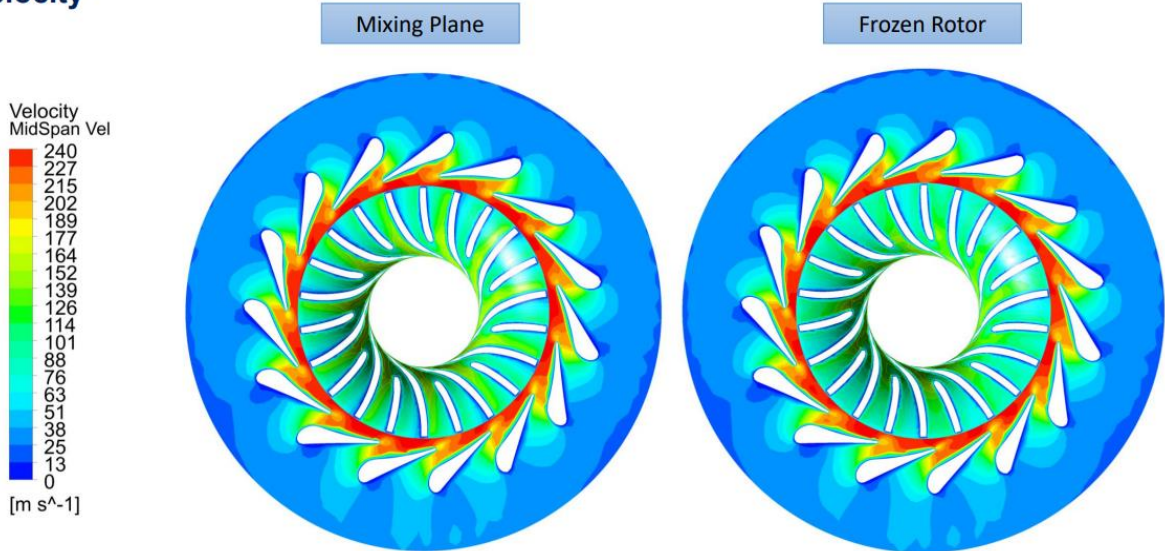


OPENBARE VOORTGANGSRAPPORTAGE MOOI

Velocity



TURBINEKETEL, NESTORE EN SEITA EMS VOOR HET AARDGASVRIJ MAKEN VAN WIJKEN [TUNES]

28 januari 2025

Een MOOI-project van:

Tarnoc Holding B.V.
Molengraaffsingel 12
2629 JD DELFT

Newton Energy Solutions B.V.
Molengraaffsingel 12
2629 JD DELFT

Seita Energy Flexibility B.V.
Kerrieweg 3
3541 RM UTRECHT

**Dura Vermeer Bouw Heyma
B.V.**
Innsbruckweg 81
3047 AG ROTTERDAM

**Nederlandse Organisatie voor toegepast
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO**
Molengraaffsingel 8
2629 JD Delft
en
Eemsgolaan 3
9727 DW Groningen

Stichting Staedion
Koningin Julianaplein 2
2595 AA 'S-GRAVENHAGE

Twinstone B.V.
Koninginnegracht 7
2514 AA 'S-GRAVENHAGE

Inhoudsopgave

1.	Algemene gegevens.....	3
2.	Stand van zaken	3
	Resultaat 1: Ontwikkeling, pre-testen en benchmarking van de Turbineketel.....	3
	Resultaat 2: Ontwikkeling, pre-testen en benchmarking van de NESTore.....	4
	Resultaat 3: Ontwikkeling, pre-testen en benchmarking van het HEMS	5
	Resultaat 4: Integratie deelcomponenten tot holistisch concept van TUNES.....	6
	Resultaat 5: Pilottesten en iteratieve doorontwikkelingen.....	7
	Resultaat 6: Kennisdisseminatie	8
	Resultaat 7: Schaalbaar maken concept	9
	Resultaat 8: Projectmanagement.....	9
3.	Vooruitblik.....	9

1. Algemene gegevens

TSE subsidieregeling:	MOOI
Projectnummer:	MOOI322022
	Projecttitel: Turbineketel, NESTore en Seita EMS voor het aardgasvrij maken van wijken [TUNES]
Penvoerder:	Tarnoc Holding B.V.
Medeaanvragers:	Newton Energy Solutions B.V. Seita Energy Flexibility B.V. Dura Vermeer Bouw Heyma B.V. Nederlandse Organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO) Stichting Staedion Twinstone B.V.
Verslagperiode:	1 januari 2024 t/m 31 december 2024

De samenwerking tussen de consortiumpartners verloopt goed.

