

# BÆREDYGTIGHEDSANALYSE FOR ETABLERING AF KLIMA- OPTIMERET VARMEFOR- SYNING I HEDELYNGEN



boligforeningen 3B



**KAB**

**COWI**

**FA**

FRIIS ANDERSEN  
ARKITEKTER

**COWI**



# BÆREDYGTIGHEDSANALYSE

for etablering af klimaoptimeret varmforsyning i Hedelyngen

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.				
A109169	1				
VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
1.0	8.7.2021	Bæredygtighedsanalyse for etablering af klimaoptimeret varmforsyning i Hedelyngen	CEST	SEM	SGON

# INDHOLD

1	Forord	6
2	Formålet med bæredygtighedsanalysen	7
3	Introduktion	8
4	Resume og anbefaling	9
5	Helhedsplan & Grøn screening	11
5.1	Helhedsplan	11
5.2	Grøn screening – effekten af klimaskærmsrenovering	12
5.3	Grøn screening – effekten af etablering af hybridanlæg med batteri	13
5.4	Grøn screening – stort potentiale ved etablering af nyt varmesystem	13
6	Gennemgang af mulige tekniske løsninger	15
6.1	Løsning A: Lavtemperaturnet (55-60 °C)	16
6.2	Løsning B: Ultra-lavtemperatur fjernvarme (30-45 °C) (eksisterende net de første 10 år)	17
6.3	Løsning C: Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 °C - Kold fjernvarme)	21
6.4	Løsning D: Decentrale luft-vand varmepumper pr. blok med blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere	26
6.5	Løsning E: Decentrale vand-vand varmepumper pr. blok med varmeoptag fra jordboringer, blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere	27

7	Investering, drift og vedligeholdelse	28
8	Samfundsøkonomiske beregninger	30
9	Brugerøkonomiske beregninger	31
10	Beregning af klimaeffekt over 20 år	32
11	Trinvis evaluering af de alternative tekniske løsninger	33
11.1	Reference (Løsning A)	33
11.2	Alternativ 1 (Løsning D)	34
11.3	Alternativ 2 & 3 (Løsning B & C)	34
11.4	Alternativ 4 (Løsning C4)	35
11.5	Alternativ 5 (Løsning E)	35
12	Miljømæssige og praktiske forhold for løsning A (reference) og løsning E (alternativ 5)	38
13	Sammenfatning	40

BILAG A, B, C, D findes sidst i dokumentet.

# 1 Forord

Denne rapport beskriver proces og resultater fra den bæredygtighedsanalyse, som COWI på vegne af Boligforeningen 3B's afdeling Hedelyngen i Herlev har modtaget støtte til at udføre fra Realdanias pulje til klimamæssig bæredygtighed i almene boligorganisationers renoveringsprojekter. Realdania bevilgede 460.000 kr. til at analysere mulighederne for at klimaoptimere Hedelyngens 40 år gamle lokale fjernvarmenet.

Opgaven blev indledningsvis drøftet med det byggeudvalg, som i Hedelyngen er nedsat for at tilrettelægge en helhedsplan med tilhørende hybrid anlæg (solceller og batterilagre), som Landsbyggefonden har bevilget ydelsesstøtte til. På det grundlag har COWI beskrevet en række alternative tekniske løsninger og beregnet de samfundsøkonomiske, brugerøkonomiske og miljømæssige konsekvenser. Både processen og de analyserede tekniske løsninger er detaljeret beskrevet i rapporten.

Nogle af de alternativer, som kan fremvise de mest attraktive samfundsøkonomiske, brugerøkonomiske og miljømæssige egenskaber, er blevet fravalgt af byggeudvalget i Hedelyngen, fordi de er vurderet til at ville få negative konsekvenser for Hedelyngens arkitektoniske udtryk og/eller ville medføre uacceptable støjgener for beboerne. Selv om de ikke vil blive gennemført i Hedelyngen, vurderer COWI, at de i andre boligområder eller i andre almene boligafdelinger kan være særdeles velegnede som led i den grønne omstilling af boligsektoren.

På grundlag af resultaterne i dette analyseprojekt vil COWI i samarbejde med byggeudvalget i Hedelyngen og KAB som administrator for helhedsplan og hybrid anlæg udarbejde en ansøgning til Realdania om supplerende realiseringsstøtte, da omkostningerne til klimaoptimering af Hedelyngens varmesystem uden en sådan støtte vil påføre beboerne en uforholdsmæssig stor ekstra huslejestigning.

## 2 Formålet med bæredygtighedsanalysen

Projektet "klimaoptimeret fjernvarmesystem" i Boligforeningen 3B's boligafdeling Hedelyngen i Herlev har til formål at identificere ressource- og klimamæssigt hensigtsmæssige løsninger på nogle af de udfordringer, som den politiske målsætning om grøn omstilling stiller den affaldsbaserede fjernvarmesektor overfor i de kommende ti år.



Den politiske aftale fra juni 2020 om "Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi" indeholder et krav om, at mængden af forbrændingsegnet affald skal reduceres med en tredjedel frem til 2030 for at kunne bidrage til målsætningen om at reducere udslippet af drivhusgasser med 70 procent i 2030 i forhold til referenceåret 1990. Samtidig forventes det i den politiske klimaaftale om energi og industri – ligeledes fra juni 2020 - at olie- og naturgasopvarmede boliger skal konverteres bl.a. til grøn fjernvarme.

Det affaldsbaserede fjernvarmeselskab Vestforbrænding er den vigtigste leverandør af fjernvarme i Herlev kommune.

Fjernvarmeselskabet har på den baggrund støttet op om Hedelyngens arbejde med at finde frem til den samlet set mest bæredygtige fremtidige varmeløsning i Hedelyngen.

Formålet med bæredygtighedsanalysen har på den baggrund været at finde frem til den eller de løsninger, der bedst kan tilgodese hensyn til de overordnede klimamålsætninger, herunder at sikre realisering af rentable energibesparelser og ressourceforbrug og ikke mindst god samfundsøkonomi og brugerøkonomi.

Analyserne der er gennemført, er løbende blevet vurderet i samarbejde med det lokale beboerdemokrati.

### 3 Introduktion

Den centrale opgave i det analyseprojekt, som i januar 2021 fik bevilget 460.000 kr. af Realdania, har været at kortlægge, hvordan lokale boligområder på en proaktiv måde kan bidrage til den grønne omstilling ved at indgå i et mere fleksibelt samspil med fjernvarmesektorens produktionsanlæg.

Udgangspunktet for ansøgningen til Realdania var, at politiske aftaler fra juni 2020 har stillet de affaldsbaserede fjernvarmeværker over for en dobbelt udfordring:

- > På den ene side indeholder klimaplanen for en grøn affaldssektor en målsætning om, at mængden af forbrændingsegnet affald skal reduceres med en tredjedel frem til 2030 for at bidrage til reduktion af klimagasserne.
- > På den anden side indeholder klimaplanen for energi og industri en målsætning om, at olie- og naturgasopvarmede boliger skal konverteres til grøn fjernvarme eller eldrevne varmepumper.

Med mindre mængder brændsel skal et selskab som Vestforbrænding øge antallet af kunder i takt med konvertering af de olie- og naturgasbaserede boliger i det forsyningsområde, som potentielt også kan udvides i de kommende 10 år.

For at imødekomme den faldende energiressource og det nye kundegrundlag, er der derfor behov for, at Vestforbrændings eksisterende kunder effektiviserer deres bygninger og interne varmedistributionssystemer.

Et alternativ hertil er, at strategisk udvalgte kundegrupper, som har en lokal energiressource tilgængelig, dækker deres varmebehov på en alternativ klimamæssigt bæredygtig måde. Det kan ske ved f.eks. at producere dele eller hele sin energi via egne energioptagere og/eller lokale vedvarende energikilder og dermed helt eller delvist at afkoble sig fra sin fjernvarmeleverandør.

Boligforeningen 3B's boligafdeling Hedelyngen i Herlev kommune blev udvalgt som case for denne bæredygtighedsanalyse, fordi det gennem en grøn screening af boligafdelingen blev kortlagt, at det største potentiale for yderligere energifektivisering udover de initiativer, der var foreslået i en helhedsplan, ligger i at renovere det 40 år gamle nedslidte lokale fjernvarmenet.

Med det som udgangspunkt har COWI analyseret 4 teknisk forskellige bæredygtige varmeløsninger. COWI har for alle løsninger regnet på samfundsøkonomiske omkostninger, de brugerøkonomiske samt ikke mindst de klimamæssige konsekvenser af de alternative tekniske forsyningsløsninger.



## 4 Resume og anbefaling

COWI har i sin kortlægning af potentielle innovative løsninger for klimaoptimering af det eksisterende fjernvarmenet analyseret en række alternative modeller, hvoraf der er lavet en samlet teknisk, miljømæssig og praktisk vurdering af de to mulige løsninger, som lever op til kravene i Hedelyngen.



Beboerne i Hedelyngen lægger stor vægt på at kunne opretholde boligafdelingens eksisterende arkitektoniske udtryk. Det betyder, at byggeudvalget har fra-valgt flere af de alternative løsninger, der indeholder de mest fordelagtige samfundsøkonomiske konsekvenser. Ligeledes har beboerdemokratiet udelukket modeller, der "levetidsforlænger" det eksisterende nedslidte varmenet, fordi det blot udskyder nødvendige investeringer i et nyt ledningsnet og forudsætter betydelige løbende udgifter til vedligeholdelse og udbedring af lækager.

De øvrige analyserede tekniske løsninger kan være relevante at tage i anvendelse i andre lokale boligområder, hvor de praktisk kan indpasses, og dermed bidrage til at sikre en bedre udnyttelse af tilgængelige varmekilder fra fjernvarmeværker eller affaldsforbrændingsanlæg.

På den måde kan en klimaoptimering af lokale fjernvarmenet bidrage til at løse de affaldsbaserede fjernvarmesystemers udfordring med dels at omstille energiproduktionen til at være baseret på fornybare ressourcer samtidig med, at der i større og større grad introduceres nye varmekilder fra f.eks. udnyttelse af overskudsvarme fra virksomheder, og at flere nye kunder kommer til som følge af konvertering af olie- og naturgasopvarmede boliger.

