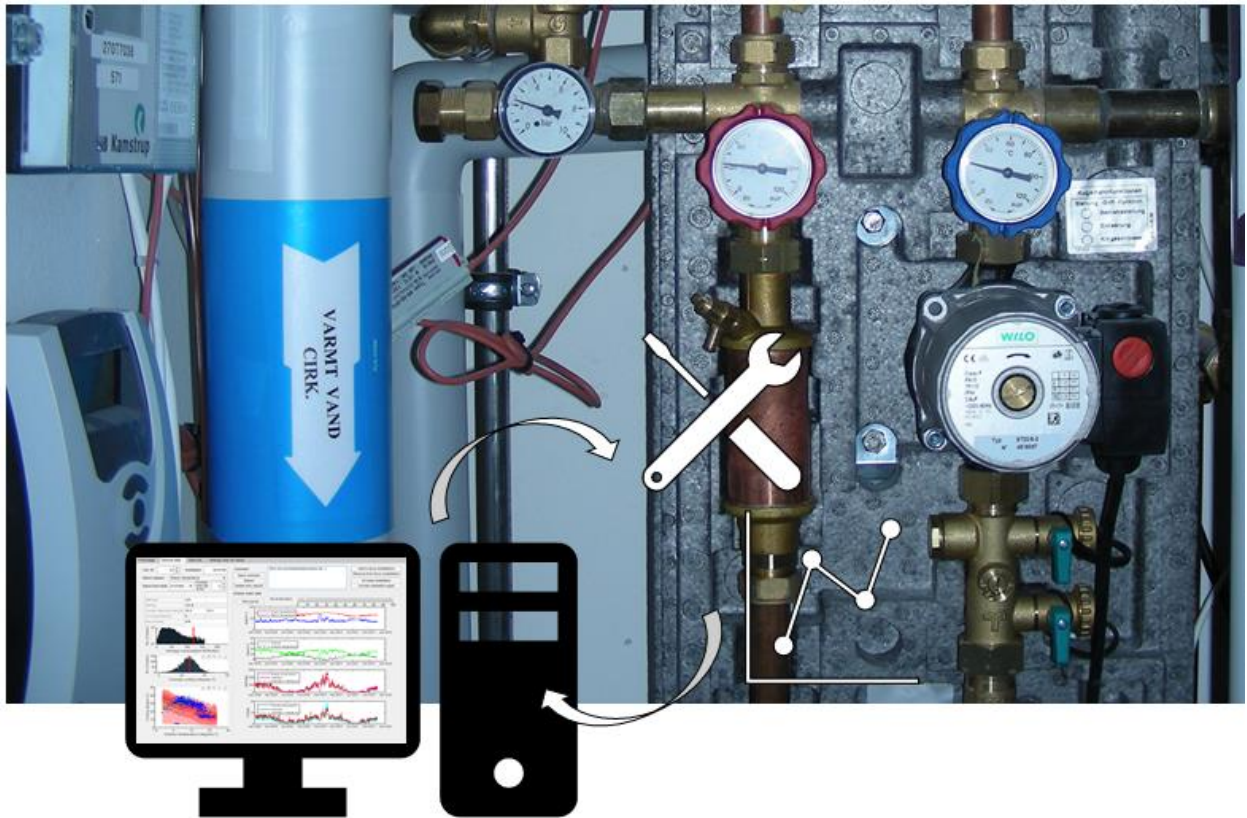




Smart Fjernvarme 2

– Slutrapport

Dansk Fjernvarmes F&U-projekt 2019-09:
"Implementering af selvlærende algoritmer til driftsanalyse
og -styring hos små og store fjernvarmeforsyninger"



TEKNOLOGISK
INSTITUT



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Smart Fjernvarme 2 – Slutrapport

”Implementering af selvlærende algoritmer til driftsanalyse og
-styring hos små og store fjernvarmeforsyninger”



Udarbejdet for:

Dansk Fjernvarmes F&U-konto

Udarbejdet af

Teknologisk Institut

Kongsvang Allé 29

8000 Aarhus C

Energi og Klima, Installation og Kalibrering

Udarbejdet sammen med

Fredericia Fjernvarme a.m.b.a, Forsyning Helsingør, Fjernvarme Horsens, AffaldVarme Aarhus,
Lemvig Varmeværk



Fredericia Fjernvarme a.m.b.a



**FORSYNING
HELISINGØR**

Fjernvarme
Horsens

**AFFALDVARME
AARHUS**



December 2021

Forfatter: Jakob Fester, Teknologisk Institut, Tlf. 7220 2962, jafe@teknologisk.dk



Indhold

1.	Indledning	4
2.	Resumé	5
3.	Formål og afgrænsning	6
4.	Udviklingsplatform, programmeringssprog og data	6
4.1.	Programmeringssprog- og software	7
4.2.	Udviklingsplatform	7
4.3.	Dataeksport og -formater	9
5.	Udvikling af software til distribution	10
5.1.	Overordnet funktionalitet	11
5.2.	Analyse kategorier	12
5.3.	Tilpasning til forsyningernes ønsker og behov	14
6.	Demonstrationsrapport	16
6.1.	Implementering	17
6.2.	Eksempler fra demonstrationsfasen	18
6.3.	Evaluer og kommentarer til det udviklede værktøj	21
6.4.	Fremadrettet brug blandt de deltagende forsyninger	23
7.	Konklusion og videreførelse af værktøjet	23
8.	Referencer	24
9.	Bilag	24



1. Indledning

Nærværende dokument udgør slutrapporten i projektet Smart Fjernvarme 2. Projektet er udført i perioden fra marts 2020 til december 2021 med Teknologisk Institut som projektleder.

Projektledelsen har til daglig været varetaget af konsulent ved Teknologisk Institut, Jakob Fester, og arbejdet er udført under medvirken af:

- Peter Friis Østergaard, Jan Nielsen, Kaj L. Bryder, *Teknologisk Institut*
- Bjarne Hunderup, *Fjernvarme Horsens*
- Carl Hellmers, *Fredericia Fjernvarme a.m.b.a.*
- Peter Bode Nielsen og Jeppe Vejen Nielsen, *AffaldVarme Aarhus*
- Peder S. Jensen, *Forsyning Helsingør*
- Svend Erik Bjerg, *Lemvig Varmeværk*

Det tekniske arbejde har generelt været opdelt således, at Teknologisk Institut har stået for udviklingen af et digitalt værktøj, som efterfølgende har været i drift hos forsyningerne. Forsyningerne har undervejs meldt tilbage med konstruktiv feedback, ønsker og brugererfaringer, hvoraf de vigtigste punkter er inkluderet i brugerinstruktioner og denne rapport samt i form af forbedringer af selve værktøjet.



2. Resumé

Projektet har gennemført udviklingen af et distribuerbart digitalt analyseværktøj til installationsovervågning hos en fjernvarmeforsynings samtlige kunder. Værktøjet importerer fjernaflæste målerdata, BBR-data og vejrdato fra DMI's Open Data API og baserer sig på de rå udviklede analysealgoritmer fra det tidligere projekt, Smart Fjernvarme, og de deltagende forsynings feedback undervejs. I sin endelige version indeholder programmet såvel afkølings- og returtemperaturanalyse som dybere analyser via statistiske metoder og machine learning.

Under udviklingen, foretaget af Teknologisk Institut, har de deltagende forsyninger haft betydelig indflydelse på programmets funktionalitet og brugerflade. Forsyningerne har ydermere afprøvet forskellige måder at generere de nødvendige dataeksporter på og testet proceduren omkring installation af programmet. Disse erfaringer har dannet grundlag for to instruktionsdokumenter målrettet andre fjernvarmeforsyninger: En brugermanual til analyseprogrammet og en guide til generering af målerdataeksport. Disse dokumenter stilles sammen med værktøjet i form af en stand-alone applikation frit tilgængeligt for danske fjernvarmeforsyninger.

