

Final report

1. Project details

Project title	Termovejen - kombineret, lokal energieffektiv varme/køleforsyning og afledning af regnvand
File no.	64019-0585
Name of the funding scheme	EUDP
Project managing company / institution	VIA University College Banegårdsgade 2 DK - 8700 Horsens
CVR number (central business register)	VIA University College Hedensted Kommune Hedensted Spildevand A/S Løsning Fjernvarme Amba Geodrilling A/S NCC Construction Danmark A/S PlanEnergi EnergyMachines ApS
Project partners	30773047
Submission date	16 December 2024

2. Summary

Describe the objectives of the project, the obtained results and how they will be utilized in the future, both in English and in Danish. The summary will be published on www.eudp.dk and www.energiforskning.dk.

Project summary

The purpose of the project

The project combines geothermal heating and cooling with local rainwater management by using the road's porous gravel foundation as an energy source and retention basin. This approach improves energy efficiency, reduces construction costs, and addresses overheating in new buildings through passive cooling.

Results, conclusions and perspective

Important results:

- The project demonstrated a full-scale decentralized geothermal district heating and cooling system integrated with local rainwater management.
- Initial operation showed measured COP values between 4.0 and 4.8 for 9 of 12 heat pumps.
- The Thermo-road offers the lowest heating cost among alternatives, 25% lower than air-source heat pumps (ASHP) and 19% lower than the local district heating.
- The private developer GS Bolig adopted the Thermo-road system to supply heating and cooling to 12 rental single-family houses.
- The pythermonet design tool was developed to support efficient system design.
- Passive cooling was not assessed due to insufficient heat pump configuration and operational data at the project's conclusion.

The results provide a replicable model for decentralized heating and cooling in residential developments. pythermonet is actively used in ongoing project developments, and lessons learned from this project are expected to influence decision makers in adopting sustainable infrastructure.

Expected effects include a 32% reduction in CO₂ emissions and a 24% reduction in peak electricity load compared to ASHPs. Cost savings arise from eliminating the need for surface water retention, capable of managing a 100-year precipitation event. The system enhances resilience to climate change, reduces energy costs, and improves living conditions by providing better thermal comfort, particularly in new builds where overheating is a common issue in summer.

Projektresumé

Formålet med projektet

Projektets formål er at kombinere geotermisk varme og køling med lokal regnvandshåndtering ved at anvende vejens porøse grusfundament som energikilde og forsinkelsesbassin til regnvandshåndtering. Kombinationen skal forbedre energieffektiviteten og reducere anlægsomkostninger, og passiv køling skal løse problemet med overophedning i nybyggeri.

Resultater, konklusioner og perspektiv

Væsentlige resultater

- Projektet demonstrerede decentral geotermisk varme- og køleforsyning integreret med lokal regnvandshåndtering i fuld skala.
- Driftsmålinger fra efteråret 2024 viste COP-værdier mellem 4,0 og 4,8 for 9 ud af 12 varmepumper.
- Termovejen har de laveste varmeomkostninger, 25% lavere end luft-til-vand-varmepumper (ASHP) og 19% lavere end lokal fjernvarme.
- Den private udvikler GS Bolig anvender Termovejen til opvarmning og køling af 12 lejligheder.
- Designværktøjet pythermonet blev udviklet til at sikre robuste systemdesign.
- Passiv køling blev ikke vurderet tilstrækkeligt grundet få driftsdata samt mangelfuld opsætning af varmepumperne ved projektets afslutning.

Fremtidig anvendelse

Resultaterne anviser en model for at udbrede kombineret decentral geotermisk varme- og køleforsyning og regnvandshåndtering under jorden, til andre boligområder. Pythermonet anvendes allerede aktivt i nye projekter af danske rådgivere. Erfaringer fra dette projekt forventes at påvirke beslutningstagere til at vælge bæredygtig infrastruktur.

Forventede effekter

Forventede effekter inkluderer en 32% reduktion i CO₂-udledning og en 24% reduktion i el-spidsforbrug sammenlignet med ASHP. Omkostningsbesparelser opnås ved at eliminere behovet for regnvandsbassiner, der kan håndtere en 100-års regnhændelse. Løsningen styrker klimatilpasning, reducerer energiomkostninger og forbedrer indeklimaet, især i nybyggeri, hvor overophedning er et udbredt problem om sommeren.

3. Project objectives

- *What was the objective of the project?*
- *Which energy technology has been developed and demonstrated?*

The primary objective of the project was to develop and demonstrate a novel decentralized system that integrates renewable district heating and cooling with efficient local rainwater management (Figure 1).

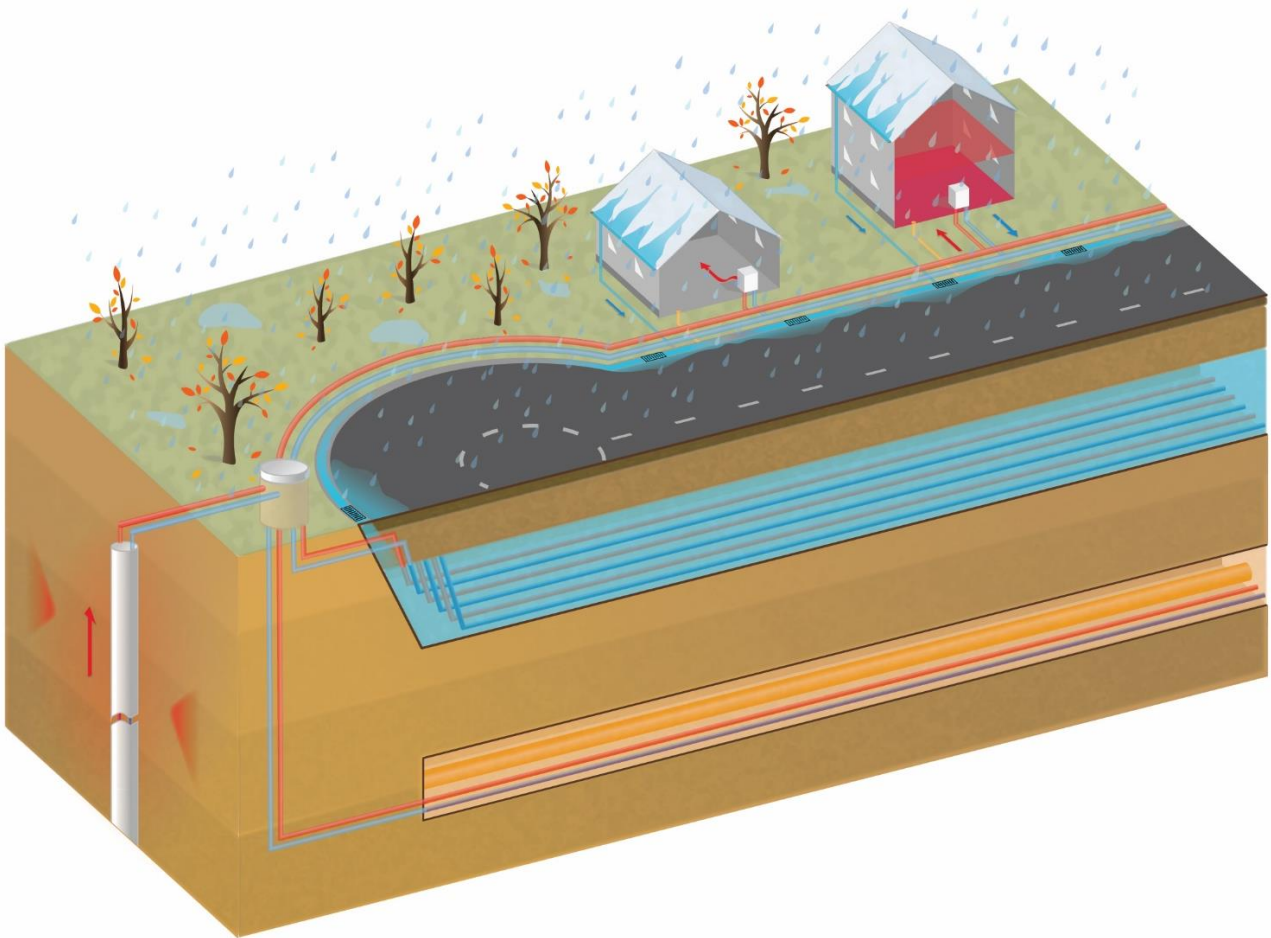


Figure 1. Conceptual drawing of the Thermo-road. Blue and red lines indicate the uninsulated distribution pipes and geothermal HEs.