For Hedelyngen er de aktuelle muligheder to radikalt forskellige løsninger:

- > Der investeres i et nyt højisoleret lavtemperatur fjernvarmenet, der betyder, at fremløbstemperaturen kan nedsættes, tabet minimeres herved. I takt med at bygningerne renoveres, vil varmebehovet falde væsentligt. Den samlede varmeleverance fra Vestforbrænding reduceres tilsvarende (reference).
- > Som alternativ kan Hedelyngen afkoble sig fra det overordnede fjernvarmesystem og på den måde frigøre kapacitet hos Vestforbrænding, så fjernvarmeselskabet kan forsyne flere nye kunder uden at skulle udbygge kapaciteten. I stedet skal varmekilden skaffes gennem lodrette borer, og varmebehovet dækkes med decentrale blokbaserede varmepumper (løsning E).

En analyse af de samfunds- og brugerøkonomiske konsekvenser af de analyserede alternativer vidner om, at det vil være mest attraktivt at vælge det nye højisolerede fjernvarmenet.

De samfundsøkonomiske omkostninger er ca. 10 mio. kr. lavere for denne løsning, der også medfører en lavere udgift for beboerne til husleje og varmeregning. Både el- og varmesystemet er i nær fremtid netto fri for udledning af klimagasser. Elsystemet er nået længere i sin grønne omstilling end fjernvarmen, hvorfor de decentrale varmepumper klimamæssigt, over de første 20 års drift, vinder ift. fjernvarmeløsningen.

Byggeudvalget i Hedelyngen vil med resultatet af bæredygtighedsanalysen afklare muligheder for supplerende realiseringsstøtte, myndighedsforhold mm, før beboerne præsenteres for et endeligt oplæg til ny bæredygtig varmeforsyning.

## 5 Helhedsplan & Grøn screening

### 5.1 Helhedsplan

Hedelyngen har igennem flere år arbejdet for at gøre boligafdelingen tidssvarende og sund. Det lokale beboerdemokratis konklusion var, at der skulle søges om støtte fra Landsbyggefonden til en helhedsplan.

Helhedsplanen omfatter efterisolering af tag og facader, nye vinduer og døre og et tidssvarende ventilationssystem. Herud over blev helhedsplanen suppleret med et hybridanlæg bestående af solceller og batterilagre.

Efter den boligpolitiske aftale maj 2020 blev helhedsplanen suppleret med en grøn screening, som kortlagde potentialet for yderligere energi- og miljømæssige optimeringer.



Figur 1. Hedelyngen oversigt (kilde: Google Earth)

De samlede omkostninger til helhedsplan og hybridanlæg er opgjort til 135 mio. kr. hertil kommer et beløb på 11,9 mio. kr. som er afsat til fornyelse af varmesystemet i Hedelyngen afhængigt af den valgte løsning.

Med denne ydelsesstøtte vil helhedsplan, hybridanlæg og en del af udgiften til etablering af en ny varmeløsning udløse en husleje-forhøjelse på 66 kr./m<sup>2</sup>/år svarende til ca. 6%, som er godkendt af beboerne.

Til gengæld kan beboerne se frem til en besparelse på udgifter til el- og varme på ca. 35 kr./m<sup>2</sup>, der delvist kompenserer huslejeforhøjelsen.

Hedelyngen er en bebyggelse i Herlev, der blev bygget i 1981. Bebyggelsen består af 45 bygninger, hvor der er 43 boligblokke med 2-5 boliger per blok (155 boliger i alt), et fælleshus og en børnehave. Boligafdelingens BBR-areal er oplyst til 13.035 m<sup>2</sup> opvarmet areal.



Varmeforbruget i 2019 er oplyst til at være samlet set 1.587 MWh (graddage-korrigeret) inkl. ledningstab. Det svarer til et forbrug på 122 kWh/m<sup>2</sup> boligareal. Det samlede energiforbrug er opgjort til at være delt op på 35% til ledningstab og 65% til rumopvarmning og brugsvand i boligerne.

## 5.2 Grøn screening – effekten af klimaskærmsrenovering

På baggrund af oplysninger fra Friis-Andersen Arkitekter og COWIs energikonsulents supplerende sammenligning med eksisterende energimærker, blev arealer for lette ydervægge, tag, vinduer og døre opgjort.

Arealerne for de enkelte bygningskomponenter blev herefter vurderet ift. aktuel u-værdi (W/m<sup>2</sup>K) og fremtidige forhold (BR18). Det blev også vurderet, om det vil være muligt/relevant at opgradere disse komponenter til lavenerginiveau.

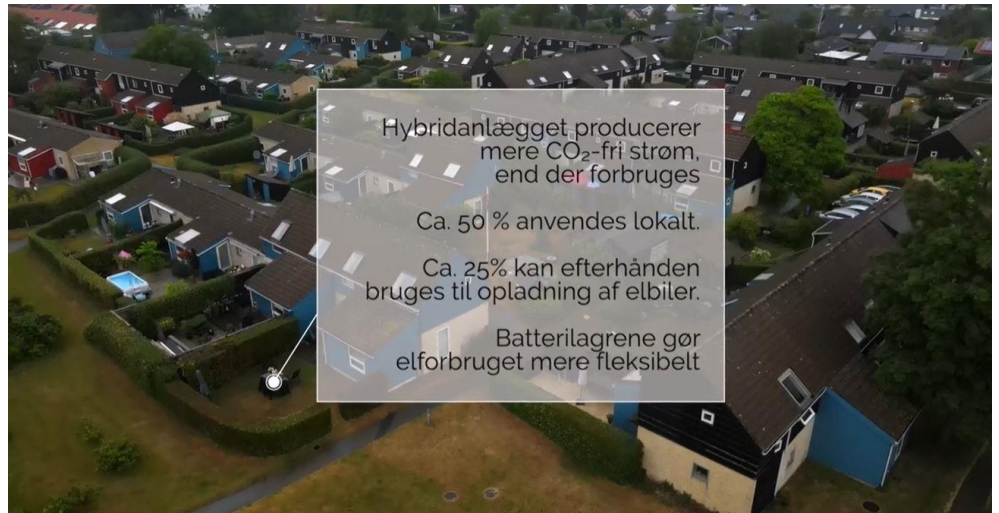
Konklusionen på beregninger var, at det ikke er fordelagtigt at gå længere end de nuværende valgte komponenter til reovering af klimaskærmen, da der allerede er lagt et højt ambitionsniveau i valg af materialer.

Som det var beregnet, opnås en energibesparelse på 26 kWh/m<sup>2</sup> pr. år ved realisering af de valgte tiltag: i. Let ydervæg, ii. Tag, iii. Vinduer, iv. Døre

Der opnås således en energibesparelse på (26 kWh/m<sup>2</sup>\*13.035 m<sup>2</sup>) 338 MWh/år, svarende til en energibesparelse på 21% ift. nuværende samlet energiforbrug.

### 5.3 Grøn screening – effekten af etablering af hybridanlæg med batteri

Hedelyngen har besluttet at etablere et hybridanlæg med solceller og batterier. Anlægget vil på årsbasis producere lidt mere elektricitet, end beboerne bruger.



Anlægget vil med batterier sikre, at ca. 50% af strømmen, som produceres lokalt, kan anvendes i Hedelyngen. Analyser viser, at ca. 25% af den strøm, der de første år må sælges til nettet, vil kunne anvendes til opladning af elbiler.

På baggrund af en såkaldt PVT-BAT screening har COWI beregnet det årlige overskud efter forrentning af kapital, henlæggelser til vedligeholdelse af solcelleanlægget, køb/salg af strøm efter nuværende og forventede kommende takster, til mindst 215.000 kr./år, svarende til 17 kr./m<sup>2</sup>/år.

COWI har lagt op til og indstillet, at der i første omgang arbejdes med et forsigtigt beregnet overskud på 10 kr./m<sup>2</sup>/år. Overskuddet fordeles ift. m<sup>2</sup>, boligareal som en 'Solrabat'.

### 5.4 Grøn screening – stort potentiale ved etablering af nyt varmesystem

Det nuværende fjernvarmesystem er 40 år gammelt og har udtjent sin tekniske levetid. Der er væsentlig risiko for at der inden for de kommende år vil forekomme hyppigere ledningsbrud.

Det er COWIs vurdering, at ledningstabt fra varmecentralen (under børnehaven) og frem til de enkelte boliger er mindst 35%. I lignende projekter har COWI set energitab, der er større end 35%.

Ved at udskifte ledningsnettet til et nyt højisoleret ledningsnet med twin-rør er det COWIs vurdering, at det vil være muligt at reducere ledningstabt til 12%.

I beregningen af energibesparelsen ved etablering af nyt fjernvarmesystem er energibesparelsen ved renovering af klimaskærmen fraregnet – svarende til et resulterende varmeforbrug på (1.587–338) 1.249 MWh/år.

Den supplerende energibesparelse ved etablering af nye fjernvarmerør er opgjort til  $(1.249 \text{ MWh/år} * (0,35-0,12))$  287 MWh/år, svarende til supplerende 18% energibesparelse.

Samlet beregnet energiforbrug efter renovering af klimaskærm og fjernvarmenet er på 962 MWh/år (inkl. ledningstab), der svarer til et nyt lavtemperatur fjernvarmenet, som er beskrevet i afsnit 6.1 (Løsning A).

## 6 Gennemgang af mulige tekniske løsninger

COWI har udarbejdet og analyseret en række løsninger for at etablere et nyt varmesystem, der kan levere varme og varmt brugsvand til bygninger i Hedelyngen. I dette afsnit gennemgås de umiddelbart mulige varmetekniske løsninger.

For hver løsning beskrives hvilke komponenter anlægget består af efterfulgt af en indikativ vurdering af de miljømæssige fordele og ulemper i forhold til ressourcer bundet i materialer, etablerings- og driftsfasen og i en de-commissioning fase. Energiforbruget både på varme-siden og el-siden forudsættes fra senest 2030 at være helt fri fra udledning af CO<sub>2</sub>.

Det er således de bundne materialer på forsyningsiden og i bygningerne, herunder de tekniske implikationer ved installationer, som kan afgøre hvilke løsninger der miljømæssigt er mest fordelagtige.

De mulige varmetekniske løsninger, som er analyseret er:

### A. Lavtemperaturnet (55-60 °C)

### B. Ultra-lavtemperatur fjernvarme (30-45 °C) (eksisterende net de første 10 år)

- > **B1.** Individuelle gennemstrømsvandvarmere med forøget batterikapacitet
- > **B2.** Micro-boostere til varmt brugsvand og fordelingsrør pr. blok
- > **B3.** Individuelle elvandvarmere til varmt brugsvand (med forøget batterikapacitet)

### C. Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 °C - Kold fjernvarme)

- > **C1.** Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, individuelle gennemstrømsvandvarmere med forøget batterikapacitet
- > **C2.** Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør
- > **C3.** Varmeoptag fra central luft-vand varmepumpe i eksisterende fjv. net (udskiftes efter 10 år til nyt termonet), varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet
- > **C4.** Varmeoptag fra 3 mindre centrale luft-vand varmepumper i nyt termonet, varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet.