Fire deltagende forsyninger har demonstreret programmet og flere af dets anvendelsesmuligheder og potentialer. De vigtigste resultater fra demonstrationsfasen er:

- Identifikation og udbedring af fejl i softwaren.
- Identifikation af procedure for generering af dataudtræk, dækkende over flere scenarier for målerleverandører, leverandør af afregningssystem og forskelligt software.
- Relevante inputs til brugermanualerne.
- Identifikation af de vigtigste analysekategorier for installationer med dårlig performance samt manglende kategorier, som efterfølgende blev tilføjet (herunder returtemperaturanalyse).
- Eksempler på udbedring af fejl på installationer udpeget af analyseprogrammet, herunder betydelige reduktioner af enkelte kundenlægs returtemperatur og volumenforbrug.
- Inspirerende eksempler på planlægning af at tage programmet i anvendelse som en del af langsigtede tiltag og større sammenhænge hos den enkelte forsyning.

I den kommende periode efter projektafslutning vil projektgruppen arbejde for at udbrede kendskabet til værktøjet med henblik på at motivere flere forsyninger til at igangsætte løbende installationsanalyser. Information om projektets resultater vil først blive formidlet gennem et indlæg i magasinet Fjernvarmen. Efterfølgende forventes en workshop afholdt af Teknologisk Institut eller i Dansk Fjernvarme-regi.

I en overgangsperiode vil Teknologisk Institut yde support omkring opsætning af analyseprogrammet, mens der på længere sigt vil blive kigget nærmere på mulighederne for at få en relevant software-distributør til at videreføre værktøjet.



3. Formål og afgrænsning

Formålet med projektet har været at udvikle et digitalt værktøj baseret på fjernaflæste varmemålerdata til overvågning og evaluering af en fjernvarmeforsynings kundeinstallationer. Den primære gevinst ligger i at kunne udføre og prioritere udbedringer på kundeinstallationer bedre samt muliggøre tidlig reaktion på forværret funktionalitet eller kollaps på kundenlæg. Herved sænkes belastningen af nettet samt fremløbs- og returtemperaturer med betydelige energibesparelser til følge.

Målet med værktøjet er yderligere at støtte dialogen med den enkelte kunde via detaljeret information og installationsanalyse for at øge kundernes tilfredshed gennem bedre support omkring eventuel optimering af egen installation eller fra forsyningens side.

Projektet bygger på de algoritmer, der blev udviklet i det tidligere projekt "Smart Fjernvarme" (Dansk Fjernvarmes F&U-projekt 2018-01 [1]). Disse algoritmer identificerer installationer med fejl og belyser fejlen via statistiske metoder og brug af machine learning. Algoritmerne baserer sig samtidig på et dataformat med en bred fællesnævner, som skaber forudsætningen for at stort set alle danske forsyninger vil kunne anvende det endelige værktøj.

Fokus i Smart Fjernvarme 2 har ligget på softwareindpakning af de rå algoritmer, inklusive design og udvikling af en brugerflade, til distribution og efterfølgende implementering hos de deltagende forsyninger. Forsyningernes feedback og ønsker til funktionalitet har været i centrum fra start for at sikre værktøjets direkte relevans for flere forsyninger efterfølgende. I den følgende demonstrationsfase har det været målet at opstille cases, der dokumenterer værktøjets potentiale og gevinsterne ved at anvende det.

En specifik afgrænsning blev en nedprioritering af muligheden for at indlægge algoritmer til forudsigelse af varmebehov med henblik på styring af produktionen. De deltagende forsyninger ønskede i stedet at fokusere nærmere på installationsanalysen. En primær årsag til denne prioritering var, at forsyningerne alle kunne nævne eksisterende leverandører eller interne værktøjer til behovsforudsigelser, mens der endnu ikke var kendskab til alternativer på området omkring en dybere installationsanalyse.

4. Udviklingsplatform, programmeringssprog og data

I projektets indledende fase blev flere aspekter omkring IT-sikkerheden og adgang til data adresseret sammen med overvejelser omkring arbejdsplatform.

Databehandlertaaler blev udarbejdet mellem hver enkelt forsyning og Teknologisk Institut som følge af Institutts rolle som databehandler af værkernes respektive personhenførbare målerdata. Det skal bemærkes, databehandlertaale i princippet ikke er nødvendig ved kørsel af det udviklede program lokalt



hos fjernvarmeforsyninger, hvorimod projektgruppen undervejs i projektet var afhængig af at skabe eksplicit adgang til data for Teknologisk Institut under udviklingsarbejdet.

IT-infrastrukturen hos de deltagende forsyninger blev endvidere gennemgået med henblik på installation af analyseprogram og eksport og lagring af data, specielt hvad angår målerdata fra fjernaflæste målere.

4.1. Programmeringssprog- og software

Det blev ved opstarten af projektet besluttet at programmere analyseprogrammet i softwaren Matlab®.

Alternativer såsom oversættelse af kode fra Smart Fjernvarme 1-projektet til Python blev overvejet som alternativ, da Python er freeware, dvs. ikke kræver licens som Matlab®. Matlab® blev foretrukket af flere grunde, bl.a. fordi tidsforbruget ville være betydeligt og uforudsigeligt ved overgang til Python, og fordi der i Matlab® kan tilkøbes en compiler, som pakker kildekoden ind i en stand alone-applikation med designet brugerflade, og som kan anvendes uden licens af f.eks. en fjernvarmeforsyning.

Det udviklede værktøj foreligger ved udgangen af projektet således som en **Matlab stand-alone applikation**, hvilket giver mulighed for at udbrede programmet i dets nuværende version til et ubegrænset antal slutbrugere (på ubegrænset tid) uden at de behøver investere i egen Matlab-licens.

4.2. Udviklingsplatform

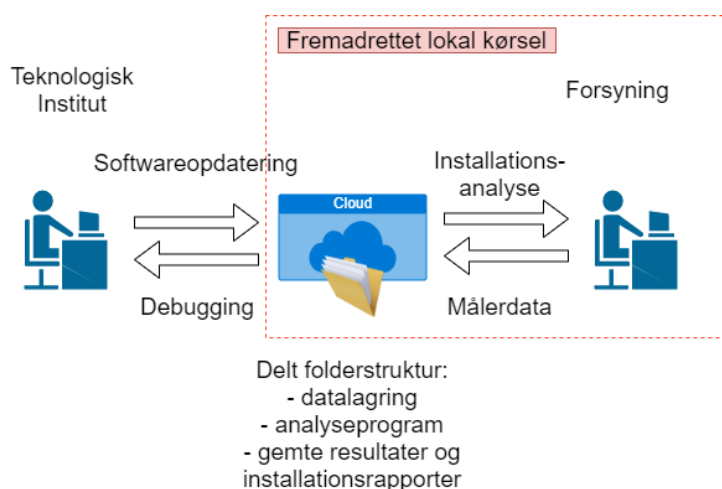
For at imødekomme alle krav til datasikkerhed og samtidig give Teknologisk Institut adgang til data og opståede fejlmeddelelser under test hos forsyningerne blev løsningen skitseret på Figur 1 anvendt. Kernen i konceptet er, at datalagring, kørsel af det kompilerede analyseprogram og gemte resultater og indstillinger sker på en fælles platform. Platformen er en adgangsbegrænset OneDrive folder delt mellem den enkelte forsyning og Teknologisk Institut. Af sikkerhedsmæssige årsager krævede løsningen multifaktorgodkendelse for begge parter ved adgang til den delte folder.

Den skitserede delte arbejdsplatform gav følgende fordele:

- Optimale vilkår for Teknologisk Institut til at kunne fejlsøge og guide brugeren undervejs i projektet og nemt uploade nye kompilerede versioner af programmet.
- Efter projektet vil samme løsning kunne anvendes til brugersupport, men den delte folder kan også hentes ned lokalt og dermed køres internt hos brugeren, dvs. uden der skal indgås data-behandleraftale og træffes sikkerhedsforanstaltninger såsom multifaktor godkendelse ved adgang til folderen.



- Den delte platform giver mulighed for at dele rapporter fra installationer og aktuelle analyseresultater via selve softwaren, jf. det indbyggede rapportsystem (jf. afsnit 5: Udvikling af software til distribution).



Figur 1: Skitsering af den valgte dataplatform. Løsningen imødekommer de specielle behov under udviklingen af analyseprogrammet, hvor dobbeltsidet adgang til samme platform er nødvendig. I praksis synkroniseres den delte OneDrive-folder med begge parter lokale drev for at kunne køre programmet.

