



Smart Energy Hubs

Handreiking voor de uitvraag van een collectief
energiemanagementsysteem (CEMS).

Inhoud

Colofon	4
Afkortingen en begrippen	5
Afkortingenlijst.....	5
Begrippenlijst	6
1 Leeswijzer	7
1.1 Doel van dit document	7
1.2 Belangrijkste kenmerken.....	7
1.3 Gebruik van dit document	7
2 Inleiding	8
2.1 Context.....	9
2.2 Aanleiding	9
2.2.1 Eigenschappen SEH en deelnemers.....	9
2.3 Doel van dit document	9
2.4 Scope oplossing.....	10
2.4.1 Rol van de CEMS-leverancier.....	10
2.4.2 Verdeling van verantwoordelijkheden	11
2.5 Toevoegingen aan dit document.....	12
3 Randvoorwaarden en uitgangspunten	13
3.1 Projectomvang en -doelstellingen.....	13
3.1.1 Projectomvang.....	13
3.1.2 Doelstellingen van het CEMS en de energiehub	13
3.2 Tijdslijn en planning	14
3.3 Overeenkomst distributienetbeheerder	14
3.4 Onderlinge afspraken.....	15
3.5 Toekomstige vereisten	17
3.6 Integratie energiemanagementsysteem.....	18
4 Functionele omschrijving energiehub	20
4.1 Systeemschets.....	20
4.2 Configuratie	20
4.3 Gebruikersinterface.....	21
4.4 Monitoringssysteem	22
4.5 Controle- en stuursysteem	23
4.6 Systeemveiligheid	23
4.6.1 Uitval en continuïteit	24
4.6.2 Cybersecurity en dataveiligheid.....	24
4.6.3 Fysieke veiligheid en hosting.....	24
4.6.4 Redundantie en veerkracht.....	25
5 Samenvatting en knock-out criteria	26

5.1	Bewijslast en documentatie	26
5.2	Scoremodel of weging	26
6	Geschiktheidseisen.....	27
6.1	Algemene informatie CEMS-leverancier.....	27
6.2	Ervaring en expertise	27
6.3	Financiële stabiliteit.....	27
6.4	Implementatie en ondersteuning.....	28
6.5	Toekomstvisie	28
7	Gunningscriteria.....	29
7.1	Gunningscriterium prijs	29
7.2	Gunningscriterium hardware	30
7.3	Gunningscriterium software	30
7.4	Gunningscriterium ervaring en implementatie	30
8	Bijlage A – Details randvoorwaarden en uitgangspunten	34
8.1	Organisatorische en energetische specificaties	34
8.2	Overeenkomst DSO	35
9	Bijlage B – Details functionele omschrijving energiehub.....	36
9.1	Integratie energiemanagementsysteem.....	36
9.2	Configuratie	38
9.3	Gebruikersinterface.....	41
9.4	Monitoringssysteem	44
9.5	Controle- en stuursysteem	47
9.6	Systeemveiligheid	50
9.6.1	Uitval en continuïteit	50
9.6.2	Cybersecurity en dataveiligheid	50
9.6.3	Fysieke veiligheid en hosting.....	51
9.6.4	Redundantie en veerkracht.....	52

Colofon

Projectnaam	Uitraagdocument voor Smart Energy Hubs
Auteurs	Opgesteld door Joram van Doodewaard (Oost NL, University of Twente) en Wouter Heres (Regisseur SEH Broeklanden, Heres Advies)
Versie	Versie 1.0
Bijlage(n)	2

Afkortingen en begrippen

Afkortingenlijst

Afkorting	Definitie
CEMS	Collectief Energiemanagementsysteem
DSO	Distributienetbeheerder
E	Energie (in kWh)
EHP	Energy Hub Platform
EMS	Energiemanagementsysteem
GTV	Gecontracteerd Transportvermogen
IaaS	Infrastructure as a Service
kVA	Kilovoltampère
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattuur
kWp	Kilowatt-piek, Maximumvermogen van Productie of Consumptie
MW	Megawatt
MWh	Megawattuur
P	Vermogen (in kW)
PaaS	Platform as a Service
PV	Fotovoltaïsch
SaaS	Software as a Service
SEH	Smart Energy Hub
SLA	Serviceniveau-overeenkomst
TSO	Transmissienetbeheerder
VPN	Virtual Private Network
WKK	Warmtekrachtkoppeling

Begrippenlijst

Begrip	Definitie
Asset	Een installatie die of apparaat dat energie meet, verbruikt, opwekt, opslaat of omzet in een andere vorm van energie.
Collectief Energiemanagementsysteem	Het systeem dat energiemangement verzorgt voor de gehele energiehub, vaak in de vorm van de combinatie van een EHP en individuele EMS'en.
Energy Hub Platform	Een overkoepelend systeem van technologieën en processen <i>voor de meter</i> dat data van assets ontvangt, analyseert en optimaliseert, en setpoints stuurt naar de EMS'en om de energie-efficiëntie te verhogen, kosten te verlagen en/of milieueffecten te minimaliseren. De setpoints worden vastgesteld op basis van onderlinge afspraken en eventueel ook externe prikkels.
Energiemanagementsysteem	Een systeem van technologieën en processen <i>achter de meter</i> dat energieverbruik monitort en aanstuurt op basis van setpoints. Analyse en optimalisatie <i>achter de meter</i> kan ook een functionaliteit zijn.
Smart Energy Hub	Een slim gestuurd, decentraal energiesysteem waarin verduurzaming van het energiesysteem voor een gebied mogelijk wordt gemaakt en tegelijk het bovenliggende energiesysteem wordt ontlast en/of versterkt door lokaal zoveel mogelijke vraag en aanbod van verschillende energiedragers te balanceren door lokale productie, consumptie, opslag en conversie te combineren.

1 Leeswijzer

1.1 Doel van dit document

Dit document biedt een gestandaardiseerde handreiking voor het opstellen van een uitvraag naar leveranciers van een Collectief Energiemanagementsysteem (CEMS). Een CEMS is een essentieel onderdeel van een Smart Energy Hub (SEH) op bedrijventerreinen en ondersteunt de sturing, monitoring, en optimalisatie van energiestromen. Hoewel elk bedrijventerrein unieke kenmerken en behoeften heeft, biedt dit document een *framework* dat op maat kan worden aangepast aan specifieke situaties.

De diversiteit aan bedrijven en energievraagstukken op bedrijventerreinen maakt het onmogelijk om een universele oplossing te implementeren. Dit document biedt een basis die enerzijds consistentie waarborgt, en anderzijds flexibiliteit biedt om in te spelen op de unieke context van een bedrijventerrein

Deze handreiking is een praktische gids die bedrijven ondersteunt bij de complexe uitvraag naar een CEMS-leverancier. Het bevordert samenwerking, verduurzaming en optimalisatie binnen bedrijventerreinen, maar houdt ook rekening met de unieke uitdagingen van elke SEH. Dit document is daarmee een sleutel tot succesvolle energetische samenwerking op bedrijventerreinen.

1.2 Belangrijkste kenmerken

Dit document heeft als hoofddoel om duidelijkheid en uniformiteit te bieden in terminologie, en technische en organisatorische eisen. Zo kan elk CEMS op een gelijkwaardige manier worden beoordeeld.

- **Flexibiliteit en Aanpasbaarheid:** Dit document dient als een modulair instrument. Gebruikers kunnen secties selecteren en aanpassen op basis van de unieke behoeften van hun specifieke SEH.
- **Uniformiteit:** Het biedt een uniforme structuur en terminologie, waardoor consistentie in communicatie en evaluatie van leveranciers wordt gewaarborgd.
- **Technische en Organisatorische Ondersteuning:** Naast technische eisen voor een CEMS, biedt het handvatten voor organisatorische en juridische afspraken die nodig zijn om een SEH succesvol te implementeren.
- **Randvoorwaarden en Eisen:** Het document bevat uitgebreide specificaties, van systeemprestaties en veiligheidseisen tot de verdeling van verantwoordelijkheden tussen coöperaties, leveranciers en deelnemers.

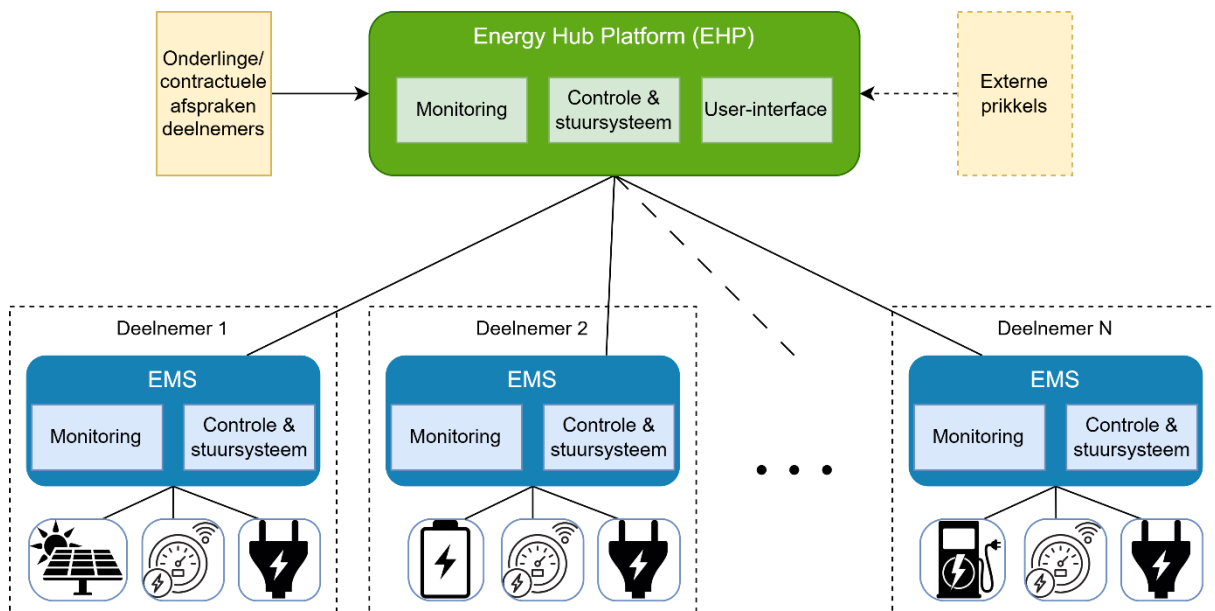
1.3 Gebruik van dit document

Dit document is opgesteld voor verschillende partijen. Niet alleen voor de partijen die gezamenlijk een SEH willen oprichten, maar ook voor de (C)EMS-aanbieders of andere belanghebbenden.

- **Initiatiefnemers:** Bedrijven of coöperaties op bedrijventerreinen kunnen dit document gebruiken om hun behoeften te inventariseren en te specificeren.
- **(C)EMS-leveranciers:** Geeft duidelijke richtlijnen voor wat wordt verwacht en biedt een transparant kader voor hun aanbod.
- **Netbeheerders en andere Stakeholders:** Dient als een referentie voor de integratie van het CEMS binnen de bredere infrastructuur.

2 Inleiding

Deze handreiking is opgesteld om op een uniforme wijze marktpartijen te benaderen voor de levering van een systeem dat de sturing, analyse en monitoring van de energiestromen van een [Smart Energy Hub](#) verzorgt op bedrijventerreinen. In dit document wordt de term collectief energiemanagementsysteem of kortweg CEMS gebruikt voor het systeem dat dit verzorgt. Een CEMS is de combinatie van twee lagen. De eerste laag is ieder energiemanagementsysteem (EMS) van de individuele deelnemers, *achter de meter*. Dit EMS is doorgaans een lokaal draaiend systeem. De tweede laag is het overkoepelende Energy Hub Platform (EHP), en overkoepelend systeem *voor de meter* dat data van assets ontvangt, analyseert en optimaliseert. Dit is doorgaans een systeem dat in de cloud draait en vereist dan externe digitale infrastructuur. Vervolgens stuurt het EHP-setpoints naar meerdere EMS'en om de energie-efficiëntie te verhogen, kosten te verlagen en/of milieueffecten te minimaliseren. De setpoints worden vastgesteld op basis van onderlinge afspraken en eventueel ook externe prikkels. De CEMS-leverancier moet een systeem leveren dat de data van alle beschikbare assets uitleest, analyseert, optimaliseert, en aanstuurt. Of dit gewaarborgd wordt door middel van een gescheiden EHP en EMS'en is niet noodzakelijk, zo lang de EMS'en die al geïnstalleerd zijn bij een of meerdere deelnemers kunnen worden opgenomen in het energiemanagement. Voor het leesgemak wordt er wel onderscheid gemaakt en omvat in de term CEMS.



Met de groeiende vraag naar duurzame en efficiënte energieoplossingen in Nederland, staan bedrijventerreinen voor de uitdaging om energetische samenwerkingsvormen te ontwikkelen en te optimaliseren. Deze samenwerkingen hebben als doel om bijvoorbeeld de energie-efficiëntie te verhogen en de duurzaamheid van de bedrijventerreinen te versterken. Andere doelen zijn uitgewerkt in sectie [Doelstellingen van het CEMS en de energiehub](#). De realisatie van een dergelijke energiehub vereist een effectief CEMS dat in staat is om de diverse energetische componenten binnen een bedrijventerrein te monitoren, aan te sturen, en te optimaliseren. Dit document heeft als doel de specificaties en verwachtingen voor dit CEMS helder te formuleren en vormt een richtlijn voor CEMS-leveranciers bij hun aanbieding.

In dit document is een deel van de tekst **geel gearceerd**. Dit betekent dat de specifieke invulling vastgesteld wordt door de hub en de waarden die volgen uit de afspraken hier worden ingevuld. Denk hierbij aan gecontracteerde vermogens, de grootte van PV-installaties, maar ook toegekende score van de gunningsfactoren.

Om volledig vast te kunnen stellen wat de behoeftes, doelen en randvoorwaarden zijn van de SEH, wordt er ook een juridisch document opgesteld. In dit document worden de onderlinge afspraken tussen de deelnemers en de verhouding tussen deelnemer en coöperatie vastgelegd.

2.1 Context

Nederland heeft te kampen met netcongestie op zowel invoering als afname van elektriciteit. Een van de gevolgen hiervan is dat bedrijven vaak lang moeten wachten op een nieuwe en/of de verzwaring van hun bestaande netaansluiting. Daarom zijn steeds meer partijen op zoek naar alternatieve oplossingen om opschaling van de bedrijfsprocessen en elektrificatie toch door te kunnen voeren, ondanks gebrek aan gecontracteerd transportvermogen (GTV) op de bestaande aansluiting. Er zijn veel ontwikkelingen gaande energy hubs voor bedrijventerreinen steeds vaker worden gezien als een van de oplossingen. Tijdens een verkennings-, plan- en ontwerfase wordt de mogelijkheid voor energetische samenwerking tussen bedrijven op een bedrijventerrein verkend. Hierbij wordt ook de businesscase- en financieringsmodellen voorbereid om deze energetische potentie daadwerkelijk te benutten. Voor de succesvolle uitrol van deze projecten is het essentieel dat er een betrouwbare en competente serviceleverancier wordt aangesteld. Deze serviceleverancier borgt de onderlinge afspraken tussen de deelnemende bedrijven en zorgt voor een effectieve energetische samenwerking. Cruciaal hierbij is de inzet van een CEMS dat de operationele activiteiten kan monitoren en aansturen volgens de gestelde energetische doelen.

