zowel als een primaire bron, bij veel restwarmte, of als een secundaire bron worden ingezet om gebouwen te voorzien van ruimteverwarming.

Rendementsberekeningen: Het rendement van een warmtenet neemt toe door het benutten van restwarmte op een centraal warmtenet gevoed door warmtepompen. Er dient rekening gehouden te worden met de fluctuaties in restwarmtelevering van processen gezien de leveringszekerheid sterk afhankelijk is van het bedrijfsproces. De geldende normeringen voor deze berekeningen zijn NEN14511 en NEN184825.

Het totale systeem rendement zal sterk afhangen van het type proces waar de warmte afkomstig van is en de levering hiervan. Processen met een water gedragen systeem zijn kansrijker gezien de warmteoverdrachtcoëfficiënt hiervan hoger is ten opzichte van luchtgedragen processen. In het geval van luchtgedragen processen zijn grotere volumieke massa's vereist om de warmte uit verdampinglucht effectief te kunnen invangen. Kansrijke bedrijfsprocessen zijn o.a. voedselbereiding, ovens, verdampfingsprocessen, baksteen- en cementindustrie, datacenters.

Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de volgende onderwerpen:

- Per gebouw wordt er in de technische ruimte een TSA geplaatst waar de warmte wordt overgedragen aan het gebouw. Deze opstelling is ca. 1m² die rondom bereikbaar moet zijn voor jaarlijks onderhoud.
- Regeling wordt per gebouw individueel aangestuurd. De totale energielevering en – behoefte wordt centraal gemonitord.
- Een centrale warmtepomp levert de benodigde warmte, optioneel aangevuld met een buffervat. Hiervoor is een centrale technische ruimte nodig die toegankelijk is en beheerd wordt door de energieleverancier.
- Er dient per gebouw voldoende ruimte in de technische ruimte te zijn om de installatietechnische componenten te kunnen plaatsen. Afhankelijk van de grote van warmtelevering en -afname zijn de ruimtes veelal 12m²-25m² groot. De componenten zijn:
 - TSA
 - Transportpompen
 - Verbindend leidingwerk
 - Afsluiters en regelkleppen
 - Aansluiting op verdeler/verzamelaar
 - Regelkast
- Inkoppeling van de restwarmte mag het bedrijfsproces niet beïnvloeden. Tijdens ontwerpfase moet per bedrijf, door het bedrijf zelf, het proces volledig in kaart zijn gebracht zodat in het ontwerp de warmte efficiënt wordt ingevangen en geleverd aan het warmtenet.

Lucht als medium (warmtepomp op lucht):

- Vermijd energieverlies in leidingen door leidinglengtes kort te houden. De TSA wordt bij voorkeur zo dicht mogelijk op de bron of ingang van het warmtenet geplaatst.
- Corrosiebestendig materiaal toepassen bij schadelijke dampen om ongewenst onderhoud te vermijden.
- Leidingwerk proceszijdig uitvoeren in RVS / corrosiebestendig materiaal.
- Leidingwerk CV-zijdig afhankelijk van toepassing en type leidingen in huidige situatie, volgende uitgangspunten handteren:
 - stalen draadbuis, gelast tot dn 50.
 - Dikwandig staal (vlambuis), gelast, vanaf dn50.
 - Kleine diameters < dn50 dunwandig RVS, geperst.
- TSA uitvoeren in RVS bij een standaard toepassing. Als het medium en over te dragen warmte geen verontreinigingen bevatten. Bij mogelijk micro-organisme of chemische verontreiniging een titanium TSA toepassen om vroegtijdige slijtage te voorkomen. De TSA jaarlijks inspecteren wanneer er aan de bedrijfsproceszijde dergelijke verontreinigen te verwachten zijn.

Collectieve koppelingsmogelijkheden:

- Zowel op individueel als gebiedsniveau kan de warmte op een centraal leidingnetwerk worden aangesloten. Hierbij is het van belang dat de terreinleidingen goed geïsoleerd zijn om warmteverliezen door transport te minimaliseren.
- Bij grootschalige ontwikkelingen meerdere gebouwen op een cluster aansluiten. Zowel bedrijven die warmte kunnen leveren als bedrijven die warmte nodig hebben.
- Bij een groot aantal gebouwen welke warmte leveren op het warmtenet zal het overschot aan warmte gebufferd moeten worden in de grond en/of buffervaten om deze opgeslagen warmte later in te kunnen zetten.

4.2.5 Communicatie, samenwerking, uitwisselingsprotocollen

- Prestatiecontracten op centraal niveau bij de energieleverancier geven zekerheid

4.2.6 Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden

- Als de warmtewisselaar in de techniekruimte wordt geplaatst moet er voldoende ruimte beschikbaar zijn voor het werkend personeel. De warmtewisselaar dient in het werk, nabij de huidige warmteopwekker, gemonteerd te kunnen worden
- Tijdens het plaatsen van de warmtewisselaar aan de proceszijde, moet het proces tijdelijk stil worden gelegd. Hiervoor moeten de juiste veiligheidsmaatregelen voor getroffen worden zodat het werkend personeel veilig het werk kan uitvoeren.

4.2.7 Richtlijnen onderhoud en beheer

- Jaarlijks onderhoud uitvoeren aan alle technische componenten.
- In geval van schadelijke stoffen is de onderhoudstermijn halfjaarlijks om de installatie op goede conditie te houden

4.2.8 Regelgeving

4.2.8.1 *Warmtewet:*

De warmtewet vormt het juridische kader voor het leveren van warmte (ook afkomstig van restwarmte). De wet beschermt de belangen van de afnemers en zorgt voor transparantie in de levering. Er worden vooraf afspraken met de leveranciers gemaakt over:

- De te hanteren tarieven.
- Leveringszekerheid
- Nieuwe aansluitingen. Bedrijven dienen kans te hebben om aan te mogen sluiten indien dit technisch mogelijk is, dit wordt omschreven in de aansluitplicht.
- Leveringszekerheid dient te worden geborgd. In geval van storingen moet dit door het warmtebedrijf (energieleverancier) zo spoedig mogelijk worden opgelost.
- Toezicht door ACM op het naleven van alle bepalingen uit de warmtewet.

4.2.8.2 *Bevoegd gezag:*

- Het bevoegd gezag dient de vergunning te verlenen voor het benutten van restwarmte uit processen. Dit is op grond van de bepalingen in de warmtewet.
- Handhaving op de ingediende vergunning. Bevoegd gezag voert, zonder vooraf gemaakte afspraak controles uit om de restwarmtekoppeling te inspecteren en controleren of wordt voldaan aan de verleende vergunning.

4.2.8.3 *Wet Milieubeheer:*

- Energie efficiëntie. Er moet worden aangetoond welke rendementen kunnen worden behaald door het benutten van restwarmte.
- Duurzaamheid. Er dient te worden aangetoond dat de restwarmtebron geen impact heeft op de duurzaamheid van het warmtenet. Dit is van invloed op het benutten van restwarmte als een hernieuwbare bron.

4.3 Warmtepomp (individueel)

4.3.1 Omschrijving techniek

Met behulp van warmtepompen kan de temperatuur van bronvloeistof worden opgewaardeerd (getransporteerd) naar een hogere temperatuur door middel van een –relatief- geringe hoeveelheid elektriciteit. De bron voor de warmtepompen kan onder andere zijn oppervlaktewater, ondergrondse WKO-systemen, restwarmte, buitenlucht of zonnewarmte. Onafhankelijk van de bron is de warmtepomptechniek gelijk.

Een individuele warmtepomp voorziet één enkel (bedrijfs-)gebouw van energie. Deze warmtepomp is gepositioneerd in de technische ruimte van het (bedrijfs-)pand zelf. De bron van de watervoorziening voor een individuele warmtepomp kan individueel zijn, zoals bijvoorbeeld een bodem bron of een warmtepomp op buitenlucht. Een andere mogelijkheid is om gebruik te maken van een collectieve bron zoals een WKO-systeem, restwarmte, oppervlaktewater of het warmtenet. Collectieve warmtepompen, die vanuit een centrale techniekruimte een grotere groep (bedrijfs-)panden voeden, worden toegelicht in de factsheet 'A.1 Collectieve Warmtepompsystemen'.

De verwachte levensduur van een individuele warmtepomp is ca. 15 jaar, maar is sterk afhankelijk van het aantal draaiuren van het systeem. Met juiste inregeling en correct -preventief- onderhoud wordt de levensduur sterk verlengd.

4.3.2 Werkingsprincipe

De werking van een warmtepomp berust op een thermodynamisch proces waarbij vloeistof verdampt bij lage temperatuur, en damp condenseert bij een hogere temperatuur.

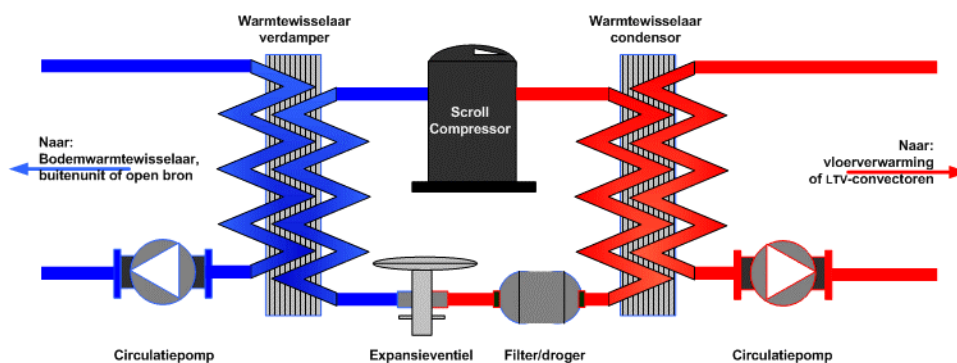
Het thermodynamische proces bevat vier stappen: Verdamping, compressie, condensatie en expansie. De compressor is het onderdeel van de machine dat leidend is in het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp. Bij de verdampingsstap wordt warmte uit de bron onttrokken. Bij de condensatiestap wordt de warmte afgegeven. De ratio tussen de hoeveelheid verplaatste warmte en de daarbij benodigde hoeveelheid elektra is de 'Coëfficiënt Of Performance' (COP), een veelgebruikte rendementsmaat voor warmtepompen.

De COP geeft daarmee de verhouding weer tussen de elektrische energie die nodig is voor de warmtepomp, en de hoeveelheid thermische energie die de pomp levert. Een warmtepomp is veelal een zeer efficiënte installatie, waarbij er veel meer thermische energie wordt verplaatst dan dat er aan elektrische energie nodig is. De COP is afhankelijk van onder meer het type warmtepomp, de belasting van de machine, de aangeleverde temperatuur uit de bron en de te leveren condensorzijdige (verwarmingszijdige) temperatuur. De COP is dus weliswaar een rendementsmaat voor de warmtepomp, maar deze waarde is niet constant aan een type apparaat en fluctueert over de tijd.

In geval van systemen waarbij de warmte uit de bron via water wordt getransporteerd naar de machine (zoals bij koppelingen met onder meer bodemenergie, oppervlaktewater, restwarmtestromen etc.) spreken we van water-water-warmtepompen. Indien buitenlucht de warmtebron vormt is er sprake van een lucht-water-warmtepomp. In beide gevallen wordt condensorzijdig de warmte overgedragen aan een watervoerend gebouw-circuit. Er zijn ook lucht-lucht-warmtepompen. Dit zijn bijvoorbeeld de split-airco-systemen die hun warmte rechtstreeks aan lucht overdragen, en niet aan een watervoerend circuit.

Bij lage buitentemperaturen functioneren warmtepompen op buitenlucht minder efficiënt. De verdamperzijde (bronzijdige) temperatuur is dan immers erg laag, waardoor het temperatuurverschil met de condensorzijde (verwarmingszijde) groter wordt. Dit werkt nadelig voor de efficiëntie. Bij luchtgekoppelde systemen is een COP van ca. 4 mogelijk. Bij water-water-warmtepompen zijn COP's van ca. 6 haalbaar.

De warmtepomp wordt in Nederland steeds meer toegepast voor woningbouw, als een warmtepomp op buitenlucht of met bodembron (water-water). Voor utiliteitsgebouwen kunnen die bronnen ook benut worden, maar zijn bronnen zoals restwarmte en oppervlaktewater ook interessant, vanwege de vele grote schaal.



Schematische weergave

4.3.3 Do's & Don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Zorg voor een juiste dimensionering van de warmtepomp. Voorkom te grote, overgedimensioneerde systemen.
- Let niet alleen op piekrendement, maar juist ook op seizoensgebonden systeemrendement.
- Pas voldoende bemetering toe op zowel de bron als in de warmtepomp. Hiermee kan een goede monitoring uitgevoerd worden (al dan niet in een EMS) waardoor de maximale efficiency van het systeem behaald wordt.

Risico's

- Te krappe opstellingsruimte / te beperkte servicebaarheid
- Uitsluitend aandacht hebben voor ontwerp en realisatie. Het plaatsen en installeren van een warmtepomp is de eerste stap. Het goed inregelen, monitoren van het klimaatjaar en blijven 'fine tunen' is essentieel om een zo zuinig, efficiënt mogelijk systeem te krijgen. Een warmtepomp kan met de fabrieksinstellingen al leiden tot enige energiebesparing, maar het ware potentieel van het systeem wordt alleen bereikt door kundig monitoren en regelen.
- Besparen op sensing / bemetering. Dit is immers essentieel om de prestaties te bewaken.

4.3.4 Ontwerputgangspunten

4.3.4.1 Rendementsberekeningen

Reken bij bepalen van warmtepompndementen niet uitsluitend met een COP op vollast, maar juist ook met seizoensgebonden rendementen conform (E)SEER / SCOP. Hierdoor wordt rekening gehouden met wisselende rendementen in deellastsituaties. De betreffende normen (op dit moment) zijn de NEN14511 (COP-berekeningen) en NEN184825. Let hierop bij beoordeling van technische documentatie vanuit warmtepompleveranciers. Ga altijd na wat de op dat moment actuele normeringen en richtlijnen zijn.

Ten gevolge van onder meer de investeringskosten maar ook om stabiel draaien op hoog rendement te waarborgen is het van belang de machines correct te dimensioneren. Dit houdt ook in dat er niet méér vermogen opgesteld dient te worden dan nodig. Meer is in deze zeker niet beter. Een grotere capaciteit dan benodigd leidt tot een veel lager rendement. Afhankelijk van behoefte aan redundantie, of bij zeer sterke schommelingen in energievraag, kan overwogen worden om méér dan één machine op te stellen. Hiermee kan bedrijfszekerheid stijgen én kan deellastgedrag (bij zeer lage vermogensvraag) verbeteren.

4.3.4.2 Buffervaten

Buffervoorzieningen helpen om een stabiel systeemgedrag te krijgen en beperken frequent in- en uitschakelen van warmtepompen. Dit werkt sterk levensduur verlengend.

4.3.4.3 Overwegen van bivalent systeem

Een bivalent systeem bevat naast de warmtepomp nog een 2de toestel wat de piekvraag, bij bijvoorbeeld extreem weer, omvangt. Daardoor hoeft het systeem niet op extremen ontworpen te worden waardoor het efficiënter én goedkoper functioneert.

Warmtepompen functioneren vaak in combinatie met andere opwekkers. In het verleden waren dit vaak gasgestookte cv-ketels, maar dit kunnen ook elektrische ketels zijn. Bivalente systemen zijn kostenefficiënt doordat het benodigde vermogen aan warmtepomptechniek lager wordt en de pieken worden ondervangen door een opwekker met lagere investeringskosten. Vanuit het verleden wordt vaak een ratio gehanteerd van 30% warmtepompvermogen en 70% vermogen vanuit de piekvoorziening. Aangezien een groot deel van het jaar deellastsituaties voorkomen is dan ondanks het lage aandeel in vermogen toch 80 à 90% van de jaarlijks benodigde verwarmingsenergie door de warmtepomp te voorzien. De exacte verhouding dient echter altijd per project worden bepaald, aan de hand van het gebruiksprofiel.

4.3.4.4 Temperatuurregime en geschiktheid afgiftesysteem

Hanteer indien mogelijk een lage temperatuur (LT) $T < 40^{\circ}\text{C}$ verwarming en een hoge temperatuur (HT) $T > 18^{\circ}\text{C}$ koeling. Warmtepompen functioneren het beste bij een zo gering mogelijk temperatuurverschil tussen verdamper en condensor. Dit houdt praktisch in dat de rendementen hoger zijn wanneer bij lagere aanvoertemperaturen in het verwarmingscircuit wordt gewerkt. In het geval van gebouwklimalisering adviseren we daarbij indien mogelijk te werken met een aanvoertemperatuur van ten hoogste 40°C . Aanpassing van afgiftesystemen of aanbrengen van extra gebouwisolatie kan nodig zijn om binnen dit temperatuurregime te blijven. Afhankelijk van bouwjaar, gebouweigenschappen, etc., kan dit te ambitieus zijn. Dit hoeft dan overigens niet in te houden dat warmtepompen niet mogelijk zijn.

4.3.4.5 Elektrische aansluiting

Veelal worden warmtepompen ingezet om af te stappen van verwarmen op aardgas. Er dient geverifieerd te worden in hoeverre de bestaande E-voorzieningen toereikend zijn, en met name in hoeverre vanuit netbeheer de gevraagde vermogens kunnen worden geleverd. Bij elektrische

aansluiting daarbij specifiek letten op opstartstromen die aanzienlijk hoger kunnen zijn dan de stromen bij regulier gebruik. Fabrikantgegevens volgen m.b.t. afzekering.