### D. Decentrale luft-vand varmepumper pr. blok med blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere

### E. Decentrale vand-vandvarmepumper pr. blok med varmeoptag fra jordboringer, blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere

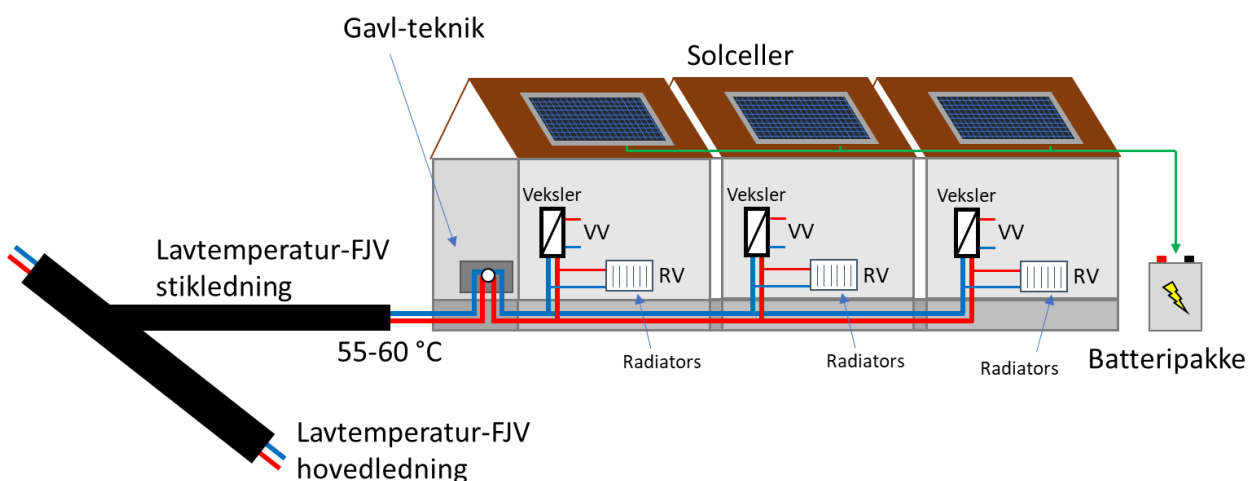
## 6.1 Løsning A: Lavtemperaturnet (55-60 °C)

Det eksisterende fjernvarmeledningsnet er mere end 40 år gammelt. Ledningstabet er vurderet til mindst 35%. Ved at etablere et nyt lavtemperatur ledningsnet samtidig med udskiftning af eksisterende brugsvandsvekslere til nye lavtemperatur vekslere vil arbejdet med udbedring af skader ved brud blive elimineret, og ledningstabet kan med et nyt højisoleret ledningsnet med twin-rør reduceres til ca. 12%.

Fremløbstemperatur kan - når bygningerne om få år er gennemrenoveret med nye vinduer, døre, isolering mm - nedsættes til 55 °C med et maksimum på 60 °C på meget kolde dage. Det betyder, at systemet kan levere både varme og varmt brugsvand uden lokalt behov for opvarmning af brugsvand.

Et nyt lavtemperatur fjernvarmesystem består af følgende komponenter (se Figur 2):

- > Nye lavtemperatur fjernvarmeledninger
- > Nye lavtemperaturvekslere i boliger



Figur 2. Principdiagram til et nyt lavtemperatur fjernvarmenet



## 6.2 Løsning B: Ultra-lavtemperatur fjernvarme (30-45 °C) (eksisterende net de første 10 år)

I denne løsning forudsættes det eksisterende fjernvarmenet anvendt i en periode på 10 år, hvorefter selve ledningsnettet udskiftes med et nyt net forberedt for ultra-lavtemperatur. Det er ikke endeligt afklaret, om Vestforbrænding vil have mulighed for at overtage ansvar for drift og vedligeholdelse af et sådan net, efter at det er udskiftet til et nyt, men det er dog forudsat i beregningerne af samfundsøkonomi og brugerøkonomi.

Kapaciteten i det eksisterende fjernvarmenet vil - efter at bygningerne er blevet energirenoveret - fint kunne fremføre den nødvendige varmeenergi til bygningerne, da det i dag er kraftigt overdimensioneret. Når fremløbstemperaturen reduceres, vil ledningstabet blive reduceret væsentligt.

Den meget lave fremløbstemperatur styres efter netop at kunne dække behovet for rumvarme, og dermed vil etablering af smart autotuning (styring efter komfort i boligerne og konkrete vejrforhold) være en måde løbende at optimere fremløbstemperaturen i systemet.

Brugsvandsproduktionen kan laves på tre forskellige måder:

- > **B1.** Individuelle gennemstrømsvandvarmere med forøget batterikapacitet
- > **B2.** Micro-boostere til varmt brugsvand og fordelingsrør pr. blok
- > **B3.** Individuelle elvandvarmere til varmt brugsvand (med forøget batterikapacitet)

De tre måder til produktion af varmt brugsvand gennemgås i det følgende.

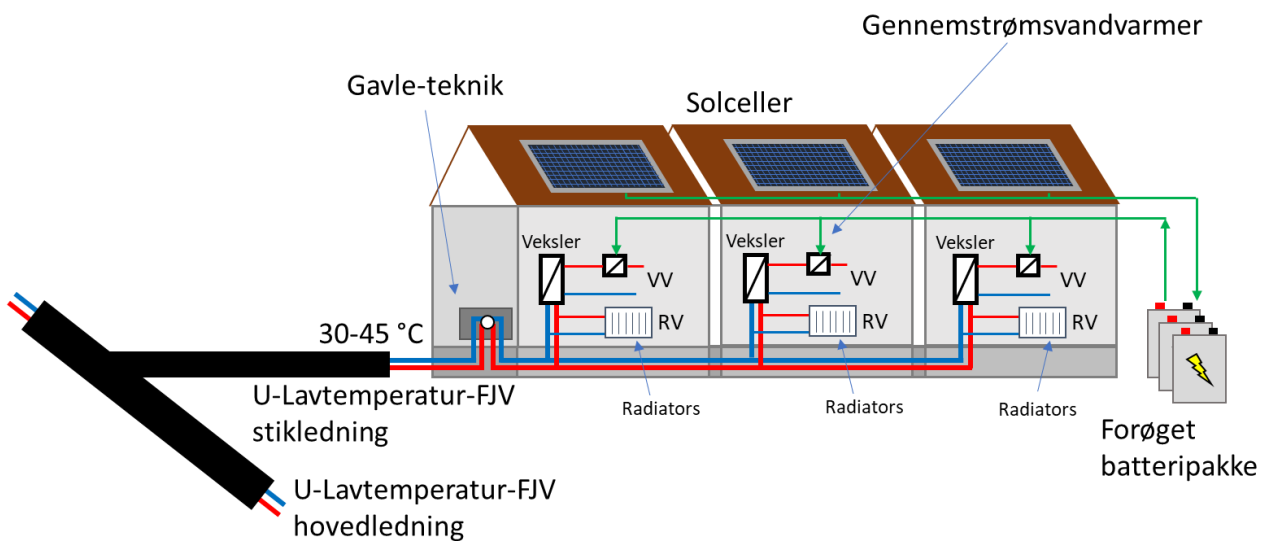
### 6.2.1 B1. Individuelle gennemstrømsvandvarmere og forøget batterikapacitet

For at producere varmt brugsvand skal nye lavtemperaturvekslere installeres i hver bolig for effektivt at forvarme koldt brugsvand med ultra-lavtemperatur fjernvarme, og bagefter eftervarmes via installeret gennemstrømsvandvarmer, som med el løftes de sidste grader op til den optimale brugsvandstemperatur.

For at kompensere for det ekstra effekttræk fra gennemstrømningsvandvarmerne og dermed sikre bedst udnyttelse af den lokalt producerede elektricitet forøges batterikapaciteten i den planlagte hybridanlægsinstallation.

Løsning B1: Ultra-lavtemperatur fjernvarme (30-45 °C) (eksisterende net de første 10 år) med individuelle gennemstrømningsvandvarmere med forøget batterikapacitet består af følgende komponenter (se Figur 3):

- > Eksisterende fjernvarmenet i 10 år, hvorefter det udskiftes med et nyt fjernvarmenet (til den lavere temperatur)
- > Nye lav-temperaturvekslere i boliger
- > Gennemstrømsvandvarmere i boliger
- > Forøget batterikapacitet



Figur 3. Principdiagram til et ultra-lavtemperatur fjernvarme med individuelle gennemstrømsvandvarmere med forøget batterikapacitet

## 6.2.2 B2. Micro-boostere til varmt brugsvand og fordelingsrør pr. blok

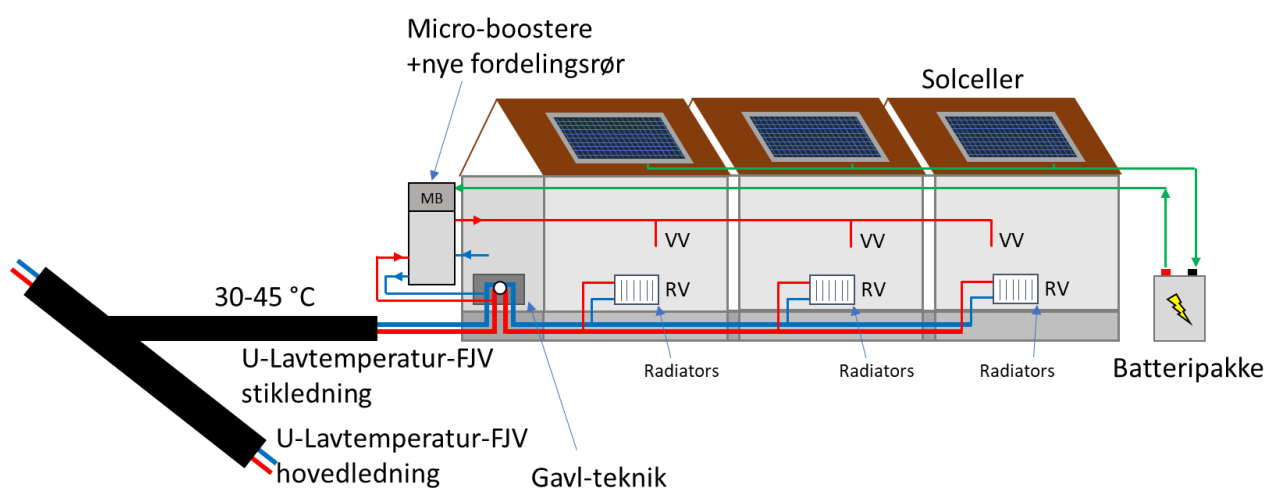
Driften i Hedelyngen havde et ønske om at få installationerne ud af hver enkelt bolig og efterlyste en teknisk løsning herfor. I dette alternativ sker produktion af varmt brugsvand centralt via micro-boostere og fordelingsrør pr. blok. Det vurderes at kunne lette vedligeholdelse og service, mens det til gengæld kræver, at der findes plads til rørinstallation uden på bygningen (som i forbindelse med gennemførelse af helhedsplansarbejder i 2022-2024 delvist efterisoleres udvendigt).