Strukturen af den delte folder (se Figur 2) knytter sig tæt til programmets funktionalitet og kodning, og softwaren både læser fra og skriver til folderne. Understrukturen er derfor rigid og har undermapper til målerdata, BBR-data, gemte indstillinger, vejrdata osv., hvilket ikke kan ændres af brugeren.

BuildingInfo	File folder	
MeterData	File folder	
SavedResults	File folder	
SavedSettings	File folder	
WeatherData	File folder	
anvendelseskode_bygninger.pdf	Adobe Acrobat Document	233 KB
MyAppInstaller_web.exe	Application	2.659 KB
ResetSwitches.exe	Application	1.948 KB
SFIAppVers8_Fredericia_nov2021.exe	Application	2.004 KB
USER_MANUAL.pdf	Adobe Acrobat Document	1.247 KB

Figur 2: Den rigide mappestruktur defineret af analyseprogrammet (SFIAppVers8...). Ved opsætning lægges en kopi af hele mappen over på det lokale drev, hvorfra MyAppInstaller_web.exe anvendes til installation af driveren, der er nødvendig for at eksekverer en Matlab® stand alone applikation. Egne BBR- og målerdataeksporter kanaliseres ned i de respektive foldere ifølge instruktionerne i Bilag 1 og 2.



4.3. Dataeksport og -formater

Et standardformat for både målerdata og BBR-information blev specificeret tidligt i projektet, således at de deltagende forsyninger fra start kunne arbejde målrettet med opsætning af dataeksport. Formaterne er undervejs opdateret ift. at imødekomme de typiske outputformater fra målerleverandører og afregningssystemer. Ved projektets afslutning anvendes:

1. BBR-anvendelseskode (villa, etagebyggeri, institution, industri osv.) for alle installationer sammenkoblet med installations-ID (målnummer/kundenummer/installationsnummer).
2. Løbende målerdataeksporter og ved opsætning også eksport af historisk data, da en vis historik er nødvendig. Målerdataformatet er baseret på konklusionerne i Smart Fjernvarme 1-projektet for at forudsætningerne for eksporten er til stede hos langt de fleste hvis ikke alle forsyninger. Programmet baserer sig således på daglige værdier af de akkumulerede tællestande for energi, volumen samt temperaturvægtet volumen i frem- og returløbet.

Den præcise specifikation af dataformaterne er beskrevet i vedlagte Bilag 2: Smart Fjernvarme 2 - guide til generering af dataeksport. Indlæsningsdelen for målerdata i det udviklede program er dog i projektet tilpasset enkelte forsyningers originale dataformat, hvor filtype eller enheder ønskedes bibeholdt.

Projektets partnere anvendte fire forskellige metoder til målerdataeksport, inklusive både Kamstrup og Diehl som målerleverandør samt forskellige softwaremuligheder til eksport: Kamstrups OMNISOFTE VisionAir (Forsyning Helsingør), READy manager (flere forsyninger), egen SQL-database (AffaldVarme Aarhus) eller udtræk via FOF/Softværkets server (Fjernvarme Horsens). På baggrund af de høstede erfaringer med disse metoder, der vil dække de mange øvrige værkers muligheder for eksport, er detaljerede instruktioner til fremgangsmåden givet i dokumentet Bilag 2.

Analyseprogrammet anvender desuden den gennemsnitlige lufttemperatur på dagsbasis som eneste vejrparameter. Det blev tidligt i projektet diskuteret, hvordan lokale temperaturmålinger kunne inddrages, specielt da mange værker i forvejen har opsat vejrstationer.

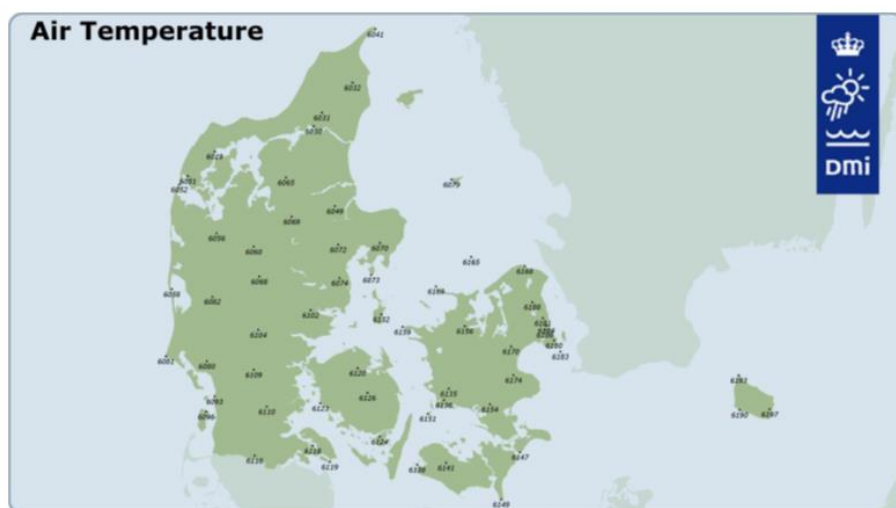
DMI frigav netop omkring projektets opstart et API til frit at hente opdateret data ned over nettet fra meteorologiske vejrstationer landet over. På Figur 3 vises de relevante målestationer, hvor lufttemperaturen er tilgængelig. Idet stationerne ses at være fordelt over hele landet vil en eller flere kunne anvendes for langt de fleste fjernvarmeforsyningers vedkommende.

Egne vejrstationer vil kunne angive en mere lokal temperatur end den nærmeste DMI-station, men da fjernvarmenettet hos mange forsyninger har en betydelig udstrækning, er algoritmerne implementeret i analyseprogrammet med vilje ikke særligt følsomme over for usikkerhed på temperaturen. Via DMI's database opnås på den anden side fordelene ved en ensartet indlæsning af vejrdato på tværs af



forsyningerne. Dette letter opsætningen af programmet betragteligt og gør det robust over for eventuelle fejl i forberedelsen af temperaturdata.

Det udviklede analyseprogram kontakter selv DMI's server via det frigivne API opkoblet på en enkelt API-nøgle/konto, som administreres af Teknologisk Institut. Ved projektets udgang anvendes version 2 af DMI's metObs (Meteorological Observation) Open Data API [2]. Anvendelsen af DMI's Frie Data betyder, at programmet altid skal køres fra en platform med internetadgang.



Figur 3: Kort over DMI's meteorologiske stationer i Danmark med API-adgang til den målte lufttemperatur [3].

5. Udvikling af software til distribution

Dette afsnit fokuserer på den overordnede funktionalitet af analyseprogrammet samt specielt på, hvordan designet er tilpasset forsyningernes ønsker. En detaljeret beskrivelse af alle programmets muligheder og opbygning er givet i Bilag 1: Smart Fjernvarme 2 – brugermanual.

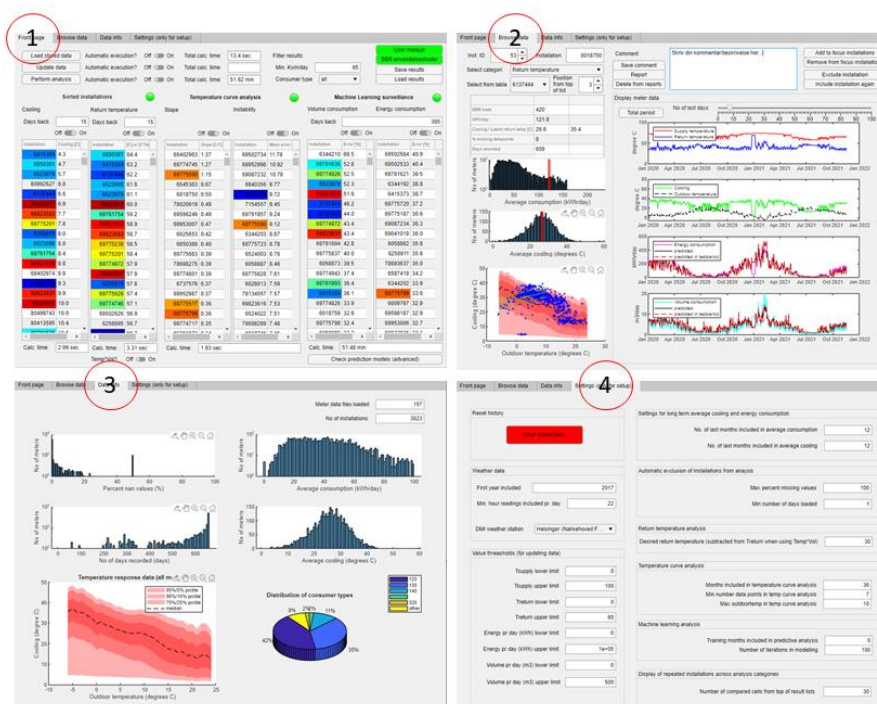
En vigtig indledende bemærkning er, at brugeren af den aktuelle version af programmet ved projektets afslutning må være opmærksom på, at der er tale om en applikation, som stadig indeholder elementer fra udviklingen. Eksempelvis angives beregningstider, og der er bibeholdt andre funktioner til kontrol af beregninger. Derudover er der mulighed for mange manuelle indstillinger, hvilket dog er forsøgt nedtonet ved placering på en separat fane, "Settings". Alt dette giver programmet en vis nødvendig fleksibilitet, som er gavnlig på det nuværende stadie, men det anbefales af samme årsag, at man kontakter Teknologisk Institut for support ved opsætningen.