2.2 Aanleiding

De implementatie van een energiehub op bedrijventerreinen is echter complex. Bedrijventerreinen bestaan uit een diversiteit aan bedrijven met verschillende energiebehoeften en een variëteit aan assets, van oude installaties tot moderne energieoplossingen. Dit maakt het creëren van een uniform CEMS uitdagend. Een CEMS is noodzakelijk om op een efficiënte manier het energieverbruik, de energieproductie en opslag te coördineren, en om te zorgen voor een optimale balans tussen vraag en aanbod. Zonder een CEMS is het vrijwel onmogelijk om de energiestromen te monitoren, te optimaliseren en tegelijkertijd kosten te besparen of duurzaamheidsdoelstellingen te behalen. Daarnaast worden er door de netbeheerder strikte eisen gesteld aan de opzet en het beheer van een energiehub. Een CEMS helpt bij het waarborgen van de betrouwbaarheid en veiligheid van de energie-infrastructuur, en maakt het mogelijk om flexibel in te spelen op de eisen en veranderingen in het energienet, zoals congestie en piekbelasting. Het is daarom noodzakelijk om via dit document een uniforme uitvraag te doen naar CEMS-leveranciers die in staat zijn om een platform te ontwikkelen dat voldoet aan de technische en operationele eisen van deze complexe omgevingen. Dit document biedt de eerste stap in de richting van een gestandaardiseerde aanpak voor CEMS-oplossingen op bedrijventerreinen in heel Nederland.

2.2.1 Eigenschappen SEH en deelnemers

Om tot een geschikte uitvraag te komen is het belangrijk om een overzicht te maken van de organisatorische en energetische details van de SEH. Deze kan in een vervolgstap aangeleverd worden aan een CEMS-leverancier om een beter beeld te krijgen van de specificaties van de hub. De benodigde informatie staat in bijlage [Organisatorische en energetische specificaties](#).

2.3 Doel van dit document

Om de uitwisseling van energie tussen bedrijven optimaal te laten verlopen, is er een controle- en regelsysteem nodig. Dit systeem dient de gemaakte afspraken te waarborgen en de onderlinge afstemming van energieverbruik en -opwekking realtime aan te sturen. Hierdoor blijven de elektrische vermogens binnen de contractuele en fysieke grenzen van het lokale elektriciteitsnet en worden de andere doelen van de SEH gewaarborgd. Hoewel dit document een generiek kader biedt voor de

functionele eisen van het CEMS, is elke energiehub op een bedrijventerrein uniek. Elk terrein kan specifieke wensen en eisen hebben die voortkomen uit de aard van de bedrijven, de type assets en de energetische doelstellingen. Omdat dit document beoogt zo compleet mogelijk te zijn voor elke potentiële hub, is dit document niet bedoeld om in zijn volledigheid gebruikt te worden als uitvraagdocument. In plaats daarvan is het de bedoeling om de secties die relevant zijn te selecteren, in te vullen en te integreren in het uitvraagdocument van de desbetreffende SEH. De opgerichte coöperatie

2.4 Scope oplossing

Het probleem waar dit document mee kan helpen op te lossen is het vinden van een geschikte CEMS-leverancier die voldoet aan de specificaties en voorkeuren van de SEH. Uit de praktijk is tot nu toe gebleken dat de deelnemers van de bestaande hubs graag hun bedrijfsvoering door willen zetten, maar dan met de beoogde voordelen van het samenwerken. Dus de effecten van netcongestie niet of nauwelijks te merken. De technische kennis over CEMS'en van de deelnemers is vaak beperkt. Dit maakt dat de samenwerkende partijen graag tot op zekere hoogte willen worden ontzorgd en dus niet verantwoordelijk willen zijn voor de technische en/of organisatorische kant van het installeren en exploiteren van de SEH. Mochten de deelnemers een grotere rol op zich willen nemen dan is er de mogelijkheid om meer zelf te doen wat gepaard gaat met een andere relatie met betrekking tot de CEMS-leverancier.

Dit document beoogt ondersteuning te bieden bij het identificeren van een geschikte CEMS-leverancier die voldoet aan de specifieke eisen en voorkeuren van de SEH. Uit de praktijk blijkt dat deelnemers binnen bestaande hubs vaak hun bestaande bedrijfsprocessen willen voortzetten, terwijl zij tegelijkertijd de voordelen van samenwerking willen benutten. Een van de belangrijkste voordelen is het minimaliseren van de impact van netcongestie. De technische kennis van de deelnemers over CEMS'en is echter vaak beperkt. Dit leidt ertoe dat samenwerkende partijen doorgaans behoefte hebben aan ontzorging. Zij willen niet verantwoordelijk zijn voor de technische en organisatorische aspecten van de installatie en het beheer van de SEH. Tegelijkertijd biedt deze handreiking ruimte voor flexibiliteit: als deelnemers bereid zijn een grotere rol op zich te nemen, kunnen zij meer taken zelf uitvoeren. In dat geval verandert de aard van de samenwerking met de CEMS-leverancier en kan er een andere verdeling van verantwoordelijkheden worden afgesproken. Een energiehub op bedrijventerreinen is slechts een van "[De Families van Energy Hubs in Nederland](#)" zoals geïdentificeerd door Royal HaskoningDHV in opdracht van Topsector Energie en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, en daarom is dit document dus in mindere mate van toepassing voor de andere families.

2.4.1 Rol van de CEMS-leverancier

Met deze aanpak wordt beoogd een balans te vinden tussen ontzorging en actieve betrokkenheid, afhankelijk van de wensen en capaciteiten van de deelnemers. In de gekozen oplossing kan de CEMS-leverancier dus verschillende rollen op zich nemen. De volgende rollen zijn geïdentificeerd:

1. Software as a Service (SaaS)

De leverancier beheert het volledige systeem en ontzorgt de deelnemers. Dit model biedt weinig autonomie, maar garandeert gebruiksgemak en betrouwbaarheid. De deelnemers betalen voor een dienst waarin optimalisatie en sturing volledig door de leverancier worden verzorgd.

2. Platform as a Service (PaaS)

De leverancier stelt een platform beschikbaar dat de deelnemers zelf kunnen aansturen. Dit model biedt meer autonomie, waarbij het collectief verantwoordelijk is voor het beheer en de resultaten van de hub.

3. Infrastructure as a Service (IaaS)

De leverancier levert alleen de infrastructuur, zoals hardware en basissoftware. De deelnemers nemen de volledige regie over de configuratie en exploitatie.

4. Turnkey Solution Provider

De CEMS-leverancier biedt een kant-en-klaar, volledig geconfigureerd systeem, maar houdt zich niet bezig met onderhoud en eventuele functionele uitbreidingen.

5. Hybrid Service Model

De CEMS-leverancier neemt een op maat gemaakte rol aan, afhankelijk met de voorkeuren van de SEH. Dit zal dus een combinatie zijn van de bovengenoemde rollen.

Mogelijk zijn er meer rollen dan benoemd in dit document. Zie deze opsomming als een set mogelijkheden die het meest voorkomend zullen zijn. Deze rollen zijn gebaseerd op de mate van verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid. De specificaties per rol zijn uitgewerkt in de volgende sectie. Om de rol vast te stellen en af te stemmen met de CEMS-leverancier is het belangrijk dat er een analyse wordt uitgevoerd over (rollen)management van de hub.

De mate van aansprakelijkheid en verantwoordelijkheid verschilt per rol van de CEMS-leverancier. In een SaaS-constructie, waar de CEMS-leverancier verantwoordelijk is voor de aansturing, ligt de aansprakelijkheid bij hen als het groeps-GTV wordt overschreden. In een PaaS-constructie daarentegen is het collectief verantwoordelijk, omdat de leverancier slechts een faciliterende rol heeft.

De DSO's in Nederland hebben een [stappenplan](#) opgesteld voor energiehubs. Dit stappenplan is erg vergelijkbaar met dat van [Firan](#). Het proces bestaat uit vier stappen:

- Initiëren/verkennen
- Plan & ontwerp
- Realisatie
- Exploitatie

Dit document positioneert zich tussen de plan & ontwerp- en de realisatiefase. Er is een uitgebreide analyse uitgevoerd waar ontwerpcriteria en -aanpak zijn opgesteld (plan & ontwerp), maar er wordt ook vanuit gegaan dat het contract is opgesteld en ondertekend (realisatie). Nadat er door middel van deze handreiking een uitvraagdocument is opgesteld kan de hub doorontwikkeling richting de implementatie. De specificaties vanuit het functioneel ontwerp en de juridische documenten zullen worden verwerkt in de komende secties.

2.4.2 Verdeling van verantwoordelijkheden

Aan de hand van de energetische en organisatorische analyse en de juridische documenten dat is opgesteld door de coöperatie, is er gekozen voor een **XXX**-rol voor de CEMS-leverancier. Om deze reden worden de volgende verantwoordelijkheden toegekend aan de leverancier:

- **Geef een overzicht van verantwoordelijkheden van de CEMS-leverancier.**

De coöperatie behoudt de volgende verantwoordelijkheden:

- **Geef een overzicht van verantwoordelijkheden van de coöperatie.**

De individuele deelnemers hebben de volgende verantwoordelijkheden:

- **Geef een overzicht van verantwoordelijkheden van de individuele deelnemers.**

2.5 Toevoegingen aan dit document

Als de elektrische voorwaarden in kaart zijn gebracht zoals gespecificeerd in sectie Eigenschappen SEH en deelnemers, is het ook belangrijk om rekening te houden met andere factoren die te maken hebben met de uniciteit van de hub. Deze factoren moeten ook meegenomen worden in het selectieproces van de CEMS-leverancier:

- Heeft elke deelnemer al een EMS, en hoe gaat de CEMS-leverancier om met deelnemers die nog geen EMS hebben?
- Welke energiedragers moeten nu en in de toekomst worden aangestuurd in de hub?
- Hoe wordt er omgegaan met collectieve assets die niet toebehoren aan een deelnemer maar aan de coöperatie en/of voor de meter staan.

3 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Het opzetten van een SEH bestaat uit vier fases. In de verkenningsfase wordt onderzoek gedaan naar met welke omstandigheden rekening gehouden kan en moet worden en of er voldoende momentum kan worden gecreëerd bij bedrijven om een voorlopen voor een energiehub op te zetten. In de onderzoek en ontwerpfase is het doel om tot het best haalbare ontwerp te komen waarmee een SEH kan worden gerealiseerd. In deze fase wordt er onder andere een functioneel ontwerp geschetst en wordt de uitbestedingsstrategie bepaald. Dan komt fase drie, de realisatiefase. Het exploitatiebedrijf wordt opgericht in de vorm van een energiecoöperatie en worden de contractenstructuur en het uitbestedingsplan opgesteld. In de laatste fase worden alle contractuele afspraken verwerkt tot exploitatie van de bestaande energie-infrastructuur door het CEMS. De verantwoordelijkheden en geldstromen verlopen zoals vastgelegd.

3.1 Projectomvang en -doelstellingen

Dit document richt zich op projecten over ontwikkeling en implementatie van een CEMS binnen de context van een energiehub op bedrijventerreinen. Een energiehub fungeert als een centrale schakel die de vraag naar en het aanbod van energie tussen verschillende bedrijven en energiebronnen coördineert. De energiehub kan bestaan uit meerdere energetische domeinen: energiebronnen, zoals zonnepanelen, windturbines, en netaansluitingen; vormen van energieopslag, zoals batterijen en verschillende vormen van waterstof; flexibel energieverbruik en een baseload. Deze moeten allemaal op een efficiënte manier geïntegreerd moeten worden. Het CEMS speelt hierbij een cruciale rol door de verschillende energieprocessen te monitoren, te sturen en te optimaliseren.

3.1.1 Projectomvang

Het project omvat:

- Handvatten voor het selecteren van een CEMS-leverancier die in staat is een platform te ontwikkelen dat alle energiestromen binnen de energiehub beheert.
- Het integreren van diverse energie-assets, zoals duurzame opwekking (zonnepanelen, wind), energieopslag (batterijen), en conventionele installaties, in het CEMS.
- Het voldoen aan technische en wettelijke eisen die door netbeheerders en andere betrokken partijen worden gesteld.
- Het creëren van een schaalbare en flexibele oplossing die toepasbaar is op bedrijventerreinen met verschillende energiebehoeften en infrastructuren.

3.1.2 Doelstellingen van het CEMS en de energiehub

De primaire doelstellingen van een CEMS binnen een energiehub zijn:

- 1. Bewaken capaciteit**
Het CEMS moet voorkomen dat de gecontracteerde vermogens niet worden overschreden.
- 2. Inzicht**
Door de verzamelde data weer te geven aan de gebruiker heeft deze een beter beeld van het lokale, dan wel collectieve energiesysteem en diens eigen rol daarin.
- 3. Optimalisatie van energiegebruik**
Het CEMS moet zorgen voor een efficiënte verdeling van energie binnen de energiehub. Dit omvat zowel het optimaliseren van energieopwekking (zoals zonne- of windenergie) als het managen van energieopslag en -verbruik, met als doel piekbelasting te vermijden en energieverliezen te minimaliseren. De energiestromen worden ook bijgehouden voor onderlinge financiële verrekening.

4. Kostenbesparing

Door slim energiegebruik te stimuleren, zoals het verlagen van piekbelasting en het afstemmen van energieverbruik op goedkopere uren, kan het CEMS aanzienlijke kostenbesparingen opleveren voor de bedrijven op het bedrijventerrein.

5. Duurzaamheid

Het CEMS ondersteunt de transitie naar duurzame energiebronnen door de integratie en optimalisatie van groene energieproductie en -opslag. Dit draagt bij aan de doelstellingen voor CO₂-reductie en verduurzaming van bedrijventerreinen.

6. Netbalancering en flexibiliteit

Het CEMS stelt de energiehub in staat om flexibel om te gaan met fluctuaties in energieaanbod en -vraag, en kan bijdragen aan de stabiliteit van het elektriciteitsnet door middel van vraagrespons en energiebalancering.

7. Betrouwbaarheid en veiligheid

Het CEMS moet zorgen voor een stabiele en veilige werking van de energie-infrastructuur, en kan proactief problemen detecteren en oplossen om uitval of overbelasting te voorkomen.

Met deze doelstellingen wil de energiehub niet alleen een duurzame en efficiënte energievoorziening realiseren, maar ook bijdragen aan de toekomstbestendigheid van bedrijventerreinen in heel Nederland. In eerste instantie zal het bewaken van de capaciteit het belangrijkste zijn, dit is immers de voornaamste reden voor het vormen van een energiehub. Misschien is dit zelfs het enige doel van de hub op korte termijn. De prioriteit van de andere doelstellingen zullen verschillen per hub. De geldende doelen kunnen veranderen gedurende de exploitatiefase, bijvoorbeeld als gevolg van toevoeging van nieuwe assets.

3.2 Tijdlijn en planning

De invulling en tijdlijn van het verkrijgen van een CEMS zal per SEH verschillen. Als voorbeeld is de volgende (fictieve) planning opgesteld:

Week 1	Versturen uitvraag
Week 2	Ontvangst antwoorden
Week 3	(Online) overleg voor wederzijdse ophelderingsvragen
Week 4	Uiterste datum indienen
Week 5	Presentatie van inschrijving (15 minuten + 15 minuten vragen)
Week 6	Bekendmaking gegunde partij
Week 7	Uitgebreide presentatie door geselecteerde leverancier voor alle belanghebbenden
Week 8 +	Aanbesteden, details uitwerken, implementatie, etc.

3.3 Overeenkomst distributienetbeheerder

Een van de belangrijkste aspecten bij de uitvraag richting een CEMS-leverancier is het helder vastleggen van de afspraken met de netbeheerder. De netbeheerder speelt een cruciale rol in het waarborgen van de stabiliteit en betrouwbaarheid van het lokale elektriciteitsnet, en deze afspraken vormen de basis voor de technische en operationele mogelijkheden van de energiehub. Het is van belang om expliciet te maken welke afspraken er met de netbeheerder zijn gemaakt over de maximaal toegestane vermogens, de contractuele grenzen, en eventuele flexibele capaciteitsafspraken. Daarnaast moet duidelijk worden vastgelegd hoe afwijkingen van deze afspraken worden afgehandeld, bijvoorbeeld in het geval van overbelasting van het net.