4.3.4.6 *Keuze koudemiddel*

Ten gunste van het benodigde verdampings- en condensatiepunt in een warmtepomp worden specifieke koudemiddelen gehanteerd als transportmedium. Dit kunnen synthetische of natuurlijke koudemiddelen zijn. Afhankelijk van het type koudemiddel wisselen de eigenschappen zoals broeikasgasemissies bij ontsnappen van koudemiddel, toxiciteit en brandbaarheid. Synthetische koudemiddelen zijn verboden en/of worden uit gefaseerd ten gevolge van het hoge global warming potential (GWP; versneld broeikas effect). Verboden/uitfasering zijn vastgelegd in de F-gassenverordening. T.g.v. Europese wetgeving wordt dit verbod versneld. R22 is al verboden, inclusief mengsels waarin dit is toegepast (R401, R402, R403, R408, R409). Zie onderstaande tabel. Advies is zoveel mogelijk gebruik te maken van de natuurlijke koudemiddelen dan wel synthetische koudemiddelen met laag GWP, zoals R1234yf en R1234ze (zie volgende pagina voor een overzicht).

4.3.5 **Richtlijnen onderhoud en beheer**

4.3.5.1 *Certificering*

Onderhoudende partij dient gecertificeerd te zijn voor werken met koudemiddelen. Certificeringsregime en exacte eisen zijn sterk koudemiddelafhankelijk. Onderhoud dient plaats te vinden door een vakbekwaam persoon, met vakbekwaamheidscertificaat (PGS 13, NP 7600, NPR 7601, afhankelijk van koudemiddel)

4.3.5.2 *Onderhoudsfrequentie*

Deze is minimaal twee keer per jaar. 1x per jaar is vereist vanuit activiteitenbesluit (bij natuurlijke koudemiddelen). We raden 2x per jaar aan omdat in klimaatinstallaties de warmtepomp seizoensgebonden functioneert. Controle vóór start van het intensievere verwarmings- en koelseizoen is raadzaam.

4.3.5.3 *Beperken draaiuren*

Bij meerdere machines in regeling zorgen voor gelijkmatige belasting (veroudering). Echter zorgen dat niet alle machines tegelijk einde levensduur zijn.

4.3.5.4 *Sensoring / bemetering*

Om juiste prestaties van de warmtepomp te borgen dient onder meer de volgende bemetering te worden toegepast:

- Verdamperszijdige energiemeting en temperatuurregime,
- Condensorzijdige energiemeting en temperatuurregime,

Aandeel van warmtepomp in totale energielevering (bij installaties met meerdere opwekkers), elektrisch ingaand vermogen. Waardes in elk geval als 5-minutenwaarden registreren vanaf inbedrijfstelling. Dit maakt het in de toekomst mogelijk om gericht onderzoek te doen naar optimalisatie van warmtepompprestaties én helpt bij het nagaan van de oorzaak van onverhoopte tegenvallende prestaties.

4.3.5.5 *Seizoensgebonden inbedrijfstelling*

Ten gevolge van de seizoensgebonden werking van warmtepompen, in het eerste jaar extra aandacht laten uitgaan naar optimalisaties en seizoensgebonden inbedrijfstelling.

	Koudemiddel	Veiligheidsklasse	GW P	Nieuwbouw	Gebruik
Natuurlijke koudemiddelen	Ammoniak (NH ₃ -R717)	B2L	0		
	CO ₂ (R744)	A1	1		
	Propaan (R290)	A3	3		
	Butaan (R600)	A3	4		
	Isobutaan (R600a)	A3	3	Geen restricties	Geen restricties
Synthetische koudemiddelen	R1234yf	A2L	4		
	R1234ze	A2L	7		
	R454C	A2L	148		
	R455A	A2L	148	Geen restricties	Geen restricties
	R32	A2L	675		
		A1	143		
	R134a		0		
		A1	177		
	R407C		4		
		A1	182		
	R407F		5		
		A1	208		
	R410A		8		
		A1	139	Beperkingen vanaf 2027	Productiebeperking (quotasysteem)
	R449A		7		
		A1	392		
	R404A		2		
		A1	398		Bijvullen alleen met gerecycled koudemiddel.
	R507A		5		Per 2030
		A1	272		bijvullen
	R422D		9	Verboden	verboden
		A1	181		
	R22		0	Verboden	Verboden

Tabel 1 - overzicht koudemiddelen, GWP en veiligheidsklasse

4.3.6 Ruimtelijke voorwaarden

4.3.6.1 *Positionering buitendelen*

In geval van een lucht-water warmtepomp is niet alleen een binnen-opstelling benodigd, maar ook een buitendeel waarbij de energie uit de buitenlucht wordt ingevangen. Hierbij letten op positionering van buitendelen, rekening houdend met onder meer de volgende zaken:

- geluid / trillingen.
- serviceruimte rondom de buitendelen.
- positionering van lucht in- en uitlaat van andere installatiedelen (zoals luchtbehandelingskasten)
- overwegingen van gebruik van dakvlak voor andere zaken (zoals toekomstige PV-panelen)

4.3.6.2 *Geluid*

Trillingsdemping toepassen. Bij lucht-water-machines geldt dit voor zowel de binnen opgestelde warmtepomp en voor het buitendeel. Mogelijk toepassen van geluidswerende omkasting indien benodigd. Akoestisch adviseur inschakelen indien het een geluidkritische omgeving betreft. Kleine warmtepompen zijn via EU regelgeving (Ecodesign Requirements) gebonden aan maximale geluidproductie: Tot 6 kW 65 dB(A), tot 12 kW 70 dB(A). Utiliteitsinstallaties kennen doorgaans hogere vermogens.

4.3.6.3 *Veiligheid techniekruimte*

- Koudemiddelen worden ingedeeld in veiligheidsklassen, afhankelijk van ontvlambaarheid en toxiciteit. Afhankelijk van het koudemiddel leidt dit tot verplichtingen in en rond de techniekruimte. Met name doordat synthetische koudemiddelen (met hoog GWP) worden uitgefaseerd, komen brandbare koudemiddelen méér voor. Voor natuurlijke koudemiddelen geldt het activiteitenbesluit. Dit is van toepassing op installaties die ammoniak, koolstofdioxide, propaan, butaan of pentaan gebruiken en die een inhoud hebben van 10 kg kooldioxide of meer, 5 kg koolwaterstoffen of meer of 10 tot 1500 kg ammoniak. De veiligheids- en wetgevingseisen rond koudemiddelen zijn complex, daarom dient altijd projectspecifiek door een specialistische partij naar de veiligheidsvoorzieningen gekeken te worden, maar denk onder meer aan de volgende zaken:
- **Explosieveiligheid:** (ATEX richtlijn 2014/34/EU voor fabrikant en ATEX 137 richtlijn 1999/92/EG voor gebruiker) Regels gaan onder meer in op bescherming tegen statische elektriciteit en vonken, zonering van de ruimte, inspectie-, beheer- en opleidingseisen.
- **Toegang techniekruimte:** Vermogens- en machineafhankelijk kunnen dubbele vluchtwegen noodzakelijk zijn (dus een tweede toegangsdeur tot de ruimte). Toegang techniekruimte borgen met deugdelijk hang- en sluitwerk (voorkomen toetreding door onbevoegden)
- **Brandveiligheidsvoorzieningen:** Voorzieningen conform onder meer de NPR 7600 richtlijn.
- **Lekdetectievoorzieningen:** Om ontsnappend koudemiddel te detecteren.

4.3.6.4 *Serviceruimte*

Rondom de machine rekening houden met benodigde serviceruimte. Rekening houden met indeling techniekruimte zodat de machine in de toekomst ook verwijderd kan worden voor revisie/vervanging etc. Indien sprake is van gefaseerde aanleg, rekening houden met latere positionering van aanvullende machines in de ruimte zónder dat omvangrijk ingrijpen in de bestaande situatie benodigd is.

4.3.7 Technische voorwaarden

4.3.7.1 *Schroef- en scrollcompressie*

Voor de compressiestap in de warmtepompcyclus zijn er meerdere technieken. In de praktijk zijn voor gebouwklimalisering schroef- of scrollcompressoren geschikt. Keuze hiervan hangt af van onder meer de omvang van de machine. Bij hogere vermogens (vanaf 150 kW) worden schroefcompressiemachines interessant. Ze zijn echter minder efficiënt in deellastsituaties en lenen zich voor situaties met een constanter schakelgedrag.

4.3.7.2 *Isoleer appendages*

Isoleer de appendages rondom de warmtepomp zodat in dit circuit geen onnodig energieverlies plaatsvindt.

4.3.8 Collectieve koppelingsmogelijkheden

4.3.8.1 *Collectieve warmtepompen*

Vanuit één warmtepompopstelling (van één of meer machines) zijn meerdere gebouwen of gebouwdelen te voorzien. Zie hiervoor ook de factsheet 'collectieve warmtepompen'.

4.3.8.2 *Koppeling met bodemenergie*

In geval van warmtepomp i.c.m. een WKO-systeem (bodemenergie) dienen de protocollen uit de BRL 6000-21 wetgeving gevolgd te worden om juiste afstemming tussen bodemzijdig deel en warmtepompinstallatie te borgen.

4.4 Warmtepomp (collectief)

4.4.1 Omschrijving techniek

Het centraal plaatsen van warmtepompen heeft veel voordelen. Op deze manier kan namelijk de warmte en koude tussen bedrijven worden uitgewisseld.

Dit hoofdstuk gaat uitsluitend in op de aspecten die van belang zijn bij inzet van collectieve warmtepompsystemen. Voor algemene informatie over warmtepomptechniek verwijzen we naar het hoofdstuk 4.2 (Warmtepomp individueel).

4.4.2 Werkingsprincipe

Bij een collectief systeem worden warmtepompen centraal geplaatst. Dit kan zijn bij één van de afnemers of op een separate locatie (specifiek warmtepompgebouw). De werking van de collectieve warmtepompen is in essentie gelijk aan individuele systemen. De warmte (en evt. koude) wordt echter via een (terrein)leidingnet getransporteerd naar meerdere afnemers. Afhankelijk van de vraag kunnen dit enkele afnemers zijn tot (in geval van bijvoorbeeld woningen/appartementen) tientallen tot honderden. Voor toepassing van dit systeem op bedrijventerreinen gaan we in deze *factsheet* vooralsnog uit van de koppeling van een warmtepompcentrale aan ca. enkele tientallen afnemers. Daarbij kan uitbreiding plaatsvinden zodat méérdere collectieve warmtepompsystemen onderling verbonden worden waardoor de capaciteit toeneemt.

Bij elk van de afnemers wordt een afleverset geplaatst. Dit is een aansluiting vergelijkbaar met de woninginstallatie bij stadsverwarming. De afleverset is te voorzien van bemetering zodat duidelijk is hoeveel elke afnemer afneemt. In vergelijking tot een eigen techniekruimte met warmtepomp neemt een afleverset slechts weinig ruimte in beslag en vergt weinig tot geen onderhoud. Naast dit voordeel voor de eindgebruiker, heeft een collectief systeem als voordeel dat het eenvoudiger is om binnen het systeem gebruik te maken van elkaars warmte- en koudestromen, en dient er -t.g.v. gelijktijdigheid- centraal minder vermogen te worden opgesteld dan in totaliteit opgesteld zou dienen te worden bij individuele systemen.

4.4.3 Do's & Don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Standaardiseren van afleversets en communicatiewijze.
- Tijdige afstemming bevoegd gezag i.v.m. werken in openbare ruimte.
- Borg systeemaandacht met name in de opstartjaren na inbedrijfstelling. Dan worden immers de daadwerkelijke prestaties duidelijk en zijn verdere optimalisaties door te voeren.

Risico's

- Beschouw het project niet als één enkel project, ontwerp altijd met het oog op flexibele toekomstige uitbreiding en aanpassing.

4.4.4 Technische voorwaarden

4.4.4.1 *Temperatuurregime*

Warmtenetten zijn te ontwerpen op diverse aanvoertemperaturen. In het geval van collectieve warmtepompsystemen achten we hoog-temperatuurnetten (temperaturen $>80^{\circ}\text{C}$) en middentemperatuurnetten ($>65^{\circ}\text{C}$) niet relevant gezien de thermodynamische eigenschappen van warmtepompen voor gebouwverwarming. Aanvoertemperaturen hanteren van ca. 35 à 40°C op afnemerniveau.

4.4.4.2 *Eisen afgifte*

Zie ook hoofdstuk 4.2 'Warmtepomp (individueel)' m.b.t. geschiktheid van het afgiftesysteem om met lage aanvoertemperaturen nog een adequaat binnenklimaat te bewerkstelligen.

4.4.4.3 *Gelijktijdigheid*

Doordat meerdere afnemers aan één warmtepompcentrale zijn gekoppeld kan gebruik worden gemaakt van een gelijktijdigheidsfactor: Bij een afdoende hoog aantal afnemers is er immers nooit sprake van een situatie waarbij één van de afnemers het volle piekvermogen nodig heeft. In het geval van bedrijventerreinen dient zeer nauwgezet, aan de hand van geprognostiseerde (toekomstige) gebruiksprofielen) bepaald te worden wat een veilige inschatting van gelijktijdigheidsfactoren is. In geval van gefaseerde aanleg en onderling gekoppelde systemen is het een voordeel dat al een gebruikshistorie opgebouwd wordt: Indien blijkt dat een eerste projectfase overgedimensioneerd is, kan daar in vervolgfases rekening mee worden gehouden.

4.4.4.4 *Warmte / koude*

De configuratie van leidingnet en afgiftesets is afhankelijk van de keuze of er uitsluitend warmte, of warmte én koude (evt. tegelijkertijd) geleverd wordt. In vroege ontwerpfase dient deze conceptuele keuze goed afgestemd te worden. Hierbij onderbouwd kiezen voor 2-pijps, 3-pijps of 4-pijps distributiesystemen.

4.4.4.5 *Scheidingswisselaar*

We adviseren plaatsing van een scheidingswisselaar bij elk van de afnemers zodat er een duidelijke splitsing is tussen de watervoerende circuits in de individuele gebouwen, en het circuit van centrale warmtepompen en verbindend leidingwerk. Bij onverhoopte storing (lekkage) bij één van de gebruikers komt de rest van het collectieve systeem dan niet in gevaar.

4.4.4.6 *Communicatiebekabeling*

In ontwerpfase onderbouwd kiezen voor communicatiebekabeling dan wel draadloze communicatie (gebruik maken van internetaansluiting per gebruiker). Bij ontwerp en realisatie van het leidingtracé ook rekening houden met de communicatiebekabeling.

4.4.5 Ruimtelijke voorwaarden

4.4.5.1 *Leidingisolatie*

Gezien het aanzienlijk temperatuurverschil tussen bodem (ca. 12 °C) en leidingwerk (ca. 40°C, ontwerpafhankelijk) dient gebruik te worden gemaakt van geïsoleerde leidingen. Advies: Voorgeïsoleerde stalen leidingen met PUR-isolatie en HDPE buitenmantel.

4.4.5.2 *Leidingverliezen*

Houdt in het ontwerp rekening met de terreinverliezen, met name in situaties waarbij er in vroege projectfases nog weinig afnemers zijn en/of leidingtracés langer zijn (langer dan ca. 300 m).

4.4.5.3 *Flexibiliteit tracé*

Uit de praktijk blijkt dat daadwerkelijke obstakels in de ondergrond kunnen afwijken van hetgeen (via onder meer KLIC-melding) vooraf is onderzocht. Informeer, met name op 'eigen terrein' van ondernemers, naar mogelijke obstakels. Houd rekening met enige flexibiliteit in de uitvoering (aanpassing tracé indien nodig). Houdt specifiek rekening met aanwezigheid van bedrijfs- en proces-specifieke leidingen.

4.4.5.4 *Afstemming bevoegd gezag*

Bij leidingpositionering rekening houden met eisen vanuit gemeente. Zowel bij ontwerp als realisatie en beheer. Dit betreft zowel de (omgevings)vergunning als mogelijk ook eisen / kosten in de beheerfase (zoals precario voor leidingen in openbaar gebied).

4.4.5.5 *Keuze gebouw*

Warmtepompen kunnen bij één van de afnemers geplaatst worden, van waaruit verdere energieverdeling naar andere afnemers plaatsvindt, of kunnen gepositioneerd worden in een separaat techniekgebouw. Deze keuze is sterk locatie- en afnemer-specifiek.

4.4.5.6 *Elektrisch vermogen*

Ten gevolge van de gecentraliseerde plaatsing van warmtepompen is sprake van een fors elektravermogen dat centraal beschikbaar dient te zijn. Gezien congestieproblematiek is afstemming met netbeheer in een zeer vroege projectfase vereist. Houdt bij de e-aansluiting rekening met opstartstromen en afzekerwaardes.

4.4.5.7 *Toegang gebouw*

Techniekgebouwen dienen voorzien te zijn van de benodigde veiligheidsvoorzieningen om onbevoegde toegang / vandalisme te voorkomen.

4.4.5.8 *Veiligheidsvoorzieningen*

Voor veiligheidsvoorzieningen i.v.m. de warmtepompen zelf verwijzen we naar het hoofdstuk 4.2 Warmtepompen (individueel). Dezelfde aandachtspunten zijn immers van toepassing omtrent brand- en explosieveiligheid, toxiciteit van koudemiddelen, certificeringseisen voor onderhoud, etc.