Umiddelbart er det en teknisk mere robust løsning end løsning B1, og den kræver ikke opgradering med øget batterikapacitet, da effekttrækket fra micro-boostere højest er 1/3-del af løsning B1.

Micro-boostere til produktion af varmt brugsvand skal installeres ved gavlen af hver bygning. En micro-booste har en indbygget varmepumpe, der bruger ultra-lavtemperaturnet som varmekilde for at producere varmt vand, og en indbygget varmtvandsbeholder udjævner spidlastbehov.

Løsning B2: Ultra-lavtemperatur fjernvarme (30-45 °C) (eksisterende net de første 10 år) med micro-boostere til varmt brugsvand og fordelingsrør pr. blok består af (se Figur 4):

- > Eksisterende fjernvarmenet i 10 år, hvorefter det udskiftes med et nyt fjernvarmenet (til den lavere temperatur)
- > Demontering af eksisterende brugsvandsvekslere
- > 1-2 micro-boostere pr. blok til at supplere varmt brugsvand samt en passende inddækning omkring varmepumpen
- > Nye fordelingsrør fra micro-boostere til boliger



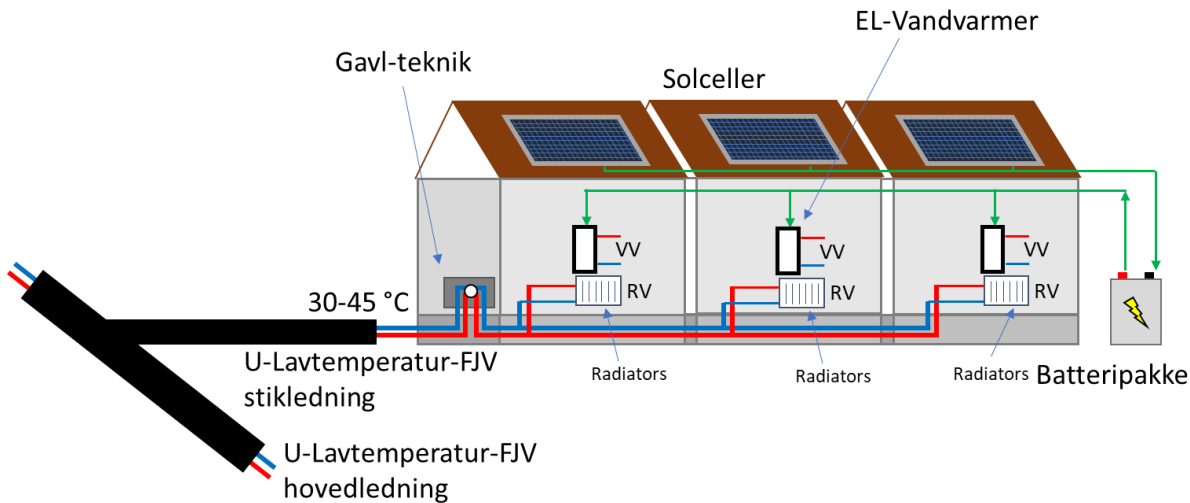
Figur 4. Principdiagram ultra-lavtemperatur fjernvarme (30-45 °C) med individuelle gennemstrømningsvandvarmere og forøget batterikapacitet

### 6.2.3 B3. Individuelle elvandvarmere til varmt brugsvand (med forøget batterikapacitet)

Det blev besluttet at undersøge en helt enkel løsning, hvor der installeres elvandvarmere (beholder) i hver bolig. Med denne løsning overgår opvarmning af brugsvand til ren el og øger dermed effektbehovet. Derfor er der i dette forslag indarbejdet en forøgelse af batterikapaciteten.

Løsning B3: Ultra-lavtemperatur fjernvarme (30-45 °C) (eksisterende net de første 10 år) med individuelle elvandvarmere til varmt brugsvand (med forøget batterikapacitet) består af (se Figur 5):

- > Eksisterende fjernvarmenet i 10 år, hvorefter det udskiftes med et nyt fjernvarmenet (til den lavere temperatur)
- > Demontering af eksisterende brugsvandsvekslere
- > Almindelige el-vandvarmere (med beholder) i boliger
- > Ekstra batterikapacitet til udjævning af peaks



Figur 5. Principdiagram til et ultra-lavtemperatur fjernvarme med individuelle elvandvarmere

## 6.3 Løsning C: Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 °C - Kold fjernvarme)

De praktiske, økonomiske og miljømæssige forhold ved anvendelse af det eksisterende fjernvarmenet de første 10 år er også undersøgt i et scenarie, hvor temperaturen reduceres yderligere.

Der er undersøgt 2 alternativer med fortsat varmeoptag fra fjernvarmesystemet:

- > **C1.** Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, individuelle gennemstrømsvandvarmere med forøget batterikapacitet
- > **C2.** Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør

... og 2 alternativer med 1 hhv. 3 luft-vandvarmepumper til at levere den nødvendige varme frem til hver blokbaserede vand-vandvarmepumpe:

- > **C3.** Varmeoptag fra central luft-vand varmepumpe i eksisterende fjernvarmenet (udskiftes efter 10 år til nyt termonet), varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet
- > **C4.** Varmeoptag fra 3 mindre centrale luft-vand varmepumper i nyt termonet, varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet.

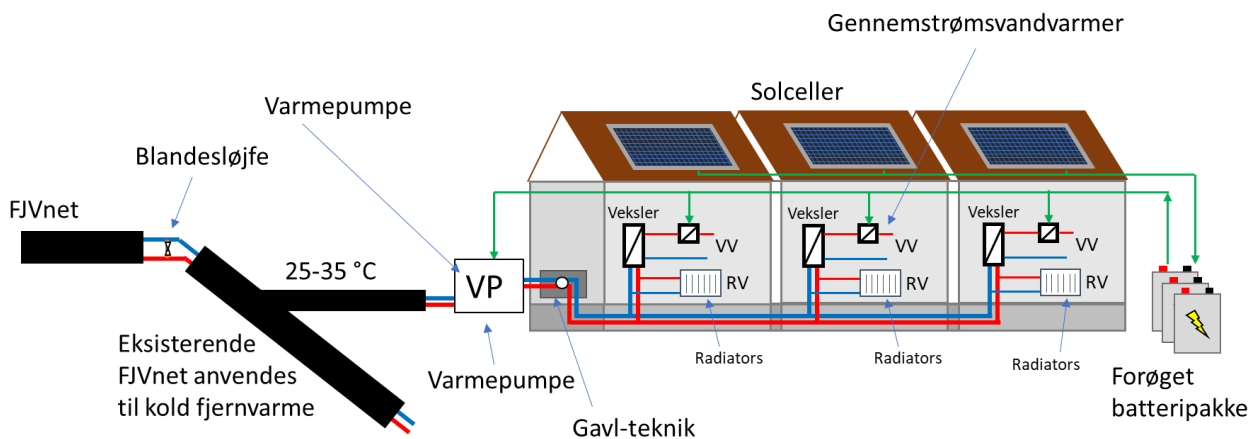
Løsningerne gennemgås herunder.

### 6.3.1 C1. Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, individuelle gennemstrømsvandvarmere med forøget batterikapacitet

De første 10 år forudsættes det eksisterende fjernvarmenet anvendt til distribution af varme, hvorefter det forudsættes erstattet af et nyt net optimeret til den lavere fremløbstemperatur. Temperaturen hæves via blokbaserede varmepumper til at dække netop rumvarmebehovet. De nuværende brugsvandsvekslere udskiftes med nye lavtemperatur vekslere, og der monteres gennemstrømsvandvarmere til at hæve temperaturen i det varme brugsvand til den nødvendige temperatur. Der er i denne løsning forudsat en øget batterikapacitet til at modvirke de peaks, der vil komme i forbruget. Der forudsættes etableret et skur ved hver gavl, hvor batterier og varmepumpe installeres.

Løsning C1: Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 °C - Kold fjernvarme) og individuelle gennemstrømsvandvarmere med forøget batterikapacitet (se Figur 6) består af:

- > Eksisterende fjernvarmenet i 10 år, hvorefter det udskiftes med et nyt fjernvarmenet (til den lavere temperatur)
- > Vand-vandvarmepumpe pr. blok
- > Nye lavtemperaturvekslere i boliger
- > Gennemstrømsvandvarmere i boliger
- > Forøget batterikapacitet
- > Mindre tilbygning v. gavle til teknik



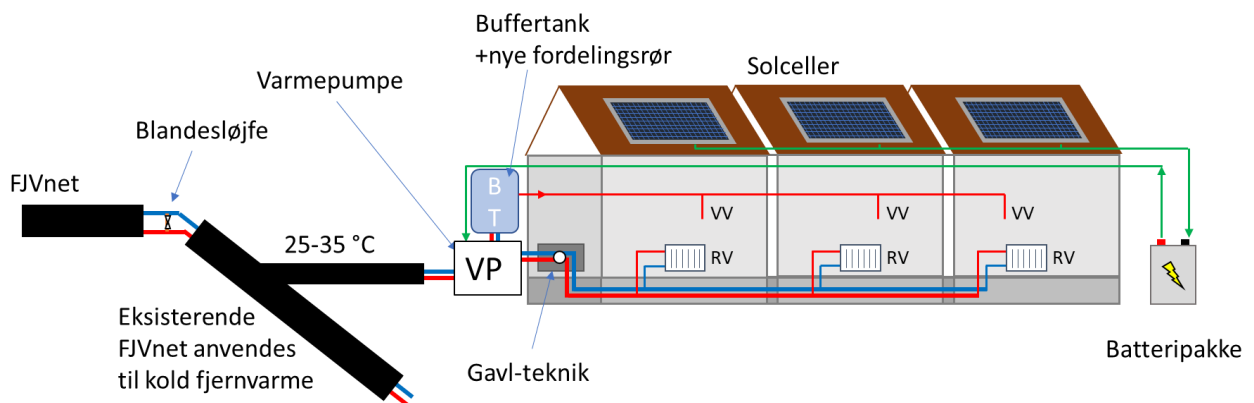
Figur 6. Principdiagram for blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 °C - Kold fjernvarme) og individuelle gennemstrømsvandvarmere med forøget batterikapacitet

### 6.3.2 C2. Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør

Denne løsning er som C1, men med blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør uden på bygningen. Det er en løsning, som har tilsvarende fordele/ulemper som den, der er beskrevet under B2. I denne løsning forudsættes det, at der installeres en central bufferbeholder til varmt brugsvand, mens der i forhold til løsning C1 sker en demontering af nuværende brugsvandsvekslere, så der ikke længere vil være behov for at komme ind i boligerne for at udbedre eventuelle tekniske forhold. Det er en løsning, som særligt driftspersonalet har efterspurgt.