5.1. Overordnet funktionalitet

Ved opstart af programmet vælges mellem to muligheder: Genindlæsning af allerede indlæst data (*Load stored data* - hurtig) eller opdatering med indlæsning af de nyeste måler- og vejrdata (*Update data* - beregningstid afhængig af antallet af installationer). Indlæsningen af data anvender filtre og andre funktioner til rensning af data, baseret på algoritmerne til klargøring af data udviklet i det foregående Smart Fjernvarme-projekt. Anvendelsesområdet for programmet er demonstreret på op til knap 17.000 installationer på én gang, men der er i princippet ikke begrænsning, så længe brugeren kan acceptere beregningstiderne.

Efter indlæsning af data kan brugeren uden videre gennemse målerdata for sine installationer via fanen *Browse data*. Tidligere kommentarer og lister med udvalgte rapporterede installationer og fokusinstallationer, der følges op på specifikt, kan ligeledes tilgås.



Figur 4: Oversigt over programmets fire faner: 1 – *Frontpage*, hvor programmet startes op, data indlæses og analyse udføres, 2 – *Browse data*, hvor installationsanalysen gennemgås og visualiseres for en enkelt installation ad gangen, 3 – *Data info*, hvor diverse parametre for indlæst data kontrolleres og 4 – *Settings*: Indledende opsætning og muligheder for tilpasning af analysen.

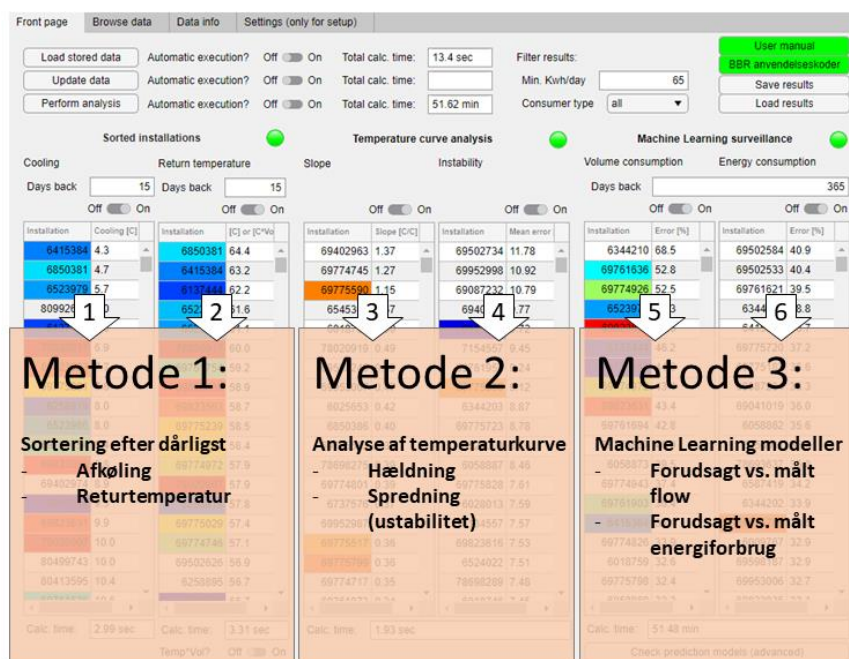


Når installationerne ønskes analyseret, anvendes funktionen *Perform analysis*. Alternativt kan tidligere analyseresultater genindlæses, hvis de er gemt med *Save results*. Outputtet er seks lister med alle installationer i prioriteret rækkefølge fordelt på seks respektive analysekategorier. Installationerne med dårligst performance i kategorien er placeret øverst. Listerne kopieres automatisk til fanen *Browse data*, hvor de kan gennemses med fuld visualisering af målerdata m.m. fra toppen og ned.

Af hensyn til praksis i den daglige drift er der i brugermanualen angivet en procedure til automatisk udførsel af opdatering/indlæsning af data og analyse via Windows Task Scheduler. Disse funktioner kan således med fordel sættes i gang om natten, inden personale møder, hvilket eliminerer uønsket ventetid.

5.2. Analysekategorier

En essentiel del af samarbejdet mellem forsyninger og Teknologisk Institut som udvikler, var at finde frem til relevante analysekategorier. Resultatet blev seks kategorier, som kan anvendes individuelt eller i samspil.



Figur 5: Oversigt over de endelige analysekategorier opdelt pr. metode. Analysekategoriene er nummereret 1-6.



Analysekategorierne lader sig inddele i tre grupper pr. beregningsmetode:

Ved metode 1 (se Figur 5) sorteres installationerne efter afkøling og returtemperatur.

1. For afkøling beregnes den gennemsnitlige afkøling midlet over et specificerede antal dage tilbage fra dags dato, hvorefter installationer med lavest afkøling placeres øverst på listen.
2. For returtemperatur kan der sorteres efter to beregnede parametre:
 - o Direkte returtemperatur (default): Højeste gennemsnitlige returtemperatur midlet over det specificerede antal dage tilbage fra dags dato.
 - o En vægtet returtemperatur: Den midlede returtemperatur minus en ønsket returtemperatur (indtastet på fanebladet *Settings*) vægtet med det gennemsnitlige volumenforbrug: $(T_{retur,vægtet} = (T_{retur} - T_{retur,ønsket}) * V$. Denne parameter er udtryk for, hvor meget ekstra energi, der returneres fra installationen i forhold til den ideelle/ønskede overskudsenergi.

Metode 2 stammer fra det første Smart Fjernvarme-projekt og baserer sig på analyse af installationens "temperaturkurve", dvs. sammenhængen mellem afkøling og udetemperatur, jf. slutrapporten [1].

Installationerne sorteres efter de to parametre "slope" (hældning af den lineære tilnærmelse) og "instabilitet" (generelt udtryk for spredningen af punkter omkring kurven):

3. I kategorien slope udpeges installationer med dårligst respons på lavere udetemperatur, hvor en bedre afkøling er forventet. Installationerne er sorteret efter hældningen på den tilnærmede lineære sammenhæng mellem udetemperatur og afkøling. Den tilnærmede rette linje vises med grøn på temperaturkurven på fanen *Browse data*.
4. I kategorien instabilitet prioriteres installationer med størst ustabilitet i afkølingen. Sorteringen er baseret på spredningen af punkterne på temperaturkurven ift. den tilnærmede rette linje.

Analysekategorierne under metode 3 anvender machine learning-modeller udviklet i Smart Fjernvarme-projektet [1] til at forudsige forventelige værdier for volumen-, og energiforbrug. Installationer med unormalt forbrug ift. disse forudsigelser udpeges og prioriteres øverst på listerne:

5. I kategorien "volume consumption" udpeges installationer med for højt volumenforbrug/flow ift. forventet. Den forventede værdi beregnes af en machine learning-model, der trænes på baggrund af alle installationer af samme type (BBR anvendelseskode). Modellen tager højde for aktuelt forbrug, fremløbstemperatur og udetemperatur.