4.4.5.9 *Redundantie*

Bij een gecentraliseerd systeem is het van belang de eisen m.b.t. redundantie en bedrijfszekerheid in een vroeg stadium vast te stellen en op te nemen in het ontwerp. Bij falen van een gecentraliseerd systeem zit immers een grote groep afnemers direct zonder warmte. Bedrijfszekerheid kan verhoogd worden door bijvoorbeeld:

- Toepassen van meerdere warmtepompen en redundant uitgevoerde distributiepompen.
- Toepassen van back-up voorzieningen zoals gasgestookte ketels of elektrische ketels.

- Voorzien van noodaansluitingen zodat in geval van langdurige calamiteiten noodketelhuizen aan te sluiten zijn. Daarbij vóóraf al afspraken maken met partijen die noodvoorzieningen leveren zodat bij calamiteiten snel te schakelen is.
- Leidingwerk in de vorm van een ringleiding, voorzien van afsluiters tussen secties. Zo kan bij calamiteiten/lekkages een deel van het netwerk worden ingeblokt terwijl de rest wel voorzien blijft van energie.
- Sparepart-beleid (reservedelen op voorraad), conform afspraken met warmtepompleverancier.
- Prestatie-eisen vastleggen bij onderhoudspartij (responstijd bij storingen).

4.4.6 Collectieve koppelingsmogelijkheden

4.4.6.1 *Koppelen van systemen*

Warmtepompcentrales dienen zodanig te worden ontworpen dat deze in een later stadium aan elkaar te koppelen zijn. Dit is met name van belang bij installaties die bodemenergie als opslagtechniek hebben. Zo is optimaal gebruik te maken van elkaars energiestromen. Dit houdt onder meer in:

- Voorbereiden van regeltechniek.
- Toepassen van tijdelijke afsluiters in terreinleidingwerk (om later op aan te koppelen).
- Standaardisatie van afleversets.
- Afstemming rond beschikbare bronnen en opslagvoorzieningen (zie ook hoofdstuk 4.4 & 4.5 over WKO).

4.4.7 Communicatie, samenwerking & uitwisselingsprotocollen

Voor een collectieve warmtepomp installatie zijn contractuele afspraken nodig tussen de warmteleverancier, de beheerder / eigenaar van de collectieve installatie, de verschillende afnemers en het meterbedrijf. Een afnemer betaalt de warmte die volgens de meter op zijn afleverset wordt bemetert en uitgelezen. De eigenaar of beheerder onderhoud en garandeert de werking en continuïteit van het systeem. (dit kan de energieleverancier zijn). En de leverancier is nodig voor de energiecontracten en facturatie.

Hierdoor kan dit technisch overzichtelijke systeem contractueel opeens lastiger blijken. Wanneer er echter sprake is van verschillende afnemers op één campus (een groot bedrijf met meerdere gebouwen op één perceel) wordt het contractueel ook overzichtelijk. Er wordt dan vanuit één 'ketelhuis' warmte geleverd aan meerdere gebouwen via een eigen lokaal mini-warmtenet.

4.4.8 Monitoring en prestatiebewaking

Zorg ervoor dat monitoring en prestatiebewaking zodanig is ingericht dat centraal zichtbaar is hoe alle afnemers functioneren. Dit houdt in dat er per afleverset eigen bemetering aanwezig dient te zijn. Deze bemetering dient idealiter separaat te staan van het GBS-systeem van de gebouwinstallaties van de afnemer. Zo wordt voorkomen dat met een veelheid aan GBS-systemen connecties nodig zijn.

4.5 WKO-bron (open)

4.5.1 Omschrijving techniek

Een open bodemenergiesysteem of WKO (warmte-koude-opslag) gebruikt het grondwater in ondergrondse bodemlagen als thermisch opslagmedium. Door het gebruik van WKO wordt dus geen energie opgewekt; de overtollige energie wordt enkel opgeslagen in het bodemwater. Onbenutte warmte wordt tijdens de zomerperiode opgeslagen voor gebruik in de koude winterperiode, waardoor een gebouw afkoelt. En in de winterperiode wordt deze warmte weer opgepompt om het gebouw mee te verwarmen. WKO is één van de weinige technieken waarmee grootschalig seizoensgebonden thermische energieopslag mogelijk is.

Gecombineerd met een opwekkingstechniek zoals een warmtepomp vormt een open bodemenergie een zeer efficiënte koude en warmtelevering voor een (bedrijfs-)pand.

Een open bodemenergiesysteem is uitermate geschikt als collectieve energieopslag / energiebron. Elk pand, elk bedrijf heeft een unieke warmte-/koudevraag. Door middel van een collectief WKO-systeem wordt de maximaal beschikbare potentie van de bodem benut.

Met name door de zeer efficiënte koeling vanuit de bodem zijn in bedrijven met een grote koudevraag hoge rendementen mogelijk (COP van 20 à 30). Bij verwarming is het rendement afhankelijk van temperatuurregime in het pand en afhankelijk van de keuze van het warmtepompsysteem (COP van +/- 4 à 5).

4.5.2 Werkingsprincipe

Een bodemenergiesysteem bevat minimaal één warme en minimaal één koude bodembron. De bronnen zijn voorzien van pompen en injectiekleppen voor drukbehoud. Beide bronnen zijn bovengronds verbonden door middel van leidingwerk. Extra isolatie van dit leidingwerk is niet nodig gezien de lage temperaturen van de bodemtemperatuur. Hierdoor is er geen energieverlies. Het leidingwerk tussen de bronnen is voorzien van een warmtewisselaar. Deze zorgt ervoor dat de energie wordt overgedragen tussen bodemzijdig systeemdeel en gebouwzijdig systeemdeel.

De temperatuur van een WKO-systeem is begrensd. De ondergrens wordt van nature bepaald door de vorstgrens. De bovengrens wordt bepaald door bevoegd gezag (Omgevingsdienst en de Provincie, vastgelegd in de vergunning Waterwet) en bedraagt doorgaans 25 °C. De temperatuur van de koude dat via het WKO-systeem uit de bodem wordt gehaald is afdoende om vrije koeling te verzorgen. Het koude water kan -na tussenkomst van een wisselaar- rechtstreeks worden gebruikt voor gebouwkoeling. Dit is zeer efficiënt in vergelijking tot conventionele koelmachines.

De term 'vrije koeling' betekent dat er passief gekoeld wordt, er wordt geen koelmachine ingezet. Er is alleen wat elektriciteit nodig voor de pomp die het koude bodemwater rondpompt en de pomp die het water in het afgiftesysteem (vloerwarming, klimaatplafond) rondpompt.

De verwarmingstemperaturen van het bodemwater zelf zijn niet afdoende hoog om direct te kunnen toepassen. De temperatuur in de bodem is ca. 15-20 °C. Het gebruik van bodemenergie wordt vrijwel altijd gecombineerd met een warmtepomp om de temperatuur van het water te verhogen naar een bruikbaar niveau. Dit niveau is afhankelijk van de warmtevraag en dit verschilt per (bedrijfs-)pand. Dit is de reden dat de warmtevraag projectspecifiek in kaart wordt gebracht.

4.5.3 Do's & Don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Zoek naar koppelkansen. WKO vergt warmte- en koudebalans in de bodem. Indien een partij zelfstandig een warmte- of juist koudedominant profiel kent, kan koppeling met een nabijgelegen partij met een juist profiel ervoor zorgen dat er geen of minder energie voor balansherstel nodig is.
- Betrekken van een gecertificeerd bodemzijdig adviseur al vroeg in het traject voor het in kaart brengen van de geschiktheid en mogelijkheden in de bodem en het ontwerp van de bodembronnen
- Borgen van werken conform de certificeringseisen in het gehele traject. Via de certificeringsregels zijn veel risicopunten al ondervangen.
- Zorg voor juiste afstemming tussen ontwerpende partijen, ook met het oog op een gezamenlijk gedragen warmte- en koudeprofiel als basis voor ontwerp.
- Tijdig inzetten van vergunningstrajecten en contact met bevoegd gezag.

Risico's

- Bezuinigen op frequent onderhoud en kundig beheer: WKO is een betrouwbare techniek, maar achterstallig onderhoud kan soms tot bronverstoppingen leiden met zeer veel kosten of verminderde systeemcapaciteit tot gevolg.
- Broninterferentie. Voorkom interferentie, beïnvloeding, van verschillende bronnen in hetzelfde gebied door vroegtijdig na te gaan welke bronnen al aanwezig en vergund zijn in het gebied.
- Voorkom onvoldoende aandacht voor bronbalans. Het is eenvoudiger om dit in ontwerpfase al goed mee te nemen, dan in de beheerfase tot balansherstel over te moeten gaan.
- Overdimensionering. Voorkom een overgedimensioneerd systeem en borg regelbaarheid, ook bij lage vermogens (in tussenseizoenen). Overweeg bij projecten waarbij in de toekomst uitbreidingen/ aanvullende bouwdelen worden gekoppeld, multi-doubletsystemen toe te passen.

4.5.4 Technische voorwaarden

4.5.4.1 Certificering

WKO is verbonden aan certificeringseisen:

- SIKB11.000 voor het ondergrondse systeemdeel
- BRL 6000-21 voor het bovengrondse systeemdeel (warmtewisselaar, Warmtepomp, etc.)

Vanuit het certificeringsregime is het niet toegestaan zaken te doen met niet-gecertificeerde partijen. Het [bodem+register](#) geeft inzicht in welke partijen de juiste certificering hebben. Hierbij wordt onder meer onderscheid gemaakt in certificering voor ontwerp-, realisatie- en beheerfase.

4.5.4.2 Bodemsamenstelling

WKO is afhankelijk van de bodemsamenstelling. Een geohydrologische studie is noodzakelijk inzicht te krijgen in de daadwerkelijke mogelijkheden. Een daaropvolgende effectenstudie is noodzakelijk, ook voor het vergunningstraject.

4.5.4.3 Bronbalans

Bevoegd gezag vereist bij WKO-systemen balans in de bodem: De totale onttrokken hoeveelheden warmte en koude dienen aan elkaar gelijk te zijn. Dit is geborgd via het certificeringsregime en vereist dus in het ontwerptraject goed inzicht in het warmte- en koude-afname-profiel.

4.5.4.4 Balansvoorzieningen

Indien er in de ontwerpfase een indicatie is dat het bronsysteem niet in balans kan functioneren, en warmte- en koudegebruik vanuit de bodem dus van elkaar afwijken, dienen balansvoorzieningen te worden voorzien. Dit kan in de vorm van drycoolers, dakcollectorsystemen, koppeling met restwarmte- of koudegebruikers, oppervlaktewater, etc.

4.5.4.5 Wijzigen bronlocatie

Merk op dat wijzigen van een bronlocatie in een later stadium van het project doorgaans lastig is. Dit vergt dan aanpassing van vergunning, wat doorgaans veel tijd kan kost. Dit dient in de ontwerpfase goed duidelijk te zijn.

4.5.4.6 Keuze putbehuizing

De elementen van het ondergrondse deel van een WKO-systeem kunnen in (half)bovengrondse dan wel ondergrondse putbehuizingen worden geplaatst. Door overrijdbare ondergrondse afwerking te kiezen kan WKO ingepast worden in bv. een parkeervak. Indien mogelijk op de projectlocatie, heeft een half-bovengrondse putbehuizing de voorkeur: Dit vereenvoudigt onderhoud en vermindert het risico op onder meer vervuiling van de onderdelen in de put. Put daarnaast voorzien van deugdelijk slot.

4.5.4.7 Regelbaarheid

Systemen worden gedimensioneerd op piekcapaciteiten in midden winter en hartje zomer, de weersextremen. Daardoor draaien ze in de praktijk zeer veel in deellastsituaties, bij de gematigde weersomstandigheden. Borg gedurende het ontwerp dat het systeem ook goed werkt, juist in deellastsituaties. Let hierbij met name op selectie van bronpompen (terug te regelen tot <15% indien mogelijk).

4.5.4.8 Omkeerinrichting

We adviseren om de omkeerinrichting van het systeem indien mogelijk gebouwszijdig van de wisselaar te positioneren. Dit zodat het aantal appendages in het grondwatervoerend systeem minimaal is. Een omkeerinrichting is altijd nodig om juiste warmte-overdracht bij de wisselaar te bewerkstelligen, aangezien de stromingsrichting in het bodemzijdig systeemdeel (van warm naar koud in de winter, van koud naar warm in de zomer) per seizoen wijzigt, maar de gebouwszijdige stroming door de warmtewisselaar het hele jaar door dezelfde is.

4.5.5 Ruimtelijke voorwaarden

4.5.5.1 Locatie-afhankelijke broncapaciteit

De capaciteit van een bron (in m³ water per uur) is sterk afhankelijk van de locatie in Nederland. De bodemsamenstelling wisselt sterk, waardoor de geschikte bodemlagen voor een goede wateronttrekking per locatie anders zijn.

4.5.5.2 Beperkingen WKO-mogelijkheden

Ook wanneer de bodemcapaciteit goed is, zijn er mogelijke obstakels voor toepassing van WKO. Denk hierbij aan de volgende zaken:

4.5.5.3 *Grondwaterbescherming*

De provincie Noord-Brabant hanteert een restrictie op boordiepte (maximaal 80 m.). De geohydrologische studie/ effectenstudie geeft hier inzicht in.

- Boringsvrije zones
- Beperkingen boormogelijkheden nabij rivieren, beken en kanalen
- Archeologische waarden
- Natuurgebieden

4.5.5.4 *Locatie-afhankelijke materiaalkeuze*

Afhankelijk van onder meer zouthoudendheid van grondwater wijzigt de materialisatie van onder meer pompen, kleppen en warmtewisselaar. Gebruik van titanium installatiedelen kan nodig zijn. (Merk op dat hier in Noord-Brabant geen sprake van is).

4.5.5.5 *Bebouwing*

Positionering té dicht bij bebouwing kan risicovol zijn door de nabijheid van funderingspalen. Hier rekening mee houden bij ontwerp. Af te stemmen met borende partij.

4.5.6 **Collectieve koppelingsmogelijkheden**

4.5.6.1 *Maximaal benutten bodempotentie*

Indien méér WKO-bronnen in een dichtbebouwd gebied nodig zijn is een WKO-masterplan bijna een must: Door vooraf af te stemmen hoe warme en koude bronnen in een grotere omgeving worden gepositioneerd, kan ervoor worden gezorgd dat de maximale bodempotentie wordt benut.

4.5.6.2 *Interferentie*

Warmte en koude worden ondergronds opgeslagen. De energie verspreid zich daarbij buiten de perceelsgrenzen. Indien warmte- en koudebronnen te dicht bij elkaar zijn gepositioneerd, interfereren ze met elkaar. In de praktijk vindt dergelijke interferentie doorgaans niet plaats, omdat in de verplichte vergunning waterwet rekening wordt gehouden met de invloedssfeer van naburige bronnen.

4.5.7 **Communicatie, samenwerking, uitwisselingsprotocollen**

4.5.7.1 *Certificeringseisen*

Zowel SIKB11.000 als BRL6000-21 stellen communicatie-eisen (in concrete communicatieprotocollen) zodat afstemming van bovengrondse installatie (conform BRL) en ondergronds systeem (conform SIKB) correct plaatsvindt. Het is van belang deze communicatieprotocollen niet te zien als uitsluitend een wetgevingsformaliteit, maar ze integraal te gebruiken in de projectcommunicatie. Dit voorkomt afstemmingsproblemen.

4.5.8 Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden

- Controle systeemaanleg
- Het is essentieel om bij bronrealisatie controle (door een bodemzijdig adviesbureau) te laten plaatsvinden bij een aantal specifieke momenten. Dit zijn in elk geval:
- Start boorproces
- Bepaling filterpositie en **filterstelling**. Positionering in verkeerde bodemlagen kan tot blijvende verstoppingen leiden en is slechts zeer lastig te herstellen.
- Resultaten **bronontwikkeling** (schoonspoelen). Een bron dit na ontwikkeling niet voldoende schoon is kan tot verstoppingsproblemen leiden.
- **Ruimtebeslag**: Voor realisatie is een aanzienlijk terrein nodig met opstelruimte voor boorwagen, bezinkbakken, etc. Hier rekening mee houden bij selectie bronlocatie.
- **Contracteren bronboorder** Praktisch aandachtspunt betreft levertijden / capaciteitsplanningen van de bronboorders. Er zijn een beperkt aantal kundige bronboorders in Nederland waarbij de levertijden aanzienlijk kunnen wisselen, afhankelijk van de drukte.
-

4.5.9 Richtlijnen onderhoud en beheer

4.5.9.1 *Periodiek onderhoud*

Bronnen hebben periodiek onderhoud nodig. We adviseren hierbij minimaal 2x per jaar een onderhoudsronde uit te voeren. Bronnen gaan uit bedrijf bij onderhoud. Praktisch houdt dat in dat onderhoud in de tussenseizoenen dient plaats te vinden, als de bronnen niet of nauwelijks actief zijn.