Deze randvoorwaarden bepalen de mate van vrijheid die het CEMS heeft om energie-uitwisseling tussen bedrijven te optimaliseren zonder het lokale net te overbelasten. Door vooraf helderheid te verschaffen over de afspraken met de netbeheerder, kunnen de CEMS-leveranciers hun systemen zodanig ontwerpen dat zij voldoen aan de technische en wettelijke eisen en tegelijkertijd maximale flexibiliteit en efficiëntie bieden binnen de toegestane grenzen. We gaan hierbij uit van de situatie dat er sprake is van 1 ring op 1 veld. Hieronder volgt een opsomming van de belangrijkste punten:

1. Maximaal Toegestane Vermogen
2. Afschakel- en opschalingssnelheid
3. Capaciteitsbeperkingen van het net
4. Flexibele Capaciteit
5. Aansluit- en Transportkosten
6. Balanshandhaving en Frequentieregeling
7. Teruglevering van Energie
8. Storings- en Onderhoudsafspraken
9. Vergoeding voor Netdiensten

De details zijn uitgewerkt in bijlage Overeenkomst DSO.

3.4 Onderlinge afspraken

Naast de afspraken met de netbeheerder zijn er ook belangrijke onderlinge afspraken gemaakt tussen de participerende bedrijven binnen de energiehubs. Deze afspraken vormen de basis voor een succesvolle samenwerking en hebben betrekking op de verdeling van energie, het delen van kosten en baten, en de operationele processen binnen de hub. De contractuele afspraken zijn vastgelegd als volgt:

1. Collectief

Leden kunnen alleen deelnemer van het collectief worden, zodra zij ook het groepscontract met de netbeheerder hebben ondertekent en is geaccordeerd. Elk lid geeft aan welke waarde zij in het collectief brengen of wensen gebruiken. Het betreft de capaciteit op de aansluiting of stuurbaar flexvermogen, zodat er gebruik gemaakt kan worden van de collectieve GTV-grens en de flexibiliteit van extra vermogen.

o Invulling

2. Wijzigingen

Leden kunnen alleen wijzigingen doorvoeren (bijv. groei van individuele GTV of als deelnemer uit het collectief stappen), zodra dit niet in strijd is met het groepscontract met de netbeheerder. Een wijzigingsverzoek zal door het collectief goedgekeurd moeten worden, waarbij een nieuwe collectieve GTV ontstaat en/of het te schakelen flexvermogen.

o Invulling

3. Prioritering

Tussen de leden wordt vastgelegd wie er volgens welke volgorde en verdeling gebruik mag maken van de beschikbare capaciteit en/of flexvermogen. Het uitgangspunt van ieders recht is het historisch piek verbruik/opwek. Van het gebruik van de capaciteit mag worden afgeweken (excl. marge) en zal via biedingen moeten worden aangegeven. Het gevolg daarvan is dat, gecontroleerd en in overeenstemming met de prioritering, de noodzakelijke flex-assets worden afgeschakeld (bijv. zonnepanelen) of worden bijgeschakeld (bijv. batterij), indien het gevraagde niet binnen de collectieve GTV-grens past.

o Invulling

4. Financieel

De kosten en vergoedingen zullen onderling worden verrekend o.b.v. het daadwerkelijk gebruik van elkaars capaciteit op de aansluiting en het in te zetten van flexvermogen. Hier is vooraf een verdeelsleutel over gemaakt, zodat vooraf helder is welke kosten er mee gemoeid zijn en wat de basislasten zijn voor een ieders deelname. Collectieve flex-assets (bijv. batterij)

die worden ingezet binnen het collectieve GTV hebben primair het doel om binnen de GTV-grenzen te blijven i.p.v. de maximale financiële waarde te creëren. Dit zal worden geëxploiteerd los van deze overeenkomst.

- *Invulling*

5. Aansprakelijkheid

De aansprakelijkheid is van toepassing als een lid zich niet houdt aan de voorgaande afspraken, wat kan leiden tot schade bij leden (bijv. niet kunnen benutten van capaciteit) of schade bij de netbeheerder. De schade zal worden toegekend aan het collectief, waarbij de schade zal worden verhaald bij degene die zich niet aan de afspraak heeft gehouden.

- *Invulling*

6. Technische voorwaarden meten/sturen

Bij elk lid zal er een analoge spanning- en vermogensmetingen (P, Q) plaats vinden op de regelbare assets en overdrachtspunten. Bij voorkeur worden hier de bestaande comptabele meters voor gebruikt. Voor de regelbare assets zal die toegang (op afstand) verleend moeten worden zodat het CEMS de data kan uitlezen en de asset kan aansturen. Dit in overeenstemming met de afspraken (bijv. snelheid van schakelen) die ook zijn vastgelegd in het contract met de netbeheerder.

- *Invulling*

7. Energieleverancier

Iedere aangeslotene is vrij om een eigen energieleverancier te kiezen op zijn eigen overdrachtspunt. De energieleverancier (en kosten) op het overdrachtspunt van de collectieve assets zal binnen die betreffende exploitatiepartij zelf worden gekozen en is niet afhankelijk van de individuele deelnemer. Uiteraard is het mogelijk om te kijken of er een inkoopvoordeel te behalen is door meerdere leden bij één energieleverancier onder te brengen, wat los hiervan staat.

- *Invulling*

8. Aggregator/CSP

Als er gebruik wordt gemaakt van stuurbare assets en deze worden ingezet als flexibel vermogen voor diensten van de netbeheerder (bijvoorbeeld via COPAGS), moet er een CSP'er worden gekozen. De leden die hiervan gebruik willen maken, zijn zelf verantwoordelijk voor de keuze van de CSP, het biedingssysteem en de bijbehorende kosten en opbrengsten.

- *Invulling*

9. Financiële verdeelsleutel

Het collectief zal een keuze moeten maken voor het energieleveringsplatform. De kosten en baten van onderlinge energielevering en -afname van het gehele collectief moeten worden verrekend volgens de afgesproken verdeelsleutel. Ook moet er rekening gehouden worden met financiële compensatie voor afwijkend op- of afschakelen van vermogen door een deelnemer.

- *Invulling*

10. Geheimhouding

Alle afspraken binnen deze overeenkomst zijn voorbehouden aan de groep die deze overeenkomst heeft ondertekend.

- *Invulling*

De onderlinge afspraken kunnen complex zijn, vooral wanneer het gaat om energieverdeling, kostenverdeling, en het delen van flexibiliteit. Daarom zal er, waar nodig, gebruik worden gemaakt van schema's of diagrammen om deze afspraken op een overzichtelijke manier te presenteren. Dit zorgt voor transparantie en voorkomt misverstanden tussen de deelnemers van de energiehub.

3.5 Toekomstige vereisten

Bij de implementatie van een CEMS voor een energiehub op een bedrijventerrein kan het verstandig zijn om te beginnen met een basisversie van het systeem, gericht op uitlezen en monitoring, en aansturen van simpele assets. In de loop van de tijd kan het echter nodig zijn om aanvullende functionaliteiten toe te voegen naarmate de behoeften van de bedrijven en de complexiteit van de energiehub toenemen.

Het is daarom cruciaal om vooraf duidelijkheid te krijgen of de CEMS-aanbieder in staat is om het systeem modulair uit te breiden en op welke manier dit mogelijk is. Dit kan betrekking hebben op de flexibiliteit van de software-architectuur, de beschikbaarheid van extra modules, en de ondersteuning van nieuwe functionaliteiten. De aanbieder moet inzicht geven in de volgende zaken:

- **Modulaire uitbreidbaarheid**
Kan het CEMS in de toekomst nieuwe functionaliteiten integreren zonder het hele systeem te vervangen?
- **Kosten en implementatietijd van uitbreidingen**
Wat zijn de geschatte kosten en tijdslijnen voor het toevoegen van nieuwe functionaliteiten?
- **Technische vereisten**
Welke technische aanpassingen (hardware/software) zijn nodig voor het uitbreiden van het systeem?
- **Ondersteuning en compatibiliteit**
Kan het CEMS naadloos integreren met nieuwe technologieën en energieoplossingen die in de toekomst worden geïmplementeerd?
- **Mogelijke uitbreidingen in functionaliteiten**
Is het mogelijk om als collectief energie te kopen en/of verkopen op de day-ahead en/of intraday markt?

Hieronder een lijst van functionaliteiten die in de toekomst toegevoegd kunnen worden aan een basis CEMS:

1. **Realtime data-analyse en prognoses**
Mogelijkheden om verbruiksdata te analyseren en prognoses te maken over energieopwekking en -gebruik, waardoor bedrijven beter kunnen inspelen op fluctuaties in vraag en aanbod.
2. **Geautomatiseerde energiebalancering**
Functionaliteiten om energie automatisch te balanceren tussen verschillende bedrijven op basis van hun behoefte, zodat het verbruik en de opwekking optimaal worden afgestemd.
3. **Flexibiliteitsmanagement**
De mogelijkheid voor de bedrijven om flexibel te reageren op piekmomenten in het net (bijv. door vraagreductie of het inschakelen van energieopslag).
4. **Integratie met duurzame energiebronnen**
Integratiemogelijkheden voor het beheren van diverse energiebronnen zoals zonne-energie, windenergie, en energieopslag en/of conversie (bijvoorbeeld batterijen of waterstof).
5. **Verrekening en facturatie**
Functionaliteiten om de onderlinge verrekening van energie tussen bedrijven te automatiseren, inclusief de bijbehorende facturatie op basis van afgesproken verdeelsleutels. Om lock-in te voorkomen en standaardisatie te bevorderen kan dit ook gefaciliteerd worden door middel van het [FlexOffer protocol](#).
6. **Demand-response management**
Functionaliteit die bedrijven in staat stelt om hun energieverbruik aan te passen op basis van prijsprikkels of signalen van de netbeheerder, wat kosten kan besparen en het net stabiliseert. Om lock-in te voorkomen en standaardisatie te bevorderen kan dit ook gefaciliteerd worden door middel van het [OpenADR-model](#).

7. Optimaal gebruik flex-assets

Kan de CEMS-leverancier aangeven hoe ze omgaat met het optimaal gebruik van flexibele assets in het systeem. Welke functionaliteiten kunnen nu al worden toegevoegd.

8. Beveiliging en toegangsbeheer

Uitgebreide beveiligingsopties om de toegang tot het systeem en gevoelige bedrijfsdata te beschermen, inclusief het gebruik van rollen en rechten voor verschillende gebruikers.

9. CO₂-monitoring en -rapportages

Het CEMS kan worden uitgebreid met tools om de CO₂-uitstoot van bedrijven te monitoren en rapportages te genereren, wat waardevol is voor duurzaamheidscertificering en compliance.

10. Energiehandelsplatform

Kan er via het platform ook in energie worden gehandeld en/of biedt het platform hier functionaliteiten voor die toegevoegd kunnen worden?

Door deze mogelijke uitbreidingen al in de ontwerpfase van het CEMS mee te nemen, kunnen bedrijven zich beter voorbereiden op toekomstige ontwikkelingen zonder dat er later grote aanpassingen nodig zijn.

3.6 Integratie energiemanagementsysteem

Een belangrijke randvoorwaarde voor het succesvol functioneren van een energiehub is de aanwezigheid en integratie van het CEMS van de individuele aansluitingen binnen het bedrijventerrein. Evenals de (ring-) aansluitingen en/of velden waar zich een groep bedrijven op bevinden. Een CEMS is verantwoordelijk voor het waarborgen van de vermogensgrenzen per aansluiting (en de ring/veld in haar totaliteit), zodat de operationele veiligheid en efficiëntie van het lokale elektriciteitsnet gewaarborgd blijven. Met name bij aansluitingen met zonne-energie (PV-systemen) moet een CEMS snel kunnen reageren op signalen, mede vanwege de strenge eisen van netbeheerders en de grote mate van gelijktijdigheid. Hieronder worden de belangrijkste functies en vereisten voor deze systemen uiteengezet:

1. Meten van het eigen verbruik

Het CEMS moet realtime verbruik en eventuele teruglevering kunnen meten van alle flexibele assets en van de individuele netaansluitingen.

2. Timestamp (tijdstempel)

Elke meting is voorzien van bijbehorende datum en tijdstip.

3. Aansturen van flexibele assets achter de meter

Het CEMS moet in staat zijn om verschillende (toekomstige) flex-assets *achter de meter* aan te sturen, zoals PV-installaties, accu's en flexibele productieprocessen.

4. Ontvangen van setpoints vanuit een centraal systeem

De EMS'en (*achter de meter*) moeten in staat zijn vanuit het EHP-setpoints te ontvangen en verwerken.

5. Foutmodus en veiligheid

Bij het ontbreken van een signaal vanuit het centrale systeem, verlies van connectie met achterliggende assets, of uitval van het CEMS, moet het systeem automatisch terugvallen op een veilige modus. Dit houdt in dat energieverbruik en -opwekking binnen veilige grenswaarden blijven om overbelasting van het net te voorkomen.

Vereisten voor CEMS bij aansluitingen zonder PV

Voor aansluitingen die niet beschikken over zonne-energie (PV) of andere (sterkwisselend) hernieuwbare opwek vereenvoudigde eisen. Echter, met het oog op toekomstige schaalbaarheid en efficiëntie, is het aan te bevelen dat ook deze aansluitingen voldoen aan de strengere eisen voor PV-installaties. De metingen moeten in ieder geval bestaan uit het vermogen en de bijbehorende tijdstempel.

Kanttekening;

Hoewel de basisvereisten voor energiemanagementsystemen bij aansluitingen zonder PV minder uitgebreid zijn, is het aan te bevelen dat deze aansluitingen ook worden voorbereid op toekomstige eisen. Dit kan bijvoorbeeld inhouden dat de CEMS nu al in staat zijn om flexibele assets aan te sturen, setpoints te ontvangen en merit orders te volgen, zodat ze klaar zijn voor verdere uitbreiding van de hub. Dit voorkomt dat er op termijn grote aanpassingen aan het systeem nodig zijn en zorgt voor consistentie binnen de energiehub.