6. I kategorien "energy consumption" udpeges installationer med for højt energiforbrug ift. forventet ifølge en model, der trænes på baggrund af alle installationer af samme type (BBR anvendelseskode). Modellen tager højde for ugedag, udetemperatur, fremløbstemperatur og flow.

Overordnet bemærkes det, at metoderne 1 og 3 angiver aktuel opførsel i de seneste x døgn (indtastet i felterne "Days back"). Metode 2 angiver derimod en generel karakterisering over længere tid og forventes derfor ikke at ændre sig på daglig basis. Analysekategorierne kan vælges til og fra i den samlede analyse af brugeren.

5.3. Tilpasning til forsyningernes ønsker og behov

Forsyningernes ønsker og feedback til analyse blev først også fremmest gennemgået allerede ved opstartsmødet, med også løbende ved efterfølgende projektmøder og undervejs i demonstrationsfasen. De vigtigste punkter, samt opfølgningen på dem, er opsummeret i Tabel 1.

Tabel 1: Ønsker til analyseprogrammet opsamlet og bearbejdet undervejs i projektet

Ønske	Uddybende kommentar	Status
Vægtning ift. forbrug	Det blev pointeret fra flere sider, at det vil være fordelagtigt automatisk at kunne sortere analyseresultaterne efter forbrug, idet mindre kunder giver et tilsvarende mindre besparelspotentiale.	Der er implementeret et filter, hvor minimum gennemsnitligt forbrug indtastes, og kun installationer med forbrug over det indtastede vises på listerne. Analyse udføres stadig på alle installationer, og minimumværdien kan derfor hurtigt ændres i arbejdsprocessen
Mulighed for analyse af delmængder	Der var ønske om at kunne kigge på enkelte segmenter ad gangen, f.eks. villaer, institutioner eller lokale områder.	Der er implementeret filter, der bibeholder installationer med bestemt BBR-anvendelseskode. Lokale områder kan dog kun håndteres ved at køre programmet i en separat folder, hvor målerdataeksporter for det specifikke område lagres.
Analyse af afkøling	Der var oprindeligt ikke vist den gennemsnitlige afkøling, idet udviklingsarbejdet fokuserede på dybere statistisk analyse og machine learning-modeller. Det gav imidlertid bedre overblik og yderligere anvendelsesmuligheder at kunne se afkølingen side	Gennemsnitlig afkøling over et brugerdefineret tidsinterval tilbage i tid fra dags dato er tilføjet som analysekategori.



	om side med de mere avancerede kategorier.	
Analyse af returtemperatur	Ligesom for afkøling var den "rå" returtemperatur oprindeligt udeladt aht. fokus på kategorierne fra Smart Fjernvarme 2. Det kunne imidlertid konstateres blandt forsyninger og generelt i tidens trend, at flere og flere værker overgår til at se mere på returtemperaturen end afkølingen. Også specifikt aht. visse forsyningers tarifysystemer var der ønske om at inkludere returtemperaturen	Returtemperatur er tilføjet som parameter. En særlig vægtet returtemperatur, der tager højde for installationens størrelse og den ønskede/forventede returtemperatur, dvs. totale belastning af nettet, er defineret i samarbejde med, specielt, Affald Varme Aarhus.
Forudsigelse af forbrug	I forlængelse af projektgruppens valg omkring ikke at implementere behovsforudsigelse, blev det pointeret, at det stadig kunne være af interesse i installationsanalysen.	Behovsforudsigelse er implementeret på via en tilpasset udgave af machine learning-modellen for forudsigelse af flow fra Smart Fjernvarme og tilføjet som separat analysekategori. Dette foregår således på enkeltinstallationsniveau (jf. analysekategori nr. 6, se Figur 5).
Forbedringer i brugerfladen	F.eks. ønske om at kunne dobbeltklikke på installationer på forsidenes lister og gå direkte til den aktuelle måler på fanen <i>Browse data</i> .	Her er vi begrænsede af Matlab®'s muligheder i retning af programmering af et egentligt brugerinterface. Emnet ville blive taget op på længere sigt, hvis programmet overgår til en softwareudbyder eller anden aktør end Teknologisk Institut, som ikke for nuværende vedligeholder og udbyder softwareløsninger.
Beregning af sommer/vinterafkøling	Der var ønske om at kunne beregne gennemsnitlig afkøling for specifik periode, og ikke kun x dage bagud i tid.	Dette er ikke implementeret aht. programmets totale kompleksitet, men kan forholdsvis let tilføjes hvis kommende brugere ønsker det.
Fokusmålere	Der var ønske om en funktion, således at man kan vælge at følge specifikke installationer over tid.	Dette er implementeret som ekstra kategori i tilføjelse til analysekategorierne, dvs. en liste, hvor fokusmålere kan tilføjes/fjernes, der ikke vises på forsiden, men kan gennemses ligesom analysekategorierne via <i>Browse data</i> fanen. Fokusmålere markeres dog



		med <i>rød kursiv</i> i analyseresultatet (listerne på forsiden).
Udelukkelse af målere	Udelukkelse af bestemte målere fra analysen, eksempelvis outliers med kendt årsag, som ikke er interessante af den ene eller anden grund og som forstyrrer billedet af den øvrige analyse.	Er implementeret via ny kategori ligesom fokusmålere. De udelukkede installationer medtages ikke i analysen.
Håndtering af stor målerpark	Der var i flere tilfælde behov for, at programmet kunne håndtere en meget stor målerpark med over eksempelvis 10.000 installationer.	Dette kunne lade sig gøre ved optimering af indlæsningsalgoritmerne i kraft af det valgte dataformat med måler-værdier på døgnbasis.
Journalføring og deling af eksempler	Det blev diskuteret, om der kunne indbygges en "rapport-knap", hvor databillede fra en udvalgt måler kunne gemmes og kommenteres i et tekstfelt. Disse rapporter ville med fordel kunne deles på tværs af forsyninger, hvis dataeksempler forinden anonymiseres. Forsyninger vil da kunne lære af hinandens installationsbesøg og analyser.	GDPR-aspektet af denne deling er i første omgang en bremseklods, men potentialet i metoden er interessant. Der er dog implementeret et rapporteringssystem via ekstra kategori, som er blevet anvendt til deling af erfaringer og rapporter mellem deltagerne og Teknologisk Institut i projektet.
Output fra applikationen	Det var forespørgsel fra specielt Affald-Varme Aarhus om eksport af specifikt output fra applikationen til integration med andre programmer og analyser.	Dette er ikke implementeret, men kan tilføjes, hvis fremtidige brugere har behov. Funktionen vil givetvis skulle være meget case-specifik, hvorfor det også blev vurderet bedst at vente til de konkrete krav til outputtet var til stede.

I tilføjelse til kommentarerne i Tabel 1 skal det nævnes, at det generelt blev diskuteret, hvordan programmet kunne bringes til at køre hurtigere og beregningstiderne reduceres. Et specifikt tiltag blev, at lade den tungeste machine learning-kategori udgå ("clustering"-metoden udviklet i Smart Fjernvarme, se [1]). Baggrunden var yderligere, at denne kategori ikke blev vurderet af lige så høj relevans i praksis som de øvrige. Til gengæld blev returtemperaturanalyse implementeret, jf. Tabel 1, hvilket er en let proces ift. hastighed, og som derved forventes at give større gevinst i den daglige anvendelse.

6. Demonstrationsrapport

I alt fire forsyninger har deltaget i demonstrationen af analyseprogrammet: Forsyning Helsingør, Fjernvarme Horsens, Fredericia Fjernvarme a.m.b.a og AffaldVarme Aarhus. I nærværende afsnit beskrives deres erfaringer med programmet både gennem de eksempler, der er meldt tilbage til Teknologisk Institut, og via deres egne ord og udtalelser, hvor det har været muligt. Eksempler og feedback vil primært



blive gennemgået for forsyningerne Fjernvarme Horsens og AffaldVarme Aarhus, da disse to deltagere har været dybest involveret i demonstrationsfasen.

Forløbene hos de fire forsyninger har været meget forskellige på grund af dels værkernes individuelle ambitioner med programmet, dels fordi intern IT-infrastruktur og tilvænning til databehandlertalet og sikkerheden omkring OneDrive-tjenesten i flere tilfælde forsinkede processen.