Løsning C2: Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 °C - Kold fjernvarme) og blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør (se Figur 7) består af:

- > Eksisterende fjernvarmenet i 10 år, hvorefter det udskiftes med et nyt fjernvarmenet (til den lavere temperatur)
- > Vand-vand varmepumpe pr. blok med varmtvandsbeholder
- > Nye fordelingsrør fra varmepumpen til boliger
- > Mindre tilbygning v. gavle til teknik



Figur 7. Principdiagram for blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 °C - Kold fjernvarme) og med blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør

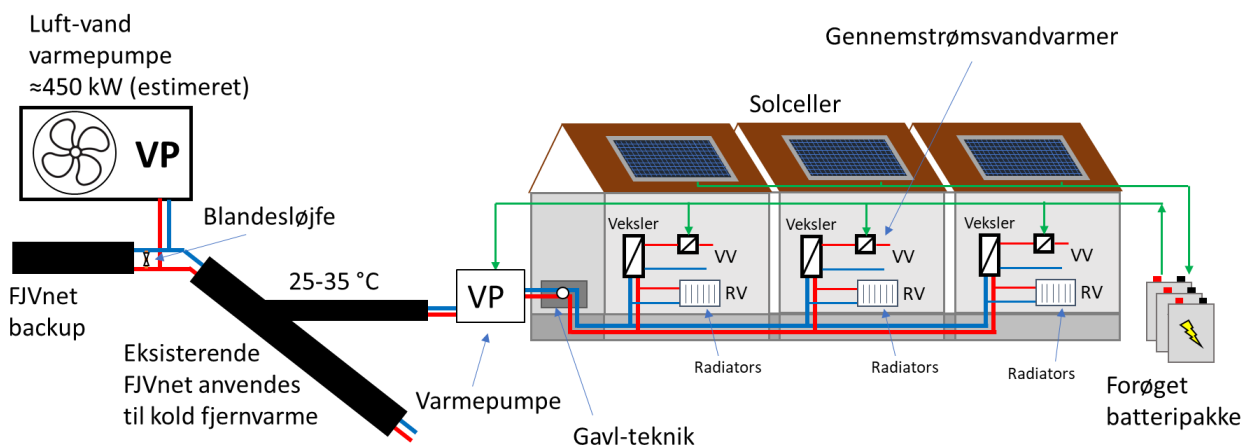
### 6.3.3 C3. Varmeoptag fra central luft-vand varmepumpe i eksisterende fjernvarmenet (udskiftes efter 10 år til nyt termonet), varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet

I denne løsning anvendes det eksisterende fjernvarmenet de første 10 år, hvorefter dette udskiftes til et termonet. Rumvarmebehovet dækkes delvist af den centralt producerede varme og løftes i temperatur via en vand-vandvarmepumpe til at dække komfortbehovet. Det varme brugsvand produceres således i to trin via nye lavtemperatur vekslere i boligerne efterfulgt af et løft via en gennemstrømningsvandvarmer. I dette scenarie øges det direkte behov for elektricitet, da fremløbstemperaturen er lavere end i det tilsvarende scenarie B1.

Den væsentligste del af varmen produceres via en centralt placeret varmepumpe. Fjernvarmesystemet anvendes på den måde som backup varmekilde i de koldeste perioder.

Løsning C3: Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra central luft-vand varmepumpe i eksisterende fjernvarmenet, varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet (se Figur 8) består af:

- > Eksisterende fjernvarmenet i 10 år, hvorefter det udskiftes med et nyt fjernvarmenet (til den lavere temperatur)
- > Central luft-vand varmepumpe som primær varmekilde (og fjernvarme som backup)
- > Vand-vand varmepumpe pr. blok
- > Nye lavtemperaturvekslere i boliger
- > Gennemstrømningsvandvarmere i boliger
- > Forøget batterikapacitet
- > Mindre tilbygning v. gavle til teknik

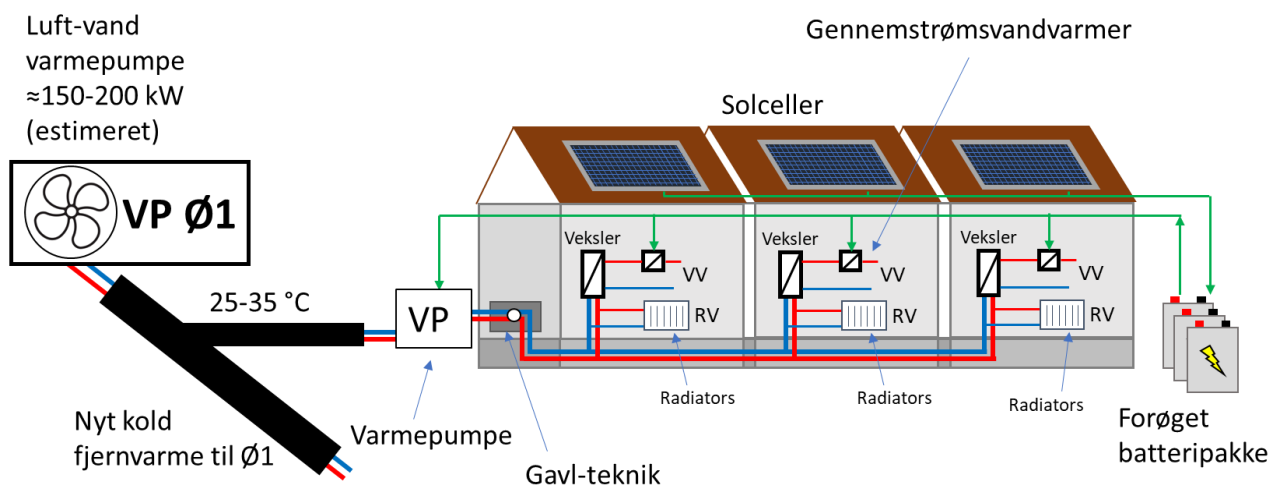


Figur 8. Principdiagram for blokbaserede varmepumper fra central luft-vand varmepumpe til at levere hovedparten af varmen og med fjernvarme som backup samt varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet



### 6.3.4 C4. Varmeoptag fra 3 mindre centrale luft-vand varmepumper i nyt termonet, varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet

I denne løsning etableres 3 mindre centrale luft-vand varmepumper i et nyt såkaldt termonet. I hver blok etableres en vand-vandvarmepumpe, som løfter temperaturen til at dække rumvarmebehovet. Der installeres nye lavtemperatur brugsvandsvekslere efterfulgt af gennemstrømningsvandvarmere til at løfte temperaturen i det varme brugsvand til den nødvendige temperatur. Installationerne etableres ved gavlen af hver blok med en harmonisk inddækning.



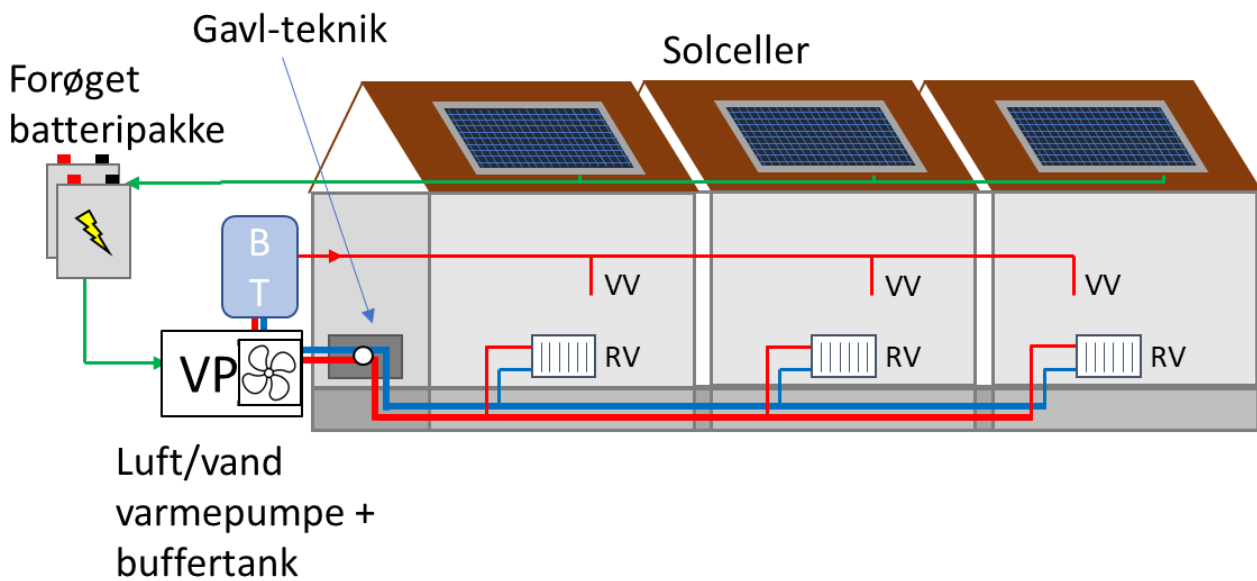
Figur 9. Principdiagram for blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra 3 mindre centrale varmepumper til et

Det kolde fjernvarmesystem med central luft-vand varmepumpe ved børnehaven består af:

- > 3 decentrale luft-vand varmepumper
- > 3 nye kolde fjernvarmenet (øer)
- > Vand-vand varmepumpe pr. blok
- > Nye lavtemperaturvekslere i boliger
- > Gennemstrømningsvandvarmere i boliger
- > Forøget batterikapacitet

## 6.4 Løsning D: Decentrale luft-vand varmepumper pr. blok med blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere

En løsning med decentrale luft-vand varmepumper installeret ved hver bygning blev analyseret. Varmepumper skal levere varme til både rumopvarmning og varmt brugsvand. En varmtvandsbeholder er installeret for at udjævne spidslast til varmt brugsvand, og nye fordelingsrør skal etableres for at levere varmtvand til hver bolig. Et skur skal bygges ved hver gavl for at placere udstyr. Ved at etablere denne løsning bliver Hedelyngen afkoblet fra fjernvarmenettet.