2. Stand van zaken

Resultaat 1: Ontwikkeling, pre-testen en benchmarking van de Turbineketel

1.1. Verbetering warmtewisselaar (EO, o.l.v. Tarnoc)

Uiteindelijk is ervoor gekozen om niet verder te werken aan gewichtsreductie, omdat de doorontwikkeling van de betrouwbaarheid en het integreren van de warmtewisselaar een hogere prioriteit had dan het verlagen van het gewicht. Om dit te realiseren, zijn uitgebreide testen uitgevoerd om de betrouwbaarheid van de warmtewisselaar te waarborgen.

Daarnaast is er ook diepgaand onderzoek gedaan naar het verminderen van galvanische corrosie binnen de warmtewisselaar. Deze onderzoeken waren van essentieel belang om de duurzaamheid en prestaties van het systeem verder te verbeteren, zodat het voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen en de levensduur wordt verlengd. Al deze tests zijn succesvol verlopen en geven Tarnoc vertrouwen in de levensduur van het ontwerp.

1.2. Geluidsreductie en geluidsisolatie (EO, o.l.v. Tarnoc)

Om het geluid van de warmtepomp te reduceren, zijn tests uitgevoerd met verschillende materialen en technieken. Uit deze tests bleek dat de verschillen in geluidsreductie tussen de diverse materialen in de praktijk marginaal zijn. Het gebruik van een zwaardere massa en dikker schuim had echter de grootste impact op de geluidsreductie. Deze bevindingen zijn uiteindelijk meegenomen in het ontwerp van de volgende versie van het apparaat.

Naast het geluid van de inlaat speelt ook de turbine-uitlaat een significante rol in de geluidsoverlast buiten de woning. Om dit probleem aan te pakken, heeft Tarnoc

Tarnoc heeft samen met een nieuwe leverancier gewerkt aan de ontwikkeling van een nieuwe versie van de Air Cycle Core (ACC). Hiermee is vervolgens een uitvoerig testprogramma doorlopen.

1.3. Kastontwerp (EO, o.l.v. Tarnoc)

In 2024 is de kast ontwikkeld naar de versie die ook in de woningen is geïnstalleerd. Dit ontwerp, dat in eigen beheer is ontwikkeld, heeft meerdere verbeteringen. Geïntegreerde montagepunten voor de kabelboom zorgen voor een betrouwbaar en veilig kabelbeheer. Het geheel is stijver en aantrekkelijker vormgegeven dan de vorige modellen.

1.4. Custom vermogenselektronica (EO, o.l.v. Tarnoc)

Na veel testen met deze zelf ontwikkelde AC/DC omvormer zijn we geswitcht naar het gebruik van een AC-DC-omvormer met een isolatietransformatorfunctie. De isolatietransformator heeft een variabele DC-bus-uitgangsspanning, afhankelijk van de belasting. Dit is uiteraard niet ideaal.

1.5. Custom aansturing warmtepomp (EO, o.l.v. Tarnoc)

Het afgelopen jaar is er hard gewerkt aan de ontwikkeling van een verbeterde en meer betrouwbare versie van de PCB en elektronica. Het primaire doel van deze ontwikkeling was om afstand te nemen van standaard "off-the-shelf" elektronica, die niet specifiek geoptimaliseerd is voor de Turbineketel. Door een maatwerkoplossing te ontwikkelen, konden we de prestaties en betrouwbaarheid van het systeem aanzienlijk verbeteren.

Het belangrijkste doel is dat de software niet alleen fouten kan herkennen, maar idealiter ook in staat is om zichzelf te herstellen uit foutmodi. Dit zorgt ervoor dat het systeem robuuster wordt en beter kan blijven functioneren, zelfs bij onverwachte situaties.