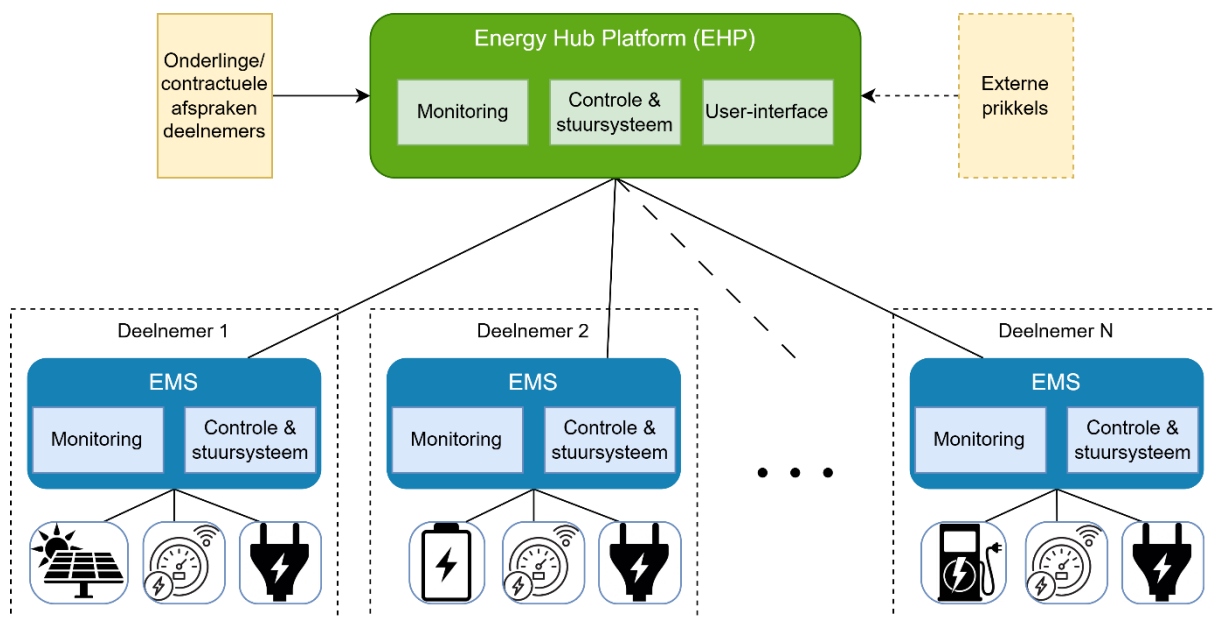
Voor een succesvolle integratie van CEMS binnen een energiehub is het essentieel dat elk individuele EMS in staat is om nauwkeurig te meten, snel te reageren op signalen van het centrale systeem, en flexibel om te gaan met verschillende energiebronnen en processen. Het voldoen aan deze eisen waarborgt niet alleen de operationele stabiliteit van de hub, maar maakt het ook mogelijk om op lange termijn te schalen en nieuwe technologieën te integreren.

4 Functionele omschrijving energiehub

Niet elke SEH is hetzelfde, daarom is het van belang om te identificeren welke elementen en eisen van toepassing zijn voor de specifieke configuratie van de hub. De eisen die niet relevant zijn kunnen achterwegen worden gelaten en de ontbrekende functionaliteiten kunnen worden toegevoegd aan de uiteindelijke uitvraag.

4.1 Systemeschets

In onderstaande figuur is het te ontwikkelen systeem en zijn onderdelen op hoofdlijnen geschetst. De verschillende onderdelen van het CEMS zullen in dit hoofdstuk verder worden toegelicht.



Sommige functionaliteiten zijn strikt noodzakelijk voor de werking van het CEMS. Bij afwezigheid van deze essentiële functies wordt het systeem direct als ongeschikt beschouwd. Daarnaast zijn er ook zogeheten "nice-to-haves". Deze worden aangeduid als *Toevoeging* in de lijst met functionaliteiten. Hoewel deze eigenschappen niet verplicht zijn, vormen ze een waardevolle aanvulling en dragen ze bij aan de meerwaarde van het systeem.

4.2 Configuratie

Hoewel de functionele omschrijving van het CEMS voor de energiehub al een gedetailleerde beschrijving van de configuratie bevat, kunnen aanvullende functionaliteiten bijdragen aan de waarborging van een volledig en optimaal functionerend systeem. Hieronder worden enkele essentiële elementen gespecificeerd die de robuustheid van de CEMS-configuratie verder versterken:

1. Netaansluiting

Dit wordt als object aangemaakt, hierbij kunnen de bepaalde gegevens ingevoerd/aangepast worden.

2. Groepen en subgroepen aanmaken in de software-omgeving

Een groep kan binnen de software-omgeving aangemaakt worden. In een (sub)groep zijn de (geanonimiseerde) eigenschappen en data te zien van het collectief.

3. Flexibiliteit van assets

Hierin kunnen het type asset en de mate van flexibiliteit worden aangegeven.

4. Prioritering van assets binnen het Systeem

Een configuratieoptie waarbij wordt aangegeven welke assets als eerste worden ingezet bij vraag of aanbod van energie

5. Energiemix en optimalisatie

De software moet de mogelijkheid bieden om de energiemix te definiëren en te optimaliseren.

6. Configuratie van realtime monitoring

De software moet per netaansluiting of groep instellingen bieden voor realtime monitoring.

7. Alarm- en meldingsfunctionaliteiten

De software moet alarmmeldingen kunnen configureren voor kritieke situaties en de optie bieden om zelf notificaties in te stellen.

8. Integratie van forecasting en planning

De software moet historische data gebruiken voor het voorspellen van vraag en aanbod binnen de hub.

9. Configuratie van data- en gebruikersrechten

Instellingen moeten mogelijk zijn voor het beheer van datatoegang en privacy. De rollen faciliteren hiërarchie van gebruikersrechten.

10. Communicatie- en interfacemogelijkheden

Het CEMS moet koppelbaar zijn met externe systemen en data-invoersystemen. Toevoeging: naast de desktopversie een mobile app voor monitoring en het aanpassen van instellingen.

11. Toevoeging: simulatie en testomgeving

Er moet een testomgeving beschikbaar zijn waarin het collectief scenario's kan simuleren voordat ze daadwerkelijk worden uitgevoerd.

De details zijn uitgewerkt in bijlage Overeenkomst DSO.

Het bovenstaande vult de al genoemde functionaliteiten aan, zoals het toevoegen van netaansluitingen, groepen en subgroepen. Dit biedt een volledig beeld van wat nodig is om de digitale configuratie van een energiehub te optimaliseren en flexibel te maken. Zo kan het CEMS niet alleen functioneren in een complexe omgeving, maar ook meegroeien met toekomstige behoeften van het collectief en de infrastructuur van de netbeheerder.

4.3 Gebruikersinterface

Om de gebruikersinterface van het CEMS voor de energiehub optimaal te maken, is het belangrijk dat de interface niet alleen gebruiksvriendelijk is, maar ook de juiste functionaliteiten biedt aan zowel de operator als de deelnemer. Hieronder volgt een uitgebreide lijst met extra functionaliteiten die van meerwaarde kunnen zijn voor beide gebruikersgroepen, samen met de al genoemde functies.

1. Gebruikerstypes

- a. Operator: De beheerder van het systeem die toegang heeft tot volledige functionaliteiten, inclusief monitoring, controle en configuratie van de hub.
- b. Deelnemer: Bedrijven of gebruikers die deel uitmaken van het collectief en toegang hebben tot hun eigen data, maar niet de volledige controle over de hub.
- c. Toevoeging: Admin: Een rol met toegang tot de volledige configuratie-instellingen van het CEMS, inclusief het beheer van gebruikers en de instellingen voor de energiehub.

2. Inzichten voor de operator

Realtime Monitoring en historisch inzicht van alle vermogens, energie, toevoeging: stroomkwaliteit. Maar ook waarschuwingen en notificaties.

3. Inzichten voor de deelnemer

Realtime Monitoring en historisch inzicht van eigen vermogens, energie, toevoeging: stroomkwaliteit. Maar ook waarschuwingen en notificaties.

4. Export- en deeloptyes voor gegevens

Export van gegevens als verschillende bestandstypes. Toevoeging: geautomatiseerde rapportage. Toevoeging: API-koppeling naar gegevens.

5. Algemene functionaliteiten

Configuratie van de gebruikersinstellingen zoals zelfinstelbare dashboards, toevoeging: licht en donker thema, toevoeging: andere talen dan Nederlands en Engels. Toevoeging: overzicht van de status van de assets. Toevoeging: kosten en opbrengsten. Toevoeging: pushmeldingen van zelfinstelbare limieten en voorwaarden.

6. Beheermogelijkheden voor de operator

Toevoeging: toegangsrechten van verschillende gebruikers beheren. Toevoeging: assetbeheer. Toevoeging: assetverificatie.

Deze uitgebreide lijst zorgt voor een complete gebruikersinterface die niet alleen in de basisfunctionaliteiten voorziet, maar ook een hogere mate van controle, monitoring en flexibiliteit biedt. De toevoegingen zoals prognoses, benchmarking, rapportages en API-koppelingen verhogen de waarde van het systeem voor zowel de operator als de deelnemer, terwijl de interface gebruiksvriendelijk blijft en aanpasbaar is naar de specifieke behoeften van de gebruikers.

4.4 Monitoringssysteem

Hier is een uitgebreide versie van de monitoringsfunctionaliteit die in het CEMS, ook voor de netbeheerder, beschikbaar zou moeten zijn. De focus ligt op het waarborgen dat het collectief aan de afgesproken limieten blijft, terwijl de netbeheerder toegang heeft tot relevante en betrouwbare gegevens in een afgeschermd omgeving. Hierbij worden alleen de relevante gegevens getoond die te maken hebben met het waarborgen van de afgesproken limieten. Hieronder een uitgebreide set aan functionaliteiten:

1. Per netaansluiting

Netto en opgewekt vermogen, status van de netaansluiting, toevoeging: realtime piek- en minimale belastging, toevoeging: visualisatie van contractuele en fysieke vermogensgrenzen.

2. Per subgroep

Netto en opgewekt vermogen, beschikbaarheid van flexibiliteit.

3. Per ring (indeling naar geografie of vermogensstructuur)

Netto en opgewekt vermogen, toevoeging: totale beschikbare capaciteit binnen de ring.

4. Als collectief

Netto en opgewekt vermogen, toevoeging: visualisatie van contractuele en fysieke vermogensgrenzen, toevoeging: realtime marge tot vermogensgrenzen.

5. Algemene monitoringsfunctionaliteiten

Waarschuwingen en notificaties op de verschillende niveaus. Een overzicht van foutmeldingen en storingen van soft- en hardware. Toevoeging: overschrijdingshistorie. Toevoeging: overzicht van asset-status. Realtime of bijna realtime updates van de dashboards. Exportopties van data en dashboards. Toevoeging: API-koppeling voor gegevensdeling.

6. Flexibiliteit en capaciteit

De optie om beschikbaar flexibel vermogen te delen met de DSO. Inzicht in beschikbare opslagcapaciteit. Toevoeging: inzicht in beschikbare niet-elektrische buffercapaciteit.

7. Toevoeging: toekomstige uitbreidingen

De mogelijkheid tot het instellen van proactieve waarschuwingen. Inzicht in en meldingen van duur en frequentie van alle vermogensoverschrijdingen, ook van (sub-)secondeduur. Toevoeging: benchmarking door vergelijking met andere energiehubs of -collectieven.

Deze uitgebreide set monitoringsfunctionaliteiten biedt het collectief en de netbeheerder alle informatie die nodig is om te waarborgen dat het collectief binnen de afgesproken vermogenslimieten blijft. Door inzicht te geven in realtime data, historische trends, waarschuwingen en flexibiliteit, kan de netbeheerder effectief ingrijpen bij mogelijke overschrijdingen en proactief reageren op toekomstige knelpunten.

4.5 Controle- en stuursysteem

Het controlesysteem en sturingssysteem voor het collectief van bedrijven speelt een cruciale rol in het beheren van de energiestromen binnen een energiehub. Het systeem moet niet alleen realtime gegevens monitoren, maar ook actief ingrijpen en bijsturen waar nodig om te zorgen dat het collectief aan de gestelde voorwaarden voldoet. Hieronder is een meer uitgebreide en aangevulde beschrijving van de functionaliteiten voor zowel het controle- als het sturingssysteem.

- 1. Monitoring en analyse van gemeten vermogens**
Op collectief niveau, per ring, per subgroep en per aansluiting.
- 2. Voorspelling en setpoint-bepaling (Sturingssysteem)**
Op collectief niveau, per ring, per subgroep en per aansluiting.
- 3. Communicatie en aanpassing van setpoints**
Setpoint-communicatie naar EMS van een deelnemer of dat van een asset. Met de mogelijkheid om deze setpoints automatisch en handmatig bij te stellen. Ze moeten voldoen aan de vooraf vastgelegde merit order.
- 4. Veilige toestand bij communicatiefalen**
Continue monitoring van de communicatieverbindingen. Wanneer deze foutief is wordt het netwerk in veilige toestand gebracht, worden er foutmeldingen gegeven en worden herstelprotocollen gestart.
- 5. Waarschuwings- en notificatiesysteem**
Notificaties/waarschuwingen bij realtime overschrijdingen. Toevoeging: notificaties/waarschuwingen voorspelde toekomstige overschrijdingen.
- 6. Geavanceerde besturingsopties**
Automatische op en afschakeling van flexibele opwek en verbruik om binnen de limieten te blijven, rekening houdend met de merit order. Toevoeging: proactieve balancering.
- 7. Beheer en rapportage**
Mogelijkheid tot het genereren van rapportages over de historische prestaties, een overzicht van de afwijkingen. De rapportagefunctie moet flexibel genoeg zijn om nieuwe deelnemers en/of assets mee te nemen in rapportage.
- 8. Veiligheids- en noodprotocollen**
Bij ernstige afwijkingen zal het systeem automatisch overschakelen naar een veilige toestand om overschrijdingen te voorkomen. Dit kan ook handmatig worden geactiveerd.

Dit controlesysteem, gecombineerd met het sturingssysteem, biedt een robuust en flexibel raamwerk voor het beheren van de energiestromen binnen een energiehub. Het zorgt ervoor dat alle gemonitorde waarden aan de gestelde voorwaarden voldoen en biedt mogelijkheden om proactief te sturen op toekomstige vermogensbehoeften. Door realtime communicatie, foutafhandeling en veilige terugvalopties, kan het systeem effectief functioneren en bijdragen aan een stabiele en betrouwbare energiebalans binnen het collectief.

4.6 Systeemveiligheid

Het systeem kan op verschillende niveaus defect zijn. Het systeem moet om kunnen gaan met al deze mogelijke storingen. Het is mogelijk dat de fysieke en/of digitale infrastructuur van de CEMS-leverancier anders in elkaar zit dan zoals beschreven in de volgende sectie. Dat maakt het des te belangrijker om alle knelpunten te identificeren.

4.6.1 Uitval en continuïteit

Om te zorgen dat de netveiligheid en bedrijfscontinuïteit altijd gewaarborgd zijn. Naast automatische storingsrapportage aan de beheerders en automatische herstelpogingen, moeten de volgende maatregelen getroffen worden:

- 1. Uitval van het centrale systeem**
Om netveiligheid niet in gevaar te brengen schakelen de deelnemende installaties over naar een terugvalvermogen. Dit geldt voor opwek en verbruik.
- 2. Uitval of verlies van communicatie met een of meerdere EMS'en**
Om netveiligheid te behouden moet het centrale systeem compenseren. Het EMS moet autonoom kunnen blijven functioneren, eventueel door de onderliggende assets over te schakelen op een terugvalvermogen.
- 3. Herstelscenario's**
Herstelprotocollen zijn in elke laag van het CEMS ingebouwd om sturing zo snel mogelijk te kunnen hervatten. Alle storingen worden bijgehouden om toekomstige fouten voor te zijn of sneller op te kunnen lossen.
- 4. Failover-opties**
Bij herhaaldelijke onsuccesvolle herstelpogingen moet er back-upstelsysteem worden geactiveerd om sturing te verzorgen.

4.6.2 Cybersecurity en dataveiligheid

Om te voldoen aan de huidige normen en eisen rondom databeveiliging, moeten onderstaande maatregelen op het gebied van cybersecurity worden geïmplementeerd:

- 1. Certificeringen en ontwerpisen**
Het systeem moet ontworpen worden volgens het "secure-by-design" principe en voorzien zijn van ten minste ISO27001 en IEC 62443. Toevoeging: open-source protocollen zoals OpenADR en/of FlexOffer.
- 2. Versleuteling van dataverbindingen**
Dataverbindingen moeten met TLS worden versleuteld, gegevens beschermd tegen onderschepping en hacking, en cloud- versus lokale sturing duidelijk gedefinieerd.
- 3. Authenticatie en toegangsbeheer**
Toegang tot het systeem moet via multifactorauthenticatie worden beperkt tot geautoriseerde gebruikers, met sterke wachtwoorden die regelmatig worden gewijzigd, en een toegangscontrolebeleid op basis van rol en gebruik.
- 4. Logging en monitoring**
Het systeem moet gebruikersactiviteiten en toegangspogingen loggen voor periodieke beoordeling en voorzien zijn van IDS en firewalls om realtime aanvallen te detecteren en blokkeren.
- 5. Gegevensbescherming en privacy**
Alle gegevens moeten voldoen aan GDPR-normen, goed beschermd zijn en alleen toegankelijk voor gemachtigden, met gebruik van geanonimiseerde data waar mogelijk, vooral in rapportages.