4.5.9.2 *Rapportageverplichting*

WKO is verbonden aan rapportageverplichtingen. Het behoud van energetische bodembalans wordt gecontroleerd, naast tal van andere aspecten, door bevoegd gezag (omgevingsdiensten). Hieraan wordt invulling gegeven door jaarlijkse rapportage van energie- en waterhoeveelheden. Deze monitoring vindt plaats door een BRL 6000-21 gecertificeerde partij. Om onverhoopte toekomstige problemen te kunnen analyseren is het nodig om vanaf oplevering de registratie van energie- en waterverplaatsing, temperaturen en drukhandhaving te borgen. De te bemeteren parameters zijn altijd in de vergunning vastgelegd.

4.5.9.3 *Keuze opnemers*

WKO-systemen functioneren bij relatief lage temperaturen. Houdt hier rekening mee bij met name de keuze voor bodemzijdige temperatuurnemers. Advies: meetnauwkeurigheid van liefst +/- 0,1 °C. Bij afwijkingen kan onttrokken en geïnfilterde energie onder- of overschat worden.

4.5.9.4 *Referentiemeting grondwaterwaarden*

Doorgaans is een watermeting vereist vanuit de vergunning waterwet, vóórdat het systeem in bedrijf wordt genomen. Zo ontstaat een referentiesituatie van de voornaamste waterparameters.

4.5.9.5 *Reserve-onderdelen*

Afhankelijk van de gewenste betrouwbaarheid kunnen reserve-onderdelen op voorraad worden gehouden op de projectlocatie. Hierbij zijn met name de pompen en injectiekleppen relevante onderdelen die lange levertijden kennen. Dit is extra relevant bij systemen die slechts één warme en één koude bron hebben.

4.5.9.6 *Bronverstopping*

Om problemen met bronverstopping te voorkomen is het nodig om bij broncapaciteit die terugloopt onder 80% van het specifiek debiet bij oplevering, onderhoudsstappen te ondernemen (zoals mechanische reiniging (hogedrukbehandeling)). Dit kan voorkomen dat bij onverhoopte bronverstopping zwaardere ingrepen zoals chemische reiniging (chloorbleekloog / peroxide) nodig zijn.

4.5.9.7 *Correct drukbehoud*

Om ontgassing te voorkomen dient een bronsysteem permanent op druk te zijn. Aandacht voor drukhandhaving in de beheerfase is vereist.

4.5.9.8 *Regelgeving*

Niet uitputtend zijn de volgende **vergunningen** specifiek relevant voor Bodemenergiesystemen:

- **Waterwet** (via provincie / omgevingsdienst). Hier kunnen lange doorlooptijden (6 – 9 mnd.) aan gekoppeld zijn.
- **Lozingsvergunning** (bij realisatie / bronontwikkeling én voor beheer), via waterschap.
- **Vergunning gebruik werkwater** (bij realisatie / bronontwikkeling), doorgaans via gemeente.

4.6 WKO-bron (gesloten)

4.6.1 Omschrijving techniek

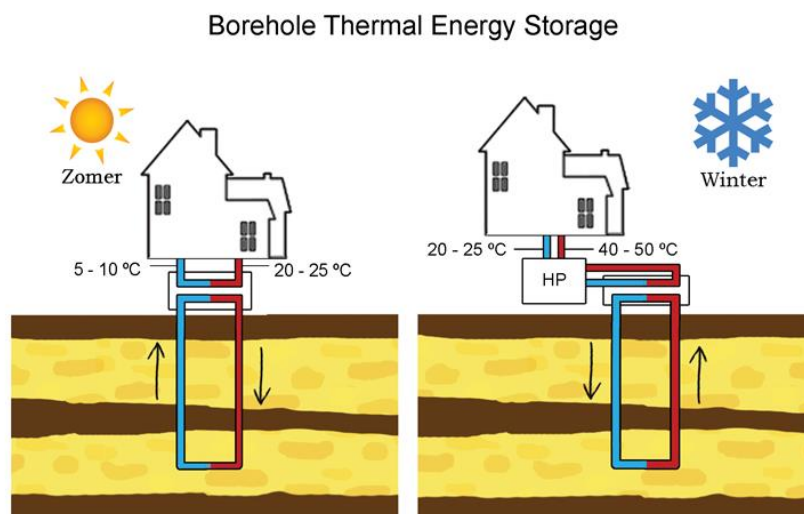
Zowel gesloten als open bodemenergiesystemen maken gebruik van energie uit de bodem. Bij een gesloten systeem wordt er echter geen grondwater verplaatst. Een gesloten systeem kan worden gebruikt om zowel warmte als koude te leveren door middel van een warmtepomp. Het systeem is nagenoeg vrij van seizoensinvloeden, waardoor gedurende het gehele jaar een hoog rendement gehaald kan worden op verwarmen en koelen.

Gesloten bodemenergiesystemen worden veelal gebruikt in de woningbouw en kleine utiliteitsbouw. Bij systemen tot 100 kW wordt vaak gekozen voor een gesloten bodemenergiesysteem in plaats van een open bodemenergiesysteem omdat de investeringskosten van een open bodemenergiesysteem in deze situaties te hoog zijn. Daarnaast speelt de balansvoorziening bij gesloten bodemenergiesystemen een minder grote rol, waar dit bij open bodemenergiesystemen een groot aandachtspunt is. Een open bodemenergiesysteem moet volgens de wet energetisch in balans worden gehouden. Dit betekent dat er net zoveel warmte in de grond gestopt moet worden als koude. Hierdoor kan een gesloten bodemenergiesysteem ook ingezet worden voor gebruikers die geen evenwicht hebben in warmte- en koude vraag, zonder additionele balansvoorzieningen te realiseren.

4.6.2 Werkingsprincipe

Een gesloten bodemenergiesysteem bestaat uit een ondergronds en bovengronds systeem. Het ondergrondse systeem bestaat uit een boring in de grond van enkele tientallen meters tot honderden meters, afhankelijk van de ontwerputgangspunten en de lokaal geldende restricties. In Brabant mag er niet dieper geboord worden dan 80m¹. Aanvullende restricties zijn te verwachten vanuit het waterschap in de directe omgeving van kanalen en rivieren.

Bij de grondboring wordt een slang in de vorm van een lus geplaatst. Daarna wordt de grondboring afgevuld met een speciaal materiaal waardoor de water scheidende kleilagen weer volledig afgedicht worden en er geen uitwisseling van grondwater tussen verschillende watervoerende pakketten plaats kan vinden. Een watervoerend pakket is een laag in de ondergrond waar grondwater zich bevindt. Deze laag met grondwater wordt vaak gescheiden van de rest van de bodem door een kleilaag boven en onder deze watervoerende laag. Deze kleilaag is in principe waterdicht, waardoor het water in deze laag blijft.



Schematische weergave

Een systeem kan uit één of meerdere boorgaten en lussen bestaan. Deze verschillende lussen worden middels een verdeler bovengronds aan elkaar gekoppeld, waarna de verdeler aangesloten wordt op een water-water warmtepomp. Vervolgens wordt een circulatiepomp toegevoegd die de vloeistof door het systeem transporteert. De vloeistof bestaat veelal uit een mengsel van water en glycol. Wanneer de vloeistof uit de warmtepomp komt heeft deze een andere temperatuur dan de bodemtemperatuur. Afhankelijk van het seizoen zal de vloeistof die door de lussen wordt getransporteerd warmte afgeven aan of opnemen uit de bodem. Wanneer deze vloeistof door de lussen wordt getransporteerd zal deze warmte afgeven aan de bodem, of opnemen van de bodem, afhankelijk van het seizoen.

Gedurende de winter pompt de warmtepomp relatief koude vloeistof door de lussen in de warmere bodem. De koude vloeistof zal dan warmte uit de bodem opnemen waardoor de temperatuur van deze vloeistof stijgt. De opgewarmde vloeistof wordt naar de warmtepomp getransporteerd, die de warmte weer uit de vloeistof haalt en hiermee warmte aan het gebouw levert.

In de zomer is dit proces omgedraaid. De vloeistof uit de warmtepomp heeft een relatief hoge temperatuur, en wordt door de bodem gepompt waardoor de vloeistof warmte afgeeft aan de bodem en waardoor de temperatuur van de vloeistof daalt. De afgekoelde vloeistof gaat naar de warmtepomp, waarna de warmtepomp warmte uit het gebouw in de vloeistof stopt. Hierdoor wordt het gebouw afgekoeld en wordt de warmte opgeslagen in de bodem.

4.6.3 Do's & Don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Het systeem maakt gebruik van de stabiele bodemtemperatuur i.c.m. een bufferende werking om in de zomerwarmte op te slaan om deze daarna in de winter te gebruiken. Hierdoor wordt een duurzame bron van warmte en koude gerealiseerd met een relatief hoog rendement.
- In de bodem is veel massa en diepte beschikbaar. Hierdoor kan een hoog rendement systeem (COP tussen 4 en 7 zijn haalbaar) worden gerealiseerd zonder dat dit bovengronds veel ruimte kost.
- Het ondergrondse deel bestaat uit een boorgat met daarin een slang in een lus vorm, afgevuld met een speciaal materiaal. Wanneer het systeem werken in bedrijf is gesteld is het onderhoud en de kans op gebreken minimaal richting de toekomst, resulterend in een lange levensduur.
- Het systeem is geschikt voor zowel warmte- als koude levering op hoog rendement.
- Het systeem kan hoge rendementen voor verwarmen en koelen behalen. Rendementen voor verwarming kunnen oplopen tot een COP van 6, terwijl dit voor koelen op kan lopen tot een COP van 20.
- Een gesloten bodemenergiesysteem is veel minder afhankelijk van een zogenaamde energiebalans, terwijl dit bij open bodemenergiesystemen veel meer is.

- **Risico's**

- Wanneer meerdere systemen nabij elkaar gerealiseerd worden heeft dit effect op de werking van ieder systeem. Hier dient in de ontwerpfase rekening mee te worden gehouden.
- Het vermogen dat geleverd kan worden hangt af van de locatie specifieke bodemeigenschappen. De boordiepte kan afgestemd worden op de benodigde systeem capaciteit, maar is ook afhankelijk van bodemgeschiktheid en regelgeving. In een ontwerp worden al deze zaken afgewogen, waarna ook de afweging tussen de boordiepte en het aantal benodigde bronnen gemaakt moet worden.
- Wanneer er geen gedegen, getoetst, ontwerp gemaakt is kunnen rendementen en capaciteiten van het systeem op lange termijn tegenvallen.
- Wanneer lekkage optreedt is er kans dat er glycol in de grond vrijkomt. In geval van lekkage wordt het systeem dan ook direct buiten werking gesteld en leeggepompt, waarna deze pas opnieuw gebruikt kan worden na reparatie of vervanging van de lus. De kans op ondergronds lekkage is echt klein wanneer het systeem lekvrij in bedrijf is gesteld.
- Wanneer scheidende lagen in de ondergrond niet voldoende worden afgedicht kan er vermenging van grondwater uit verschillende watervoerende pakketten plaatsvinden. Dit brengt biologische en chemische risico's met zich mee. Om zeker te weten dat de scheidende lagen voldoende hersteld zijn, wordt in sommige gevallen het hele boorgat gevuld met een niet-waterdoorlatend materiaal. Wanneer hier niet voor wordt gekozen, dan moet men tijdens het boren iedere meter een monster nemen, om te bepalen in welke meters deze lagen hersteld moeten worden.
- Wanneer er in een gebied meerdere gesloten bodemenergiesystemen verwacht worden, zoals in een nieuw te ontwikkelen woonwijk, kan dit gebied als interferentiegebied aangewezen worden. Wanneer dit het geval is dient ieder ontwerp van een gesloten bodemenergiesysteem te worden aangepast aan deze situatie om een goede werking te garanderen.
- Beperkingen boormogelijkheden
 - Grondwaterbescherming
 - Boringsvrije zones
 - Beperkte boormogelijkheden nabij rivieren, beken en kanalen
 - Archeologische waarden
 - Natuurgebieden

4.6.4 Ontwerputgangspunten

De volgende gegevens dienen bekend te zijn alvorens er een goed ontwerp gemaakt kan worden van de bodembron:

- Warmtegeleidingscoëfficiënt van de bodem. Deze wordt bepaald door een bodem specialistisch adviesbureau.
- Warmtecapaciteit van de bodem op de bronlocatie.
- Boordiepte. Afhankelijk van de ontwerputgangspunten, regelgeving overheden en waterschap.
- Temperatuurvraag van het bouwwerk en de gebruikers en de beschikbare temperatuurdelta in de bodembron.

4.6.4.1 *Ruimtelijke voorwaarden*

- Er moet voldoende ruimte zijn om de boorstelling tijdens de realisatiefase op te stellen.
- In het geval van de realisatie van meerdere bronnen in één systeem moet een verdeler geplaatst worden, deze kan ook in de bodem worden verwerkt.
- Het bovengrondse deel van de bodembron dient bereikbaar te zijn voor inspecties. Dit deel bestaat uit een put van ca. 1x1m en enkele tientallen centimeters hoog.
- Er moet een warmtepomp worden geplaatst, deze zal binnen in een technische ruimte worden geplaatst. Deze wordt meestal gecombineerd met een buffervat afhankelijk van de grootte van de installatie, (die afhankelijk is van de grootte van de warmtevraag en het bouwwerk) is een technische ruimte van ca. 8 tot 25m² nodig.

4.6.4.2 *Collectieve koppelingsmogelijkheden*

- Een gesloten bodemenergiesysteem kan zowel in een individueel als in een collectief systeem geïmplementeerd worden. In beide gevallen wordt de warmte uit de bodem onttrokken door een warmtepomp, waarna deze verder verdeel kan worden. Dit kan zowel afgegeven worden aan een individueel gebouw als een collectief systeem.
- Een gebouw met een individuele warmtepomp met gesloten bodembron kan later op een collectief systeem gekoppeld worden. Afhankelijk van de aanwezige warmte en koudevraag, de broncapaciteit en de (on-)balans in de bron kan de bron collectief benut worden, of kan bij piekmomenten gebruik gemaakt worden vanuit de collectieve voorzieningen.
- Bij grootschalige ontwikkelingen is gesloten bodemenergie waarschijnlijk minder rendabel dan open bodemenergie gezien het groot aantal boorgaten dat gerealiseerd moet worden.

4.6.4.3 *Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden*

- Er moet voldoende werkwater op de boorlocatie aanwezig zijn om het boorgat onder druk te houden tijdens het boren zodat de boorgatwand niet instort en zodat verschillende grondwaterpakketten niet mengen. Dit werkwater kan eventueel in een buffertank zitten. In dat geval is een dubbele opstelplaats voor boorvrachtwagen en tankvrachtwagen nodig in de directe nabijheid van de boorlocatie. Dit wordt door de bronnenboorder voorzien.
- Er moet voldoende ruimte zijn rondom locatie om een boorstelling op te kunnen stellen. Dit is minimaal de manoeuvreerruimte van een vrachtwagen en een even grote opstelruimte voor het boormaterieel met een personele werkruimte rondom.
- Er is op specifieke locaties sprake van een hoge waterstand, waardoor een artesische bron kan ontstaan. Hierbij komt het grondwater vanzelf aan de oppervlakte. Wanneer dit het geval is dient hier tijdens de realisatie rekening mee te worden gehouden door o.a. het verhoogd opstellen van de boorstelling. Dit kan voorkomen in heuvelachtige gebieden of gebieden met een hoge grondwaterstand.

4.6.4.4 *Richtlijnen onderhoud en beheer*

- Zorg voor regelmatig en kwalitatief onderhoud, zoals voorgeschreven door de installateur, van het systeem om de werking en prestaties van het systeem op lange termijn te garanderen.

4.6.5 Regelgeving

- Voor alle gesloten bodemenergiesystemen dient de aanleg te worden gemeld bij het bevoegd gezag.
- Gesloten bodemenergiesystemen met een bodemzijdig vermogen vanaf 70 kW én gesloten systemen binnen interferentiegebieden moeten een Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (OBM) hebben.
- Gesloten bodemenergiesystemen hebben een watervergunning nodig. Provincies kunnen vrijstelling geven van de vergunningsplicht als het pompdebiet niet hoger is dan 10m³ per uur.
- Het ondergrondse deel van het gesloten bodemenergiesysteem moet voldoen aan de BRL SIKB 11000 erkenningsregeling. Bedrijven die werkzaamheden uitvoeren aan dit systeem op het gebied van ontwerp, realisatie en beheer moeten over een erkenning beschikken van BRL SIKB 11000.
- Het bovengrondse deel van het gesloten bodemenergiesysteem moet voldoen aan de BRL SIKB 6000-21 erkenningsregeling. Bedrijven die werkzaamheden uitvoeren aan dit systeem op het gebied van ontwerp, realisatie en beheer moeten over een erkenning beschikken van BRL SIKB 6000-21.
- De uitvoering van mechanische boringen voor de realisatie van een gesloten bodemenergiesysteem valt onder de erkenningsregeling BRL SIKB 2100. Ook hierbij moet het betrokken bedrijf over een erkenning beschikken op basis van BRL SIKB 2100.
- Bij de realisatie van een gesloten bodemenergiesysteem komt mogelijk grondwater vrij. Dit grondwater moet geloosd worden, en afhankelijk van de lozingsroute (terugbrengen in de bodem, lozen op riolering, lozing op de bodem of lozing op oppervlaktewater) gelden hier ook regels voor.