6.1. Implementering

Fjernvarme Horsens meldte sig tidligt på banen som prøvekanin for implementeringen. Som første led, testede de med Teknologisk Institut, at den delte arbejdsplatform (Figur 1) fungerede i praksis. Efter at dette var etableret, satte forsyningen automatiske dataeksporter op gennem FOF/Softværkets afregningssystem/server ifølge de specifikke krav til dataformater i brugermanualen (Bilag 1). Processen blev prioriteret frem for eksport via READy manager, som også var en mulighed. Årsagen til dette valg var, at mange andre forsyninger ligeledes har FOF-afregningssystemet implementeret og således efterfølgende vil kunne kopiere fremgangsmåden. Instruktion i denne metode findes i Bilag 2: Smart Fjernvarme 2 – guide til generering af dataudtræk.

I projektets sidste fase gennemgik Fjernvarme Horsens dog også proceduren til eksport af målerdata via Kamstrups READy manager med det formål at udarbejde en lignende guide til forsyninger, der i forvejen anvender denne software. Disse instruktioner er ligeledes inkluderet i guiden, Bilag 2.

Forsyning Helsingør anvendte et tredje værktøj til målerdataeksport – Kamstrups OMNISOFTE VisionAir og beskrev som de øvrige forsyninger den gennemførte metode i guiden Bilag 2. Fredericia Fjernvarme a.m.b.a. har ligesom Fjernvarme Horsens FOF-afregningssystem, hvorfor forsyningen som den sidste i rækken havde mulighed for at teste den allerede eksisterende guide.

Hos AffaldVarme Aarhus dannede man de efterspurgte dataformater ud fra forsyningens egen SQL-database, hvilket må ses som et særtilfælde blandt danske forsyninger i kraft af virksomhedens størrelse og interne kapaciteter. Der blev som et udgangspunkt udvalgt et bestemt vekslerområde (Hasle) til test af analyseprogrammet af hensyn til ikke at overbelaste programmet med data fra alle knap 60.000 installationer fra start.

AffaldVarme Aarhus bestemte sig desuden til et forløb, som adskilte sig fra de øvrige forsyningers. Jeppe Vejen Nielsen, dataanalytiker hos AVA IT forklarer:

“Vi har i AffaldVarme Aarhus arbejdet med programmet i to faser. Første fase har været at teste det egentlige program af, se hvad det har af funktioner og hvilke resultater det giver, som vi kunne handle ud fra. Anden fase har været at gøre programmet mere operationelt i en dagligdags kontekst. Det betyder, at vi har draget inspiration fra MatLab programmet og udviklet vores eget analyseværktøj i PowerBI. Det betyder, at vi har



lavet en light-version af MatLab-udgaven med fokus på enkelthed og overskuelighed, som gør det nemt for vores medarbejdere, der skal sidde og analysere data dagligt, at lære programmet at kende. Dertil er det til tænkt, at der løbende vil blive bygget flere og flere funktioner på PowerBI udgaven, så den kommer tættere og tættere på at ligne MatLab-udgaven."

Denne drejning af arbejdet med programmet (parallel implementering i egen infrastruktur) vil blive yderligere kommenteret i afsnittet Evaluering og kommentarer til det udviklede værktøj længere nede. Det er gjort interessante erfaringer omkring, hvilket kompleksitetsniveau det vil være gavnligt at starte på, og hvor stejl læringskurven i en endelig software må være.

6.2. Eksempler fra demonstrationsfasen

I Horsens og Aarhus nåede demonstrationen et punkt, hvor faktiske kundebesøg blev udført, enten på baggrund af værktøjets analyser eller blot sammenholdt med værktøjets visualisering og analyseresultater.

I Horsens blev en kampagne gennemført fra september til november 2021. Journalføring fra VVS'erens besøg ved de udpegede installationer og den resulterende effekt på kundenlæggene er opsummeret i Tabel 2. Som det ses, kunne en sænkning af returtemperaturen på mellem 18 °C og 37 °C opnås. Årsagerne til fejl på anlæggene var typisk, at indregulering var nødvendig, eller at anlæggene havde defekte ventiler. "Det har været komponentfejl og fejl på indreguleringen, f.eks. reguleringsventiler, som har været gået i stykker, eller ventiler som bare står åbent", fortæller Bjarne Hunderup, Fjernvarme Horsens.

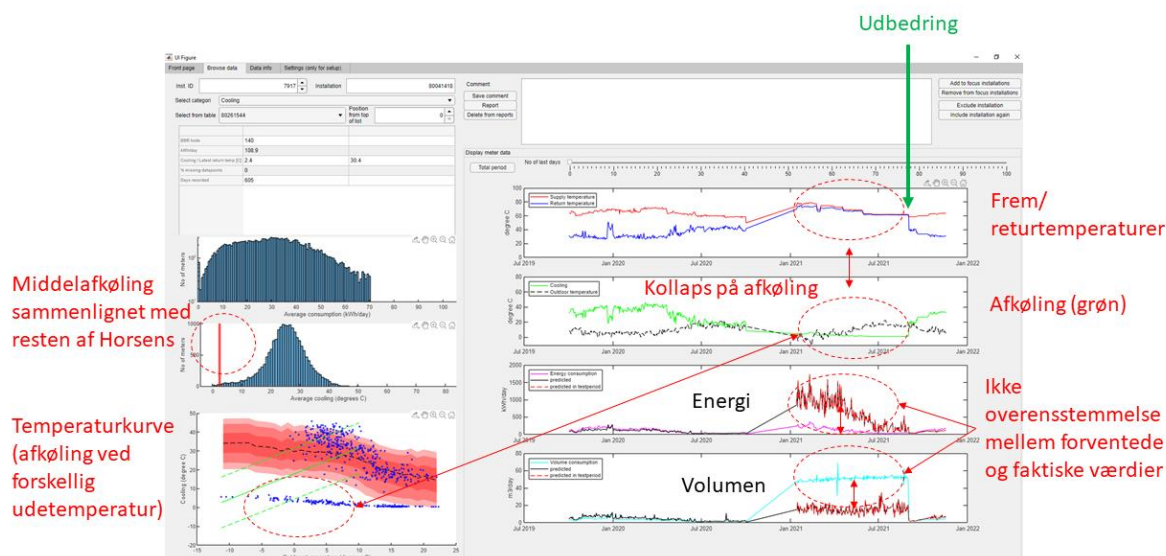
Tabel 2: Eksempler på udbedring af installationer, Fjernvarme Horsens

Anonymt kunde-nr.	Journal	Returtemperatur før	Returtemperatur efter	Forbedring
1	Indregulering af VVS'er den 3.11.2021	56 °C	38 °C	18 °C
2	Indregulering af VVS'er september 2021	56 °C	37 °C	19 °C
3	Udskiftning af defekt reguleringsventil 28.10.2021	64 °C	27 °C	37 °C
4	Indregulering af VVS'er den 27.10.2021	58 °C	36 °C	22 °C
5	Temperatur og flow OK efter indregulering den 23.09.2021	55 °C	28 °C	27 °C



6	Udbedring af fejl på anlæg og indregulering den 2.09.2021	61 °C	36 °C	25 °C
---	---	-------	-------	-------

Den sidste installation fra tabellen er vist som eksempel på Figur 6. På *Browse data*-fanen ses adskillige indikationer på, at installationen har udviklet en dårlig opførsel: Temperaturkurven med blå nederst til venstre ses hurtigt at være unormal, frem- og returtemperaturerne samler sig over en længere periode, og machine learning-modellernes forudsigelser ligger på graferne længst nede og ligger langt fra de faktisk målte (energi- og volumenforbrug). Installationen (BBR-anvendelse 140 – etagebyggeri) har endvidere et væsentligt dagligt gennemsnitsforbrug på 108,9 kWh, hvilket yderligere motiverede et besøg. Den umiddelbare effekt af udbedringen ses tydeligt på de fire grafer til højre.