4.6.3 Fysieke veiligheid en hosting

Als leverancier is het van belang om de fysieke veiligheid en hosting van het CEMS-platform te kunnen garanderen. Deze onderstaande voorwaarden zijn van cruciaal belang en moeten ten minste worden geborgd.

- 1. Hosting en infrastructuur**
Het systeem moet worden gehost op een platform met redundante infrastructuur en gescheiden datacenters, fysieke beveiliging van servers moet streng zijn, en updates moeten over-the-air kunnen worden uitgevoerd.

2. Beveiligde remote toegang

Om toegang van onbevoegden te voorkomen verloopt de communicatie met het systeem loopt via VPN's of vergelijkbare beveiliging.

3. Incident responsplan

Er is een incident responsplan voor cyberaanvallen en storingen om inbreuk en uitval te voorkomen met herstelprocedures en evaluaties achteraf.

4.6.4 Redundantie en veerkracht

Wanneer het systeem faalt en/of uitvalt, zal de algehele werking van de energiehub moeten blijven functioneren volgens daarin gemaakt afspraken. Hierbij zijn een aantal functionaliteiten van belang die minimaal moeten worden geborgd in het CEMS. Zo beschikt het CEMS over redundante systemen en wordt het regelmatig onderworpen aan periodieke audits en penetratietests.

Een goed beveiligd CEMS moet zowel voorbereid zijn op technische storingen (uitval) als op beveiligingsdreigingen (cybersecurity). Door te zorgen voor voldoende failsafe-mechanismen, versleutelde communicatie, strikte toegangscontroles en periodieke audits, kan het systeem veilig functioneren en bijdragen aan de betrouwbaarheid en stabiliteit van de energiehub.

5 Samenvatting en knock-out criteria

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste functionele eisen en wensen voor het CEMS samengevat, evenals de minimale vereisten waaraan een CEMS-leverancier moet voldoen om in aanmerking te komen voor verdere beoordeling. Het doel van dit hoofdstuk is om een helder overzicht te bieden van de kritieke punten die bepalend zijn voor de geschiktheid van de aangeboden CEMS-oplossing. Leveranciers worden gevraagd aan te geven welke functionaliteiten hun platform al ondersteunt, welke nog in ontwikkeling zijn, en waar zij op dit moment niet aan kunnen voldoen. Ook dienen zij bewijs te leveren van de ondersteunde functionaliteiten en een planning voor functies in ontwikkeling.

Daarnaast worden de knock-out criteria in dit hoofdstuk beschreven. Dit zijn de absolute minimale eisen waaraan elk aangeboden CEMS moet voldoen om verder in het selectieproces te blijven. Als een leverancier niet aan deze eisen kan voldoen, zal de aanbieder worden uitgesloten van verdere beoordeling. Deze criteria zijn essentieel om de veiligheid, betrouwbaarheid, en functionaliteit van het platform te waarborgen, en om te garanderen dat het systeem voldoet aan de gestelde voorwaarden voor de Energiehub en de betrokken netbeheerders en deelnemers.

5.1 Bewijslast en documentatie

De leverancier dient bewijslast aan te leveren voor de functionaliteiten die hun CEMS al ondersteunt. Dit kan in de vorm van documentatie, certificeringen, technische rapporten, en referenties van bestaande implementaties. Daarnaast wordt gevraagd om een duidelijke planning te verstrekken voor de ontwikkeling van eventuele ontbrekende functionaliteiten, inclusief tijdslijnen en verwachte opleverdata. Dit bewijs is essentieel om de claims over het platform te verifiëren en te beoordelen of het CEMS voldoet aan de gestelde eisen en criteria.

Dit kan onder andere bestaan uit:

- Screenshots of live-demonstraties van het systeem in actie (gebruikersinterface, monitoring, configuratie-opties).
- Technische documentatie waarin de functionaliteiten gedetailleerd beschreven staan.
- Certificeringen zoals ISO27001.
- Referenties of casestudies van bestaande implementaties bij klanten.
- Rapporten of testrapportages waarin de stabiliteit en veiligheid van het systeem getest zijn.

5.2 Scoremodel of weging

Er zal een scoring- en wegingsmechanisme worden toegepast om de ingediende CEMS-oplossingen te beoordelen. Dit mechanisme zal elk criterium een specifieke weging toekennen op basis van belangrijkheid, waarbij functionaliteiten, gebruiksvriendelijkheid, betrouwbaarheid en veiligheid centraal staan. Leveranciers zullen punten krijgen voor elk onderdeel waar zij aan voldoen, en hogere scores voor oplossingen die verder gaan dan de minimale vereisten. Op deze manier wordt een eerlijke en transparante beoordeling mogelijk gemaakt, waarbij de meest geschikte CEMS-leverancier geselecteerd kan worden.

Om de verschillende CEMS'en goed te kunnen vergelijken, kun je een scoresysteem opzetten waarbij je punten toekent op basis van:

- Functionaliteit (bijvoorbeeld een hoger gewicht toekennen aan kernfunctionaliteiten zoals setpointbeheer en realtime monitoring).
- Volledigheid van de bewijslast (bijvoorbeeld extra punten toekennen als volledige technische documentatie is aangeleverd).
- In ontwikkeling (mindere score of puntenaftrek voor benodigde functionaliteiten die nog niet aanwezig zijn maar in ontwikkeling zijn).

6 Geschiktheidseisen

In dit hoofdstuk komen, in tegenstelling tot vorige hoofdstukken, de criteria aan bod waar de CEMS-leverancier aan moet voldoen met betrekking tot financiële en economische draagkracht en beroepsbekwaamheid. Het is belangrijk dat een leverancier niet alleen technisch in staat is om een SEH te beheren, maar dat het bedrijf ook de relevante ervaring en capaciteit heeft om de aansturing te faciliteren. Ook voor de geschiktheidseisen geldt dat dit (deels) ongeschikt is door de grote variatie in SEH's. De komende secties kunnen naar believen worden weggelaten, aangepast of aangevuld.

6.1 Algemene informatie CEMS-leverancier

Om een beeld te krijgen van de partij die het CEMS zal leveren is het belangrijk om een indicatie te krijgen van de omvang en status van de leverancier. Daarom de volgende vragen en geschiktheidseisen:

- Wat is de naam van de leverancier en, indien van toepassing, de naam van het moederbedrijf?
- Wat is de omvang en capaciteit van het bedrijf?
 - Wat is het aantal medewerkers (FTE)?
 - Wat is/zijn de vestigingslocatie(s)?
- De leverancier kan een bewijs van inschrijving bij de Kamer van Koophandel (KvK) aantonen
- De leverancier heeft geen juridische geschillen of strafrechtelijke veroordelingen

6.2 Ervaring en expertise

Als leverancier van het CEMS is relevante projectervaring en beschikbaar en gekwalificeerd personeel van groot belang. Een project van deze omvang vereist relevante ervaring die aangetoond kan worden. In dat perspectief worden de volgende vragen voorzien van een duidelijk antwoord of toelichting op de vereisten:

- Hoe lang is de leverancier actief in de slimme aansturing van assets?
- Hoe veel succesvolle implementaties van CEMS'en voor SEH's of vergelijkbare projecten heeft de leverancier?
- Is er een grondige evaluatie uitgevoerd van (het) voorgaande project(en) en daaruit verbeterpunten geïdentificeerd en gerapporteerd?
- Is de leverancier actief op zoek naar een nieuw opdracht over decentrale energiemanagement om de geleerde lessen van eerdere ervaring te kunnen implementeren?
- Wat zijn alle merken en types asset die ondersteund worden door het CEMS en hoe ga je om met assets die (nog) niet ondersteund worden?
- De leverancier kan een overzicht tonen van rollen en ervaring van het team dat aan dit project zal werken, maar ook relevante kwalificaties en gewenste (ISO-)certificatie.
- De leverancier kan de beschikbaarheid aantonen van het team dat verantwoordelijk zal zijn voor dit project.
- De leverancier kan een beschrijving geven van het kwaliteitsborgingsproces.
- De leverancier kan, indien van toepassing, een overzicht tonen van derde partijen waarmee ze samenwerken op deze opdracht.
- Hoe kan de leverancier hoge klanttevredenheid aantonen, evenals de manier van toetsen en waarborgen daarvan?

6.3 Financiële stabiliteit

Als CEMS-leverancier wordt er ook financiële stabiliteit vereist om een SEH aan te kunnen sturen. Ook is het vanuit de hubs belangrijk om te weten wat het verdienmodel is voor de CEMS-leverancier om tijdens de implementatie en exploitatie niet tegen onverwachte kosten of beperkingen aan te lopen. De financiële stabiliteit wordt beoordeeld aan de hand van de volgende criteria:

- De leverancier kan een duidelijk overzicht bieden van de kostenstructuur en biedt inzicht in alle kostenposten, inclusief eenmalige en terugkerende kosten
- De leverancier kan aantonen dat het eigen verdienmodel de prioriteiten en beweegredenen van de hub en de participerende bedrijven niet tegenspreekt
- De leverancier kan met jaarrekeningen van afgelopen jaren aantonen dat het een positieve kredietwaardigheid heeft

6.4 Implementatie en ondersteuning

Als de implementatiefase is begonnen is het belangrijk dat dit zo soepel mogelijk verloopt en blijft verlopen, daarom de volgende eisen:

- De leverancier stelt een implementatieplan op waarin de fasering, tijdslijnen en middelen worden omschreven
- De leverancier maakt een overzicht van risico's en mitigerende maatregelen
- De leverancier kan de servicelevel agreement (SLA) beschrijven en details over onderhoudsdiensten en servicegaranties die voor dit project relevant zijn delen en toelichten
- De leverancier biedt training en ondersteuning voor de gebruikers van het systeem
- De leverancier heeft een continuïteitsplan waarin staat hoe de deze omgaat met calamiteiten, zoals storingen in het systeem of uitval van services

6.5 Toekomstvisie

Een SEH is een dynamisch concept en zal hoogstwaarschijnlijk met de tijd groeien in het aantal assets en in merk en type daarvan. Het einddoel van een SEH kan variëren van het bewaken van een groeps-GTV tot het volledig aansturen van een complex multi commodity decentraal energiesysteem. Het is belangrijk dat de CEMS-leverancier ook een toekomstvisie heeft die meegroeit met de ambities van de hub.

- Wat is de visie op de rol van de CEMS-leverancier op het energiesysteem van de toekomst?
- Geef een lijst met functionaliteiten die op korte en op lange termijn nog zullen worden toegevoegd aan het CEMS
- De leverancier kan aantonen welke functionaliteiten nu in ontwikkeling zijn en kan een indicatie geven van het tijdsbestek tot oplevering

7 Gunningscriteria

Om tot een volledige uitvraag te komen moeten ook gunningscriteria worden opgesteld. Gunningscriteria zijn essentieel in een uitvraagdocument omdat ze de basis vormen voor het objectief beoordelen en selecteren van inschrijvingen. Ze bepalen hoe aanbiedingen worden geëvalueerd op basis van vooraf vastgestelde parameters, zoals prijs, kwaliteit of duurzaamheid. Door duidelijke gunningscriteria op te stellen, wordt het selectieproces transparant, eerlijk en gericht op het kiezen van de beste aanbieder die aan de gestelde eisen voldoet.

Deze criteria kunnen sterk verschillen, afhankelijk van de behoeften en eisen van de SEH. Ter illustratie volgt een overzicht dat mogelijk (deels) kan worden gebruikt voor de beoordeling. De weging van alle criteria kan naar believen worden aangepast, evenals de inhoud van de tabel. De criteria zijn opgesteld met het oog op de toekomstige ontwikkeling van de SEH naar een complex, multi-commodity, decentraal energiesysteem.

De volgende gunningscriteria zijn van toepassing:

1. Prijs
2. Hardware
3. Software
4. Ervaring en implementatie
5. Anders

Deze gunningscriteria hebben allen een eigen aantal te behalen punten. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Overzicht van gunningscriteria.

Gunningscriterium	Te behalen punten
Prijs	30
Hardware	20
Software	25
Ervaring en implementatie	15
Anders	10
Totaal	100

7.1 Gunningscriterium prijs

Er kunnen maximaal 30 punten gescoord worden en wordt berekend als volgt:

$$X_{p,n} = \frac{p_{min}}{p_n}$$

Waarin $X_{p,n}$ het aantal behaalde punten is voor de prijs van inschrijver n (dit is maximaal 30 punten), p_{min} de laagste prijs van alle aanbieders en p_n de prijs van inschrijver n .

De prijs is opgebouwd uit eenmalige kosten:

- Aanschaf van nieuwe hardware
- Aanschaf van nieuwe assets
- Contractuele kosten
- Projectkosten

Maar ook uit terugkerende kosten:

- Licentiekosten
- Onderhoudskosten

De totale kosten worden geaggregeerd over een periode van 5 jaar om niet alleen de kapitaaluitgaven maar ook de operationele uitgaven mee te kunnen nemen in de beoordeling.

7.2 Gunningscriterium hardware

Onder hardware vallen niet alleen de assets maar ook eventuele extra fysieke installaties die nodig zijn om data uit te lezen en/of assets aan te sturen. Het criterium wordt beoordeeld op de volgende aspecten:

1. Types en merken assets die aangestuurd en uitgelezen kunnen worden;
2. Interoperabiliteit met bestaande assets en EMS'en;
3. Resolutie van data-acquisitie en aansturing.

Aan de aspecten 1. *Types en merken* en aspect 3. *Resolutie* kunnen maximaal 5 punten toegekend. Aan aspect 2. *Interoperabiliteit* kunnen 10 punten worden toegekend, de behaalde score volgens de tabel wordt daarom vermenigvuldigd met 2 voor een totaal van maximaal 20 punten. De score voor de hardware wordt vastgesteld aan de hand van Tabel 2.

7.3 Gunningscriterium software

Onder software valt de verwerking van de data en het versturen van instructies naar de assets op basis van (contractuele) afspraken. Daarnaast zijn ook de gebruikersinterface en monitoring opgenomen in dit criterium. Het criterium wordt beoordeeld op de volgende aspecten:

1. Type sturing (15 punten);
2. Functionaliteit gebruikersinterface (5 punten);
3. Monitoring (5 punten).

Omdat er op aspect 1. *Type sturing* 15 punten te behalen zijn zal de behaalde score worden vermenigvuldigd met 3 om op een totaal van 25 punten uit te komen voor gunningscriterium software. De score voor de software wordt vastgesteld aan de hand van Tabel 3.

7.4 Gunningscriterium ervaring en implementatie

Onder ervaring en implementatie vallen de relevante eerdere vergelijkbare projecten en de geleerde lessen daaruit, maar ook de contractuele voorwaarden die hieraan ten grondslag liggen. Ook de toekomstplannen die relevant worden nadat het systeem is geïmplementeerd zijn meegenomen in dit gunningscriterium. De score wordt vastgesteld aan de hand van de volgende aspecten:

1. Geschiktheid projectteam (5 punten)
2. Contractuele voorwaarden (5 punten)
3. Toekomstvisie (5 punten)

De score voor de ervaring en implementatie wordt vastgesteld aan de hand van Tabel 4.