This combined solution aimed to address key challenges in sustainable urban development, particularly in areas where traditional district heating infrastructure is unavailable or infeasible. The project sought to reduce CO₂ emissions, improve energy efficiency, and enhance resilience to climate change impacts, such as increased precipitation and urban heat stress.

The energy technology developed and demonstrated in full scale is the Thermo-road system, which leverages shallow geothermal energy, passive cooling techniques, and waste heat extraction from central wastewater pipes integrated within a rainwater management framework. The roadbed serves dual purposes: as a source for geothermal energy, using uninsulated geothermal pipes to supply heating and cooling, and as a rainwater retention and drainage basin to mitigate the impacts of extreme weather events. Additionally, waste heat from the central wastewater pipe is recovered to further enhance the system's energy efficiency and provide an additional renewable heat source. The system also includes borehole heat exchangers (BHE) to supplement the energy supply, ensuring stable, low temperatures for passive cooling during summer. This innovative approach delivers sustainable energy, reduces construction costs, and improves overall system efficiency, showcasing a scalable solution for future urban developments.

4. Project implementation

- *How did the project evolve?*
- *Describe the risks associated with conducting the project.*
- *Did the project implementation develop as foreseen and according to milestones agreed upon?*
- *Did the project experience problems not expected?*

4.1 Evolution of the project

4.1.1 WP1: Project Management

Work package 1 ensured continuous progress throughout the project. The management successfully navigated the commissioning phase with weekly construction meetings, coordinating the efforts of entrepreneurs, consultants, plumbers, electricians etc., and finally the developer. Each phase of the project required careful consideration of its direction, addressing numerous practical challenges encountered during construction and instrumentation, all while considering budget constraints.

As the project progressed differently than initially planned due to the stagnant sales of municipal parcels, a new strategy was needed to address the challenges. During a project meeting on January 26th, 2023, the project manager proposed involving a private real estate developer to complete the development. The consortium subsequently compiled a list of potential local developers who might be interested in the project. This new approach proved successful, as the private developer GS Bolig acquired the Thermo-road and announced a development project comprising 12 single-family houses in early November 2023.

Originally, the project planned to instrument six buildings. However, by negotiating early discounts on energy and electricity meters with Kamstrup, the project was able to secure funding for the instrumentation of six additional houses. Furthermore, the project manager successfully acquired a professional weather station at no additional cost and arranged for its installation at a nearby school. This location not only provided access to local, high-resolution weather data essential for understanding the heating and cooling loads of the buildings and the thermal dynamics in the roadbed but also allowed teachers to use the data for educational purposes.

Despite these cost-saving efforts, the project consumed its full budget before implementing the online monitoring and controls system. However, this does not prevent the system from being used effectively. Operational data can still be collected manually, providing valuable insights into the system's performance and allowing the project to achieve its key objectives.

Work package 1 also managed administration, financial oversight, and the signing of a corporation agreement by all partners. Additionally, it ensured the dissemination of project outcomes in accordance with EUDP regulations.

4.1.2 WP2: Thermal and hydraulic characterization of Vestergårdsmarken

The purpose of Work Package 2 (WP 2) was to conduct a thermal and hydraulic characterization based on field studies and the analysis of soil samples collected from the residential area at Vestergårdsmarken. Accurate soil thermal conductivity data and water saturation measurements enables improved thermal modeling and simulation of the geothermal energy supply.

4.1.2.1 Method and results

The following sections describe the analyses of soil samples taken at the Vestergårdsmarken field site including lithological profiling and measurements of soil thermal conductivity and water saturation.

4.1.2.2 Geological setting

Fourteen geotechnical boreholes were drilled to a depth of ca. 4 m in the study area (Figure 2).

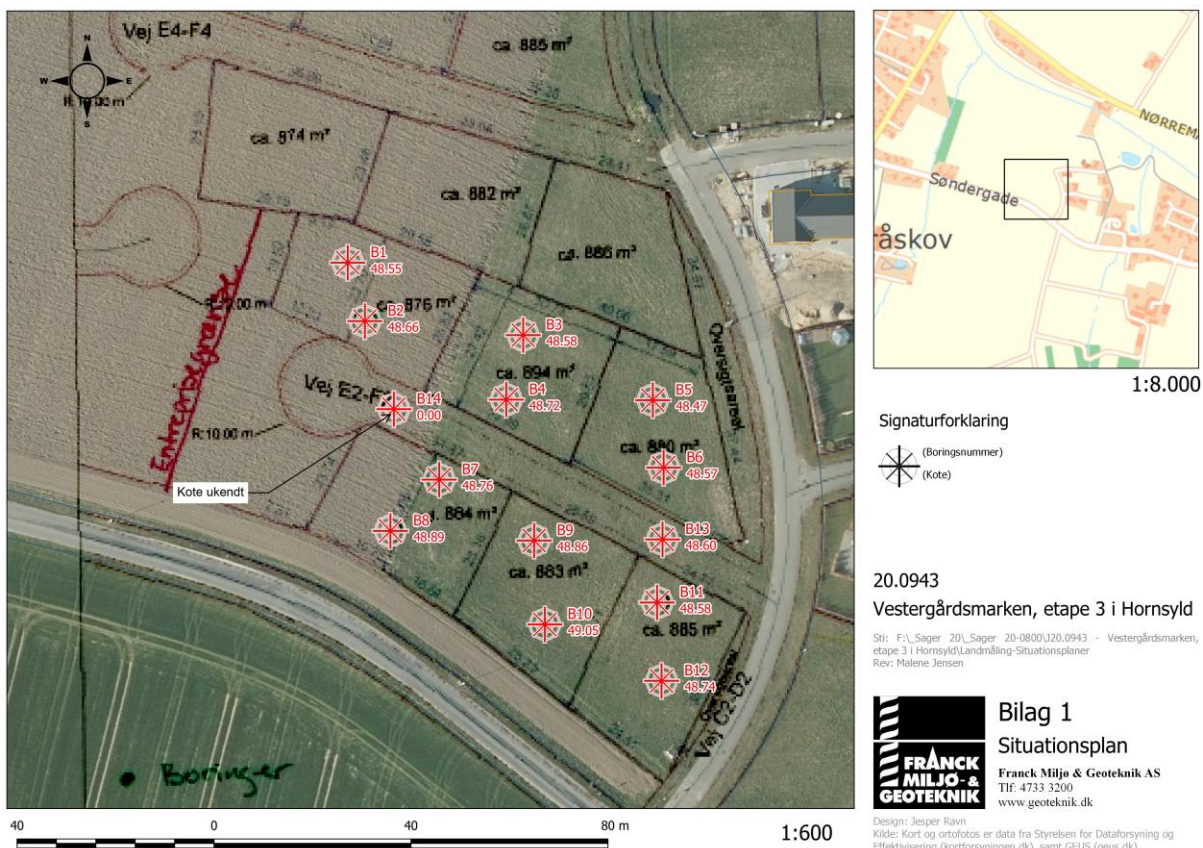


Figure 2. Overview map of the study area and the 14 geotechnical drillings.