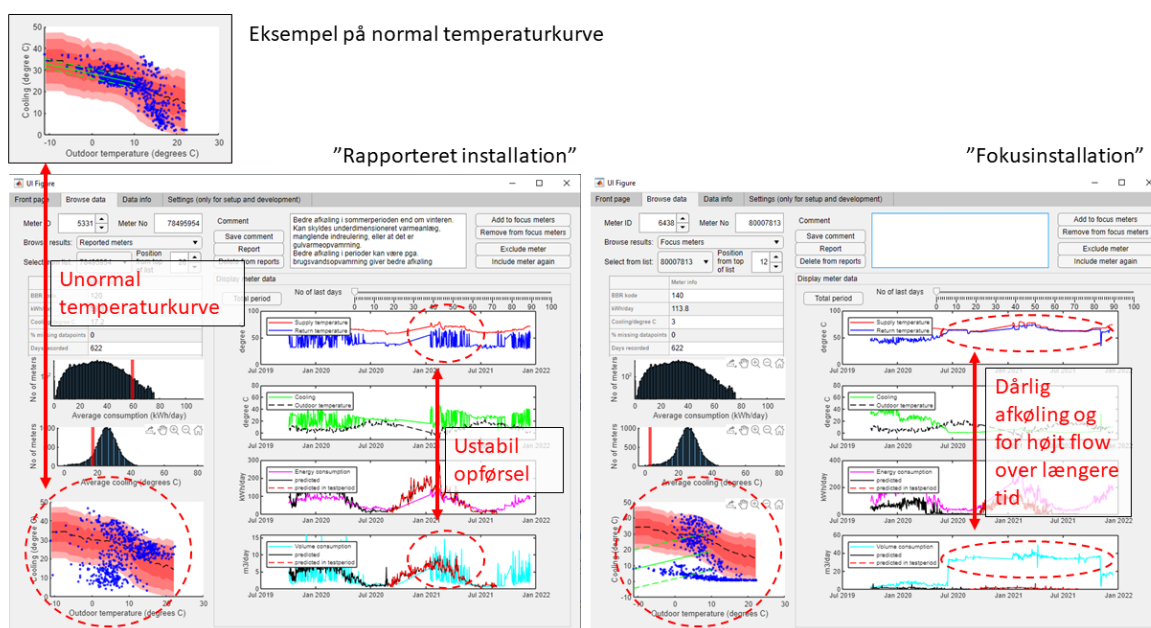
Figur 6: Eksempel på udbedret installation (nederste eksempel i Tabel 2).

To andre eksempler på installationer, som ikke er besøgt, er vist på Figur 7. Installationen til højre er føjet til listen "*Fokusinstallationer*", hvorved den kan følges over tid, indtil udbedring eventuelt bliver foretaget. Installationen til venstre er kommenteret i kommentarfeltet øverst og tilføjet listen "*Rapporterede installationer*".

Det ses umiddelbart i begge tilfælde, at de respektive temperaturkurver (blå punkter vist på forsyningens normalområde i form af den røde baggrund) afviger fra den forventede lineære kurve vist via et andet eksempel øverst på figuren. Den rapporterede måler til venstre udviser store svingninger i afkøling og flow (indikeret med stiplede røde), dvs. generel instabilitet. Denne opførsel giver ikke nødvendigvis udslag i decideret dårlig afkøling eller returtemperatur og vil gå under radaren i en standard software



som afkølingsanalysen i f.eks. READY manager. I det udviklede værktøj fanges den imidlertid under kategorien "instabilitet" (se kategori 4 i afsnittet Analysekategorier, afsnit 5).



Figur 7: To eksempler på installationer, der er under opsyn via analyseprogrammet hos Fjernvarme Horsens.

AffaldVarme Aarhus brugte i demonstrationsfasen endvidere programmet på endnu en måde, som opbakning til beslutninger omkring håndtering af fejl på kundenlæg:

"Fx XX (red.) Skole har svært ved at opnå lav returtemperatur. Kunden har brug for, at vi somehow hjælper. Når vi kigger i programmet, kan vi se at det netop er XX (red.) Skole, der fylder mest i det pågældende distributionsnet. Og derfor er vi villige til at lave et projekt med dem for i fællesskab at få bragt det i orden. Hvis installationen ikke fremgik i programmet, så ville vi sandsynligvis bare sige, at de selv skulle løse det.", fortæller Camilla Le Dous, Teknisk Kundeservice, og fortsætter:

"En anden gang er vedr. en installation ved City Vest. Martin fra Målerservice har tilfældigt fået øje på installationen som ineffektiv. Vi laver et lynhurtigt tjek i Vekslerkortet (Vores egen udgave af MatLab-programmet) og kan straks se, at den er helt gal, OG at netop den installation fylder meget i det pågældende distributionsnet."



6.3. Evaluering og kommentarer til det udviklede værktøj

I det følgende beskrives nogle af de tilbagemeldinger og feedback-punkter, som er meldt tilbage under demonstrationsfasen.

For at blive ved AffaldVarme Aarhus forklarer Jeppe Vejen Nielsen:

"De største gevinster ved programmet er at få identificeret kunder med installationer, som ikke præsterer som de skal. Med over 60.000 aktive målere har vi ikke mulighed for manuelt at holde øje med samtlige målere. Programmet hjælper med at analysere og sortere i hvilke kunder, som vi aktivt skal tage fat i for at hjælpe dem med at optimere deres installationer, så det præsterer bedst muligt til fordel for kunderne og AVA."

"Programmets styrker er tydeligvis den analytiske del, både på forsiden hvor man får et overblik over mange installationer, men især også analyse-fanen hvor man kan gå i dybden med én installation ad gangen. Det er også en stor styrke, at der er muligt at whiteliste og blacklist installationer samt tilknytte kommentarer, hvis man f.eks. har taget kontakt til en kunde." (jf. funktionerne Fokusinstallationer og Rapporterede installationer).

Fra Fjernvarme Horsens supplerer Bjarne Hunderup:

"Vi har arbejdet med programmet lidt som en sparring til READy, - lidt som en overbygning. Det er meget standardrapporter man kan trække ud af vores READy manager - en standard brugerflade, standard søgninger. Her er vi så lidt bredere stillet, den (analyseprogrammet, red.) finder nogen installationer, som vi ikke finder med vores standardsøgekriterier i fjernaflysningssystemet."

... vi får overblik, selvom vi får flere og flere kunder, selvom vi er vokset fra 8000 til 18000, så har vi det samme overblik, fordi vi har et system her, som godt kan li' det, hvis der er mange at se på, og håndterer det bare hvis der er mange kunder. Og så har vi et overblik fordelt på anvendelsestyperne, BBR-koderne."

Fælles for alle forsyningerne i projektet er, at motivationen bunder i bedre kundesupport og fremtidige energibesparelser. *"De største gevinster er, at vi med en lav fremløbstemperatur stadigvæk kan forsyne vores kunder, få en lav returtemperatur, og prioritere det"* - Bjarne Hunderup, Fjernvarme Horsens.

Forbedringspunkter for softwaren nævnes også fra både AffaldVarme og Fjernvarme Horsens, nemlig omkring brugerfladen i programmet, hvilket også er en grundlæggende udfordring i et udviklingsprojekt som dette, hvor decideret software ikke kan udvikles side om side med eksperimenterende algoritmeudvikling og første demonstration. Det er dog et yderst vigtigt emne, som kan blive en showstopper, hvis det ikke tages alvorligt og til efterretning.

"Man er nødt til at bruge den for at lære det. Det er vigtigt at have beskrivelserne af hvad graferne viser og emnet de håndterer. Man kan godt have svært ved at få overblikket." fortæller Bjarne Hunderup.