Tabel 2: De scoretabel voor gunningscriterium hardware.

Aspect	0	1	2	3	4	5
Assets	Uitsluitend assets aangeboden door leverancier	Assets leverancier + enkele veelvoorkomende assets	Assets leverancier + alle veelvoorkomende assets	Assets leverancier + alle veelvoorkomende assets + alle assets aanwezig in de SEH	Alle bestaande assets	Alle bestaande assets en toekomstbestendige integratiemogelijkheden
Interoperabiliteit	Uitsluitend interoperabiliteit van systemen en assets van de leverancier	Systemen en assets leverancier + enkele veelvoorkomende protocollen	Systemen en assets leverancier + meeste veelvoorkomende protocollen en enkele veelvoorkomende toepassingen	Systemen en assets leverancier + alle veelvoorkomende protocollen + alle veelvoorkomende toepassingen	Systemen en assets leverancier + alle bestaande protocollen en toepassingen	Alle bestaande protocollen en toepassingen en toekomstbestendige integratiemogelijkheden
Resolutie	Dag	Uur	Kwartier	Minuut	Seconde	Sub-seconde

Tabel 3: De scoretabel voor gunningscriterium software.

Aspect	0	1	2	3	4	5
Sturing	Uitsluitend vermogensbeperking (VB)	Vermogensbeperking + handmatige priorisering van enkele assets	Vermogensbeperking + volledige merit order sturing	Vermogensbeperking + merit order sturing + optimalisatie op een criterium	Vermogensbeperking + merit order sturing + optimalisatie op meerdere criteria + forecasting + standaardprotocollen (open source	Vermogensbeperking + merit order sturing + optimalisatie op meerdere criteria + forecasting + standaardprotocollen (open source) + simulatie- en testomgeving
Functionaliteit gebruikersinterface	Geen gebruikersinterface	Historische energie en vermogen zonder onderscheid in deelnemer en operator	Historische energie en vermogen + onderscheid deelnemer (eigen aansluiting) of operator (aansluitingen en totaal) + export van data	Historische + realtime energie en vermogen + onderscheid deelnemer of operator + export van data	Historische + realtime energie en vermogen + onderscheid deelnemer of operator + inzage relevante niveaus + export van data	Volledige configuratie van datastromen en weergave + onderscheid deelnemer of operator + export van data
Monitoring en veiligheid	Geen waarschuwingsmeldingen of veiligheidsprotocollen + geen aandacht voor cybersecurity	Eenvoudige realtime waarschuwingsmeldingen zonder onderscheid in relevante niveaus + eenvoudige failsafe-modus + eenvoudige cybersecurity	Realtime waarschuwingsmeldingen per niveau + eenvoudige failsafe-modus + protocol foutieve assets + eenvoudige cybersecurity	Realtime en voorspellende waarschuwingsmeldingen per niveau + failsafe-modus + protocol foutieve assets + industriestandaard cybersecurity	Realtime en voorspellende waarschuwingsmeldingen per niveau + failsafe-modus + protocol foutieve assets + industriestandaard cybersecurity	Realtime en voorspellende waarschuwingsmeldingen per niveau + failsafe-modus + herstelprotocol foutieve assets zonder downtime + zeer geavanceerde cybersecurity + proactieve veiligheidsverbetering

Tabel 4: De scoretabel voor gunningscriterium ervaring en implementatie.

Aspect	0	1	2	3	4	5
Geschiktheid projectteam	Geen ervaring van projectteam met energiehubs of vergelijkbare projecten	Bepaalde ervaring van en informatie over projectteam	Vermelding ervaring kwalificatie van projectteam + één relevant project met weinig tot geen evaluatie + geen inzicht over kwaliteitsborging	Duidelijk overzicht ervaring en kwalificatie van projectteam + enkele relevante projecten met enige evaluatie + inzicht in kwaliteitsborging	Uitgebreid overzicht ervaring en kwalificatie van projectteam + meerdere relevante projecten met duidelijke evaluatie + uitgebreid inzicht over kwaliteitsborging	Volledig inzicht in ervaring en kwalificatie van projectteam + veel relevante projecten met zeer gedetailleerde evaluatie + uitgebreid inzicht over kwaliteitsborging
Contractuele voorwaarden	Geen duidelijke contractvoorwaarden	Basisvoorwaarden zonder garanties	Basisvoorwaarde + aandacht voor lock-in + enkele afspraken over implementatie en service	Uitgebreide contractvoorwaarden + aandacht voor lock-in + afspraken voor SLA, onderhoud en service + beperkt plan continuïteit en risicobeheersing	Zeer uitgebreide contractvoorwaarden + transparantie en enige flexibiliteit + duidelijke afspraken voor SLA, onderhoud, service, en lock-in preventie + duidelijk plan continuïteit risicobeheersing	Zeer uitgebreide contractvoorwaarden + volledige transparantie en flexibiliteit + gedetailleerde afspraken voor SLA, onderhoud, service, en lock-in preventie + proactief plan continuïteit en risicobeheersing
Toekomstvisie	Geen duidelijke toekomstvisie of uitbreidingsplannen	Algemene toekomstvisie zonder concrete uitbreidingsplannen	Enige toekomstvisie + uitbreidingsplannen korte termijn	Concrete toekomstvisie + uitbreidingsplannen op korte en lange termijn + enige ontwikkelingsplannen gezamenlijk met hub	Gedetailleerde toekomstvisie + uitbreidingsplannen op korte en lange termijn + proactieve ontwikkelingsplannen gezamenlijk met hub	Volledig geïntegreerde toekomstvisie + gedetailleerde uitbreidingsplannen op korte en lange termijn + volledige commitment ontwikkelingsplannen gezamenlijk met hub + proactieve R&D

8 Bijlage A – Details randvoorwaarden en uitgangspunten

Deze bijlage is bedoeld om een uitgebreider overzicht te geven van de verschillende aspecten en vereisten van het CEMS voor de SEH's. Deze kunnen naar eigen inzicht worden aangepast door specificaties toe te voegen, weg te laten of aan te vullen.

8.1 Organisatorische en energetische specificaties

Een korte uiteenzetting van de partijen die deelnemen. Waar ze zich bevinden en eventuele bijzonderheden kunnen hier benoemd worden:

1. Overzicht van deelnemende bedrijven
2. Kaart van het bedrijventerrein
3. Schematische weergave van de nettopologie (DSO/TSO)
4. E-infra van elk bedrijf schematisch weergegeven en/of opgesomd.
 - a. Fysieke aansluiting [kVA]
 - b. GTV (invoeding en afname) [kW]
 - c. Vermogenspiek (invoering en afname) [kW]
 - d. Geïnstalleerde PV-installatie (aantal [-], oriëntatie [-] + piekvermogen [kW] + aantal omvormers [-] + vermogen omvormers [kW])
 - e. EV (aantal [-] + piekvermogen [kW] + totaalvermogen [kW] + laadperiode [starttijd - eindtijd])
 - f. Energieopslag (capaciteit [kWh] + vermogen [kW] + c-snelheid [-])
 - g. Meetinfrastructuur [-]
 - h. Bestaand energiemanagementsysteem [-]
 - i. Overige assets (vermogens [kW] + andere eigenschappen)

8.2 Overeenkomst DSO

1. Maximaal toegestane vermogen

- Groeps-GTV invoeding en afname (In kW)
 1. De maximale hoeveelheid energie die binnen de contractuele afspraken kan worden afgenomen of ingevoed op het lokale elektriciteitsnet.
- Individuele aansluiting van de deelnemers mag nooit meer belast worden dan de technische aansluitwaarde. Dit wordt beveiligd met zekeringen.

○ Invulling

2. Afschakel- en opschalingsnelheid

- Als er op- en/of afgeschakeld moet worden, stelt de netbeheerder eisen aan het moment. Aangeduid in seconden en hoeveelheid.
 1. Beoordeling van dit punt ligt bij de netbeheerder.

○ Invulling

3. Capaciteitsbeperkingen van het net

- De fysieke limieten van het elektriciteitsnet op het bedrijventerrein, zoals de maximale belasting van de kabels en transformatoren.

○ Invulling

4. Flexibele capaciteit

- Eventuele afspraken over flexibiliteit in het gebruik van de netcapaciteit, bijvoorbeeld bij piekmomenten of in tijden van overcapaciteit.

○ Invulling

5. Aansluit- en transportkosten

- De kosten die gepaard gaan met de aansluiting van de energiehub op het elektriciteitsnet en het transport van energie, inclusief eventuele kosten voor netverzwaringen.

○ Invulling

6. Congestiemanagement

- Afspraken over hoe om te gaan met situaties waarin er congestie op het net ontstaat, en hoe de netbeheerder en de energiehub hierop kunnen anticiperen.

○ Invulling

7. Balanshandhaving en frequentieregeling

- Verantwoordelijkheden rondom de balans tussen vraag en aanbod van elektriciteit op het lokale net, en eventuele verplichtingen voor het handhaven van de netfrequentie.

○ Invulling

8. Teruglevering van energie

- De voorwaarden waaronder energie teruggeleverd mag worden aan het net, bijvoorbeeld uit duurzame bronnen, en de eventuele limieten hierop.

○ Invulling

9. Storings- en onderhoudsafspraken

- Procedurele afspraken rondom storingen, onderhoud, en eventuele stilleggingen van het net, inclusief de communicatie- en responstijden.

○ Invulling

10. Vergoeding voor netdiensten

- Eventuele vergoedingen voor diensten die de energiehub aan het net levert, zoals het bieden van flexibiliteit of noodstroom in tijden van schaarste.

9 Bijlage B – Details functionele omschrijving energiehub

9.1 Integratie energiemanagementsysteem

1. Meten van het eigen verbruik

- Het CEMS moet continu in staat zijn om het actuele elektriciteitsverbruik van elke flexibele asset en van de aansluitingen met het net te meten. Dit omvat zowel het totale verbruik als de eventuele teruglevering van opgewekte energie via PV-systemen. Dit helpt bij het bepalen van de energiebalans binnen de hub en is cruciaal voor nauwkeurige verrekening.

2. Timestamp (tijdstempel)

- Elke meting van het verbruik of opgewekte vermogen moet voorzien zijn van een tijdstempel. Deze functie zorgt ervoor dat verbruiks- en opwekdata altijd in realtime beschikbaar zijn voor het centrale CEMS, waardoor een nauwkeurige en tijdige monitoring mogelijk is.

3. Aansturen van flexibele assets *achter de meter*

- Het CEMS moet in staat zijn om verschillende flexibele energiedragers of -oplossingen *achter de meter* aan te sturen, zoals:
 - **PV-installatie**
Het systeem moet de productie van de zonnepanelen kunnen optimaliseren, bijvoorbeeld door deze af te schakelen of te beperken bij overschotten.
 - **Toekomstige assets (bijv. batterijen of flexibele processen)**
Het systeem moet voorbereid zijn om nieuwe technologieën aan te sturen, zoals batterijopslagsystemen en flexibele productieprocessen. Deze toevoegingen kunnen in de toekomst bijdragen aan het balanceren van vraag en aanbod binnen de hub.

4. Ontvangen van setpoints vanuit een centraal systeem

- De EMS'en moeten in staat zijn om vanuit het EHP-instructies (setpoints) te ontvangen. Deze setpoints kunnen de volgende specificaties omvatten:
 - **Vermogen**
De hoeveelheid vermogen die moet worden verbruikt of geproduceerd.
 - **Tijdsduur**
De periode waarin dit vermogen moet worden gehandhaafd.
 - **Toevoeging: reactietermijn voor op- en afschalen**
De tijd waarbinnen het systeem moet kunnen reageren op signalen voor het verhogen of verlagen van het vermogen.
 - **Toevoeging: merit order**
Een systeem waarin wordt bepaald welke asset (bijv. batterijen, PV, of andere) als eerste wordt in- of uitgeschakeld, op basis van prioriteit of kostenefficiëntie.

5. Foutmodus en veiligheid

- **Geen signaal vanuit het centrale systeem**
Als het CEMS geen setpoint of signaal ontvangt vanuit het centrale platform, moet het systeem in staat zijn terug te vallen op een veilige modus. Dit betekent dat het energieverbruik en -opwekking binnen de vastgestelde grenzen moeten blijven om overbelasting van het net te voorkomen.

- **Verlies van connectie met assets achter het EMS**
Als er geen verbinding is met één of meerdere assets achter het EMS (zoals een PV-systeem of batterij), moet het CEMS ervoor zorgen dat het totale systeem binnen veilige grenswaarden blijft om het risico van overbelasting te vermijden.
- **Uitval van het CEMS**
Mocht het CEMS zelf uitvallen, dan moet het systeem zichzelf beveiligen door terug te schakelen naar veilige vermogenswaarden om te voorkomen dat de aansluiting over de grenswaarden heen gaat.

Vereisten voor CEMS bij aansluitingen zonder PV

Voor deelnemers zonder PV-installaties moeten de metingen in ieder geval voorzien zijn van:

1. Gemeten vermogen

Het CEMS moet continu het actuele elektriciteitsverbruik kunnen meten en deze informatie doorgeven aan het centrale systeem. Dit stelt het energiehubs-platform in staat om het verbruik van alle bedrijven nauwkeurig te monitoren.

2. Timestamp (tijdstempel)

Ook voor aansluitingen zonder PV geldt dat elke meting van het vermogen voorzien moet zijn van een tijdstempel, zodat de centrale monitoring in realtime kan plaatsvinden.

9.2 Configuratie

1. Netaansluiting

Dit wordt als object aangemaakt, hierbij kunnen de volgende gegevens ingevoerd/aangepast worden:

- a. EAN-code van de netaansluiting
- b. Naam van de Eigenaar
- c. Het gecontracteerd terugleververmogen (kW)
- d. De fysieke capaciteit van de netaansluiting (kVA)
- e. Startdatum (vanaf wanneer onderdeel van het collectief)
- f. Einddatum (vanaf wanneer geen onderdeel meer van het collectief)

2. Groepen en subgroepen aanmaken in de software-omgeving

- a. Een groep kan binnen de software-omgeving aangemaakt worden. In een groep zijn de (geanonimiseerde) eigenschappen en data te zien van het collectief. Hierbij kunnen de volgende gegevens ingevoerd/aangepast worden:
 - i. Naam
 - ii. Technisch vermogen van de groep (kVA)
- b. Een subgroep kan binnen de software-omgeving aangemaakt worden. In een subgroep zijn de eigenschappen en data te zien van twee of meer deelnemers. Hierbij kunnen de volgende gegevens ingevoerd/aangepast worden:
 - i. Naam
 - ii. Technisch vermogen van de groep (kVA)

3. Flexibiliteit van assets

- a. **Type asset**

Er moet een mogelijkheid zijn om verschillende typen assets te configureren, zoals zonnepanelen (PV), batterijsystemen, HVAC-systemen, laadpalen, en andere flexibele processen.
- b. **Flexibiliteit per asset**

Voor elk type asset moet de flexibiliteit (bijv. op- of afschakeling) ingesteld kunnen worden. Dit omvat:

 - i. Maximaal op te wekken vermogen (kWp)
 - ii. Minimale operationele drempels (bijv. minimumlaadtoestand van een batterij)
 - iii. Reactietijd (tijd die nodig is om de asset in te schakelen)

4. Prioritering van assets binnen het systeem

Een configuratieoptie waarbij wordt aangegeven welke assets als eerste worden ingezet bij vraag of aanbod van energie. Denk hierbij aan:

- a. Volgorde van inschakeling van batterijen, PV-installaties of andere flex-assets
- b. Schaalbaarheid van de prioriteitsvolgorde, waarbij rekening wordt gehouden met dynamische prijzen of netcapaciteit, maar ook met continuïteit van de individuele bedrijven.