4.7 Biogas

4.7.1 Omschrijving techniek

Biogas is een duurzaam gas dat na bewerking als alternatief kan dienen voor fossiel aardgas. Biogas wordt geproduceerd door het vergisten van mest, gft of ander (niet houtig) organisch afval. Deze grondstoffen zijn afkomstig uit de landbouw- of veeteeltsector, waardoor het bijdraagt aan de circulariteit van de keten en kan worden aangewezen als een duurzame brandstof. Na de vorming van biogas kan hieruit groen gas worden geproduceerd middels een proces genaamd biogasopwaardering. Dit groene gas kan aardgas vervangen in een gasnetwerk.

Het voordeel van biogas is dat een duurzame energiebron een fossiele bron vervangt. Bij de transitie van aardgas naar biogas zijn er doorgaans geen -of slechts enkele- aanpassingen nodig aan de verbrandingsinstallaties zoals verwarmingsketels of procesinstallaties.

4.7.2 Werkingsprincipe

Biogas wordt verkregen uit de vergisting van organische stoffen. Organische stoffen zoals landbouwafval, rioolslib, mest of andere plantaardige resten worden ingevoerd in een vergistingsinstallatie. In deze installatie wordt het vergistingsproces in gang gezet waarin biologisch afbreekbare stoffen zoals eiwitten, koolhydraten en vetten uit organische stoffen worden afgebroken door micro-organismen. Dit proces vindt plaats onder anaerobe omstandigheden (zonder zuurstof) op een vaste temperatuur tussen $\pm 32-42^{\circ}\text{C}$ of $43-48^{\circ}\text{C}$, afhankelijk van het gekozen type proces. Onder deze temperaturen werkt het proces optimaal. Om tot deze starttemperaturen te komen, moet warmte gecreëerd worden. Als het proces eenmaal op gang is, zorgen de micro-organismen voor de meeste interne warmteproductie. Tijdens het vergistingsproces zetten de micro-organismen de biologisch afbreekbare stoffen om in methaan. Dit is het belangrijkste bestanddeel van biogas.

Het biogas kan na productie gasvormig worden opgeslagen en gebruikt als hernieuwbare energiebron. Het kan bijvoorbeeld worden ingezet in een WKK (warmte-kracht-koppeling) om warmte en elektriciteit op te wekken in een biogasinstallatie. Ook kan het worden opgewaardeerd tot groen gas. Het opwaarderen van biogas naar groen gas gebeurt door het vergistingsproces. Tijdens dit proces komt methaan vrij. Dit vrijgekomen methaan wordt biogas genoemd.

Het verkregen methaan heeft een andere calorische samenstelling en kwaliteit dan aardgas waardoor het niet direct gebruikt kan worden in het reguliere gasnet. Hiervoor moet het opgewaardeerd worden tot groen gas. Dit proces wordt biogasopwaardering genoemd en bestaat uit een aantal stappen. Allereerst worden verontreinigingen zoals waterstofsulfide, siloxanen en andere onzuiverheden verwijderd. Vervolgens wordt het biogas gedroogd om de waterdamp te verwijderen. De derde stap is het verwijderen van koolstofdioxide door processen zoals drukwisselabsorptie, membraanscheiding of cryogene scheiding zodat het methaangehalte verhoogd kan worden. Om de transport- en opslagefficiëntie te verbeteren wordt het groene gas uiteindelijk gecomprimeerd tot maximaal 10 barg.

Het -geodoriseerde- groene gas kan uiteindelijk worden geïnjecteerd in het aardgasnetwerk. De afnemer kan het groene gas op eenzelfde manier gebruiken als conventioneel aardgas. Dit kan worden ingezet voor ruimteverwarming of in (bedrijfs-)processen.

4.7.3 Do's & Don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Duurzame opgewekt gas doormiddel van organisch afval.
- Handhaven aardgasgestookte installatie en toch verduurzamen.
- Handhaven en benutten bestaand gasnetwerk
- Hoge temperatuur verwarming mogelijk, dus oudere gebouwen kunnen verduurzaamd worden zonder veel bouwkundige aanpassingen.
- Eventueel bijmenging op huidige gasnet is mogelijk.
- Circulair proces is mogelijk in combinatie met organische afvalstromen, bijvoorbeeld uit de veeteelt.

Risico's

- Afhankelijk van de continuïteit van regionaal beschikbare organische reststromen.
- Vergistingscentrale kan stankoverlast genereren
- Er zijn een aantal specifieke gevaren bij het transport van biogas ten opzichte van aardgas.
 - Biogas heeft een andere geur dan aardgas.
 - Biogas bevat een aantal toxische componenten.
 - Er kunnen schadelijke micro-organismen aanwezig zijn.
 - Biogascomponenten kunnen negatieve effecten hebben op de integriteit van leidingmaterialen.
 - Biogas heeft een hogere dichtheid dan aardgas.

4.7.4 Ontwerputgangspunten

- Gebruik bestaande aardgas verbranders mogelijk.
- Realisatie transportvoorziening biogas (via regulier gasnet, of private leiding).
- Buffer van biogas nodig om mismatch tussen verbruik en opwekking op te vangen.

4.7.5 Ruimtelijke voorwaarden

- Ruimte voor een (bio)gasketel, vergelijkbaar met reguliere gasketel.
- Transportvoorziening in de vorm van terreinleiding of het bestaande gasnet.
- Vergistingscentrale moet gebouwd worden, inclusief opslag voor organische reststromen en biogas. Dit kost ruimte en kan onder andere stankoverlast met zich meebrengen.
- Voor de opslag van vergistingsgas tot en met 4.000 m³ en een waterstofsulfidegehalte tot 1 volumeprocent is een veiligheidsafstand van 50 meter vanaf het midden van de opslag voldoende. Voor grotere opslagen, met grotere volumeprocenten waterstofsulfide kan een grotere veiligheidsafstand nodig zijn.

4.7.6 Technische voorwaarden

- Bij de aanleg en het beheer van biogasleidingen dienen minimaal de maatregelen zoals voorgeschreven in de normserie NEN 7244 en VIAG toegepast te worden.
- Vocht in het biogas leidt tot aantasting van leidingen en componenten in het leidingnet. Transporteer daarom alleen droog biogas met een dauwpunt van -3°C of lager bij de maximale druk in de leiding. Daarnaast mag de maximale concentratie van aromatische koolwaterstoffen 800ppm zijn, en mogen er geen gecondenseerde hogere koolwaterstoffen worden toegestaan.
- Waterstofsulfide kan in hoge concentraties voorkomen in biogas en is toxisch. Op basis van het explosiegevaar bedraagt de maximale toegestane concentratie waterstofsulfide in het biogas 160ppm.

- Het precieze gevaar van micro-organismen in biogas op de veiligheid is onbekend. Gedroogd biogas bevat veel minder micro-organismen. Om deze reden wordt het aanbevolen om biogas te transporteren met een dauwpunt van -3°C of lager bij de maximale druk in de biogasleiding.
- Biogas heeft vaak een grotere dichtheid dan aardgas, afhankelijk van de exacte samenstelling. Hierdoor is het biogas zwaarder dan aardgas en wordt aanbevolen om bij biogasleiding een minimale afstand van 3,5 meter tot aan bebouwing te hanteren om de kans op binnendringen van biogas te verkleinen.
- Mensen die aan het werk zijn aan de leiding moeten worden gewaarschuwd bij de ophoping van gas.
- Leidingen moeten altijd gemaakt zijn van de kunststof HDPE, in de meeste gevallen PE100 SDR11.
- Het wordt geadviseerd om in- en uittredepunten voor pigs en/of sifons in te bouwen om vocht op te kunnen vangen en de leiding te kunnen reinigen of drogen.
- Installeer een calamiteitenafsluiter aan het begin en einde van de leiding op openbare grond en op de perceelsgrens.

4.7.7 Collectieve koppelingsmogelijkheden

- Mogelijkheden om leidingnet gefaseerd uit te breiden
- Mogelijkheden om gebruikers gefaseerd aan te sluiten
- Mogelijkheden om opwekking op of af te schalen

4.7.8 Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden

- De leiding wordt vaak dieper gelegd dan minimaal wordt gevraagd in de regelgeving.
- Gebruik kunststof leidingen (HDPE PE 100 SDR 11 maximale druk 8 bar) met gelaste verbindingen.
- Gebruik geen appendages van onbeschermd koper, staal, aluminium of POM wanneer vochtig biogas wordt gebruikt.
- Voeg het opschrift 'biogas' op de leiding toe om te herkennen dat het om een biogas leiding gaat.
- Pas een waarschuwingslint toe boven de leiding, op ongeveer 30 centimeter onder het maaiveld.
- Houdt een minimale afstand tot bebouwing van 3,5 meter aan.
- Breng gasdetectors aan op plekken waar biogasleiding door of naar ruimtes gaan.
- Het wordt geadviseerd om een kunststofband boven de leiding in de grond aan te brengen om schade bij onzorgvuldig graven te beperken.
- Voeg calamiteitenafsluiters toe op openbaar terrein. Deze zullen ook bereikbaar moeten zijn in geval van calamiteiten, en moeten worden aangeduid als gasafsluiter.
- Er ligt op dit moment een advies voor regelgeving omtrent biogas, aanvullende wetgeving is te verwachten in de toekomst.

4.7.9 Richtlijnen onderhoud en beheer

Onderhoud en beheer minimaal volgens normserie NEN 7244 en VIAG.

- Licht onderhouds- storings- en hulpdiensten in over mogelijke aanwezigheid en gevaren van:
 - Waterstofsulfide;
 - Vocht met micro-organismen;
 - Een andere geur dan aardgas;
 - ophoping van biogas is in werkruimten door hogere dichtheid.

- Pas calamiteitenplannen, werkinstructies en training aan op de mogelijke aanwezigheid en gevaren van de hiervoor genoemde stoffen/eigenschappen.
- Informeer omwonende over de afwijkende geur van biogas, en het storingstelefoonnummer van de biogasleidingbeheerder.
- Voer een bovengrondse lekdetectie uit 2 tot 4 weken na ingebruikstelling van de biogasleiding, hiervoor voldoet bestaande lekdetectie apparatuur. Voer dit onderzoek opnieuw uit binnen 2 tot 4 weken na (graaf)werkzaamheden aan of in de buurt van de biogasleiding.
- Bekijk de situatie van het gehele leidingtracé jaarlijks om te beoordelen of er zaken in de omgeving veranderd zijn waardoor het systeem niet meer aan de eisen voldoet.
- Zorg dat de biogasleiding bij het Kadaster aangemerkt wordt als Eis Voorzorgsmaatregel.
- Zorg dat een waterstofsulfide-detector gebruikt wordt bij werkzaamheden aan de leiding.
- Zorg voor de aanwezigheid van de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen bij werkzaamheden, vooral wanneer het waterstofsulfide limiet overschreden wordt, of als er vocht in de biogasleiding zit.

4.7.10 Regelgeving

Voor het bouwen en exploiteren van een biogasinstallatie moet de eigenaar/beheerder in het bezit zijn van de volgende zaken:

- Omgevingsvergunning
- Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) erkenning.
- Registratie op grond van meststoffenwet.
- Een VIHB-registratie wanneer afvalstoffen worden vergist.

Voor het transport van biogas wordt er op dit moment een NEN-norm ontwikkeld, daarnaast ligt er een voorstel voor een richtlijn voor het transport van (ruw) biogas.

4.8 E-ketels

4.8.1 Omschrijving techniek

Elektrische ketels (E-ketels) worden gebruikt om water op te warmen, waarna dit warme water wordt gebruikt om warmte aan een ruimte of proces te leveren. Om deze warmte op te wekken wordt uitsluitend elektriciteit gebruikt.

4.8.2 Werkingsprincipe

De elektrische ketel gebruikt elektriciteit via een elektrische voeding om warmte op te wekken. Deze warmte wordt overgedragen aan een vloeistof zoals water of een andere warmtedrager. Deze vloeistof wordt naar de ruimte of het proces getransporteerd om daar de warmte af te geven.

De warmte wordt opgewekt door één of meerdere verwarmingselementen. Deze verwarmingselementen zijn vaak elektrische spoelen die warm worden wanneer er elektriciteit doorheen stroomt. Wanneer het verwarmingselement actief is stroomt er een vloeistof (bijvoorbeeld water) langs welke de warmte van het verwarmingselement opneemt.

Om deze vloeistof te laten stromen is een circulatiepomp nodig. Deze circulatiepomp zorgt voor de verplaatsing van de vloeistof door het systeem, van het warmte afgiftepunt naar het warmte afnamepunt en vervolgens weer terug. Een warmteafgifte punt is vaak een radiator of een andere warmtewisselaar. Deze warmtewisselaar zorgt dat de warmte uit de vloeistof wordt overgedragen aan bijvoorbeeld de lucht in de ruimte. Uiteindelijk zorgt een regeling, bestaande uit thermostaten, druksensoren en veiligheidskleppen ervoor dat het systeem goed en veilig werkt.



Referentie E-ketels project monumentaal kantoor den Haag, realisatie Kuipers

4.8.3 Do's & Don'ts | kansen en risico's

Do's

- Zorg ervoor dat de ketel wordt gemonteerd met voldoende ruimte eromheen voor onderhoud en reparaties.
- Plan regelmatig onderhoud in van het systeem om een veilige en efficiënte werking te garanderen.
- Regel het temperatuur traject op een juiste manier in, zodat de warmteafgifte en warmteafname goed op elkaar afgestemd zijn. Dit voorkomt onnodige energieverliezen en resulteert in de gewenste prestaties.
- Zorg dat de elektrische ketel voorzien is van alle wenselijke veiligheidsvoorzieningen, zoals drukbeveiliging, oververhittingsbeveiliging en storingsmelders.
- Laat de elektrische ketel installeren door experts die ervaring hebben met het werken met verwarmingssystemen en elektrische voedingen.
- Zorg voor voldoende ventilatie van de ruimte waar de elektrische ketel is geïnstalleerd; de ketel produceert ook warmte in de ruimte waar deze hangt, welke voldoende afgevoerd moet worden.

Kansen

- Elektrische ketels kunnen relatief hoge temperaturen maken, waardoor deze geschikt zijn om warmte te leveren aan processen of aan gebouwen met een hoge temperatuur warmtevraag. Bepaal van tevoren welke temperaturen nodig zijn.
- Elektrische ketels kunnen flexibel geschakeld worden, waardoor ze bijvoorbeeld ingezet kunnen worden om elektriciteit om te zetten in warmte wanneer er te veel elektriciteit aanwezig is op het elektriciteitsnet of het PV-systeem. De opgewekte warmte kan relatief makkelijk gebufferd worden om later nuttig te gebruiken.

4.8.4 Technische voorwaarden

- Elektrische ketels hebben relatief grote elektrische vermogens nodig om te kunnen werken, let erop dat de elektrische voeding voldoende capaciteit heeft. Kijk hierbij onder andere naar de kabels naar de ketel toe, de groep waar de ketel op aangesloten zit en de hoofdaansluiting. Let op mogelijke opstartstromen en afzekerwaarde.
- Elektrische ketels hebben een relatief laag rendement vergeleken met bijvoorbeeld warmtepompen. Waar een warmtepomp energie uit een bron inzet als verwarmingsenergie, tegen een relatief geringe hoeveelheid elektra, heeft een elektrische ketel een 'één-op-één-rendement': Voor elke kWh elektrische energie, resulteert er ook één kWh thermische energie. Het energieverbruik is een aandachtspunt bij het toepassen van een elektrische ketel.
- De elektrische ketel wordt vaak ingezet in een water gedragen systeem. Er stroomt water of een andere vloeistof door het systeem. Zorg hierbij voor een vloeistof zonder verontreiniging en zonder schadelijke chemische stoffen. Het toepassen van waterbehandeling kan noodzakelijk zijn om corrosie of kalkaanslag te voorkomen.

4.8.5 Regelgeving

- Elektrische installaties moeten worden aangelegd volgens de NEN1010 voorschriften. In de beheerfase is de NEN3140 van toepassing.
- Het bouwbesluit stelt eisen aan het mogen inzetten van elektrische directe verwarming met een COP van 1 zoals bij elektrische ketels. De techniek is bij nieuwbouw, verbouw en vervanging uitsluitend toegestaan in de vorm met losse, individuele toestellen. Toepassing als (enige) centrale voorziening in een overkoepelend technisch bouwsysteem is niet toegestaan.

4.9 Buffervaten Thermische opslag

4.9.1 Omschrijving techniek

Buffervaten worden ingezet om thermische energie op te slaan in installaties. Een buffervat heeft de functie om de installatie te stabiliseren door warmte op te slaan wanneer de installatie zijn warmte niet volledig kwijt kan, of door warmte te leveren wanneer de installatie dit niet kan. Daarbij kan slimme inzet van een buffervat leiden tot stabiel schakelgedrag van opwekkingscomponenten zoals warmtepompen. Dit werkt levensduur verlengend.

Een buffervat is een -vaak geïsoleerd- vat gevuld met water. Dit water kan verwarmd worden om warmte op te slaan, waarna het afgekoeld kan worden om deze warmte te leveren. Buffervaten zijn verkrijgbare in verschillende formaten variërend van enkele liters tot tienduizenden liters groot. Ze kunnen zowel binnen als buiten worden opgesteld. Het is tevens mogelijk om ze ondergronds te plaatsen.