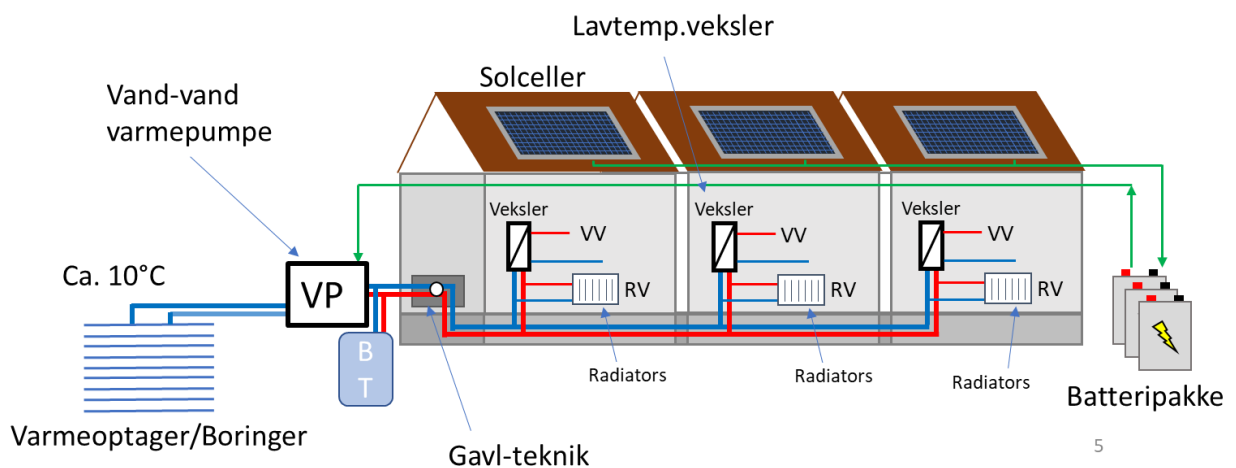
Figur 10. Principdiagram til et decentralt luft-vand varmepumpe system pr. blok

Et decentralt luft-vand varmepumpe system består af:

- > Decentral luft-vand varmepumpe til hver blok
- > Varmtvandsbeholder til hver blok
- > Nye fordelingsrør
- > Forøget batterikapacitet

## 6.5 Løsning E: Decentrale vand-vand varmepumper pr. blok med varmeoptag fra jordboringer, blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere

Et jordvarmepumpe system kan etableres for at forsyne bygninger i Hedelyngen. Et lodret jordanlæg med boringer overvejes, da området har for begrænset areal til at etablere vandrette varmeoptagere. En vand-vandvarmepumpe er installeret til hver blok for at supplere både rumopvarmning og varmt brugsvand. Det kan også overvejes at producere varme til flere bygninger, der ligger tæt på hinanden, med den samme varmepumpe. En varmtvandsbeholder er også installeret for at udjævne spidslastbehov til varmtvand. Et skur skal bygges ved hver gavl for at placere udstyr. Ved at etablere denne løsning bliver Hedelyngen afkoblet fra det overordnede fjernvarmenet.



Figur 11. Principdiagram til et jordvarmepumpe system pr. blok

Et sådant decentralt anlæg består af:

- > Decentrale vand-vand varmepumper til hver blok (eller muligvis til flere blokke)
- > Jordboringer/Varmeoptagere
- > Varmtvandsbeholder til hver varmepumpe
- > Nye lavtemperaturvekslere
- > Forøget batterikapacitet



Af tabellen fremgår, at (løsning A) Nyt Lavtemperaturnet koster 22,3 mio. kr. inkl. moms. Det er ca. 10,4 mio. kr. dyrere end forudsat i den gennemførte grønne screening.

Tilsvarende fremgår af tabellen, at (løsning E) decentrale vand-vandvarmepumper pr. blok med varmeoptag fra jordboringer, blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere, koster 28,7 mio. kr. Det er 16,8 mio. kr. mere, end der er afsat i budgettet fra beboerbeslutningen i november 2020.

## 8 Samfundsøkonomiske beregninger

Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger fra oktober 2019 er gældende frem til forventeligt andet halvår 2021. Det er disse forudsætninger, COWI har anvendt til beregning af de samfundsøkonomiske omkostninger for de enkelte tekniske løsninger.

Til beregning af de miljømæssige konsekvenser er anvendt Vestforbrændings nuværende prognose for reduktion af emissioner, herunder at selskabet fra 2030 forventer at anvende CCS til lagring af CO<sub>2</sub> fra sin forbrænding af affald.

Samfundsøkonomien er opstillet over 20 år for perioden 2022-2041, som svarer til det forventede realiseringstidspunkt.

De detaljerede beregninger for hver af de tekniske løsninger findes i bilag D.

For hver beregning er der tre tabeller:

- 1 Den første tabel indeholder generelle forudsætninger, herunder den samfundsøkonomiske energiomkostning (fjernvarmepris er oplyst 29.06.2021 af Vestforbrænding til 250 kr./MWh).
- 2 Den anden tabel indeholder de beregnede samfundsøkonomiske omkostninger år for år.
- 3 Den tredje tabel indeholder den samfundsøkonomiske nutidsværdi (2022-2041).

Den sammenfattende tabel for de enkelte løsninger ses herunder.

Oversigt over brugerøkonomi, samfundsøkonomi og miljøeffekt	Samfundsøkonomi 1.000 kr.
<b>Lavtemperaturnet</b>	
A. Lavtemperatur ledningsnet (55-60 °C)	22.725
<b>B. Ultra-lavtemperatur (30-45 °C) (Eksisterende net første 10 år)</b>	
B1 - Individuelle gennemstrømningsvandvarmere med forøget batterikapacitet	21.777
B2 - Micro-boostere til varmt brugsvand og fordelingsrør pr. blok	19.469
B3 - Individuelle el-vandvarmere til varmt brugsvand	<b>18.825</b>
<b>C. Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 grC - Kold fjernvarme)</b>	
C1 - Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, individuelle gennemstrømningsvandvarmere til varmt brugsvand med forøget batterikapacitet	30.227
C2 - Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør	31.808
C3 - Varmeoptag fra central luft/vand varmepumpe i eksisterende fj.v. net (udskiftes efter 10 år til nyt termonet), varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet	29.810
C4 - Varmeoptag fra 3 mindre centrale luft/vand varmepumpe i nyt termonet, varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet	30.762
<b>Blokbaserede VP uden net</b>	
D. Decentrale luft-vand varmepumper pr. blok med blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere	23.991
E. Decentrale vand-vand varmepumper pr. blok med varmeoptag i jordboringer, blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere	32.038

Som det fremgår, er løsning B3 samfundsøkonomisk billigst og løsning E den dyreste tekniske løsning. Løsning A er således også billigere end Løsning E.

## 9 Brugerøkonomiske beregninger

De detaljerede brugerøkonomiske beregninger findes i Bilag E. Beregningerne er lavet på grundlag af, at de besluttede energiforbedringstiltag på klimaskærmen og ventilation er gennemført.

I tabellen herunder findes en sammenstilling af brugerøkonomi i kr./bolig/år for de forskellige tekniske løsninger.

Løsning D er billigst. Løsning A er ca. 20% billigere end løsning E.

Oversigt over brugerøkonomi, samfundsøkonomi og miljøeffekt	Brugerøkonomi kr./bolig/år
<b>Lavtemperaturnet</b>	
A. Lavtemperatur ledningsnet (55-60 °C)	10.214 kr.
<b>B. Ultra-lavtemperatur (30-45 °C) (Eksisterende net første 10 år)</b>	
B1 - Individuelle gennemstrømningsvandvarmere med forøget batterikapacitet	11.395 kr.
B2 - Micro-boostere til varmt brugsvand og fordelingsrør pr. blok	10.420 kr.
B3 - Individuelle el-vandvarmere til varmt brugsvand	10.419 kr.
<b>C. Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 grC - Kold fjernvarme)</b>	
C1 - Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, individuelle gennemstrømningsvandvarmere til varmt brugsvand med forøget batterikapacitet	15.062 kr.
C2 - Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør	14.931 kr.
C3 - Varmeoptag fra central luft/vand varmepumpe i eksisterende fj.v. net (udskiftes efter 10 år til nyt termonet), varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet	11.278 kr.
C4 - Varmeoptag fra 3 mindre centrale luft/vand varmepumpe i nyt termonet, varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet	11.282 kr.
<b>Blokbaserede VP uden net</b>	
D. Decentrale luft-vand varmepumper pr. blok med blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere	<b>8.771 kr.</b>
E. Decentrale vand-vand varmepumper pr. blok med varmeoptag i jordboringer, blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere	12.034 kr.

Beregningerne tager udgangspunkt i den forventede energiprisudvikling for hhv. el og varme og for henholdsvis faste og variable takster for køb af varme hos Vestforbrænding.

Der er desuden indregnet omkostninger til finansiering af investeringer og reinvesteringer samt drift og vedligeholdelse af de tekniske installationer, som Hedelyngen vil have ansvaret for efter etablering af den nye tekniske løsning.

Der er ikke medtaget fremtidige omkostninger til reinvestering, drift og vedligeholdelse af de tekniske installationer uden for bygningerne for løsningerne, hvor der enten nu (Løsning A) eller senere (Løsning B, C1 og C2) etableres et kollektivt tilsluttet fjernvarmenet, da Vestforbrænding i fremtiden vil have ejerskab af ledningsnettet helt frem til bygningerne.

## 10 Beregning af klimaeffekt over 20 år

I fremtiden vil både fjernvarme og elektricitet netto være CO<sub>2</sub>-neutral. De forskellige tekniske løsninger vil frem til dette tidspunkt have en forskellig klimaeffekt, da emissionen pr. energienhed er forskellig.

Der er i beregningerne herunder ikke medtaget effekten fra, at der lokalt i Hedelyngen produceres grøn strøm fra solcelleanlægget.

Beregningerne viser, at der over en 20 årlig periode vil være en udledning svarende til 291 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i driftsfasen for løsning A, mens der for løsning E er den laveste udledning på 153 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter.

Løsning E er således over de første 20 års drift godt 45% bedre end løsning A.