The lithological profile is listed in Table 1.

Table 1. Lithological profile at the Thermo-road field site obtained from drilling DGU nr. 117.1623. Textbook values are taken from the German VDI4640 standard from 2010.

Depth (m)	Lithology	Expected soil thermal conductivity (W/m/K)
0-2.5	Sand, fine, variably saturated	1,4 (0,4-2,4)
2.5-30	Clay, till, sandy, silty	1,8 (1,1-3,1)
30-	Clay marl, very fat (Søvind Marl)	1,8 (1,1-3,1)

A shallow, sandy aquifer, a few meters thick, overlies till deposits from the Weichselian glaciation. Below these layers, Søvind Marl is encountered at a depth of approximately 30 meters beneath the surface, extending beyond the depth of the BHEs.

4.1.2.3 Soil thermal properties

The thermal conductivity and water content were determined for soil samples collected at Vestergårdsmarken prior to any construction work (Figure 3).

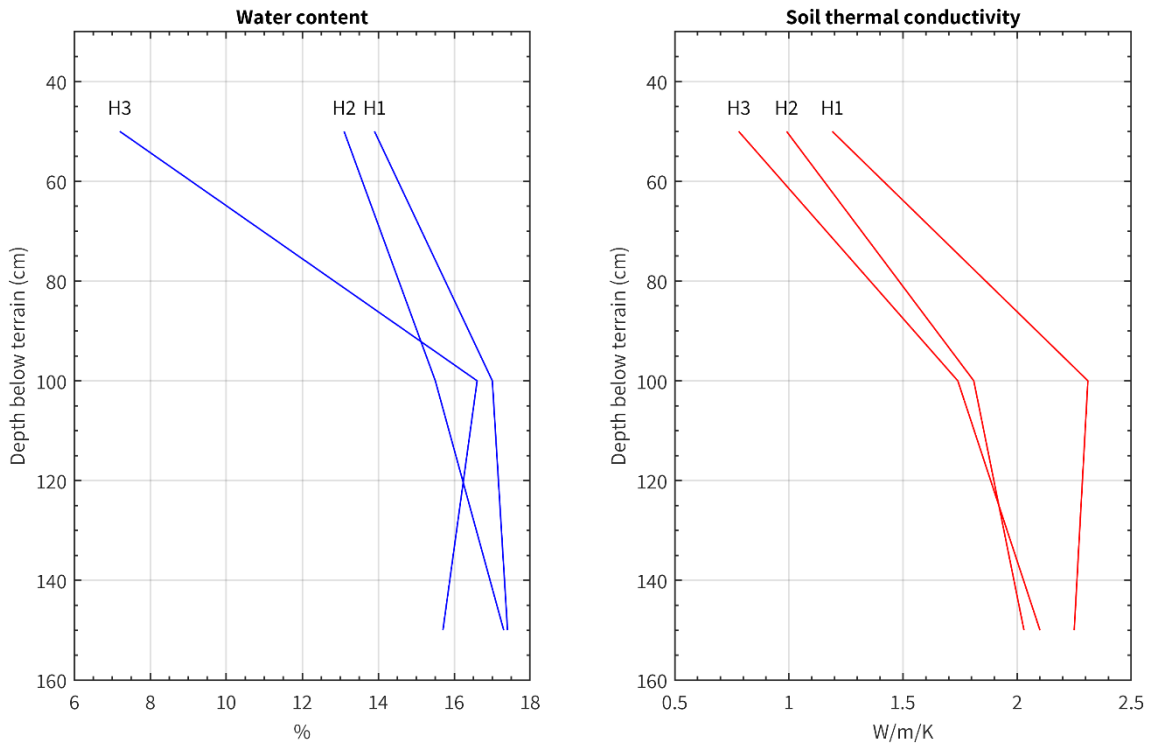


Figure 3. Soil sample water content and thermal conductivity from the three hand drillings H1, H2 and H3 at Vestergårdsmarken (see Figure 2).

The soil samples were taken with a hand drill at depths of ca 50 cm, 100 cm and 150 cm and carefully placed in Ø10 cm PVC cylinders and immediately sealed. Soil thermal conductivity was determined with the Hukseflux TPSYS02 needle probe (Hukseflux Thermal Sensors, 2003). The measurement procedure adheres to the DS/EN ISO-22007-1 and the ASTM D5334-08.

The water content increases with depth, mostly for drilling B3, which is consistent with the geotechnical investigations indicating the presence of a shallow, secondary groundwater table in the thin upper sand layer extending to a depth of roughly 2.5 m below terrain. It's clear from the soil sampling that the grid piping benefits significantly from the greater water saturation below 1 m depth that enhances soil thermal conductivity by a roughly factor of two from ca. 1-1.2 at 50 cm depth to 2-2.3 W/m/K at 1-1.5 m depth. In addition to being buried at frost free depth, the saturated conditions add further production capacity to the grid, enhancing the thermal exchange between the grid and the surrounding soil.

4.1.2.4 Thermal response testing (TRT) of borehole heat exchangers (BHE)

The TRT is a field method for estimating the soil thermal conductivity λ_s (W/m/K), the thermal resistance of the borehole R_b (Km/W) and the undisturbed ground temperature $T_{s,0}$ (°C) [1].

A total of five TRTs of BHE1, BHE2, BHE3 and the wastewater and roadbed HEs were conducted, one of each, respectively (Figure 4).

The geometry and materials of the tested heat exchangers (HE) are provided in Table 2.

Table 2. Information pertaining to the tested BHEs and the wastewater and roadbed HEs

Heat exchanger	BHE 1	BHE 2	BHE 3	Wastewater HE	Roadbed HE
HE length (m)	85.3	84.5	84.9	195.8	195.2
Borehole diameter (cm)	15.8	15.8	15.8	-	-
HE geothermal piping	1U	1U	1U	1U	1U
Pipe diameter: outer/inner [mm]	40/32.6	40/32.6	40/32.6	40/32.6	40/32.6
Grouting material	DantoCon Thermal C2L	DantoCon Thermal C2L	DantoCon Thermal C2L	-	-



Figure 4. VIAs thermal response test equipment and laboratory chief Hans Erik Hansen. The equipment box contains a water circuit, circulation pump, 9 kW water heater and a Kamstrup Multical 801 energy meter. A circuit breaker panel ensures safe operation. The insulation of the connecting pipes minimizes heat loss to the atmosphere during the test.

During the TRT, water is circulated in the ground HE while being continuously heated at a specified rate. Heat dissipates firstly to the borehole and then subsequently to the ground. The test records fluid inlet-and outlet temperatures and flow rate and logs them in 10-min intervals for at least 48h. Figure 5 shows the TRT setup.