1.6. Onderzoek naar efficiëntie en eerste labtesten (EO, o.l.v. TNO)

De TTK is getest bij TNO om de belangrijkste prestatie-indicatoren van het 3B-prototype te bepalen in een gecontroleerde omgeving. De testfaciliteiten bij TNO bieden de mogelijkheid om eenvoudig elke omgevingsconditie te simuleren die in de winter kan voorkomen. Daarnaast is de meetapparatuur daar zeer nauwkeurig en wordt deze regelmatig gekalibreerd.

Resultaat 2: Ontwikkeling, pre-testen en benchmarking van de NEStore

2.1. Onderzoek naar de haalbaarheid van een vierkante warmteopslag (IO, o.l.v. Newton)

Het vierkante vat is net zoals de standaard NEStore op 8 bar getest. Zoals deels verwacht het vierkante vat gaan opbollen. Een mooi resultaat is echter dat het vat heel is gebleven en dus niet is opengebarsten of gescheurd. Dit geeft vertrouwen in een volgende test, waarbij het doel is het effect van de toegevoegde vacuumisolatie op de stijfheid van de constructie te testen. Op dit moment zijn de voorbereidingen voor deze vervolgstap in gang gezet.

2.2. Ontwikkeling van hulp- en randapparatuur (EO, o.l.v. Newton)

Na uitgevoerde verkleining van de elektronica printplaat en een compacter fluidic systeem is het mogelijk geworden om alle elektronica nu ook binnen het bodemcabinet te plaatsen. Er zijn tevens belangrijke stappen gemaakt op de doorontwikkeling van de interfaces met de bestaande doorstroomverwarmer.

2.3. Thermische isolatie hulp- en randapparatuur (EO, o.l.v. Newton)

In de afgelopen periode is het ontwerp van de vaten en de evacuatiepoorten aangepast.

2.4. Operationeel temperatuurbereik verbreden (EO, o.l.v. Newton)

Het werk om het temperatuurbereik te verbreden is afgerond in de voorgaande rapportageperiode.

2.5. Onderzoek naar integratie NEStore/Tarnoc/Systeem, modellering (EO, o.l.v. TNO)

In 2024 zijn alle componentmodellen ontwikkeld. De Tarnoc-turbineketel wordt beschreven met behulp van een look-up table. Wat betreft de Nestore is gekeken naar meerdere manieren van modelleren en is er een geselecteerd. De laatste stap van 2024 was het toevoegen van de CCU & de regeling. Dit is verwerkt in het model. Het model is nu klaar voor integratie in de simulatieomgeving met S2, RM en HEMS.

2.6. Nieuwheidsonderzoek (IO, o.l.v. Newton)

Er zijn ten opzichte van de voorgaande rapportageperiode geen nieuwe resultaten te melden.

Resultaat 3: Ontwikkeling, pre-testen en benchmarking van het HEMS

3.1. Simulatie (EO, o.l.v. Seita)

Er is gewerkt aan:

- Een simulatie-template met warmtevraag voor 1 huis (plus zon-PV, verbruik en een energiecontract).
- Optimalisatie voor zelf-consumptie op basis van planning (proactief ipv reactief).
- Het debuggen van artefacten in de simulatie door de benodigde parallelisatie om snel meerdere scenario's te kunnen verkennen (waaronder het niet aansluiten van niveaus van de warmtebuffer op punten waar de simulatie is opgeknipt).
- Extra KPIs o.a. voor zelfverbruik en eventuele tekorten aan capaciteit.

3.2. Koppeling buffer, ketel, zonnepanelen en HEMS (EO, o.l.v. Seita)

Deze activiteit werd eind 2023 afgesloten volgens planning.

3.3. Flexibilisering van elektriciteitsnet op wijkniveau (EO, o.l.v. Seita)

Deze activiteit werd eind 2023 afgesloten volgens planning.