Jeppe Vejen Nielsen fortsætter ad samme bane: *"Svagheder er den visuelle del samt kompleksiteten af analyseværktøjet. Kompleksiteten er både en god og dårlig ting i den forstand, at man ud fra programmet kan få rigtig stor indsigt i, hvordan hver enkelt installationer præsterer, men læringskurven for programmet er meget stejl og kan være overvældende i starten. Det er også derfor, vi har tilpasset værktøjet for til at starte ud med kun at have de mest simple funktioner for at få det implementeret i organisationen, og så vil vi langsomt bygge flere af elementerne fra MatLab-programmet på for at flade læringskurven ud... Brugergrænsefladen kunne både gøres mere visuelt behagelig, samtidig med at brugeroplevelsen ville kunne designes mere med brugerne for øje."*

Denne feedback til brugerfladen tages foreløbig ad notam, og vil blive overvejet nøje i de næste skridt, som vil involvere forsøg på at få en større aktør til at videreføre værktøjet. En bemærkning fra udviklernes side på Teknologisk Institut er også, at for at programmet kan vise sit potentiale i den kommende tid efter projektafslutning (og før andre aktører eventuelt kan videreføre det), har det også været nødvendigt at implementere hellere i overkanten af funktionalitet end for lidt, idet det ikke umiddelbart er muligt efterfølgende. Vurderingen fra AffaldVarme Aarhus er da også, at modellen nok skal fungere i praksis:

"Jeg ser dog, at MatLab-programmet for mange andre forsyningsvirksomheder vil kunne medføre stor værdi som det er nu, og at læringskurven ikke er uoverkommelig... Som nævnt er programmet, som det er nu, meget funktionelt og giver stor værdi i arbejdet med at optimere forsyningselskabets egen performance samtidig med, at man har mulighed for at yde en god kundeservice ved at reagere på dårligt præsterende anlæg med det samme de fejl - fremfor at kunden først bliver opmærksom på det, næste gang de får en regning hvoraf f.eks. dårlig afkøling afslører, at noget er galt" - Jeppe Vejen Nielsen.

Det er samtidig indtrykket, at flere af deltagerne i projektet allerede har fundet frem til de forskellige lag i analyseniveauerne, hvor afkøling- og returtemperaturanalyse og åbenlyse fejlbehæftede anlæg ligger forud og mere subtile og skjulte fejl, som der måske alligevel vil være potentiale for at luge i.

"At optimere kunderne er et langt sejt træk, hvor man skal fastholde indsatsen. Her får vi et værktøj som kan gå ind og fastholde den strategi. Fordi det tager lang tid. Når vi nu har alle dem med fejl - store fejl - dem får vi jo luet væk ret hurtigt, men så kommer det generelle løft for rigtig mange af installationerne. Det kan vi ligesom fastholde her." - Bjarne Hunderup, Fjernvarme Horsens.

Pointen med, at der til sidst i projektet blev implementeret "trivielle" kategorier såsom afkøling- og returtemperaturanalyse, er netop at flere forsyninger fremover kan have både denne del at starte op på og samtidig mulighed for at bevæge sig videre på længere sigt. Samtidig frigør programmet sig fra nødvendigtvis at skulle anvendes parallelt med analysedelen og software fra andre fjernaflæsningsystemer.



6.4. Fremadrettet brug blandt de deltagende forsyninger

Ved projektafslutning har de fire forsyninger, der har deltaget i demonstrationen, alle værktøjet implementeret og planlægger at bruge det fremover i den eksisterende version.

Hos Fredericia Fjernvarme a.m.b.a og Forsyning Helsingør er man for nuværende i den indledende analysefase, hvor man vænner sig til programmet og hiver interessante installationer ud til prioritering af kundebesøg. Hos Fjernvarme Horsens og AffaldVarme Aarhus er man nu så langt, at forsyningernes fremtidige anvendelse af programmet er planlagt i større detaljer.

"Vi vil gerne have det kørende, i hvert fald på ugebasis" – lyder det fra Fjernvarme Horsens. Her har man parallelt med Smart Fjernvarme 2-projektet planlagt et større internt projekt for 2022, der skal give en lavere returtemperatur, og hvor det udviklede analyseprogram i Smart Fjernvarme 2 skal anvendes side om side med READY manager og Kamstrups Heat Intelligence. I projektet indgår registrering af "Fjernvarme tjek" via VVS'ere og særlige tilbud og favorable ordninger til kunderne, hvor udbedringer foreslås, eksempelvis gratis installationstjek, hvis udbedring efterfølgende foretages, og finansiering via varme-regningen.

AffaldVarme Aarhus fortsætter også ad samme spor, som påbegyndt i projektet: *"Vi vil forsat bruge MatLab-programmet som inspiration og "fyrtårn" for, hvordan vores PowerBI-udgave skal udvikles fremadrettet, da MatLab-programmet er et rigtigt godt analyseværktøj, men med en for høj læringskurve. Vores tilgang og redesign af programmet udspringer fra, at vi har et Data-team, der har kompetencerne og ressourcerne til at redesigne og udvikle vores eget, og som kan inkorporere nogle af de unikke ting som AffaldVarme Aarhus har. F.eks. vores 51 vekslerområder, som vores PowerBI-program er opdelt efter, for at højne detaljeniveauet af hvordan vi analyserer vores forbrugsdata."*

Også Forsyning Helsingør og Fredericia Fjernvarme a.m.b.a ser positivt på fremtidig installationsanalyse via programmet. I større sammenhæng er den gennemgåede demonstrationsfase kun begyndelsen, og langt flere erfaringer og kommende forbedringer forventes inden for de kommende år, enten via direkte support til forsyningerne eller eventuelt opfølgende projekter med de rigtige software-leverandører involveret.

7. Konklusion og videreførelse af værktøjet

I projektet første fase er et distribuerbart analyseprogram blevet udviklet til overvågning og performance-vurdering af en fjernvarmeforsynings kundeinstallationer. Programmet baserer sig på fjernaf-læste varmemålerdata, statistiske metoder og machine learning. Foruden varmemålerdata anvender programmet en brugergenereret liste med BBR-anvendelseskoder for samtlige installationer samt vejrdata fra DMI's Open Data API.



Der er leveret følgende til fri anvendelse blandt danske fjernvarmeforsyninger:

- Kompileret stand-alone version af analyseprogrammet, som kan anvendes uden licens.
- Brugermanual
- Guide til generering af de nødvendige dataudtræk fra, vigtigst, målerdata.

Projektgruppen vil i den kommende tid fortsat anvende programmet internt på de respektive forsyninger, men også forsøge at udbrede det. En beskrivelse af mulighederne med programmet henvendt til danske fjernvarmeforsyninger forventes udgivet via en artikel i magasinet Fjernvarmen i begyndelsen af 2022, og workshops eller temadage planlægges som opfølgning og dialog med kommende brugere.

På længere sigt vil projektgruppen forsøge at videreføre værktøjet via samarbejdspartnere fra relevante etablerede softwarehuse, hvorved specielt den modtagne feedback omkring brugerflade og -venlighed vil kunne imødekommes samtidig med, at vedligehold af programmet vil kunne sikres.

Et endnu uafklaret aspekt ved værktøjet, som de deltagende forsyninger viste interesse for, er muligheden for en fremtidig deling af kundeeksempler på diagnosticerede fejl m.m. via softwaren, dvs. på tværs af forsyninger, hvorved større viden om installationsanalyse ville kunne opsamles. GDPR-aspektet i dette er for nuværende stadig en væsentlig bremseklods, men eftersom den generelle viden og erfaring på området til stadighed modnes, vil emnet med fordel kunne tages op, når tiden er til det.

8. Referencer

- [1] F&U-konto, rapport nr. 2018-01, Jakob Fester, Kaj Bryder, Peter Friis Østergaard og Jan Nielsen, Teknologisk Institut, [http: Effektivisering af fjernvarmeforsyning ved anvendelse af smart meter-data og supplerende sensorer \(danskfjernvarme.dk\)](http://Effektivisering%20af%20fjernvarmeforsyning%20ved%20anvendelse%20af%20smart%20meter-data%20og%20supplerende%20sensorer%20(danskfjernvarme.dk))
- [2] [Meteorological Observation - DMI Open Data - Confluence \(govcloud.dk\)](http://Meteorological%20Observation%20-%20DMI%20Open%20Data%20-%20Confluence%20(govcloud.dk))
- [3] Technical Report 13-13, Catalogue of Meteorological Stations in Denmark: Overview of Observation Sites and Parameters by January 2013, Kenan Vilic et al., Danish Meteorological Institute, ISSN:1399-1388

9. Bilag

Følgende to dokumenter er udarbejdet til instruktion for kommende brugere af det udviklede værktøj:

- Bilag 1: Smart Fjernvarme 2 – Brugermanual (vers. 8)
- Bilag 2: Smart Fjernvarme 2 – Guide til generering af dataudtræk



TEKNOLOGISK
INSTITUT