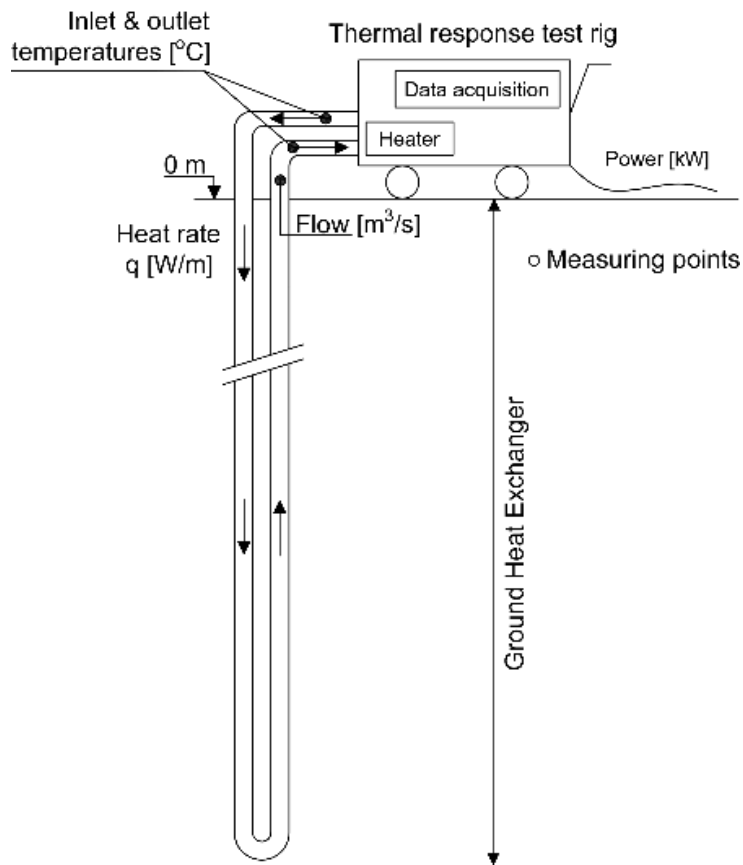


Figure 5. Principle of TRT

Three independent methods are used for interpretation of the TRTs. The methods are based on: 1) the Infinite Line Source (ILS) model; 2) temporal superposition of infinite line sources to account for heating power fluctuations and; 3) a numerical composite thermal resistance model that also accounts for heating power fluctuations and that considers the early time thermal dynamics in the borehole [2]. The three different models are fit to the data by non-linear regression.

The interpretation of soil thermal conductivity and HE thermal resistance (borehole resistance for the BHEs) in the five tests is summarized in Figure 6.

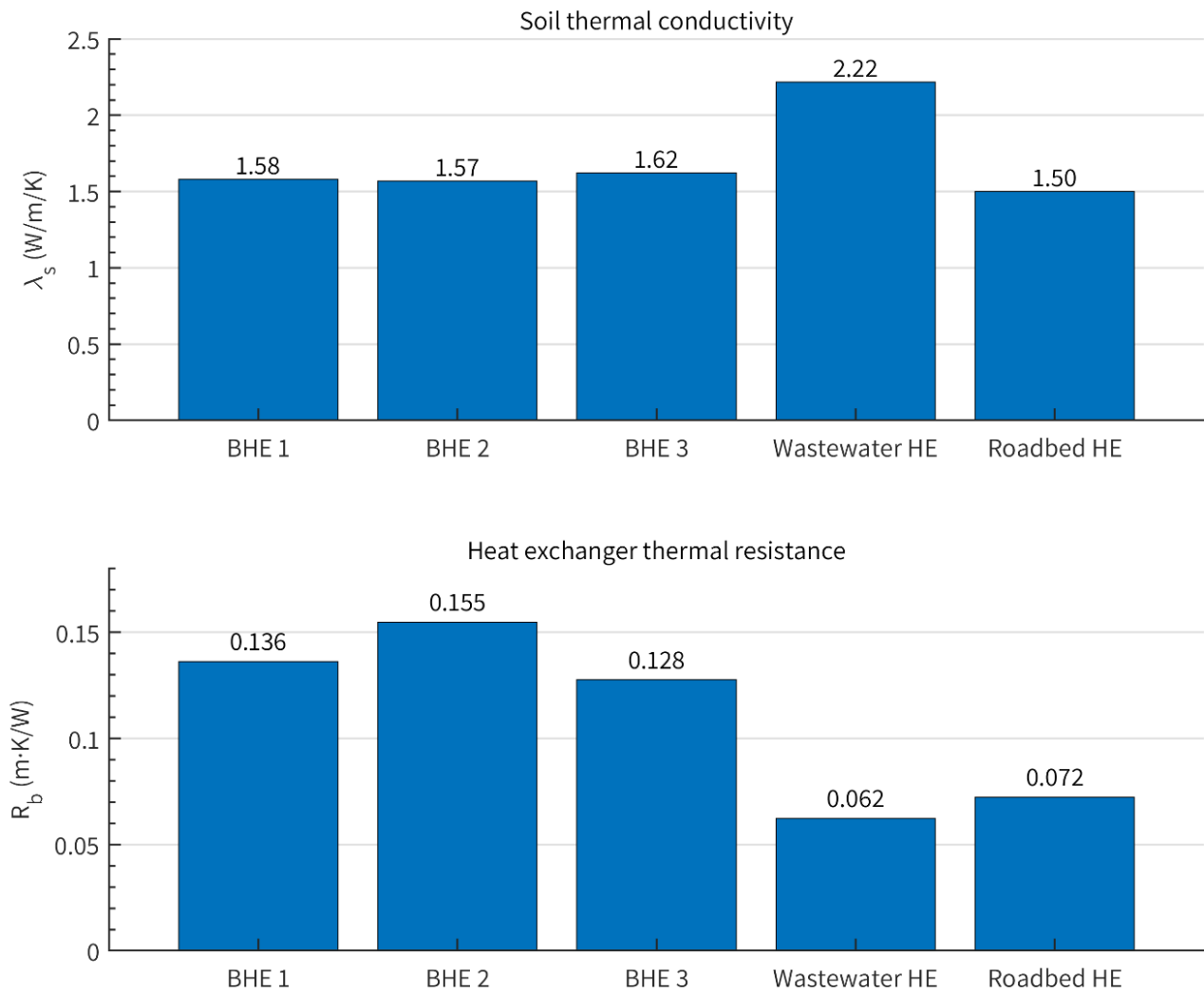


Figure 6. Average soil thermal conductivity and thermal resistance of BHE1, BHE2, BHE3 and the wastewater and roadbed HES.

The BHE soil thermal depends on the lithology, which in this case is predominantly clay, implying a relatively low conductivity with values ranging from 1.57 to 1.62 W/m/K. The wastewater HE is buried in water saturated sand yielding a rather high soil thermal conductivity of 2.22 W/m/K. Finally, the roadbed HE is buried in rounded, soft gravel having a slightly lower thermal conductivity (1.50 W/m/K) than the clay surrounding the BHEs.

Figure 7 summarizes and compares the estimated thermal conductivities to expected values in available literature (VDI, 2010).