3.4. Voorspellende en zelflerende configuratie (EO, o.l.v. Seita)

Er is in de projectperiode ontwikkeld en gewerkt aan een voorspellingsmodel voor residentieel warmteverbruik.¹

3.5. Aansturingsprotocollen (EO, o.l.v. Seita)

Er is in de projectperiode ontwikkeld en gewerkt aan:

- Aanpassingen aan de planner in FlexMeasures om om te gaan met infeasible targets in combinatie met capaciteitsbeperkingen.
- Het gelijktijdig en/of sequentieel plannen van meerdere flexibele assets.
- Het voorkomen van verbruikspieken die het net belasten en minder beschikbare capaciteit voor andere gebruikers van het net overlaten.
- Het omzetten van data-beschrijvingen (met name *VariableQuantities*) voor het flex-model en de flex-context vanuit Home Assistant en S2 data.
- Het ook kunnen ophalen van de flex-context voor de planner (prijzen, capaciteiten, voorkeuren) aan de kant van de FlexMeasures Server ipv de Client (Home Assistant), om het onderhoud schaalbaar te maken.²

3.6. Schaalbare cloud-setup (EO, o.l.v. Seita)

Er is in de projectperiode ontwikkeld en gewerkt aan snelheid van de server, en aan verbeteringen ten behoeve van monitoring en management van locatie-instellingen.

Resultaat 4: Integratie deelcomponenten tot holistisch concept van TUNES

4.1 Koppeling buffer en ketel (EO, o.l.v. Tarnoc).

CCUv1: De eerste implementatie van de gecombineerde controle-eenheid (CCU), getest in het laboratorium van Tarnoc, kreeg de naam CCUv1. De CCUv1 werd in een laboratoriumomgeving getest met de NESTore aangesloten met behulp van flexibele slangen, een expansievat buiten de behuizing van de CCUv1 en een doos bovenop de CCUv1 met elektronica om de turbine warmtepomp (THP) te simuleren

4.2. Integratie deelcomponenten (EO, o.l.v. Tarnoc)

Twee mogelijkheden voor het opzetten en onderhouden van een internetverbinding zijn onderzocht en getest.

4.3. Labtests bij TNO (EO, o.l.v. TNO)

Zijn gepland voor zomer 2025.

4.4. Potentie TUNES beproeven op wijkniveau (IO, o.l.v. TNO)

Gaat starten in Q1 van 2025.

¹ A comparison of multi-horizon forecasting models on residential heating demand - Minh Tuan Nguyen - A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the VU Bachelor of Science degree in Computer Science

² <https://flexmeasures.readthedocs.io/stable/features/scheduling.html#the-flex-context>

Resultaat 5: Pilottesten en iteratieve doorontwikkelingen

5.1 Voorbereiding bewoners en tussentijdse communicatie (overige projectactiviteiten, o.l.v. Twinstone)

In januari 2024 hadden we groen licht voor de pilottesten. Vijf huishoudens waren akkoord gegaan met de uitvoering van de pilottest in hun woning. Dat betekende dat we de installaties konden plaatsen in vijf woningen in 2024. We hebben de werkzaamheden in twee delen opgesplitst: 1) de voorbereidende werkzaamheden om de woning klaar te maken voor de installatie en 2) het installeren van de Turbineketel, NESTore en Seita.

Na de werkzaamheden ontvingen bewoners de periodieke **nieuwsbrief** samen met een **kerstattentie**. In deze nieuwsbrief keken wij terug op de werkzaamheden en vooruit naar het in werking stellen van de warmtepomp en de monitoringsfase. Op deze manier houden wij bewoners goed op de hoogte van de volgende stappen in de pilottest. Wanneer de warmtepomp in werking is gesteld, kan het verbruik van de nieuwe installaties gemonitord worden en de communicatie rondom gedragsverandering en de transitie van de woning opgestart worden.

5.2. Bouw- en installatie systemen in woonhuizen (EO, o.l.v. Tarnoc)

Dura Vermeer Bouw Heyma heeft haar rol gespeeld in het Tunes-project, dat gericht is op de verduurzaming van drie woningen. Het project omvatte zowel de voorbereiding als de uitvoering, waarbij Dura Vermeer verantwoordelijk was voor het procesmanagement en de begeleiding tijdens de realisatie.

Tijdens de voorbereidingsfase heeft Dura Vermeer Bouw Heyma een gedetailleerde planning opgesteld en de demarcatie afgestemd met alle betrokken partijen. Dit hield in dat duidelijk werd vastgelegd wie welk onderdeel zou leveren en monteren. Er is een locatie-opname gedaan en alle woningen zijn ingemeten.

De uitvoering van het project verliep voorspoedig en veilig. Er zijn geen ongelukken of bijna-ongelukken gebeurd. Vanwege de weersomstandigheden is één woning later uitgevoerd, in goed overleg met de bewoner is de planning hierop aangepast. De andere twee woningen zijn volgens planning uitgevoerd.