5. Energiemix en optimalisatie

- a. **Definitie van energiemix**

De software moet de mogelijkheid bieden om de energiemix te definiëren en te optimaliseren, waarbij groene energie (bijv. opgewekt door PV) en conventionele bronnen worden gecombineerd. Er kan een maximum en minimum percentage voor groene energie per groep/subgroep ingesteld worden.

b. **Optimalisatiemodel**

Op basis van de eerdergenoemde doelen, maar dit kan ook een zelf gedefinieerd doel zijn:

- i. Bewaken capaciteit: Het CEMS moet voorkomen dat de gecontracteerde vermogens niet worden overschreden.
- ii. Inzicht: Door de verzamelde data weer te geven aan de verbruiker heeft deze een beter beeld van het lokale, dan wel collectieve energiesysteem en diens eigen rol daarin.
- iii. Optimalisatie van energiegebruik: Het CEMS moet zorgen voor een efficiënte verdeling van energie binnen de energiehub. Dit omvat zowel het optimaliseren van energieopwekking (zoals zonne- of windenergie) als het managen van energieopslag en -verbruik, met als doel piekbelasting te vermijden en energieverliezen te minimaliseren. De energiestromen worden ook bijgehouden voor onderlinge financiële verrekening.
- iv. Kostenbesparing: Door slim energiegebruik te stimuleren, zoals het verlagen van piekbelasting en het afstemmen van energieverbruik op goedkopere uren, kan het CEMS aanzienlijke kostenbesparingen opleveren voor de bedrijven op het bedrijventerrein.
- v. Duurzaamheid: Het CEMS ondersteunt de transitie naar duurzame energiebronnen door de integratie en optimalisatie van groene energieproductie en -opslag. Dit draagt bij aan de doelstellingen voor CO₂-reductie en verduurzaming van bedrijventerreinen.
- vi. Netbalancing en flexibiliteit: Het CEMS stelt de energiehub in staat om flexibel om te gaan met fluctuaties in energieaanbod en -vraag, en kan bijdragen aan de stabiliteit van het elektriciteitsnet door middel van vraagrespons en energiebalancing.
- vii. Betrouwbaarheid en veiligheid: Het CEMS moet zorgen voor een stabiele en veilige werking van de energie-infrastructuur, en kan proactief problemen detecteren en oplossen om uitval of overbelasting te voorkomen.
- viii. **Anders**

6. **Configuratie van realtime monitoring**

a. **Monitoring instellingen per aansluiting**

De software moet per netaansluiting of groep instellingen bieden voor realtime monitoring, zoals:

- i. Minimale updatefrequentie van data (bijv. elke 15 seconden of elke minuut)
- ii. Specifieke waarschuwingsniveaus voor overschrijding van bepaalde vermogens of capaciteitslimieten

7. **Alarm- en meldingsfunctionaliteiten**

- a. Alarmmeldingen: De software moet alarmmeldingen kunnen configureren voor kritieke situaties, zoals:
 - i. Overschrijding van netcapaciteit
 - ii. Storing van een asset (bijv. PV-installatie of batterij)
 - iii. Niet-naleving van gecontracteerde vermogens
- b. Notificatie-opties: Er moet de mogelijkheid zijn om notificaties in te stellen, zowel via e-mail, SMS als pushmeldingen in een mobiele app, afhankelijk van het kritieke niveau van de situatie.

8. **Integratie van forecasting en planning**

- a. Vraag en aanbod voorspelling: De software moet historische data gebruiken voor het voorspellen van vraag en aanbod binnen de hub. Deze voorspellingen kunnen worden gebruikt voor:
 - i. Planningen van energieopwekking (bijv. inschatting van PV-productie op basis van weerdata)
 - ii. Planningen voor flexibiliteit en verbruik (bijv. voorspellingen van piekbelastingen)

9. Configuratie van data- en gebruikersrechten

- a. Gegevensbeheer: Instellingen moeten mogelijk zijn voor het beheer van datatoegang en privacy. Wie binnen het collectief heeft toegang tot welke gegevens?
- b. Gebruikersrollen en rechten: Naast de admin rol moet er een hiërarchie van gebruikersrechten zijn, zoals:
 - i. Gebruiker met leesrechten
 - ii. Gebruiker met aanpassingsrechten (bijv. voor specifieke assets of subgroepen)

10. Communicatie- en interfacemogelijkheden

- a. API-koppelingen: Het CEMS moet koppelbaar zijn met externe systemen en data-invoersystemen, zoals weerdata of prijsgegevens van de energiemarkt.
- b. Toevoeging: Naast de desktopomgeving zou een mobiele app voor realtime monitoring en aanpassing van instellingen handig zijn.

11. Toevoeging: simulatie en testomgeving

- a. Testmodus: Er moet een testomgeving beschikbaar zijn waarin het collectief scenario's kan simuleren voordat ze daadwerkelijk worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld:
 - i. Wat gebeurt er als een bepaalde asset uitvalt?
 - ii. Hoe reageert het systeem op een plotselinge stijging in energieverbruik?

9.3 Gebruikersinterface

1. Gebruikerstypes

- a. Operator: De beheerder van het systeem die toegang heeft tot volledige functionaliteiten, inclusief monitoring, controle en configuratie van de hub.
- b. Deelnemer: Bedrijven of gebruikers die deel uitmaken van het collectief en toegang hebben tot hun eigen data, maar niet de volledige controle over de hub.
- c. Admin (Toevoeging): Een rol met toegang tot de volledige configuratie-instellingen van het CEMS, inclusief het beheer van gebruikers en de instellingen voor de energiehubs.

2. Inzichten voor de operator

- a. Realtime Monitoring:
 - i. Vermogens (kW): Grafieken van netto vermogen en opgewekt vermogen (per tijdseenheid) voor:
 1. Collectief niveau
 2. Per ring (geografisch of op asset-niveau)
 3. Per subgroep (deel van bedrijven)
 4. Per netaansluiting (individueel bedrijf of deelnemer)
 - ii. Energie (kWh): Grafieken van netto energie en opgewekte energie voor dezelfde niveaus als hierboven.
 - iii. Toevoeging: Stroomkwaliteit: Monitor de stroomkwaliteit (bijv. spanningsniveau, frequentie, etc.) om te waarborgen dat alle aansluitingen voldoen aan de netvereisten.
 - iv. Toevoeging: Waarschuwingen en Notificaties: Visuele en auditieve waarschuwingen bij overschrijdingen van vermogenslimieten of storingen.
- b. Historisch Inzicht:
 - i. Data visualisatie voor door de gebruiker gedefinieerde tijdsperiodes (bijv. laatste uur, dag, week, maand, of zelfinstelbaar bereik).
 - ii. Inzicht in de prestaties per dag, week of maand, met historische vergelijkingen (bijv. maand-op-maand verbruik of opwekking).
 - iii. Toevoeging: Trends en Prognoses: Op basis van historische data, visualisaties en trends voor de toekomstige vraag en opwekking (forecasting).

3. Inzichten voor de deelnemer

- a. Realtime Monitoring:
 - i. Grafieken van netto vermogen (kW) en opgewekt vermogen (kW) per subgroep en per netaansluiting.
 - ii. Grafieken van netto energie (kWh) en opgewekte energie (kWh) per subgroep en per netaansluiting.
 - iii. Toevoeging: Eigen Energieprofiel: Een deelnemer kan inzicht krijgen in zijn eigen verbruiks- en opwekprofiel, inclusief piekmomenten en verbruik tijdens daluren.
 - iv. Toevoeging: Eigen Flexibiliteit: Als de deelnemer gebruik maakt van flexibele assets, kan de deelnemer zijn/haar flexibiliteitsbijdrage inzien en beheren (bijv. wanneer hun batterij of PV wordt ingezet voor de hub).
- b. Historisch Inzicht:

- i. Toegang tot historische grafieken van vermogen (kW) en energie (kWh) per netaansluiting en per subgroep voor een door de gebruiker te specificeren tijdsperiode.
 - ii. Toevoeging: Benchmarking: De deelnemer kan zijn prestaties vergelijken met het gemiddelde van de subgroep of het totale collectief.
- c. Benchmark (toevoeging):
 - i. Een overzicht waarin de huidige SEH vergeleken kan worden met een situatie waarin energetisch niet samengewerkt wordt tussen de deelnemers.
- d. Geografische weergave (toevoeging)
 - i. Een (versimpelde) kaart van het bedrijventerrein waar opwek, verbruik, opslag en energieoverdracht visueel worden aangegeven.

4. Export- en deeloptyes voor gegevens

- a. De gegevens moeten geëxporteerd kunnen worden naar verschillende bestandsformaten (bijv. CSV, Excel, PDF).
- b. Toevoeging: Automatische Rapportage: Het systeem moet de mogelijkheid bieden om automatische rapporten te genereren en te versturen naar bijvoorbeeld de netbeheerder, de deelnemer, of andere belanghebbenden. Deze rapporten kunnen wekelijks, maandelijks of op verzoek worden gegenereerd.
- c. Toevoeging: API-koppeling: De mogelijkheid om data via een API te delen met externe partijen zoals netbeheerders, energieleveranciers of andere systemen die betrokken zijn bij de energiehub.

5. Algemene functionaliteiten

- a. Configuratie van Gebruikersinstellingen:
 - i. Gebruikers moeten zelf instelbare dashboards kunnen maken, waarbij zij bepaalde grafieken en informatie centraal kunnen plaatsen.
 - ii. Toevoeging: Licht en donker thema: Mogelijkheid om de interface aan te passen aan persoonlijke voorkeuren, zoals een donkere of lichte modus.
 - iii. Toevoeging: Taaloptyes: De gebruikersinterface moet in meerdere talen beschikbaar zijn. In ieder geval in het Nederlands en in het Engels.
- b. Aanvullende Overzichtsmogelijkheden:
 - i. Assetoverzicht (Toevoeging): Een overzicht van alle aangesloten assets (bijv. PV-installaties, batterijen, warmtepompen), inclusief hun huidige status, prestaties, en eventuele storingen.
 - ii. Toevoeging: Kosten en Opbrengsten: Een overzicht van de financiële prestaties van de energiehub, met inzicht in de kosten en opbrengsten van opgewekte en verbruikte energie per deelnemer, subgroep en collectief. Dit kan vooral relevant zijn voor de operator en deelnemers die financieel rendement willen monitoren.
- c. Notificatie- en Alarmoptyes (Toevoeging):
 - i. Instelbare Waarschuwingen: Operators en deelnemers kunnen waarschuwingen instellen bij afwijkingen (bijv. vermogen dat de limieten overschrijdt of een storing bij een asset).
 - ii. Pushmeldingen: Notificaties via mobiele apparaten (bijv. via een app) voor kritieke waarschuwingen.

6. Beheermogelijkheden voor de operator

- a. Beheer van Gebruikersrechten (Toevoeging): De operator kan de toegangsrechten van verschillende gebruikers beheren, bijvoorbeeld door

nieuwe deelnemers toe te voegen of rechten aan te passen voor specifieke subgroepen.

- b. Toevoeging: Assetbeheer: Operators kunnen nieuwe assets toevoegen of bestaande assets configureren (bijv. het aanpassen van de limieten voor batterijen of PV-systemen).
- c. Toevoeging: Assetverificatie: Operators kunnen controleren of alle assets in de hub goed functioneren, inclusief de communicatie tussen de assets en het centrale systeem.

9.4 Monitoringssysteem

1. Per netaansluiting

- a. Netto vermogen (kW):
 - i. Het verschil tussen het verbruik en de opwekking per aansluiting, zodat overschrijdingen direct zichtbaar zijn.
- b. Opgewekt vermogen PV (kW):
 - i. Als de aansluiting een PV-installatie heeft, moet het opgewekte vermogen in realtime zichtbaar zijn.
- c. Status van de aansluiting:
 - i. Actieve/storingsstatus van de netaansluiting om te controleren of de aansluiting naar behoren functioneert.
- d. Toevoeging: Realtime piekbelasting en minimale belasting:
 - i. De hoogste en laagste vermogenswaarden die in realtime gemeten worden.
 - ii. Zelf instelbaar bereik.
- e. Toevoeging: Vermogensgrenzen (contractueel en fysiek):
 - i. Een visuele indicatie van de huidige waarde ten opzichte van de contractuele en fysieke vermogensgrenzen.

2. Per subgroep

- a. Netto vermogen (kW):
 - i. Het gecombineerde netto vermogen van alle netaansluitingen binnen de subgroep.
- b. Opgewekt vermogen PV (kW):
 - i. Het totale vermogen dat door de PV-installaties in de subgroep wordt opgewekt.
- c. Toevoeging: Flexibiliteit beschikbaarheid:
 - i. Inzicht in hoeveel flexibiliteit beschikbaar is binnen de subgroep, bijvoorbeeld door batterijen of afschakelbare processen.

3. Per ring (indeling naar geografie of vermogensstructuur)

- a. Netto vermogen (kW):
 - i. Het totale netto vermogen voor alle netaansluitingen binnen een bepaalde ring.
- b. Opgewekt vermogen PV (kW):
 - i. Het totaal aan opgewekt vermogen uit PV-systemen binnen de ring.
- c. Toevoeging: Totale beschikbare capaciteit binnen de ring:
 - i. Inzicht in de beschikbare resterende capaciteit (het verschil tussen het verbruik en de maximale capaciteit van de ring).

4. Als collectief

- a. Netto vermogen (kW):
 - i. Het totale netto vermogen van alle aangesloten bedrijven binnen het collectief, waarmee inzicht wordt verkregen in het gezamenlijke verbruik en de gezamenlijke opwekking.
- b. Opgewekt vermogen PV (kW):
 - i. Het totaal aan opgewekt vermogen door alle PV-installaties binnen het collectief.
- c. Toevoeging: Collectieve vermogensgrenzen:
 - i. Weergave van de collectieve vermogenslimieten (zowel contractueel als fysiek) met een duidelijke indicatie wanneer de limieten bijna worden overschreden of al zijn overschreden.

- d. Toevoeging: Realtime marge tot vermogensgrens:
 - i. Een indicator die de marge toont tussen het huidige verbruik en de contractuele/fysieke vermogenslimiet van het collectief.

5. Algemene monitoringsfunctionaliteiten

- a. Waarschuwingen en notificaties:
 - i. Waarschuwingen voor de netbeheerder wanneer het collectief, een ring, subgroep, of netaansluiting in de buurt komt van, of over, de afgesproken vermogensgrenzen.
- b. Foutmeldingen en storingen:
 - i. Een overzicht van eventuele storingen in de energie-infrastructuur, zoals het uitvallen van PV-installaties, batterijen of netaansluitingen.
- c. Toevoeging: Overschrijdingshistorie:
 - i. Historische data van vermogenoverschrijdingen, zodat er analyses gemaakt kunnen worden van mogelijke knelpunten in het systeem.
- d. Toevoeging: Asset-status overzicht:
 - i. Een overzicht van alle assets binnen de energiehub, inclusief hun status en vermogen (PV, batterijen, flexibele processen), om een volledig beeld te geven van de beschikbaarheid en werking van de assets.
- e. Realtime updates:
 - i. Alle waarden moeten in realtime of bijna realtime (bijv. elke 5 seconden) bijgewerkt worden, zodat de netbeheerder op elk moment een accuraat beeld heeft van de situatie.
- f. Exportopties:
 - i. Mogelijkheid om data te exporteren naar Excel, CSV, of andere formaten om verder te analyseren of te delen met andere belanghebbenden. En mogelijkheid om dashboards te exporteren als jpg, png, pdf of andere formaten.
- g. Toevoeging: API-koppeling voor gegevensdeling:
 - i. Optie om data via een API in realtime te delen met andere systemen van de netbeheerder, zodat de monitoringsdata direct in hun eigen systemen kan worden geïntegreerd.