Oversigt over brugerøkonomi, samfundsøkonomi og miljøeffekt	CO <sub>2</sub> -ækv udl. (tons) i driftsfasen over 20 år	Mer CO <sub>2</sub> -udledning ift. løsning A
<b>Lavtemperaturnet</b>		
A. Lavtemperatur ledningsnet (55-60 °C)	291	0%
<b>B. Ultra-lavtemperatur (30-45 °C) (Eksisterende net første 10 år)</b>		
B1 - Individuelle gennemstrømningsvandvarmere med forøget batterikapacitet	336	16%
B2 - Micro-boostere til varmt brugsvand og fordelingsrør pr. blok	306	5%
B3 - Individuelle el-vandvarmere til varmt brugsvand	384	32%
<b>C. Blokbaserede varmepumper med varmeoptag fra net (25 grC - Kold fjernvarme)</b>		
C1 - Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, individuelle gennemstrømningsvandvarmere til varmt brugsvand med forøget batterikapacitet	369	27%
C2 - Varmepumpe med varmeoptag fra fjernvarme, blokbaseret produktion af brugsvand via brugsvandsbeholder med nye fordelingsrør	360	24%
C3 - Varmeoptag fra central luft/vand varmepumpe i eksisterende fj.v. net (udskiftes efter 10 år til nyt termonet), varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet	235	-19%
C4 - Varmeoptag fra 3 mindre centrale luft/vand varmepumpe i nyt termonet, varmt brugsvand suppleret med elopvarmning og forøget batterikapacitet	228	-22%
<b>Blokbaserede VP uden net</b>		
D. Decentrale luft-vand varmepumper pr. blok med blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere	179	-39%
E. Decentrale vand-vand varmepumper pr. blok med varmeoptag i jordboringer, blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere	<b>153</b>	<b>-47%</b>

De øvrige klimaeffekter for de forskellige løsninger findes i bilag C. Der er således, med udgangspunkt i emissionsfaktorer for hhv. el og varmeforsyningerne, udregnet emissioner for CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler (PM<sub>2,5</sub>). Endeligt er dette omregnet til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter.



## 11 Trinvis evaluering af de alternative tekniske løsninger

På baggrund af gennemgangen af de tekniske løsninger, gennemgangen af de samfundsøkonomiske beregninger, den beregnede brugerøkonomi og vurderingen af klimaeffekt i driftsfasen for de første 20 år har COWI i samarbejde med repræsentanter fra Hedelyngen fundet frem til at pege på referencen (Løsning A) og et alternativ (Løsning E).

I det følgende gennemgås, hvordan vurderingerne af de enkelte løsninger er foretaget, og med argumenterne for til- og fravalg.

### 11.1 Reference (Løsning A)

Den umiddelbart mest oplagte tekniske løsning er at erstatte det eksisterende fjernvarmesystem med et **nyt lavtemperatur fjernvarmesystem**, som suppleres med smart autotuning.

Smart autotuning er en styring, hvor varme og varmt brugsvand løbende optimeres i forhold til både komfortforhold i boligerne og i forhold til aktuelle vejrdata. Med etablering af smart autotuning opnås typisk en supplerende varmebesparelse på 5-10% i systemer som i Hedelyngen, hvor varmtvandsproduktionen sker via vekslere i boligerne.

Vestforbrænding har tilkendegivet at ville overtage ansvar og fremtidig vedligeholdelse, hvis boligafdelingen etablerer et nyt lavtemperatur fjernvarmesystem.

Det forudsætter, at Vestforbrænding får mulighed for at deltage i inspektion under etableringen.

En sådan løsning vil have flere fordele:

- > Beboerne skal kun betale for fjernvarme leveret til hver blok med egen måler i stedet for en kollektiv afregning mod nettet. Det vil sige, at ikke nok med, at varmetabet reduceres, så vil beboerne i fremtiden hverken skulle betale for det ledningstab, der er i et nyt net, eller udgifter til vedligeholdelse.
- > Desuden har Vestforbrænding indikeret, at de vil kunne tilbyde individuel afregning via Hedelyngens individuelle afregningsmålere til hvert lejemål. Det vil lette omkostninger til opkrævning og fordeling af varmeudgifter.

Etableringen af et nyt lavtemperatur fjernvarmesystem er derfor referencen, som de øvrige alternative tekniske løsninger vurderes op i mod.

## 11.2 Alternativ 1 (løsning D)

Det umiddelbart mest oplagte alternativ – både teknisk og miljømæssigt – er at etablere **decentrale luft-vand varmepumper ved hver blok**. Luft/vand varmepumper støjer lidt fra selve ventilatoren, som udvinder sin energi fra den omgivende luft.

Hedelyngens beboere har vurderet, at det ikke vil være attraktivt hverken i forhold til det visuelle udtryk fra opstillede varmepumpeenheder eller fra den støj, som varmepumperne afgiver.

Overgang til dette alternativ indebærer, at der kan ske en afkobling fra det kollektive fjernvarmesystem.

## 11.3 Alternativ 2 & 3 (Løsning B & C)

Med beboernes udelukkelse af Alternativ 1 blev det herefter undersøgt, hvordan en teknisk løsning kan tilrettelægges, så levetiden for det eksisterende fjernvarmenet forlænges med 10 år, inden det erstattes af et nyt kollektivt forsynet fjernvarmenet.

Der blev på den baggrund opstillet en række alternativer for omlægning til **ultra-lavtemperatur fjernvarme (30-45 °C)** med tre forskellige metoder til at producere det varme brugsvand (B1, B2, B3) og til blokbaserede varmepumpeløsninger med varmeoptag fra fjernvarme (**25 °C - kold fjernvarme**) ligeledes med tre forskellige metoder til at producere varmt brugsvand (C1, C2, C3; C4 beskrives separat).

Ideen med at undersøge disse alternative varmeforsyningsmuligheder var at klarlægge potentialerne ved dels at forlænge levetiden på det eksisterende varmenet, dels at forberede bebyggelsen på at blive en aktiv prosumer, det vil sige en kunde, som både producerer el og varme med anvendelse af lokale solceller til eget forbrug og til levering af el og varme til nettet.

Det vil i forhold til varmeforsyningen sige, at Hedelyngen med alternativ 2 eller 3 ville blive dels forbruger af fjernvarme fra det kollektive net, når egne energiresourcer ikke kan dække behovet, dels have mulighed for at være producent, når det centrale energisystem vil have behov/fordele herved.

I forhold til den praktiske opgave med overvågning og udbedring af utætheder af det eksisterende fjernvarmenet, vurderede Hedelyngen, at det ikke ville være attraktivt rent praktisk at arbejde videre med de alternativer, hvor nuværende ledningsnet levetidsforlænges i 10 år, før det skulle udskiftes.

Hvis Vestforbrænding i dag kunne tilbyde en attraktiv afregning for varme ved det lavere temperatursæt, ville det formentligt have været en attraktiv løsning både miljømæssigt og økonomisk at fremrykke udskiftningen af ledningsnettet og dermed, at Hedelyngen kunne overgå til at være aktive prosumers i el- og varmesystemet.

Det blev besluttet at gå videre med undersøgelse af andre alternative varmeløsninger, hvor det kollektive fjernvarmesystem ikke indgår (Alternativ 4 – løsning C4 hhv. Alternativ 5 – løsning E).

## 11.4 Alternativ 4 (Løsning C4)

På den baggrund blev det dernæst valgt at afdække muligheden for at etablere tre nye såkaldte **termonet**. Dette alternativ indebærer afkobling fra det kollektive fjernvarmesystem og dermed **etablering af lokal varmeproduktion via 3 varmepumper i hvert sit lokale termonet**.

I et termonet udvindes energien dels fra jorden via varmeoptag fra de uisoleerede jordslanger og i koldt vejr fra en supplerende lokal varmekilde. I hver bygning etableres en jordvarmepumpe, som løfter temperaturen til at kunne dække behovet for rumvarme og varmt brugsvand. I dette tilfælde er der skitseret en løsning bestående af 3 øer med hvert sit termonet og en centralt tilsluttet luft-vandvarmepumpe.

Fordelen ved dette alternativ i forhold til de decentrale luft-vandvarmepumper pr. blok (alternativ 1 – løsning D) er dels, at der etableres færre (men centralt placerede) luft-vandvarmepumper, dels at jordslangerne kan levere en stor del af den nødvendige energi i perioder med et lavere varmebehov, det vil sige i forår-/efterår-/sommerperioden.

Det betyder, at denne løsning reelt vil være lydløs i de perioder, hvor man typisk har et udeliv i bebyggelsen, og dermed kan opleve støjen fra luft-vandvarmepumperne stærkest.

Miljømæssigt vurderes denne løsning at være meget attraktiv. Der er dog endnu ikke mange erfaringer med etablering af større termonet. Da Hedelyngen samtidig lægger stor vægt på ikke at skæmme bebyggelsen med tekniske installationer og støjgener, medførte dette, at en sidste løsning blev undersøgt med udvinding af varme fra jorden i stedet for luft-vandvarmepumper.

## 11.5 Alternativ 5 (Løsning E)

Denne tekniske løsning bestående af **decentrale vand-vandvarmepumper pr. blok med varmeoptag fra jordvarmeboringer** er af Hedelyngen fundet som det rigtige alternativ til etablering af et nyt lavtemperatur fjernvarmesystem (referencen).

Begrundelsen er, at denne løsning ikke har negative visuelle påvirkninger eller støjmæssige implikationer fra installationerne. I forhold til at vurdere løsningen er der udarbejdet illustrationer af, hvordan de tekniske installationer ved hver bygning kan indpasses arkitektonisk fornuftigt.