4.9.2 Werkingsprincipe

Buffervaten zijn beschikbaar in verschillende formaten en daarom breed inzetbaar. Ze kunnen worden gebruikt om installaties te stabiliseren zodat deze een langere tijd op gelijk vermogen kunnen draaien, ondanks schommelingen in warmtevraag van een (bedrijfs-)pand. Hier draait het om thermische energieopslag op korte termijn. Het is ook mogelijk om thermische energie op te slaan voor enkele dagen. Zodoende kan het worden ingezet als thermische buffer. Dit buffervat kan bijvoorbeeld in de grond worden verwerkt om bovengrondse ruimte te besparen.

Warmte kan uitgewisseld worden tussen de installatie en het buffervat door middel van een warmtewisselaar. Deze warmtewisselaar kan in het buffervat geplaatst worden maar kan zich ook buiten het buffervat bevinden. Vaak wordt er ook stratificatie toegepast in een buffervat. Hierdoor ontstaan er meerder lagen met ieder hun eigen temperatuur. Thermische energie kan op verschillende temperaturen worden opgeslagen.

Gezien de grote hoeveelheden energie die op jaarbasis gebruikt wordt in gebouwklimalisering, vindt seizoensgebonden thermische opslag in buffervaten/bufferconstructies voor grotere utiliteitspanden vrijwel niet plaats. De reden hiervoor is dat er een dermate grote buffer nodig is om het overgrote gedeelte van het seizoen te kunnen dekken, dat dit financieel en ruimtetechnisch vaak niet haalbaar is.



Referentie buffervat. Sachem Europe te Zaltbommel, realisatie Kuipers

4.9.3 Do's & Don'ts | kansen en risico's

Kansen

- Relatief goedkope opslag van thermische energie
- Gemakkelijk schaalbaar, toe te passen op elke grootte
- Geschikt voor een grote range aan temperaturen
- Het buffervat kan gekoppeld worden aan restwarmtebronnen, warmtepompen, gasketels, elektrische ketels en zonthermische panelen.
- Kan worden ingezet als peak-shaving om korte maar hoge energievraag op te vangen.

Risico's

- Neemt relatief veel ruimte in beslag door relatief lage energiedichtheid
- Vooral geschikt voor energieopslag tot enkele dagen door relatief hoge verliezen
- Hoog gewicht
- Thermische energieopslag in buffervaten is niet geschikt als seizoensopslag, alleen in hele grote uitvoeringen.

4.9.4 Technische voorwaarden

4.9.4.1 *Ontwerputgangspunten*

- De grootte van het buffervat wordt afgestemd op de hoeveelheid energie die opgeslagen moet worden en de temperatuur waarop deze opgeslagen moet worden.
- Afhankelijk van de opslagtemperatuur en omgevingstemperatuur kan ervoor worden gekozen om een buffervat wel of niet te isoleren. In de praktijk raden we aan om, bij buffering > 25°C, sowieso te kiezen voor isolatie.
- Een goede thermische gelaagdheid is belangrijk om een voldoende hoge temperatuur uit het systeem te kunnen halen. Borg hierbij tevens temperatuurmetingen op diverse niveaus in de buffer. Zo is in de beheerfase een betere aansturing van de installaties mogelijk.

4.9.4.2 *Ruimtelijke eisen*

- Een buffervat kan relatief veel ruimte kosten, hiermee dient in het ontwerp rekening te worden gehouden. Houdt tevens rekening met de toekomst: Kies een locatie waarbij de buffer niet in de weg staat voor toekomstige uitbreidingen dan wel in- en uitvoeren van andere installatiedelen bij vervangmomenten.
- Een buffervat kan zowel horizontaal als verticaal worden opgesteld.
- Een buffervat kan zwaar zijn, afhankelijk van het volume. Bij het plaatsen op een constructie dient hiermee rekening te worden gehouden.
- Om vloeroppervlakte te besparen kan men ervoor kiezen om het buffervat ondergronds te plaatsen, waardoor deze uit het zicht is en geen schaarse oppervlakte in de techniekruimte kost.

4.9.4.3 *Technische voorwaarden*

- Goede isolatie beperkt energetische verliezen.
- Temperaturen dienen te worden afgestemd op de temperatuur van zowel de warmteopwekker als de warmteafnemer om het best presterende systeem te krijgen.
- Een goede thermische gelaagdheid is belangrijk om een voldoende hoge temperatuur uit het systeem te kunnen halen.

4.9.4.4 *Collectieve koppelingsmogelijkheden*

- Buffervaten kunnen zowel kleinschalig individueel toegepast worden als grootschalig collectief.

4.9.4.5 *Richtlijnen onderhoud en beheer*

- Afhankelijk van de omvang kan een buffer het mogelijk maken om in te spelen op dagelijkse schommelingen in energieprijzen: Door de buffer te laden op momenten wanneer de energie voor de thermische opwekkingsinstallaties goedkoper is, wordt een gebouw tegen minder kosten geklimatiseerd. Deze aanstuurwijze vergt extra aandacht in de beheerfase.

4.10 Zonnecollectoren

4.10.1 Omschrijving techniek

Een zonnecollector vangt zonnewarmte op. Dat gebeurt doordat de zon buizen opwarmt waardoor een vloeistof loopt. Deze verwarmde vloeistof wordt vervolgens via een warmtewisselaar opgeslagen in een voorraadvat of boiler. De vloeistof kan water zijn, of water waaraan antivries is toegevoegd, het wordt dan koudemiddel genoemd.

Zonnecollectoren zijn panelen met een speciale coating die zonnestraling opvangen en deze omzetten in thermische energie. De warmte wordt overgedragen aan een vloeistof, bestaande uit een combinatie van water en glycol. Deze vloeistof circuleert door buizen in de collectoren. De warmte wordt middels een warmtewisselaar opgeslagen in een buffer of boilervat. De techniek is toepasbaar voor woningbouw en utiliteitsbouw.

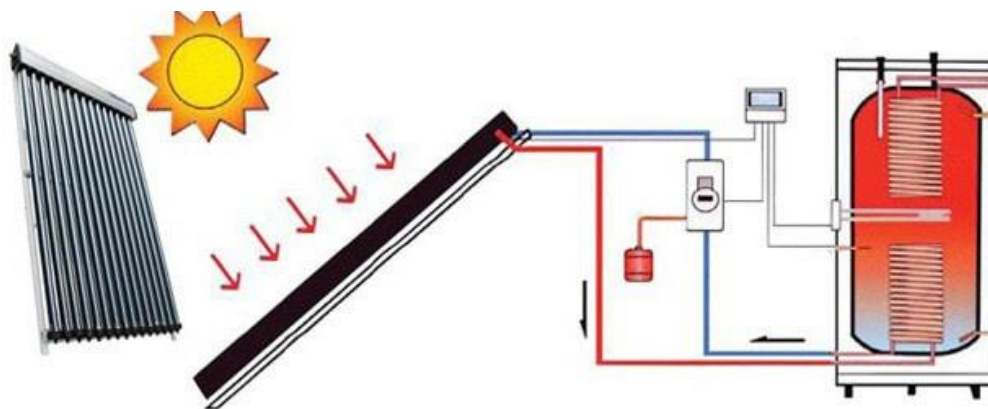
Zonnecollectoren zijn grofweg op te delen in twee soorten: terugloopsystemen en drukge vulde systemen.

Zonnecollectoren zonder antivriesmiddel staan niet op contante druk, wat concreet inhoudt dat deze buiten werking treden als het buiten koud is, rondom het vriespunt of kouder. Om bevriezing van de vloeistof te voorkomen, stroomt het water terug in het voorraadvat. Dit wordt een terugloopstelsel genoemd. Dit stelsel kan alleen onder helling worden toegepast zodat het leegloopt zonder dat een drukverschil nodig is. Dit stelsel heeft weinig onderhoud en is geschikt wanneer de collector direct boven het boilervat geplaatst kan worden. Het is daarmee uitermate geschikt voor woningen met kap.

Collectoren voorzien van koudemiddel (vloeistof met een antivries toevoeging) staan onder constante druk. Door de aanwezigheid van antivriesvloeistof in het gehele systeem, kan de vloeistof in de leidingen niet bevriezen. Dit betekent dat de zonnecollectoren ook in de winter operationeel kunnen blijven en warmte kunnen transporteren. Dit stelsel is geschikt om te koppelen aan grote buffervaten, de afstand tussen buffervat en collector heeft geen impact op de werking van het stelsel. Het stelsel vergt iets meer onderhoud en controle vanwege de inspecties aan de pomp en het koudemiddel. Dit stelsel is daardoor geschikt voor utilitaire projecten waar een grote warm watervoorraad gewenst is.

4.10.2 Werkingsprincipe

Zonnecollectoren zetten zonnestraling om in nuttige warmte ten behoeve van ruimteverwarming of warmtapwater. Vanuit het voorraadvat of warmtewisselaar wordt de warmte via het afgiftesysteem overgedragen aan de ruimte in geval van ruimteverwarming of een boilervat voor gebruik van warm tapwater. Het werkingsprincipe is in de afbeelding schematisch weergegeven.



Er zijn drie verschillende type zonnecollectoren beschikbaar. Dit zijnde vlakke-plaat zonnecollector, de vacuümbuis zonnecollector en de PVT-collector.

Een vlakke-plaat zonnecollector bestaat uit een ca. 0 cm dikke rechthoekige bak. In deze bak zijn koperbuizen opgesloten, deze buizen liggen onder een vloeistof. Doordat de zon op het paneel schijnt, wordt de vloeistof warm. De warmte wordt overgedragen aan de koperen buizen. Door de koperen buizen stroomt een koudemiddel of water. Deze vloeistof wordt vervolgens afgegeven aan een verwarmingssysteem. Dit verwarmingssysteem kan worden gebruikt om ruimtes te verwarmen of door middel van een voorraadvat warmwater te bereiden. Er is voldoende ruimte en constructieve draagkracht nodig om dit systeem toe te passen.

Een vacuümbuiscollector is een dubbelwandige glazen collector. Deze collectoren worden naast elkaar gemonteerd. Aan de binnenzijde van de glazen collector bevinden zich koperbuizen. Koper is een zeer efficiënte warmtegeleider. De koperbuizen absorberen de warmte en deze wordt overdragen aan een vloeistof. Het opgewarmde koudemiddel stroomt rond en geeft via de warmtewisselaar de warmte af aan het water in een buffervat of boiler.

Een PVT-paneel is een combinatie van een PV-paneel (wekt elektriciteit op) en een thermische collector. Een PVT-paneel bestaat uit een PV-paneel met daaronder een set van koperen buizen waar koudemiddel doorheen stroomt. De PV-panelen zijn een combinatie van de vacuümbuiscollector en een PV-paneel. De opgewekte warmte stroomt naar een boilervat of warmtepomp waar de warmte naar de gewenste temperatuur wordt verhoogd. Doordat dit paneel zowel elektriciteit als thermische energie opwekt, maakt deze techniek optimaal gebruik van het beschikbare oppervlak waar het wordt geïnstalleerd.

4.10.3 Do's & Don'ts | kansen en risico's

Kansen

- De techniek is uitstekend te combineren met een warmtepomp systeem waarbij de zonnecollector een deel van warmte kan opslaan in een buffervat of boiler.
- Bij een grote en constante warmtapwatervraag is dit een techniek die goed kan worden ingezet om de warmtapwatervraag in te vullen.
- Opstelling en oriëntatie van zonnecollectoren in zuidelijke richting toepassen
- Zonnecollectoren gecombineerd inzetten met bijvoorbeeld een E-ketel, door de zonnewarmte is er minder elektriciteit nodig voor het verwarmen van water.

Risico's

- Slechte aandacht besteden aan de oriëntatie van het systeem. Evenals schaduwvorming. Beide aspecten zijn van groot belang voor een goed rendement van het systeem
- Er is een check nodig om de permanente gewichtsbelasting af te kunnen dragen. In de ontwerpfase dient er onderzocht te worden of de constructie draagkrachtig genoeg is.

4.10.4 Technische voorwaarden

4.10.4.1 *Ontwerputgangspunten*

- De collectoren zullen de warmte naar binnen moeten kunnen transporteren. Hiervoor zijn doorvoeren in gevel/dak benodigd. Tijdens de ontwerpwerkzaamheden dient rekening gehouden te worden met de bouwkundige voorzieningen die hiervoor moeten worden getroffen. Daarnaast moet rekening gehouden te worden met de constructie van het gebouw. De collectoren dienen gedragen te kunnen worden door de constructie.
- Opstelplaats voorraadvat in techniek ruimte.
- Juiste circulatiepomp voor goede circulatie. Door het selecteren van een pomp die is afgestemd op de grootte van het zonnecollectorsysteem zal het systeemrendement hoger zijn omdat de gewenste doorstroomsnelheid van de vloeistoffen in het systeem optimaal zijn.
- Aanvullende warmte-element in voorraad vat in geval warmtapwater. Indien de zonnewarmte wordt ingezet als warmtapwater is het nodig een aanvullend (elektrisch) verwarmingselement in het voorraadvat te worden geïnstalleerd. Warmtapwater wordt bereid op 60-65 °C i.v.m. legionellabestrijding. In de winterperiode zal hiervoor aanvullende energie benodigd zijn gezien het water dan wordt opgewarmd tot 35 – 40 °C door de zon.
- Voldoende bemetering ten behoeve van monitoring en efficiency van het systeem
- Opstelling ontwerp incl. voldoende onderhoudsruimte

4.10.4.2 *Ruimtelijke voorwaarden*

- Zonnecollectoren hebben relatief veel oppervlakte nodig om voldoende warmte op te wekken om een gebouw te voorzien van warmtapwater of warmte. Er moet hiervoor voldoende oppervlakte beschikbaar zijn om het bestemde dakvlak (hellend of vlak). Hier dient tijdens de ontwerpfase rekening mee gehouden te worden.
- Het voorraadvat voor de zonnewarmte kan veel ruimte in beslag nemen. Een kenmerk is de hoogte van het voorraadvat. Hiervoor dient in de ruimte waar het vat komt te staan voldoende hoogte voor te zijn.

4.10.4.3 *Collectieve koppelingsmogelijkheden*

- Thermische energie laden en een open bodem WKO-systeem om de bodem in balans te houden.
- De opgewekte warmte kan worden ingezet als aanvoerwarmte richting een centraal opgesteld warmtepomp en vervolgens worden gevoed op een warmtenet.
- Bij een collectief laag temperatuursysteem (verwarming) kan warmtapwaterbereiding via zonnecollectoren aanvullend worden ingezet op individuele schaal daar waar hogere temperatuur nodig is. Denk bijvoorbeeld aan enkele warmwaterpunten voor horeca/kantine in een bedrijf waar verder geen hoge temperatuur nodig is.

4.10.4.4 *Richtlijnen onderhoud en beheer*

- Er dient rekening gehouden te worden met het reinigen van de collectoren om een efficiënt werking te garanderen gedurende de levensloop.

4.10.5 Regelgeving

Er moet rekening gehouden worden met scope 12 keurig voor de elektrische installatie indien PVT panelen worden gehanteerd. Hiermee wordt geborgd dat de installatie door vakmensen is geïnstalleerd. Hiermee wordt voorkomen dat er de verzekering eventuele schade vergoed. Daarnaast dient het elektrische deel van de installatie aangelegd te worden volgens de NEN1010 voorschriften.

4.11 Aquathermie (TED, TEO & TEA)

4.11.1 Omschrijving techniek

Aquathermie is de verzamelnaam voor verschillende technieken om thermische energie uit water te gebruiken als warmte- en/of koudelevering aan gebouwen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie verschillende technieken: Thermische energie uit drinkwater (TED), oppervlaktewater (TEO) of afvalwater (TEA). De warmte-energie wordt altijd afgegeven door middel van een warmtewisselaar. Aquathermie biedt kansen op zowel individueel als collectief niveau en is daarom breed inzetbaar.

Binnen TED wordt onderscheid gemaakt in ruw en rein water. Ruw water is onbehandeld en is afkomstig van een lokale rivier of kanaal (hoofddrinkwaterleidingen). Rein water is gefilterd, behandeld en wordt gebruikt in onze drinkwaterleidingen. Door warmte te onttrekken aan drinkwater wordt het water afgekoeld. Dit kan gunstig zijn voor de drinkwaterkwaliteit, er is minder kans op bacteriën en verontreinigingen bij een lagere temperatuur. NB er wordt geen drinkwater onttrokken, alleen de warmte wordt onttrokken middels een warmtewisselaar.

Bij TEO wordt er onderscheid gemaakt tussen ondiep (tegen het wateroppervlak) en diep oppervlaktewater. Bij diep oppervlaktewater moet gedacht worden aan de bodem van een plas of een meer. De temperatuurcoëfficiënt daalt als men dieper in het water gaat; dit geldt ook voor de energie die onttrokken wordt. Diepe oppervlaktewater systemen zullen meer koude kunnen leveren dan ondiepere systemen. De diepte van de bron wordt bepaald aan de hand van de verhouding van warmte-/koudevraag.

TEA maakt gebruik van afvalwaterstromen afkomstig uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI). Het afvalwater is ook direct de bron waar de energie van afkomstig is. TEA wordt altijd toegepast nabij een RWZI en is niet te verwarren met rio-thermie (afvalwater afkomstig uit het riool). Dit is een andere techniek.