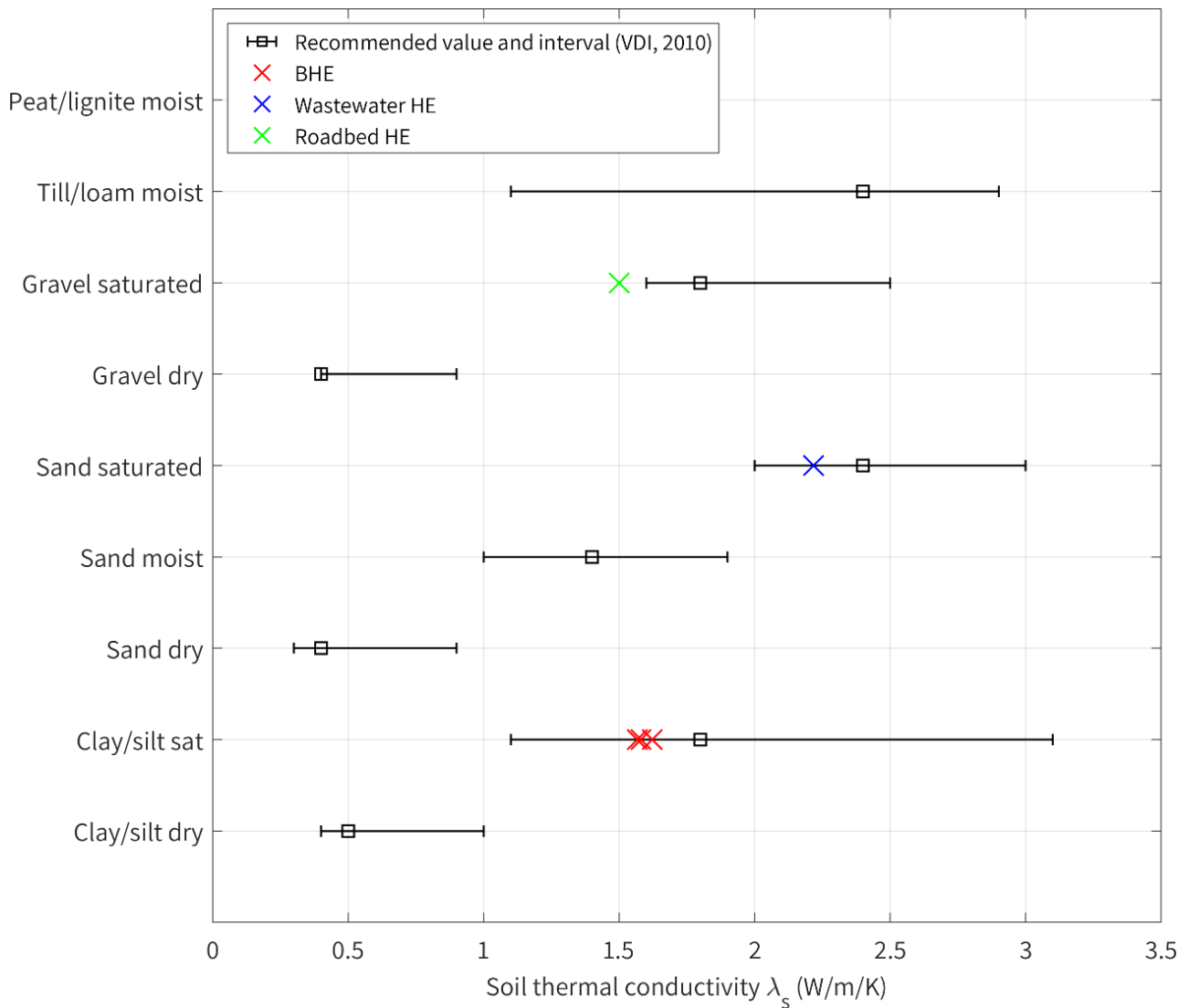


Figure 7. TRT estimates from BHE1, BHE2, BHE3 and the wastewater and roadbed HEs compared to the VDI 2010 recommended values.

The BHE soil thermal conductivities compare well to suggested interval in the VDI (2010) being only slightly lower than the recommended value of 1.8 W/m/K. Similarly, the thermal conductivity estimated for the wastewater pipe geothermal probe (2.22 W/m/K), corresponds well to the expected value for saturated sand (2.4 W/m/K). The estimated soil thermal conductivity for the roadbed pipe HE falls slightly below the interval for wet gravel provided in the VDI (2010) standard which is potentially explained by the higher porosity of the well sorted DrænAF gravel. All in all, the VDI recommended values appear to corroborate the results from the thermal response tests at Vestergårdsmarken.

4.1.3 WP3: Dimensioning, instrumentation and construction of the Thermo-road

In addition to constructing and instrumenting the Thermo-road, the purpose of WP3 is to develop a computational tool for the thermal dimensioning of the Thermo-road system. This involves the development of a model that can accurately simulate the thermal behavior of the system and estimate the required length of either boreholes or HHEs.

4.1.3.1 pythermonet – a dimensioning/screening tool for shallow geothermal district heating and cooling (SGDHC)

4.1.3.1.1 How to use pythermonet

The design software pythermonet was developed during the project. A thorough theoretical presentation was given on the seminar in autumn 2022 which is available [here](#).

The python code for pythermonet is available on [Github](#) with instructions on how to install the package. A number of examples are also included with the download.

The user decides whether they wish pythermonet to dimension both the pipes in the grid as well as the heat source, or if they will provide the grid pipe dimensions and only wish to dimension the source. Pythermonet can be used to dimension for heating and cooling demand, or heating only. The sources can currently be either BHEs or HHEs.

Input for the calculation is mainly given in simple text files specifying the loads for the consumers and depending on the use case the topology of the grid. Physical parameters such as the density of the brine or the thermal conductivity of the soil should be provided directly in the code. We refer to the accompanying examples on Github where these parameters and the units to use are explained.

In the following we will briefly explain the content of the input files for some different use cases. Example input files are also provided with the python code on Github.

4.1.3.1.1.1 Case 1: Full dimensioning with heating and cooling

When dimensioning both the grid pipes and sources it is necessary to provide the individual loads of the consumers as indicated in Figure 8.

	Unique ID for each consumer		Annual, seasonal and peak COP				Annual, seasonal and peak cooling loads					
1	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
2	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
3	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
4	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
5	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
6	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
7	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
8	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
9	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
10	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
11	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
12	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
13	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
14	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4
15	2282	3651	10000	3.3	3.4	3	3	342	1369	4000	25	4

Annotations in the figure:

- Arrow pointing to the first two columns: Unique ID for each consumer
- Arrow pointing to the first three columns of the heating section: Annual, seasonal and peak heating loads
- Arrow pointing to the COP columns: Annual, seasonal and peak COP
- Arrow pointing to the heating delta T column: ΔT for heating
- Arrow pointing to the first three columns of the cooling section: Annual, seasonal and peak cooling loads
- Arrow pointing to the cooling delta T column: ΔT for cooling
- Equation: $EER = \frac{Q_{cool}}{P_{el}}$

Figure 8. Input file for pythermonet containing heat pump information in the case of combined heating and cooling

The topology is summarized in a text file as indicated in Figure 9. The user groups the grid pipes into sections with unique names. For each group the SDR value and trace length is provided as well as the number of identical traces in that group. Additionally, the maximum acceptable pressure loss is specified and finally a list of consumer IDs that contribute to the load in that group.