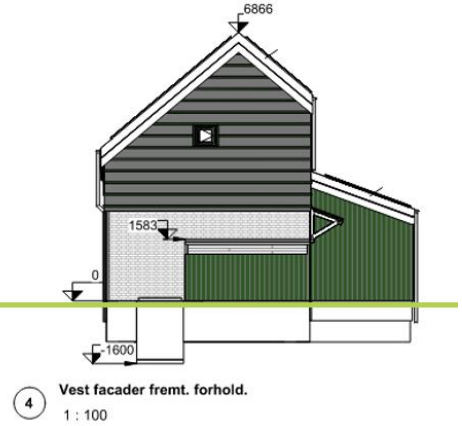
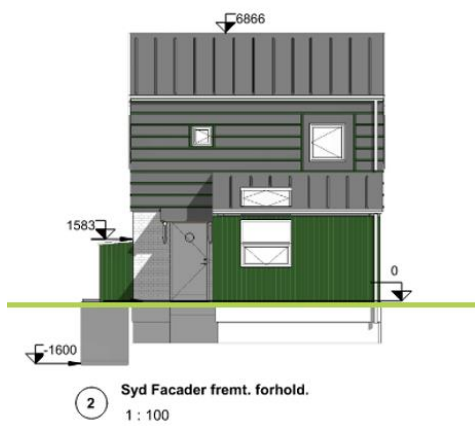
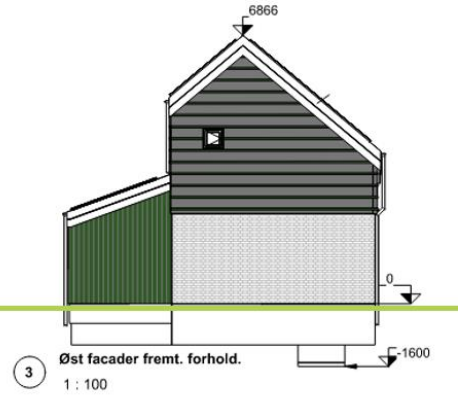
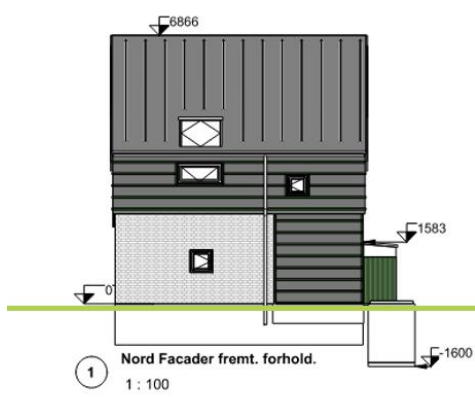
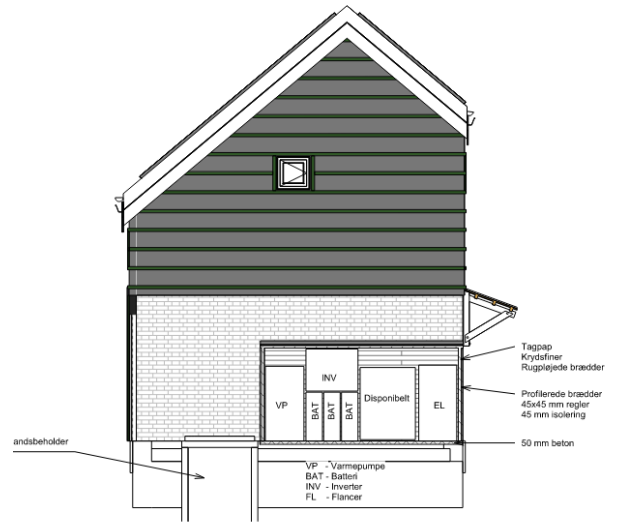
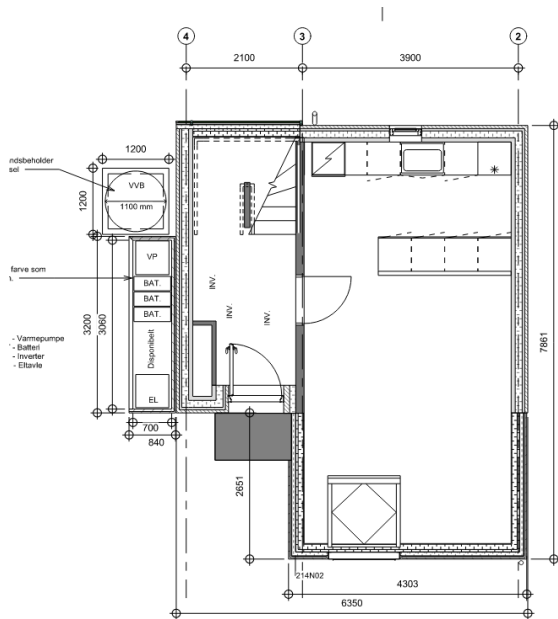
I dette alternativ kan der ved nærmere undersøgelser overvejes forskellige typer af klynger for jordvarmeboringer for dermed at reducere antal boringer, hvilket formentlig vil være praktisk.

Men inden disse undersøgelser gennemføres, skal det først afklares, om projektet kan godkendes. Brugerøkonomisk er det fundet relevant og fornuftigt af Hedelyngens byggeudvalg, som er meget interesseret i, at denne løsning etableres.

Da projektet rent samfundsøkonomisk er dyrere end referencen, vil det kræve en dispensation fra Energistyrelsen for at kunne etablere denne løsning.

I forbindelse med vurderingen af de praktiske muligheder for at etablere denne løsning blev der udarbejdet nogle visualiseringer af anlæggene og en kortlægning af, hvor i bebyggelsen de ville skulle etableres.

Se illustrationerne på næste side.



## 12 Miljømæssige og praktiske forhold for løsning A (reference) og løsning E (alternativ 5)

Fase	Reference (A): Nyt lavtemperatur fjernvarmesystem	Alternativ 5 (E): Decentrale vand-vandvarmepumper pr. blok
1. Materialer	<p><u>Miljø</u>: Der forudsættes anvendt højisolerede twin-polymerrør. Det er muligt at få rør af genbrugsmaterialer. Der er dog endnu kun gennemført demonstrationsprojekter med rør i genbrugsmaterialer, men det vurderes som en realistisk mulighed.</p> <p><u>Praktik</u>: Det er kendt teknologi og kendte materialer.</p>	<p><u>Miljø</u>: Der er i forbindelse med fremstilling af komponenter til dette system alt andet lige et større ressourcetræk, da det er mindre enheder ift. det centrale produktionsudstyr i fjernvarmesystemet.</p> <p><u>Praktik</u>: Det er kendt teknologi og kendte materialer.</p>
2. Etablering	<p><u>Miljø</u>: I udbuddet af opgaven forventes det, at der kan stilles krav om anvendelse af eldrevne maskiner, som dermed eliminerer den lokale forurening og anvendelsen af fossile brændsler.</p> <p>Gravearbejdet vil støje og genere, imens renoveringen af ledningsnettet gennemføres, og vil give både miljø-, støj- og støvmæssige gener.</p> <p><u>Praktik</u>: Eksisterende betonskakter med nuværende fjernvarmeledninger skal opbrydes, og nye skal nedlægges i samme tracé. Imens dette foregår, skal der etableres midlertidig opvarmning i boligerne.</p>	<p><u>Miljø</u>: Det eksisterende fjernvarmenet kan blive i jorden. Der vil til gengæld være behov for at komme ind i bebyggelsen med boremaskine til etablering af de nødvendige jordboringer.</p> <p><u>Praktik</u>: Det er muligt at forbedre installationerne blok pr. blok og dermed sikre, at den periode pr. blok, hvor der skal etableres midlertidig varmesforsyning, mens omkobling gennemføres, bliver kortere.</p>

Fase	Reference (A): Nyt lavtemperatur fjernvarmesystem	Alternativ 5 (E): Decentrale vand-vandvarmepumper pr. blok
3. Drift	<p><u>Miljø</u>: Varmeforsyningen bliver 100% fossilfri dels via omlægning til grønne energikilder, dels at restudledning af CO<sub>2</sub> fra afbrænding af affald fanges via CCS inden 2030.</p> <p>Det er ikke muligt at anvende den lokale vedvarende energiproduktion. Der vil være fuld afhængighed af varmeleverancer fra Vestforbrænding.</p> <p><u>Praktik</u>: Al drift og vedligeholdelse overgår til Vestforbrænding og vil sikre meget forudsigelig og pålidelig varmforsyning. Det vil med (smart autotuning) overvågningssystemet, som foreslås etableret, være let at overvåge eventuelle lækager i det interne varmfordelingssystem i hver blok.</p> <p>Vestforbrænding tilbyder (ikke endeligt bekræftet) at varetage individuel afregning af varme overfor den enkelte lejer.</p>	<p><u>Miljø</u>: Elforsyningen forventes omlagt til 100% fossilfri energi tidligere end varmforsyningen. Derfor vil den resulterende CO<sub>2</sub> udledning fra det varmepumpebaserede anlæg (E) vinde på miljøeffekter (se separat afsnit herom).</p> <p><u>Praktik</u>: Der skal indarbejdes en serviceaftale for drift af varmepumpeinstallationen, så der ikke opstår unødige udfald af varmepumperne. Vælges denne løsning, vil der være behov for både på kort sigt og over tid at afsætte midler til reinvestering, service og vedligeholdelse.</p>
4. Genanvendelse af materialer	<p><u>Miljø</u>: Fjernvarmerør i polymermaterialer kan genanvendes, når de er udtjent om 40 år.</p> <p>Praktik: N/R</p>	<p><u>Miljø</u>: Ved decommissioning af dette anlæg kan materialerne genanvendes.</p> <p>Praktik: N/R</p>

## 13 Sammenfatning

Der kan med den gennemførte analyse og efterfølgende trinvis evaluering af de alternative tekniske løsninger peges på to rigtig gode varmetekniske løsninger, som begge matcher beboernes ønske om en fremtidig bæredygtig smart varmforsyning, nemlig:

- > Alternativ 5 (løsning E): Decentrale vand-vandvarmepumper pr. blok med varmeoptag fra jordboringer, blokbaseret opvarmning af varmt brugsvand i varmtvandsbeholdere.
- > Reference (løsning A): Nyt Lavtemperatur fjernvarmesystem (med smart autotuning og nye lavtemperatur vekslere i boligerne).

Reglerne i varmforsyningsloven foreskriver, at kun den samfundsøkonomisk mest gunstige varmforsyningsløsning kan godkendes.

Hvis der er tale om et demonstrationsprojekt, kan der i særlige tilfælde afviges herfra. Det er Energistyrelsen, som på baggrund af ansøgning kan afgive dispensation fra kravene i varmforsyningsloven.

De næste trin frem mod en endelig afklaring af valg af fremtidig varmeløsning indebærer, at der ansøges om realiseringsstøtte hos Realdania for at reducere meromkostningerne forbundet med etablering af en af de to løsninger, samt indledes dialog med Herlev Kommune, som er varmeplanmyndighed, samt tages kontakt til Energistyrelsen for at afklare muligheden for at opnå dispensation fra kravet om positiv samfundsøkonomi, og sluttelig, at den endelige anlægsøkonomi og de tilhørende beboerøkonomiske forhold afklares.

Det leder frem til, at der formentlig i løbet af efteråret 2021 vil kunne træffes beslutning omkring valg af den endelige bæredygtige varmforsyning af Hede-lyngen.