6. Flexibiliteit en capaciteit

- a. Flexibiliteitsopties:
 - i. Als het CEMS in staat is om flexibel vermogen te schakelen (bijv. batterijen of flexibele processen), moet de netbeheerder inzicht kunnen krijgen in hoeveel capaciteit beschikbaar is om te worden af- of opgeschakeld.
- b. Opslagcapaciteit:
 - i. Inzicht in de beschikbare opslagcapaciteit van batterijen binnen het collectief en hoe deze worden gebruikt om pieken te voorkomen.
- c. Toevoeging: Andere buffersoorten:
 - i. Inzicht in niet-elektrische buffercapaciteit zoals temperatuurmarges binnen koelinstallaties of ovens.
 - ii. Inzicht in op-/afschaalmogelijkheden van bijvoorbeeld elektrolyzers, PV-omvormers en slim laden.

7. Toevoeging: toekomstige uitbreidingen

- a. Voorspellende waarschuwingen (voorspellingen):

- i. Voorspellende analyses op basis van historische data om de netbeheerder te waarschuwen voor aankomende pieken of knelpunten, bijvoorbeeld op dagen met veel zon (voor PV-opwek) of hoge vraag.
- b. Tijdelijke overschrijdingen:
 - i. Inzicht in de duur en frequentie van tijdelijke overschrijdingen van de vermogenslimieten, met automatische meldingen bij herhaalde overschrijdingen.
 - ii. Inzicht in doelbewuste tijdelijke overschrijdingen om financieel voordeel te behalen uit onbalansprijzen. Contracten *achter de meter* worden verrekend per kwartier geaggregeerd. Je mag dus op (sub-)secondebasis wel overschrijden.
- c. Toevoeging: Benchmarking:
 - i. De mogelijkheid voor de netbeheerder om prestaties van het collectief te vergelijken met andere energiehubs of -collectieven.

9.5 Controle- en stuursysteem

1. Monitoring en analyse van gemeten vermogens

- a. Op collectief niveau:
 - i. Controle of het totale vermogen dat binnen het collectief wordt verbruikt en/of opgewekt binnen de gestelde voorwaarden valt.
- b. Per ring:
 - i. Controle of elke ring (subnet of geografisch cluster) binnen de gestelde vermogenslimieten opereert, zowel wat betreft verbruik als opwekking.
- c. Per subgroep:
 - i. Controle van subgroepen (bijv. per type activiteit, gebouw, of bedrijf) om te verzekeren dat het vermogen binnen de vastgestelde limieten blijft.
- d. Per aansluiting:
 - i. Op individueel aansluitniveau wordt geverifieerd of het verbruik en/of de opwekking voldoen aan de afgesproken voorwaarden.

2. Voorspelling en setpoint-bepaling (sturingssysteem)

- a. Op collectief niveau:
 - i. Het sturingssysteem bepaalt de benodigde toekomstige setpoints voor het collectief, met als doel ervoor te zorgen dat het gezamenlijke verbruik of opwekking binnen de grenzen en contractuele voorwaarden blijft.
- b. Per ring:
 - i. Setpoints worden per ring aangepast om de vermogensbalans te optimaliseren en toekomstige overschrijdingen te voorkomen.
- c. Per subgroep:
 - i. Specifieke setpoints per subgroep om flexibel te sturen op basis van de capaciteiten van de subgroep (bijv. bedrijven met meer of minder opwekcapaciteit of verbruik).
- d. Per aansluiting:
 - i. Per aansluiting worden individuele setpoints bepaald, rekening houdend met zowel verbruik als mogelijke opwekking (bijv. PV-installaties).

3. Communicatie en aanpassing van setpoints

- a. Setpoint-communicatie naar EMS:
 - i. Het controlesysteem stuurt de berekende setpoints (vermogen, opwek, afschakeling, etc.) naar de EMS'en van de individuele deelnemers. De EMS'en zijn verantwoordelijk voor het doorvertalen van deze setpoints op hun respectieve installaties.
 - ii. Het controlesysteem stuurt ook de berekende setpoints (vermogen, opwek, afschakeling, etc.) naar de EMS'en van (gezamenlijke) assets *voor de meter*.
- b. Bijstellen van setpoints:
 - i. Het systeem kan, op basis van realtime data, de setpoints aanpassen wanneer omstandigheden (zoals weersveranderingen voor PV of veranderingen in de belasting) daarom vragen.
- c. Opmerkingen:
 - i. Setpoints kunnen ook prioriteiten bevatten op basis van de collectief afgesproken merit order, bijvoorbeeld welke assets (bijv. batterijen, PV-systemen, flexibele verbruikers) als eerste moeten reageren bij afwijkingen.

- ii. Indien nodig moeten setpoints ook handmatig ingediend kunnen worden, bijvoorbeeld om foutieve signalen te kunnen corrigeren.

4. Veilige toestand bij communicatiefalen

- a. Communicatiebewaking:
 - i. Het systeem houdt continu de communicatieverbindingen tussen het centrale platform en de individuele EMS'en in de gaten.
- b. Veilige modus bij uitval:
 - i. Bij het uitvallen van een communicatieverbinding moet het systeem de rest van het netwerk in een veilige toestand brengen. Dit kan inhouden dat het systeem automatisch terugschakelt naar vooraf gedefinieerde "veilige" setpoints om te voorkomen dat limieten worden overschreden.
- c. Foutmelding en herstelprotocollen:
 - i. Het controlesysteem genereert foutmeldingen en waarschuwt beheerders bij het uitvallen van en verbreking van communicatie met EMS'en en/of assets, zodat deze snel kunnen worden hersteld.

5. Waarschuwings- en notificatiesysteem

- a. Realtime waarschuwingen:
 - i. Het systeem geeft realtime waarschuwingen bij (het dreigen van) overschrijdingen van vermogenslimieten, zowel op collectief niveau als op de andere niveaus (ring, subgroep, aansluiting).
- b. Toevoeging: Voorspellende waarschuwingen:
 - i. Op basis van historische data en trends kan het systeem voorspellingen doen over toekomstige knelpunten en hier tijdig waarschuwingen over geven.
- c. Notificaties:
 - i. Notificaties bij overschrijding van grenzen of falende systemen worden naar de operator gestuurd, zodat deze indien nodig handmatig kan ingrijpen.

6. Geavanceerde besturingsopties

- a. Flexibele sturing:
 - i. Het systeem moet in staat zijn om flexibel om te gaan met de sturing van assets zoals batterijen, PV-systemen en flexibele verbruikers. Dit houdt in dat bij een dreigende overschrijding de flexibele assets automatisch kunnen worden af- of opgeschakeld, afhankelijk van de prioriteiten die zijn ingesteld.
- b. Merit order sturing:
 - i. Het controlesysteem moet in staat zijn om een "merit order" te hanteren, waarbij assets (bijv. PV, batterijen, afschakelbare belasting) in volgorde van prioriteit worden in- of uitgeschakeld bij capaciteitsproblemen.
- c. Toevoeging: Balancering van vermogens:
 - i. Het systeem moet ook de mogelijkheid hebben om de vermogensbalans proactief te beheren, bijvoorbeeld door excessieve opwekking bij PV-installaties te compenseren met verbruik bij andere aansluitingen.

7. Beheer en rapportage

- a. Rapportagefunctionaliteit:
 - i. Het systeem moet in staat zijn om rapportages te genereren voor zowel realtime als historische prestaties, die door de operator kunnen worden

- gebruikt voor analyses en verantwoording naar stakeholders (bijv. de netbeheerder of aangesloten bedrijven).
- b. Overzicht van afwijkingen:
 - i. Een logboek dat alle overschrijdingen van de setpoints en andere afwijkingen bijhoudt, zodat er later evaluaties en aanpassingen kunnen worden gedaan.
 - c. Uitvoerbaarheid en schaalbaarheid:
 - i. Het systeem moet schaalbaar zijn en in staat zijn om de sturing en controle eenvoudig uit te breiden naar nieuwe assets, deelnemers of subgroepen binnen de energiehubs.

8. Veiligheids- en noodprotocollen

- a. Noodstopfunctie:
 - i. In geval van ernstige afwijkingen of falen van meerdere componenten, moet het systeem in staat zijn om automatisch noodmaatregelen te treffen om het systeem in balans te houden (bijv. noodafschakeling van bepaalde onderdelen van het systeem). Ook moet er de mogelijkheid zijn om dit handmatig te doen.
- b. Failsafe-modus:
 - i. Een failsafe-modus waarin het systeem automatisch overschakelt naar veilige waarden, waarbij bijvoorbeeld de opwek wordt gereduceerd of verbruikende assets worden afgeschakeld om schade aan het netwerk of overschrijding van vermogenslimieten te voorkomen.

9.6 Systemveiligheid

9.6.1 Uitval en continuïteit

1. **Uitval van het centrale systeem**
 - a. In het geval van uitval van het centrale systeem mag de netveiligheid niet in gevaar komen. De deelnemende installaties moeten automatisch overgaan op veilige, vooraf gedefinieerde instellingen (bijv. minimale belasting of terugvalvermogen).
 - b. De gestelde vermogensgrenzen voor zowel verbruik als opwekking mogen niet overschreden worden bij een systeemuitval. Dit kan bijvoorbeeld worden bereikt door terug te schakelen naar een failsafe-modus waarin opwekking en verbruik automatisch beperkt worden.
2. **Uitval of verlies van communicatie met een of meerdere EMS'en**
 - a. In geval van communicatieverlies met een of meerdere EMS'en, moet het systeem ervoor zorgen dat de netveiligheid behouden blijft en het lokale vermogen binnen veilige grenzen blijft.
 - b. EMS'en die hun verbinding verliezen met het centrale systeem moeten autonoom kunnen blijven functioneren binnen de gestelde vermogensgrenzen om overbelasting van het netwerk te voorkomen.
 - c. Het systeem moet storingen onmiddellijk rapporteren aan beheerders en direct automatische herstelpogingen van de verbinding starten.
3. **Herstelscenario's**
 - a. Na een systeemuitval moet het CEMS in staat zijn om herstelprotocollen te volgen waarbij alle installaties gecontroleerd worden op hun status voordat opnieuw actieve besturing wordt hervat. Dit voorkomt dat er onverwachte pieken in het vermogen optreden bij het opnieuw opstarten van systemen.
 - b. Storingen moeten worden bijgehouden om in de toekomst sneller fouten te detecteren en op te lossen.
4. **Failover-opties**
 - a. Het systeem moet een back-upstelsysteem of failover-mechanisme hebben dat geactiveerd wordt bij langdurige uitval van het centrale platform. Dit kan bijvoorbeeld bestaan uit een redundante server of cloud-oplossing die direct de functionaliteit overneemt.

9.6.2 Cybersecurity en dataveiligheid

1. **Certificeringen en ontwerpisen**
 - a. Het systeem moet worden ontwikkeld en beheerd in overeenstemming met ISO27001 certificering, de internationale norm voor informatiebeveiliging. Dit zorgt ervoor dat er een gestructureerde aanpak is voor het beheer van gevoelige informatie.
 - b. Het CEMS moet zijn gebouwd volgens het principe van "security-by-design", wat inhoudt dat veiligheid vanaf de grond af aan in de architectuur is geïntegreerd, bijvoorbeeld door implementatie van de IEC 62443 norm.
 - c. Toevoeging: Communicatie verloopt via open-source protocollen zoals OpenADR en/of FlexOffer.
2. **Versleuteling van dataverbindingen**
 - a. Alle dataverbindingen (tussen EHP en EMS'en, tussen CEMS en assets, en de gebruikersinterface) moeten minimaal versleuteld zijn met TLS (Transport Layer Security) om afluisteren en man-in-the-middle aanvallen te voorkomen.

- b. Data-in-transit en data-at-rest moeten worden versleuteld om de vertrouwelijkheid van gegevens te garanderen, zelfs als deze gegevens onderschept worden of als servers worden gehackt.
- c. Er is een duidelijke verklaring zijn voor cloud versus lokale sturing, i.v.m. robuustheid en data-veiligheid.

3. Authenticatie en toegangsbeheer

- a. Het systeem moet alleen toegankelijk zijn voor geautoriseerde gebruikers via een multifactorauthenticatie (MFA) systeem, waarbij gebruikers hun identiteit bewijzen met bijvoorbeeld een wachtwoord en een secundaire vorm van authenticatie (zoals een telefooncode en/of biometrie).
- b. Gebruikers moeten worden verplicht om sterke wachtwoorden te gebruiken, die regelmatig moeten worden gewijzigd. Eventueel kunnen er beperkingen worden gesteld aan hergebruik van oude wachtwoorden.
- c. Er moet een toegangscontrolebeleid zijn waarbij gebruikers verschillende niveaus van toegang krijgen op basis van hun rol (operator, deelnemer, beheerder), en waarbij toegang kan worden ingetrokken bij inactiviteit of ongeoorloofd gebruik.

4. Logging en monitoring

- a. Het systeem moet een logboek bijhouden van alle gebruikersactiviteiten en systeemtoegangspogingen. Deze logs moeten periodiek worden beoordeeld om verdachte activiteiten te detecteren en mogelijke inbreuken tijdig te identificeren.
- b. Het systeem moet inbraakdetectiesystemen (IDS) en firewalls hebben die in realtime aanvallen detecteren en blokkeren, zoals brute-force pogingen of ongeautoriseerde toegang.

5. Gegevensbescherming en privacy

- a. Alle opgeslagen gegevens moeten voldoen aan GDPR (AVG) normen, wat inhoudt dat gevoelige gegevens zoals persoonlijke informatie van deelnemers, verbruiksgegevens en andere vertrouwelijke informatie goed beschermd moeten worden en niet zonder toestemming gedeeld mogen worden.
- b. Gegevens mogen uitsluitend toegankelijk zijn voor gemachtigde partijen. Geanonimiseerde data moet worden gebruikt waar mogelijk, vooral bij rapportages die naar derden worden verstuurd na overeenstemming van alle betrokken partijen.

9.6.3 Fysieke veiligheid en hosting

1. Hosting en infrastructuur

- a. Het systeem moet worden gehost op een professioneel platform met redundante infrastructuur en geografisch gescheiden datacenters om downtime te minimaliseren.
- b. Fysieke beveiliging van de servers en datacenters moet van hoog niveau zijn, zo ook de toegang tot de fysieke apparatuur via gecontroleerde en gemonitorde omgevingen.
- c. Regelmatige firmware- en software-updates kunnen over-the-air worden uitgevoerd voor directe en snelle implementatie.

2. Beveiligde remote toegang

- a. Toegang op afstand tot de CEMS moet verlopen via VPN's (Virtual Private Networks) of andere beveiligde verbindingen om te voorkomen dat onbevoegde personen het systeem benaderen vanaf een onveilig netwerk.

3. Incident responsplan

- a. Er moet een incident responsplan zijn voor zowel cyberaanvallen als fysieke storingen, waarin snel en doeltreffend gereageerd kan worden op inbreuken en uitval van diensten. Dit omvat onder andere het informeren van relevante partijen, herstelprocedures en evaluaties achteraf.

9.6.4 Redundantie en veerkracht

1. Redundante systemen

- a. Het CEMS moet beschikken over redundante hardware en software-oplossingen om kritieke processen over te nemen in het geval van uitval of een systeemstoring.

2. Periodieke audits en penetratietests

- a. Het systeem moet periodiek worden onderworpen aan veiligheidsaudits en penetratietests om kwetsbaarheden te identificeren en te verhelpen voordat ze kunnen worden misbruikt.