4.11.2 Werkingsprincipe

Aquathermie is een lage-temperatuur (LT) warmtebron, afhankelijk van het type ligt de temperatuur tussen de ca. 10-20°C (TEO en TED) of tot ca. 30°C (TEA). Dit betekent dat de gewonnen warmte nog niet direct kan worden ingezet voor verwarming. Een warmtepomp is nodig om de warmte naar een bruikbare temperatuur te brengen om gebouwen mee te kunnen verwarmen. Aquathermie wordt in veel gevallen, gezien de energetische potentie van de techniek, ingezet in combinatie met een warmtenet.

4.11.3 Do's & Don'ts | kansen en risico's

Do's

TED

- KLIC-melding aanvragen bij initiatiefase om de verschillende drinkwaterleidingen in beeld te hebben van zowel ruwwater als reinwater.
- Inzetten op een warmtenet te voeden. In het geval dat een warmtenet nabij een drinkwaterleiding is gerealiseerd kan het drinkwater enkele (1 tot 2 °C) worden afgekoeld om deze temperatuur aan het warmtenet toe te voegen. Dit zorgt voor een stabielere aanvoertemperatuur van het warmtenet naar de centraal opengestelde energievoorziening. Dit draagt bij aan het verminderen van de elektrische energie die nodig is om het warmtenet te voeden
- Bij individuele toepassingen kan eenzelfde strategie worden gehanteerd als het voeden van het warmtenet. Dit vermindert de energie die nodig is om gewenste cv temperaturen op te wekken
- Het betrekken van de drinkwaterleverancier. Er mag in geen geval nadelige invloed zijn op de kwaliteit van het drinkwater. Warmteonttrekking kan bijdragen aan de kwaliteit van het drinkwater doordat de temperatuur beheerst wordt.
- Juiste filtering toepassen om verstopping van het systeem / storingen te voorkomen.
- Juiste component- en materiaalselectie bij zowel ruwwater als reinwater TED systemen om ongewenste bacterie- of organische groei te voorkomen.

TEO

- TEO-systemen kunnen (met name in de zomerperiode) worden ingezet om warmte uit het oppervlaktewater te transporteren naar een open bodemenergiesysteem. Dit zorgt ervoor dat de bodem in balans blijft als een TEO-systeem de warmte in de bodem kan opslaan. In veel projectontwikkelingen geeft dit de technische mogelijkheid meerdere WKO-bronnen op een kortere afstand van elkaar te realiseren zonder dat deze elkaar interfereren.
- Bij een grote koelbehoefte kan TEO worden gebruikt om vanuit een diep oppervlaktewater betrouwbare koude te leveren. Gezien de temperatuur daalt in oppervlaktewater naar mate je dieper in een meer/plas komt geeft dit meer zekerheid op een continue watertemperatuur. Er dient echter aandacht te worden besteed aan de onttrokken hoeveelheid energie. Het is in veel waterschappen in Nederland niet toegestaan het oppervlaktewater op te warmen. Dit zorgt voor onwenselijke groei van organismen in het water en een disbalans in het ecosysteem en biodiversiteit in het water.

TEA

- Er dient een RWZI in de omgeving aanwezig te zijn binnen een straal van 500 meter vanaf het warmtenet. (Grotere afstand is mogelijk, maar leidt tot grotere investeringen en mogelijk meer energieverlies door de leidinglengtes)
- Dimensionering van het totale systeem. Belangrijk om de totale omvang van het warmtenet in kaart te hebben voor gestart wordt met de verdere uitwerking.
- Voldoende meetinstrumenten aanbrengen in het totale systeem. Hiermee kan een goede werking in de operationele fase worden gemonitord. Daarnaast kan er worden gestuurd op de efficiëntie van het systeem.

Don't's

- Besparen op broncapaciteit. Gezien de grote investering die nodig is, is het belangrijk goed in kaart te hebben wat de potentiële uitbreidingsmogelijkheden zijn op de korte/lange termijn van het warmtenet.

Kansen

- Schaalgrootte van een warmtenet. De energetische potentie van aquathermie is hoog. Dit biedt kansen als een grote hoeveelheid afnemers de energie kunnen inzetten voor ruimteverwarming/ koeling. Aquathermie wordt ingezet in combinatie met een warmtenet. Gezien alle ontwikkelingen omtrent de regionale energiestrategieën is het een kansrijke techniek om op geschikte locaties in te zetten als energiebron.

Risico's

- Er moet afstemming plaatsvinden tussen provincie, gemeente, bevoegd gezag indien gebruik gemaakt gaat worden van een aquathermiebron. Hierin worden afspraken gemaakt over de totale potentie van de bron en het maximale thermische energie die onttrokken mag worden.
- In die hiervoor genoemde afstemming wordt tevens de maximale tempartuurdelta bepaald. Het verschil in de minimaal en maximale toegestane temperatuur van het oppervlaktewater. Een kleine temperatuurdelta heeft veel minder energiepotentie dan een grotere delta.
- Organische en/of chemische afzetting in leidingwerk. Er moet in de ontwerpfase onderzoek worden gedaan naar de waterkwaliteit en hierbij dienen de juiste materialen voor het complete systeem op te worden geselecteerd. Veel gebruikte materialen zijn onder andere: PE-leidingen om te voorkomen dat organische materialen aan de binnenwand van de leiding groeien. Rvs-warmtewisselaren om roestvorming te vermijden en titanium warmtewisselaren gezien de resistentie tegen schadelijke/ wisselende waterkwaliteit.

4.11.4 Technische voorwaarden

4.11.4.1 Ontwerpsgangspunten

Het totale collectieve ontwerp van het warmtenet is afgestemd op de warmte- en koudevraag van de gebouwen. Door rekening te houden met de thermische energie van aquathermie kunnen de centrale technische installaties kleiner worden uitgevoerd.

Locatie ten opzichte van de afnemers. Afhankelijk van het transportmedium is een minimale afstand wenselijk om onnodige warmteverliezen tegen te gaan. Daarnaast is het uitgangspunt en leidingen van het warmtenet te selecteren met een goede isolatiewaarde.

Volgende meetinstrumenten om het systeemrendement te kunnen monitoren in de beheerfase.

Selectie van leidingen en transportmiddelen. Bij TEO-systemen worden vaak kunststof leidingen toegepast. Dit heeft voornamelijk te maken met de samenstelling en waterkwaliteit van het TEO-systeem. Door een mix aan aanwezig chemische/ organische stoffen zullen metalen en soortgelijke materialen sneller worden aangetast door het water. Door het toepassen van de kunststof (PE) leidingen wordt dit voorkomen.

Afscheiding van het water in geval van een TED systeem. Het is van belang dat verschillende vloeistoffen ten alle tijden gescheiden blijven van elkaar. Dit wordt voorkomen door goede selectie te maken van de warmtewisselaar

Berekenen van de energie potentie van een TED systeem. Gezien dit afhankelijk is van de gekozen drinkwaterleiding en de stroomsnelheid van het water in de leiding dient er een onderbouwde berekening te worden gemaakt. De gemiddelde stroomsnelheid bedraagt tussen de 0,8 – 1,2 m/s. Er dient daarnaast ook in een vroeg stadium een inschatting (in samenspraak met het drinkwaterbedrijf) te worden gemaakt over de toekomstige drinkwatervraag omdat een TED systeem in geen geval invloed mag hebben op de drinkwaterkwaliteit.

TEO-systemen zouden direct gebruik kunnen maken van het opgepompte water. In geval het direct wordt ingezet stroomt het water direct over de verdamperzijde van de warmtepomp. Dit betekent dat het water voordat het naar de verdamper stroomt wel eerst gefilterd dient te worden. Deze filtering is van belang gezien er anders verontreinigt water richting de warmtepomp kan stromen. Dit is niet wenselijk en zal schade aan de condensor veroorzaken. Dit wordt voorkomen door het water goed te behandelen met filtering.

Filtertechniek t.b.v. waterfiltering. Er dient aandacht te worden besteed aan de juiste keuze voor wat betreft waterbehandeling. Afhankelijk van de locatie van het aquathermiesysteem en daarbij horen waterkwaliteit kunnen verschillende materiaalkeuzes de voorkeur hebben voor het type leidingwerk van het systeem. Door het water te filteren blijven de materialen langer behouden. In een aantal systemen is titanium door de waterkwaliteit de beste materiaalkeuze om vroegtijdig correctief onderhoud te vermijden. Dit verhoogt investeringskosten maar voorkomt problemen in de beheerfase.

Fijne filtering met discfilters is een mogelijk goede toepassing om het aangezogen water van een TEO-systeem te filteren. Het water wordt door 20 micron filterdiscs getrokken om verontreinigingen te verwijderen.

De aanzuigkorf (inlaat TEO-systeem) moet op correcte diepte worden gepositioneerd. Niet te diep vanwege mogelijk slib in het water. Door een juiste diepte te selecteren wordt voorkomen dat er grove vervuiling wordt aangezogen die de filters zou kunnen aantasten.

In- en uitlaat van de aanzuigkorven. De afstand tussen de inlaat en uitlaat korven is van belang om een goede balans in temperatuuraanvoer te waarborgen. De keuze hiervoor is mede afhankelijk van het water debiet, grootte van de bron en de totale systeem capaciteit

Waterbehandeling. Het kan nuttig zijn, afhankelijk van de specifieke waterkwaliteit, om waterbehandeling toe te passen om te voorkomen dat (micro)organismen de kans krijgen te gaan groeien en tot verstoppingsproblemen leiden. Historisch gezien is chloorbehandeling een veel toegepaste techniek, maar deze wordt gezien de huidige regelgeving minder toegepast. Een andere methode kan zijn ultrasone waterbehandeling, welke door middel van ultrasone trillingen het water zuivert.

Bevoegd gezag heeft limieten afgegeven voor wat betreft de maximaal te onttrekken temperatuur. Echter is het wisselend per waterschap welke restricties hiervoor gelden.

4.11.5 Ruimtelijke voorwaarden

De centrale technische ruimte moet voldoende ruimte hebben zodat de invoerbochten van het aquathermie systeem kunnen worden gerealiseerd. Hier dient ook rekening gehouden te worden met een minimale doorloop van 80 cm om de installatie te kunnen onderhouden

Er moet ruimte zijn in de centrale technische voor nieuwe regelkasten die het systeem regeltechnisch aansturen

De ruimte moet waterdicht zijn gerealiseerd.

Ruimte op gebouwniveau om de installatietechnische componenten te kunnen installeren. Dit omvat onder andere de warmtewisselaar, pompen en kleppen, regelkast en verschillende opnemers om op gebouwniveau de prestaties te kunnen monitoren.

Projectafhankelijk, en afhankelijk van leidingtracé's, kan er gekozen worden voor een separate techniekruimte dichtbij de bron (bv. oppervlaktewater) waar dan de filtering wordt gepositioneerd. Afhankelijk van de locatie van warmtepomp-techniekruimtes kan dit echter ook in dezelfde ruimte plaatsvinden als de warmtepompinstallatie.

4.11.6 Collectieve koppelingsmogelijkheden

Aquathermie wordt toegepast met de volgende koppelingstechnieken:

- Collectief warmtenet
- Centraal opgestelde collectieve warmtepomp
- Individueel opgestelde warmtepomp
- WKO systeem voor warmte/koude opslag
- Buffervat voor seizoensgebonden warmteopslag

4.11.7 Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden

Voldoende opstelplaats voor de aanvoer van de componenten en materialen voor het realiseren van de aquathermie installatie. Ook dient er rekening gehouden te worden met aanrijroutes van vrachtauto's

Voldoende bouwplaats voorzieningen tijdens de werkzaamheden van de aquathermie installatie.

Bouwopzichter/ technisch opzichter welke zorgdraagt voor het correct uitvoeren van de werkzaamheden in het kader van veilig werken

Constructieve voorzieningen om bij een TEO-installatie te voorkomen dat er instortingsgevaar kan optreden bij het aanleggen van de aanzuigkorven van het systeem.

Veiligheidsmaatregelen om het milieu te beschermen tegen onnodige bevuiling ten gevolge van realisatiewerkzaamheden. Er dienen containers op de bouwplaats aanwezig te zijn om de afkomende vervuiling op een juiste manier af te kunnen voeren

In- en uitlaat posities dienen beschermd te zijn tegen eventuele aanvarende voertuigen. Dit kan worden geborgd door middel van beveiligingsvoorzieningen.

4.11.8 Richtlijnen onderhoud en beheer

Jaarlijkse controle van de installatie. Er zal jaarlijks preventief onderhoud moeten worden uitgevoerd om de een efficiënte installatie te kunnen handhaven.

Jaarlijkse schoonmaak en technische inspectie van de TSA ter plaatse van de bron en technische ruimte. Aquathermie vergroot de kans op aantasting van installatietechnische onderdelen

TEO-systemen draaien niet continu. Afhankelijk van het aantal draaiuren en de toepassing zal er een vast moment kunnen worden gekozen gedurende het jaar om onderhoud te plegen. Bij toepassing als regeneratievoorziening zal onderhoud aan het einde van de zomer plaatsvinden. De in- en uitlaatkorven kunnen dan worden onderhouden zonder onderbreking in warmte- en koudelevering naar de eindgebruikers. Zo borgt men een goede werking van de totale installatie.

Halfjaarlijkse visuele inspectie ten bevordering van het preventief onderhouden van de bron-installatie.

Jaarlijkse rapportage voor de waterwet om over de energetische balans van de bron te rapporteren in geval van een TEO-systeem. Er wordt uit een open water energie onttrokken en hier is een meldingsplicht van kracht.

4.11.9 Regelgeving

Wet- en regelgeving wordt momenteel uitgewerkt in opdracht van RWS . Provincies, gemeente en private partijen hebben nog veel vrijheid in het bepalen van eigen beleid en kaders omtrent aquathermie.

Een handreiking Aquathermie is beschikbaar vanuit RWS waarin naast referentieprojecten de beslisboom en hoofdproces zijn weergegeven. [Bron](#).

| In veel gebieden in Nederland is bij TEO--systemen niet wenselijk koude actief te onttrekken. Doordat het water opwarmt bevordert dit de organische groei in het water, hierdoor wordt de installatie ook aangetast en is dit niet bevorderlijk voor de efficiency en rendement van het systeem.

4.12 Geothermie

4.12.1 Omschrijving techniek

Geothermie maakt gebruik van de natuurlijk warmte in de diepere grondlagen van de aarde. De gewonnen warmte heeft een hoog temperatuurniveau ($> 90^\circ$) waardoor het direct geschikt is om gebouwen te verwarmen, zonder tussenkomst van een warmtepomp of elektrische ketel. Dit geldt ook bij gebruik van hoge-temperatuur afgiftesystemen. Geothermie is een duurzame oplossing waardoor gebouwen niet meer afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen zoals aardgas.

De toepasbaarheid is afhankelijk van de geologische samenstelling van de bodem en de diepere bodemlagen. Geothermie is niet in alle situaties een geschikte techniek voor warmteopwekking. Wanneer de locatie geschikt blijkt voor geothermie, wordt doormiddel van proefboringen bepaald welke capaciteit aanwezig is in de grond. Op basis van die gegevens wordt vervolgens het systeem definitief ontworpen.

Het uitgebreide vooronderzoek in combinatie met de complexiteit van de techniek, maakt dat de toepassing van geothermie een hoge investering vergt. In de praktijk wordt deze manier van warmteopwekking –bijna- uitsluitend toegepast voor collectieve systemen zoals een bedrijventerrein (kantoren en grote industriële bedrijven) of een woonwijk.

De toepassing van geothermie is uitermate geschikt voor gebouwen met een stabiele warmtevraag. Door het gebruik van diepe aardwarmte ($> 90^\circ$) zorgt geothermie voor een betrouwbare en consistente warmtevoorziening, ongeacht het seizoen.

4.12.2 Werkingsprincipe

Geothermie maakt gebruik van aardwarmte. Het proces begint met het boren van een put naar een diepte waar de temperatuur van het grondwater minimaal 90°C is. Dit warme water wordt naar boven gepompt via de productieput. De warmte wordt via een warmtewisselaar afgegeven aan het secundaire systeem: het warmtenet. Dit systeem zorgt ervoor dat vervuiling uit de bodem niet in het warmtenet terecht komt. De warmte uit het warmtenet wordt via leidingen naar verschillende afnemers getransporteerd.

Op gebouwniveau wordt de warmte vervolgens afgegeven aan het gebouw door een warmtewisselaar in de techniekruimte. Hierdoor wordt geborgd dat de rest van het netwerk geen hinder ondervindt als er bijvoorbeeld een lekkage ontstaat bij een individueel gebouw. De warmte wordt binnen het gebouw getransporteerd naar de afgiftesystemen. Doordat de werktemperaturen van geothermie hoog zijn, is er een grote vrijheid in de keuze voor afgiftesystemen.

Het afgekoelde water uit het secundaire circuit wordt teruggepompt naar de bronput. Hier wordt het water opnieuw door de warmte van de aarde opgewarmd.

Belangrijk om op te merken is dat de technische aspecten van geothermie kunnen variëren afhankelijk van het specifieke type installatie (bijvoorbeeld een diepe geothermiecentrale of een ondiep geothermisch warmtepompsysteem) en de geologische omstandigheden op locatie.

4.12.3 Do's & Don'ts | Kansen en risico's

Do's

- Geologisch onderzoek verrichten naar locatie specifieke bodemsamenstelling. De kansen voor het toepassen van geothermie is sterk afhankelijk van de bodemsamenstelling van de locatie.
- Zorg voor juiste dimensionering van het totale systeem. Het is belangrijk om de totale omvang van het warmtenet en het vraagprofiel van de afnemers in kaart te hebben voor gestart wordt met de verdere uitwerking.
- Voldoende bemetering aanbrengen in het totale systeem. Hiermee kan een goede werking in de operationele fase worden gemonitord. Daarnaast kan er worden gestuurd op de efficiency van het systeem. Dit houdt onder meer een energiemeting per afnemer in.