Section	SDR	Trace (m)	Number_of_traces	Max_pressure_loss_(Pa)	HP_ID_vector
Main_line	17	40	1	7200	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15
Inner_distribution_ring_1	17	63	1	11340	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
Inner_distribution_ring_2	17	58	1	10440	11,12,13,14,15
Single_branch	17	63	1	11340	1,2,3,4
Connection_pipes_6_kW	17	20	14	3600	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14
Connection_pipes_10_kW	17	20	1	3600	15

Figure 9. Input file for pythermonet containing topology information

The results are printed directly to the python console as shown below (Figure 10). First the calculated diameters of the pipes fulfilling the maximum allowable pressure, then the length of the sources fulfilling the required thermal load. Note that when dimensioning for heating and cooling two results are presented, one for each case. The user selects the largest diameter pipe and the longest source.

```

***** pythermonet v. 1 *****
Project: Silkeborg
***** Suggested pipe dimensions heating *****
Main_line: Ø90 mm SDR 17, Re = 9714
Inner_distribution_ring_1: Ø75 mm SDR 17, Re = 7586
Inner_distribution_ring_2: Ø63 mm SDR 17, Re = 5413
Single_branch: Ø63 mm SDR 17, Re = 3926
Connection_pipes_6_kW: Ø40 mm SDR 17, Re = 2162
Connection_pipes_10_kW: Ø50 mm SDR 17, Re = 2882
***** Suggested pipe dimensions cooling *****
Main_line: Ø90 mm SDR 17, Re = 7254
Inner_distribution_ring_1: Ø75 mm SDR 17, Re = 5917
Inner_distribution_ring_2: Ø63 mm SDR 17, Re = 3726
Single_branch: Ø63 mm SDR 17, Re = 3062
Connection_pipes_6_kW: Ø32 mm SDR 17, Re = 2108
Connection_pipes_10_kW: Ø32 mm SDR 17, Re = 2108
***** Thermonet energy production capacity *****
The thermonet supplies 36% of the peak heating demand
The thermonet supplies 33% of the peak cooling demand
***** Suggested length of borehole heat exchangers (BHE) *****
Required length of each of the 6 BHEs = 105 m for heating
Required length of each of the 6 BHEs = 85 m for cooling
Maximum pressure loss in BHEs in heating mode = 233 Pa/m, Re = 3928
Maximum pressure loss in BHEs in cooling mode = 132 Pa/m, Re = 2934
***** Average brine temperatures *****
Long-term brine temperature: 2.70°C
Winter brine temperature: -1.95°C
Peak load brine temperature: -4.50°C
***** Computation time *****
Elapsed time: 0.083777 seconds

```

Figure 10. Output from pythermonet displaying the pipe sizing first and secondly the dimensioning of sources. The fraction of the heating and cooling peak loads supplied by the distribution grid itself is also displayed (in this case it is 36% and 33%, respectively).

4.1.3.1.1.2 Case 2: Full dimensioning – heating only

In this case the topology file is the same as Case 1, but all parameters relating to the cooling demand are simply set to zero as indicated in Figure 11.

Unique ID for each consumer	Annual, seasonal and peak heating loads			Annual, seasonal and peak COP			Annual, seasonal and peak cooling loads					
	Annual	Seasonal	Peak	Annual	Seasonal	Peak	Annual	Seasonal	Peak	Annual	Seasonal	Peak
1	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
2	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
3	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
4	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
5	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
6	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
7	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
8	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
9	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
10	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
11	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
12	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
13	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
14	1141	1826	6000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0
15	2282	3651	10000	3.3	3.4	3	3	0	0	0	0	0

Figure 11. Input file for pythermonet containing heat pump information in the case of heating only

4.1.3.1.1.3 Case 3: Source dimensioning with cooling

In this case the user has already dimensioned the grid pipes by some other means and only needs to calculate the required length of the source. The input file for the heating and cooling demand is simpler in this case since only the aggregated load needs to be specified (Figure 12).

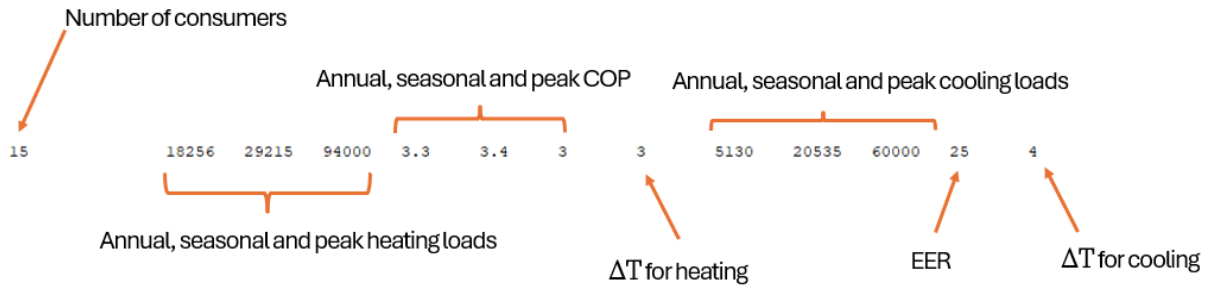


Figure 12. Aggregated thermal load input for combined heating and cooling

Additionally, a file summarizing the dimensioned topology is required as indicated in Figure 13.

Section	dc_(mm)	SDR	Trace_(m)	Number_of_traces	Peak_flow_heating_m3/s	Peak_flow_cooling_m3/s
Main_line	90	17	40	1	0.00313915	0.0023481
Inner_distribution_ring_1	75	17	63	1	0.00204304	0.00159613
Inner_distribution_ring_2	63	17	58	1	0.00122458	0.00084415
Single_branch	63	17	63	1	0.00088801	0.00069376
Connection_pipes_6_kW	40	17	20	14	0.00031049	0.00024257
Connection_pipes_10_kW	50	17	20	1	0.00051749	0.00024257

Figure 13. Input containing list of pipes specified with size and peak fluid flow

4.1.3.1.1.4 Case 4: Source dimensioning – heating only

Similarly, as for Case 2, when considering heating only all values relating to cooling are set to zero in the input file (Figure 14).

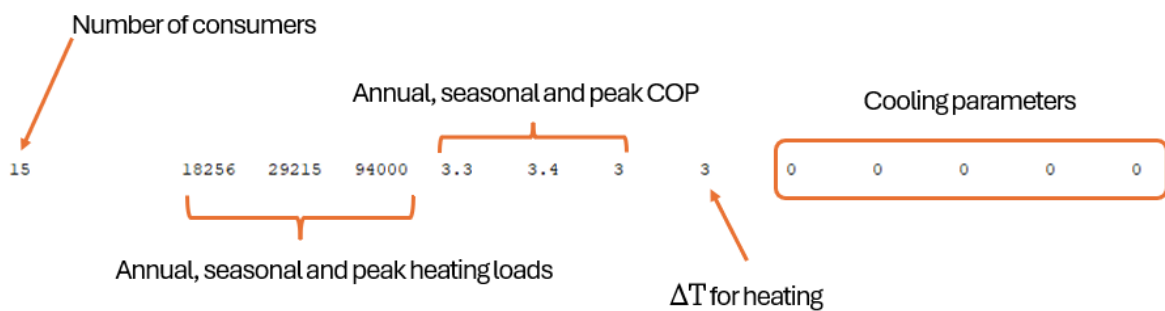


Figure 14. Aggregated thermal load input for heating only.

4.1.3.1.2 Pythermonet dimensioning of the Thermo-road SGDHC

Pythermonet cannot simulate multiple energy sources in the current version, that is, it can't include boreholes, and the HHEs in the roadbed and along the wastewater pipe, respectively. However, it is of interest to investigate the system capacity with the 1200 m of HHEs buried in the roadbed, as the sole source of geothermal energy. This is analysis done in the following using pythermonet.

The input parameters for the simulation are listed in Table 3.