De inbedrijfstelling van de volledige systemen staat nu gepland voor januari 2025. Dit moment markeert de afronding van de voorbereidingsfase en de start van de operationele fase van de systemen in de woningen.



Plaatsen van de ketel.

5.3. Testprotocollen ontwikkelen (EO, o.l.v. Tarnoc)

Dit zal in de loop van 2025 verder worden uitontwikkeld.

5.4. Pilottesten (EO, o.l.v. Tarnoc)

De inbedrijfstelling van de TTK en CCU zal in Januari 2025 starten.

5.5. Bewonersevaluatie en nazorg (overige projectactiviteiten, o.l.v. Twinstone)

Het opzetten van interviews met de bewoners over hun ervaring en de terugkoppeling hierop heeft nog nauwelijks plaatsgevonden, omdat de warmtepomp nog niet in werking is gesteld. Wel hebben wij alle bewoners kort gesproken over hun ervaring met de installatiewerkzaamheden.

5.6. Technische evaluatie en validatie van de pilottest(resultaten) (EO, o.l.v. Tarnoc)

Nu de installaties gereed zijn zal deze activiteit plaatsvinden in 2025.

Resultaat 6: Kennisdisseminatie

6.1. Kennisdisseminatie (overige projectactiviteiten, o.l.v. TNO)

Er zijn nog geen publicaties gedaan. Nu dat de installaties gereed zijn verwachten wij in 2025 meer te gaan posten en delen over de resultaten van dit project.

6.2. Opensource componenten (EO, o.l.v. Seita)

De S2 specificatie is door TNO en Seita doorontwikkeld in een Python implementatie en samen met andere S2 resources ondergebracht onder de FlexiblePower Alliance Network (FAN).³

De CEM (Customer Energy Manager) is geïmplementeerd als onderdeel van een Python pakket voor communicatie met het FlexMeasures Energy Management System, waarin de planningen voor de warmteketel en het gebruik van het buffervat worden berekend.⁴ Dit pakket vormt de spil tussen S2 berichten vanuit de RM (Resource Manager) en de API van FlexMeasures.

De CEM is via drie paden beschikbaar gemaakt aan de Home Assistant (HA) community: HA core, HA community store (HACS) en als standalone repository.⁵ Als integratie binnen HA core en HACS voldoet deze nog niet aan de daar gestelde eisen. Desalniettemin kan de community de CEM als standalone integratie eenvoudig installeren via HACS. De configuratie is echter nog niet duidelijk beschreven voor een breder publiek, omdat de CEM vooralsnog wordt ontwikkeld tijdens de testfase.

Resultaat 7: Schaalbaar maken concept

7.1. Ontwikkeling blauwdruk opschaling (EO, o.l.v. Dura Vermeer)

Deze activiteit is nog amper gestart. Seita heeft gewerkt aan een statuspagina en een audit log binnen FlexMeasures.

7.2. Ontwikkeling concepten bewonersparticipatie (EO, o.l.v. Twinstone)

Deze activiteit is nog niet gestart.

Resultaat 8: Projectmanagement

8.1 Project, Resultaat en Activiteiten management (Overige projectactiviteiten, o.l.v. Tarnoc)

De projectmanagement activiteiten bestaan vooral uit het hebben van overleggen met het consortium en ook met kleinere subgroepen binnen het consortium. Deze overleggen verlopen goed en hebben een positieve impact op het verloop van het project. Alle consortiumpartners ervaren de samenwerking als fijn en nuttig en bereiden zich voor op de vervolgactiviteiten in dit project.

3. Vooruitblik

De warmtepompen zijn geïnstalleerd, en de pilotfase kan beginnen. Tarnoc verwacht in deze periode voldoende data te verzamelen om de oplossing te verifiëren. Tegelijk wordt de CCU verder geïmplementeerd en getest. Alles wordt naar verwachting binnen de verlengde projectplanning afgerond.

³ <https://github.com/flexiblepower/s2-python>

⁴ <https://github.com/FlexMeasures/flexmeasures-client>

⁵ <https://github.com/FlexMeasures/flexmeasures-ha-integration>