Don'ts

- Besparen om putontwerp. Een goed putontwerp met de juiste selecties van materialen en diameters is belangrijk.
- Besparen op broncapaciteit. Gezien de grote investering die nodig is, is het belangrijk goed in kaart te hebben wat de potentiële uitbreidingsmogelijkheden zijn op de korte/lange termijn van het warmtenet. Merk hierbij op dat een geothermiesysteem altijd een aanzienlijke schaalgrootte kent. Hierbij geldt een kleine bron van 7MW voldoende groot is om 4.000 huishoudens te voorzien van duurzame warmte. Met een gemiddeld gasverbruik van 1.600 m³ per huishouden staat dit gelijk aan ongeveer 6.500.000 m³ aardgas.

Kansen

- Leveringszekerheid. Doordat leveringstemperatuur is in vergelijking met WKO-systemen hoger. Dit vergroot de leveringszekerheid van het systeem gezien er geen aanpassingen uitgevoerd hoeven te worden voor de warmteafgifte in een gebouw. Daarnaast is geothermie het hele beschikbaar en maakt het hierdoor een voorspelbare en betrouwbare warmtebron.
- Schaalbaarheid. Het systeem is gemakkelijk uit te breiden indien bij putontwerp rekening is gehouden met de toekomstige capaciteit
- Combineren met andere opslag technieken. Geothermie is door de hoge werktemperaturen goed te combineren met andere opslag technieken. Onder ander WKO-systemen en buffervaten zijn technieken die samen met geothermie de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen verminderen.
- Vermindering van netcongestie omdat de tussenkomst van een warmtepomp op elektriciteit niet benodigd is om de gewenste temperatuur te bereiken.
- Bouwkundige aanpassingen zijn niet altijd nodig gezien de hogere temperaturen van geothermie. Bestaande hoge-temperatuur afgiftesystemen kunnen gehandhaafd blijven. Dit beperkt ingrijpende wijzigingen in bestaande gebouwen.

Risico's

- Het vergt veel tijd en onderzoek voor geschikte locatie voor een bronput.
- Verbranding van formatiegas is nog nodig. Dit is een bijproduct dat vrijkomt bij het winnen van de warmte.
- Veel ruimte benodigd voor de boring van de bronput.
- Grote investering benodigd. Geothermie is een techniek waar een grote financiële investering nodig is gezien de bronput en de benodigdheden om tot een grote diepte te kunnen boren duur is.

4.12.4 Technische voorwaarden

4.12.4.1 *Ontwerputgangspunten*

- Vaststellen geschiktheid geografische locatie en bodemlagen
- Bepalen bronput op basis van bodem en huidige en toekomstige capaciteitsvraag
- Bepalen pompcapaciteit en vaststellen systeemrendement.
- Ontwerp en bepalen alarmsysteem en drukbeveiligingssysteem op de bronput en pompinstallatie
- Beveiliging oververhitting van de bronput en de TSA.
- Uitgangspunten voortkomend uit een warmtenet en andere installaties welke gekoppeld worden aan de geothermische bron.

4.12.4.2 *Ruimtelijke voorwaarden*

- Voldoende ruimte voor de bronput om te kunnen worden gerealiseerd en onderhouden.
- Ruimte op gebouwniveau om de installatietechnische componenten te kunnen installeren. Zoals onder andere: TSA, pompen, kleppen, opnemers, verbindend leidingwerk en regelkasten.

4.12.4.3 *Collectieve koppelmogelijkheden*

Geothermie is een goede techniek om samen met andere technieken een collectief warmtenet te vormen. Geschikte koppelingstechnieken zijn:

- Centraal opstelde collectieve warmtepomp
- Individueel opgestelde warmtepomp
- Buffervat voor seizoensgebonden warmteopslag

4.12.4.4 *Uitvoeringsrichtlijnen, voorwaarden*

- Voldoende opstelplaats voor de aanvoer van de componenten en materialen voor het realiseren van de bronput. Er dient hier ook rekening gehouden te worden met de aanrijroutes.
- Bouwplaats van de bronput dient voldoende groot te zijn om de boorconstructie en het bouwplaats personeel te huisvesten
- Bouwopzichter/ technisch opzichter welke zorgdraagt voor het correct uitvoeren van de werkzaamheden in het kader van veilig werken
- Voldoende vloeistof tijdens de boorwerkzaamheden. Om oververhitting te voorkomen is het benodigd een goede bewatering/verkoeling te hebben om de boorkoppen voldoende te koelen. Hiervoor dient voldoende ruimte te zijn op locatie om grote vloeistoftanks te plaatsen welke tijdens de boorwerkzaamheden de boorkoppen zullen koelen. Ook dient er zoals genoemd rekening gehouden te worden met de aanrijroute van vrachtauto's en de locatie van de watertanks.
- Veiligheidsmaatregelen om het milieu te beschermen tegen onnodige bevuilding ten gevolge van de boorwerkzaamheden. Er dienen protocollen opgesteld te zijn hoe om te gaan met de vloeistoffen op locatie om zo te voldoen aan milieuregelgeving met betrekking tot waterverbruik, afvalbeheer en bodembescherming.
- In geval van werken in een bebouwde locatie voldoende afschermingsmateriaal om schade te voorkomen. Het boren van de bronput gaat met enorme torsie. Dit kan zorgen voor opspattend grond en/of stenen. Hiervoor dienen voldoende beschermingsmiddelen te worden voorzien.

4.12.4.5 *Richtlijnen onderhoud en beheer*

- Jaarlijkse controle van de broninstallatie. Er zal jaarlijks preventief onderhoud moeten worden uitgevoerd om de een efficiënte broninstallatie te kunnen handhaven
- Jaarlijkse schoonmaak en technische inspectie van de TSA ter plaatse van de bronput
- Halfjaarlijkse visuele inspectie ten bevordering van het preventief onderhouden van de bron-installatie.
- Jaarlijkse bodem balans rapportage voor de waterwet/mijnbouwwet om over de energetische bodembalans te rapporteren
- Kwartaalrapportage over de werking en efficiency van de broninstallatie.
- Gedurende gebruik van de geothermie-bron dient rekening te worden gehouden met de corrosieve en toxische effecten van het diepe bodemwater. Denk onder andere aan toediening van corrosie-inhibitoren aan het systeem. Behoud van put-integriteit (behoud van een waterdichte wand in de put) is van belang in de gehele beheerfase: Hiertoe dienen sectorrichtlijnen te worden gevolgd (MOC-methodiek: Eerst mechanisch, dan operationeel, en als laatste chemisch bestrijden van schadelijke effecten)

4.12.5 **Regelgeving**

- Mijnbouwwet: er dient te worden voldaan aan de verplichtingen omschreven in de mijnbouwwet. Dit betekent onder andere:
 - Vergunning dient aangevraagd te worden conform de vergunningsplicht mijnbouwwet. De vergunning wordt verkregen door de Minister van Economische Zaken en Klimaat.
 - Technische omschrijvingen van: de put-integriteit, drukbeheersingssysteem om milieuverontreiniging te vermijden, en veiligheidsmaatregelen om de werking en veiligheid van het werkend personeel te beschermen
 - Monitoringsrapportages dienen zoals eerder benoemd opgesteld te worden en overlegt te worden met onder andere het bevoegd gezag van de installatie. Hierin wordt gerapporteerd over de putefficiency, geologische samenstelling van de bodem op locatie, waarborging van de materiaalkwaliteit van de toegepaste materialen (gerapporteerd door materiaalselecties te benoemen), de energetische bodem balans van de bronput en de geïnjecteerde bronput-vloeistoffen.
 - Uitvoeren van jaarlijkse inspecties door toezichthouders
 - Aansprakelijkheidsverklaring exploitant geothermische bronputinstallatie. Bij schade aan derden wordt de exploitant van de geothermie bron aansprakelijk gesteld. Dit wordt contractueel vastgelegd tijdens de contractvorming voor het warmtenet en alle betrokken stakeholders.
- Warmtewet: Hieraan dient voldaan te worden, reeds opgenomen in andere factsheets. Hierin wordt gerapporteerd over de geologische samenstellen en energetische bodembalans van de bronput alsmede de efficiency van de installatie.

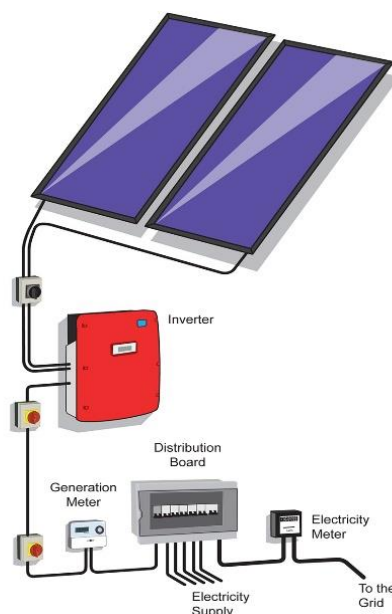
4.13 PV-panelen – Zonne-energie

4.13.1 Omschrijving techniek

Het PV-systeem (Photovoltaic) wekt rechtstreeks elektrische energie op uit zonlicht. De panelen worden op het dak, op de grond of op een carportachtige constructie bij de klant gemonteerd. Het PV-systeem wordt meestal achter de meter aangesloten op het lokale elektriciteitsnet van de klant, zodat de stroom beschikbaar is voor de klant zonder gebruik te maken van het openbare elektriciteitsnet. Overtollige stroom kan worden geëxporteerd naar het openbare elektriciteitsnet.

4.13.2 Werkingsprincipe

Een PV-paneel bestaat uit zonnecellen. In de meeste gevallen bestaat een zonnecel uit twee lagen silicium, een stof die wordt gewonnen uit zand. Wanneer er licht op een zonnecel schijnt, loopt er een elektrische stroom tussen deze twee siliciumlagen en genereren de zonnecellen gelijkstroom (DC).



Schematische weergave

4.13.3 Do's & Don'ts | Kansen en risico's

Kansen

- Duurzame, CO₂-vrije energieopwekking. PV-energie is afhankelijk van zonne-energie, een energiebron die te allen tijde beschikbaar is.
- Geen lawaai of andere emissies en lage O&M-inspanningen tijdens de werkingsfase van >20 jaar.
- Installatie achter de meter vermijdt netwerktarieven en verhoogt het eigenverbruik.
- Zeer schaalbaar en modulair. PV-systemen kunnen op daken worden geïnstalleerd, in gebouwen worden geïntegreerd of worden ingezet in zonneparken op NUTS-schaal.
- PV-systeem vereist weinig tot geen lopend onderhoud, wat resulteert in lagere operationele kosten (OPEX-kosten).

Risico's

- PV-systemen vereisen een aanzienlijke hoeveelheid grond of ruimte op het dak om een aanzienlijke hoeveelheid energie op te wekken. Dichtbevolkte gebieden met beperkte beschikbaarheid van ruimte vormen een uitdaging voor het installeren van grootschalige PV-systemen.
- PV-systemen zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van zonlicht, waardoor het energiebronnen zijn die geen constante hoeveelheid elektrische energie leveren. De energieproductie wordt beïnvloed door seizoensgebonden variaties.
- De integratie van PV-systemen in elektriciteitsnetten wordt de laatste tijd als een uitdaging gezien. Vooral in Nederland hebben de meeste regio's te maken met congestie van het elektriciteitsnet. Hierdoor is het soms onmogelijk om energie aan het net te leveren. Energieopslag en een goede planning kunnen helpen om de problemen bij de integratie in het elektriciteitsnet op te lossen.

4.13.4 Verwante technologieën

- Er zijn verschillende soorten technologieën beschikbaar met betrekking tot het fotonvoltaïsche (PV) energieconcept. Deze producten dienen verschillende doelen en zijn geschikt voor verschillende toepassingen binnen de PV-industrie.
- BIPV (Gebouw Geïntegreerd Fotonvoltaïsch Systeem zoals gevelbekleding op zonne-energie of in zonne-energie geïntegreerde glaspanelen).
- Carports op zonne-energie.
- PV & T - Fotonvoltaïsche en thermische systemen.

4.13.5 Technische voorwaarden

Voordat er een PV-systeem wordt geïnstalleerd, moet er een beoordeling van de zonne-energiebronnen worden uitgevoerd. Het is een controle om de beschikbare zonne-energie op een specifieke locatie te analyseren. Schaduwanalyse speelt ook een belangrijke rol bij het bepalen van de potentiële energieopwekking.

4.13.5.1 Oriëntatie en schaduw

De oriëntatie, indeling en –helling van het dak spelen een cruciale rol bij het maximaliseren van de PV-energieopbrengst van het geïnstalleerde systeem. Een op het zuiden/zuidwesten gericht dak met een hellingshoek van 35° - 40° is in Nederland ideaal voor het plaatsen van een PV-paneel. De lay-out van de PV-panelen moet worden ontworpen volgens de geldende richtlijnen. De panelen moeten voldoende worden geventileerd om de warmte af te voeren die vrijkomt tijdens de werking en zo oververhitting te voorkomen. Dit vermindert het risico op brand. Zonnepanelen geïntegreerd in het dak of dakbedekking zijn wettelijk toegestaan, maar zijn veiligheidstechnisch en qua rendement niet wenselijk vanwege het ontbreken van ventilatie.

4.13.5.2 Constructie

Een constructieve beoordeling van het dak van het gebouw is nodig om te garanderen dat het dak het gewicht van het PV-systeem kan dragen alsmede de extra windbelasting. Het draagvermogen en de staat van het dak moeten worden geëvalueerd om te bepalen of versteviging of aanpassingen nodig zijn. Of dat er uitsluitend een lichtgewicht systeem mogelijk is. In sommige gevallen is er geen PV-systeem op een bestaand dak mogelijk doordat de belastbaarheid van het dak al volledig benut wordt door weersbelastingen en eigen gewicht.

4.13.5.3 Rendement en optimizer

PV-panelen kunnen voorzien worden van een optimizer, welke per paneel of per serie panelen de opbrengst maximaliseert. Dit kan relevant zijn wanneer een deel van de panelen een lager rendement heeft door bijvoorbeeld beschaduwing of een afwijkende oriëntatie. Wanneer een

vlak PV-panelen gelijkwaardig wordt aangestraald door de zon, is de extra investering voor een optimizer niet nodig.

4.13.5.4 *Netaansluiting*

Voor installaties van PV-systemen is een netaansluiting nodig om de opgewekte, niet benutte, energie terug te voeren naar het elektriciteitsnet. Voor een succesvolle installatie is het van cruciaal belang om de vereisten voor aansluiting op het elektriciteitsnet te begrijpen, inclusief aanvraagprocedures, overeenkomsten en regels voor het meten van het net.

4.13.5.5 *Vergunningen*

Het verkrijgen van de benodigde vergunningen en het naleven van de plaatselijke voorschriften, bouwverordeningen en bestemmingsplannen is een vereiste voordat een PV-systeem op een dak kan worden geïnstalleerd. Afhankelijk van de grootte en de locatie van de installatie kunnen vergunningen vereist zijn van de gemeente of andere relevante autoriteiten.

Omgevingsvergunning: Voor het installeren van een PV-systeem is een bouwvergunning nodig, die ervoor zorgt dat aan alle lokale bouwvoorschriften, veiligheidsnormen en bestemmingsplannen wordt voldaan.

4.13.5.6 *Netaansluitingsovereenkomst*

Er wordt een overeenkomst gesloten met de lokale distributienetbeheerder (DSO) en de eigenaar van het PV-systeem over de technische vereisten en het aansluitingsproces. Feed-in tarieven kunnen ook van toepassing zijn voor specifieke PV-systeemgroottes of -categorieën, waarbij financiële stimulansen worden geboden voor de opgewekte elektriciteit.

Aansluit-en Transportovereenkomst: Deze overeenkomst beschrijft de procedures, technische vereisten en verantwoordelijkheden voordat het PV-systeem wordt aangesloten op het elektriciteitsnet.

4.13.5.7 *Elektrische veiligheid en naleving*

Het geïnstalleerde PV-systeem moet voldoen aan de elektrische veiligheidsnormen en aan de Nederlandse elektrische regelgeving. Systeeminstallateurs moeten gekwalificeerd en gecertificeerd zijn, zodat ze voldoen aan de veiligheidsrichtlijnen en elektrische voorschriften om een veilige en betrouwbare werking van het systeem te garanderen.

- NEN 1010: Norm voor het ontwerp en de realisatie van veilige en betrouwbare elektrische/PV-installaties
- NEN 3140: Bediening van elektrische installaties - laagspanning

4.13.5.8 *Milieueffectrapportage (MER)*

Een MER is vereist voor grootschalige PV-installaties. MERs beoordelen de potentiële milieueffecten van het project, inclusief factoren zoals landgebruik, biodiversiteit en visuele impact.

4.13.5.9 *Beleidsondersteuning*

- SDE++ (Stimulering Duurzame Energieproductie)
- EIA (Energie-investeringsaftrek)
- Lokale subsidies en stimuleringsmaatregelen (van gemeenten/provincies)
- Groene gebouwcertificeringen