Table 3. Input parameters for pythermonet simulation of the heating and cooling supply with the Thermo-road. * the surface temperature and seasonal variation (amplitude) have been modified to reflect the increased temperature levels of the asphalt surface based on [3].

Project: Thermo-road, Vestergårdsmarken, Hornsyld, Denmark	
Brine	
Density	960 kg/m ³
Specific heat	4,050 J/kg/K
Dynamic viscosity	0.005 Pa·s
Thermal conductivity	0.38 W/m/K
Thermonet	
Distance forward and return pipe (wall-wall)	0.1 m
Thermal conductivity pipe material	0.4 W/m/K
Thermal conductivity of soil, cooling (summer)	1.75 W/m/K
Thermal conductivity of soil, heat (winter)	1.75 W/m/K
Volumetric heat capacity soil	2.65 MJ/m ³ /K
Burial depth	1.3 m
Pipe SDR	17
Mean surface temperature	12.0 °C*
Mean surface temperature amplitude	8.65 K*
Horizontal heat exchangers	
Outer pipe diameter	40 mm
Pipe SDR	11
Pipe distance	0.45 m
Heating and cooling demand and heat pumps	
Number of buildings	12
Space heating needs	3.32 MWh/yr
Hot water consumption	1.55 MWh/yr
Cooling demand	1.62 MWh/yr
Heated area per building	118 m ²
Heat pump nominal heat output	4.7 kW
Heat pump peak heating output	2.78 kW (1750 full load hours)
Heat pump peak direct cooling output	1.18 kW
Annual SCOP	3.4
Winter SCOP	3.7
Peak load COP, heating	3.0
Energy Efficiency Ratio (EER) cooling	20
Peak load duration (heating and cooling)	4 hours

The analysis considers the elevated average surface temperature due to heating of the asphalt based on the work by [3]. Room heating and domestic hot water consumption estimates are based on the energy consumption report for the properties at Vestergårdsmarken. The full load hour method is used to relate the heating consumption to peak loads.

The pythermonet analysis shows that long term brine temperatures stay well above zero which is a legal requirement according to the Danish regulation of GSHPs (Figure 15).

```
*****  
***** pythermonet v. 1.0 *****  
*****  
  
Project: Termovejen, Vestergårdsmarken, Hornsyld, Denmark  
  
***** Thermonet energy production capacity *****  
The thermonet supplies 47% of the peak heating demand  
The thermonet supplies 36% of the peak cooling demand  
  
***** Suggested length of horizontal heat exchangers (HHE) *****  
Required length of each of the 6 horizontal loops = 200 m for heating  
Required length of each of the 6 horizontal loops = 200 m for cooling  
Maximum pressure loss in HHE pipes in heating mode = 36 Pa/m, Re = 1546  
Maximum pressure loss in HHE pipes in cooling mode 16 Pa/m, Re = 776  
  
***** Average brine temperatures *****  
Long-term brine temperature: 5.20°C  
Winter brine temperature: 1.61°C  
Peak heating load brine temperature: 0.35°C  
Peak cooling load brine temperature: 20.91°C  
  
Figure 15. Pythermonet output for the Thermo-road as-built.
```

During winter, brine temperatures decrease to about 1.6 °C with a minimum temperature of 0.35 °C following a 4-hour peak heating load. The distribution pipes alone provide 47% and 35% of the heating and cooling peak loads, respectively.

During summer brine temperatures increase to 20.91 °C during a peak load at the end of the summer period. The maximum inlet temperature for the heat pump is 18.91 °C which may cause issues with providing sufficient direct cooling during peak loads. Overall, though the Thermo-road will be able to supply almost entirely, the full cooling demand without using the heat pump for active cooling.

4.1.3.2 Construction

Following the field investigations, the construction of the Thermo-road began in the autumn of 2020 and took 12 weeks to complete. The process started with the excavation of the roadbed, which was dug to a depth of approximately 130 cm (Figure 16).



Figure 16. The roadbed excavation pit with uninsulated forward and return pipes in the left side of the picture. The black groundwater drainage pipes that keep the excavation from flooding, are visible at the left wall of the pit, near the distribution pipes.

Managing groundwater seepage during the construction of the roadbed required the use of drainage equipment commonly employed to keep excavation pits dry. This allowed the construction workers to install the bentonite membrane and geothermal pipe infrastructure without disruptions. While such equipment and techniques are standard for excavation projects, their use added to the overall expenses, due to the site's challenging hydrogeological conditions. These costs underscore the importance of factoring groundwater management into the budget for construction projects in areas with high water tables.

During the construction of the roadbed, the uninsulated distribution polyethylene (PE) pipes and the connection pipes for the heat pumps were installed before the placement of the bentonite membrane (Figure 17).



Figure 17. Connection pipes for the domestic heat pumps.

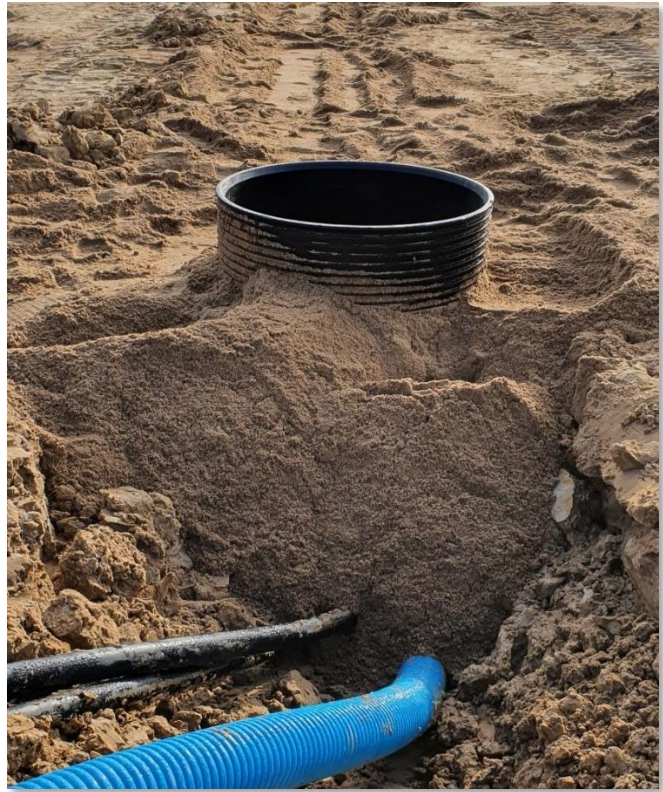


Figure 18. The Ø40 mm 1U pipe geothermal HE (black pipes) buried below the central wastewater pipe. The blue pipe is used for drainage of seeping groundwater

By positioning the distribution pipes below the bentonite membrane, the design avoided any penetration of the membrane, which could have created weak points for groundwater to seep into the roadbed structure. This configuration was crucial for maintaining the roadbed's functionality as a hydrologically controlled system. The membrane acts as a seal, ensuring that only stormwater from the ground surface enters the roadbed and is directed through the drainage system without unexpected contributions from groundwater. Along the central wastewater pipe, a single 1U HE was placed at a depth of 2.5 meters below the road surface before being reburied (Figure 18). The excavation pit was lined with a bentonite membrane as shown in Figure 19.



Figure 19. Construction workers placing bentonite mats at the bottom of the excavation pit. Eventually, bentonite membranes were placed on the excavation pit walls as well, creating a full seal of the roadbed, preventing seepage of groundwater into the roadbed.

Once the membrane was in place, geothermal pipe HEs were placed on top of it, along with $\varnothing 150$ mm drainage pipes at the sides (Figure 20).



Figure 20. $\varnothing 150$ mm drainage pipe and a single $\varnothing 40$ mm SDR 11 U-pipe HE with a welded 180° bend.

These pipes were then buried in 20 cm of soft, stable gravel known as DrænAF and the remaining 110 cm were filled with coarse gravel, DrænStabil, which has a porosity of 30%, allowing for effective drainage and structural stability even when fully saturated with water.

A key component of the Thermo-road's sustainable urban drainage system (SUDS) is the water brake, which regulates the flow of stormwater from the roadbed into the sewage system. This device plays a crucial role in ensuring controlled discharge, preventing overloading of the sewage system during periods of heavy rainfall while maintaining the roadbed's function as a retarding basin. Water flow through the water brake is restricted to 0.78 l/s.



Figure 21. The concrete manhole containing the water brake is in the center of the picture. The Ø150 mm drainage pipes are visible in the left and right side, however, they were not yet connected to the water brake at the time when the picture was taken.

The Ø150 mm drainage pipes shown in Figure 21, connect to a water brake that restricts water flow to the rainwater sewer. The water brake is located at the drainage outlet of the roadbed and is designed to limit the flow rate of stormwater into the sewer system. By capping the discharge rate at 0.78 liters per second, the water brake ensures that stormwater is released gradually, avoiding sudden surges that could overwhelm the downstream sewer infrastructure. This controlled discharge is particularly important during extreme precipitation events, as it helps mitigate the risk of urban flooding by slowing the flow of water into the drainage network.

In cases of exceptionally heavy rainfall, the water brake works in tandem with the roadbed's ability to temporarily store water. The roadbed, constructed with permeable layers of gravel and equipped with a bentonite membrane, can retain up to 330 mm of stormwater (relative to the road surface area), effectively acting as a water reservoir. As the water is retained in the roadbed, the gradual release through the water brake provides a buffer for the sewer system, allowing it to handle peak flows more effectively.

To further enhance system resilience, the water brake is equipped with an electronic closing valve. This valve can completely disconnect the roadbed from the sewer system during extreme events with exceptionally high

water levels in the sewer. This prevents any reverse flow of sewage into the roadbed, protecting the geothermal and drainage infrastructure. In the most severe flooding scenarios, the roadbed is designed to overflow onto the road surface in a controlled manner, ensuring that excess water does not compromise the underlying system or nearby properties.

The inclusion of the water brake, along with the roadbed's design features, demonstrates the Thermo-road's ability to integrate stormwater management with urban infrastructure. By preventing uncontrolled discharge to the sewage system and providing a mechanism for gradual release, the water brake contributes to a robust and sustainable approach to urban water management.



Figure 22. Ø40 mm SDR 11 geothermal U-pipe HEs buried in DrænAF soft gravel. The DrænAF is overlain by approximately 100 cm of DrænStabil coarse gravel.

The topmost layer of the road consisted of 7 cm of NCC GAB-0 asphalt. The asphalt surface was designed with an incline toward drainage grates and a mound was placed to direct water to the drain grates, enhancing the system's resilience during precipitation events.

The cross-section of the Thermo-road is shown in Figure 22 and Figure 23.

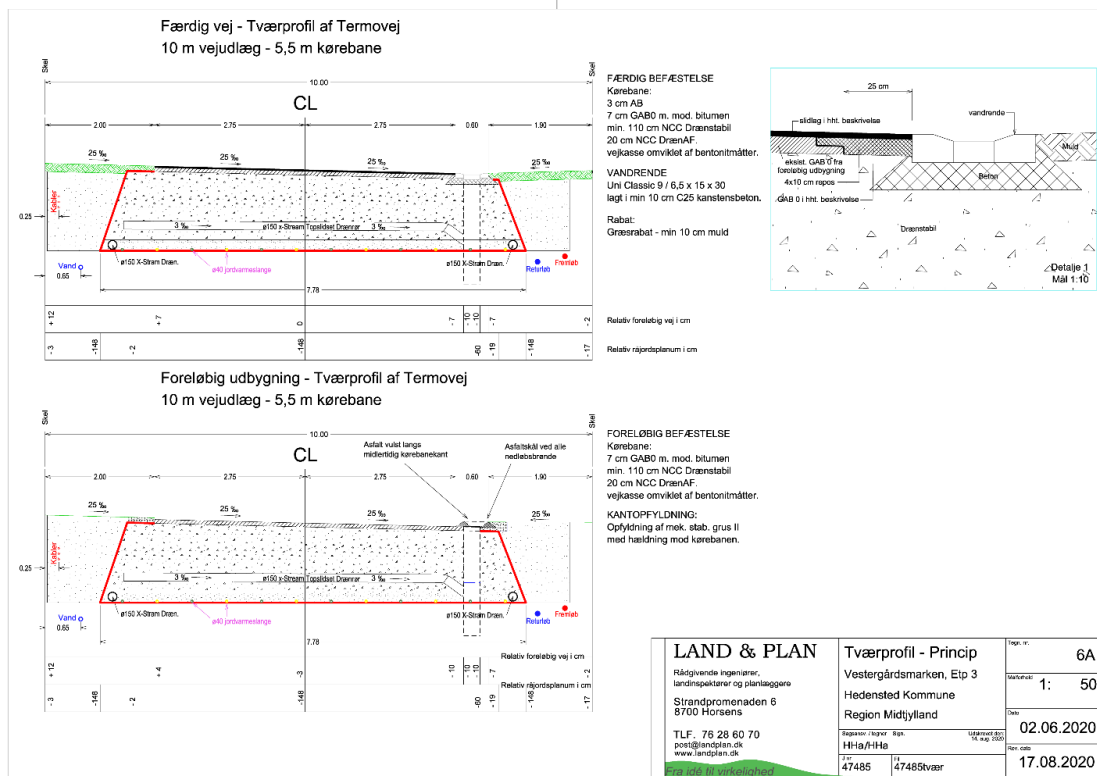


Figure 23. Cross section of the Thermo-road showing the principal components. Text in Danish.

Three BHEs were installed as part of the system, each equipped with 1U Ø40 mm SDR 11 pipes. The boreholes were drilled with a diameter of 15.8 cm and sealed with thermally enhanced grout bentonite, ensuring they were well-suited for efficient heat transfer (Figure 24). Once the boreholes were drilled, the 1U HE pipes were carefully installed, ensuring proper spacing and alignment to maximize efficiency.



Figure 24. The drilling rig on site, drilling one of the BHEs.

The boreholes were connected to the central distribution grid, designed for both heating and cooling applications. A bypass system between the forward and return main lines enables the circulation of brine between the relatively hot roadbed during summer and the cooler boreholes. This innovative design took advantage of the thermal properties of the asphalt, which absorbs sunlight and heats the roadbed during summer months, allowing for seasonal heat storage and thermal regeneration of the boreholes. The brine circulation system was designed to be efficient, with the expectation that brine circulation pumps in the heat pumps would suffice, without relying on the central pump.

The concrete manhole for the Thermo-road system, a bottomless concrete cylinder with a 250 cm diameter, serves as a central hub for brine distribution to the geothermal sources and the heat pumps in the buildings (Figure 25). While it is naturally dry most of the time, occasional seepage of water can occur during short periods, such as after significant rainfall. To manage this, an automated pumping system with a floater device was installed to ensure efficient water removal.



Figure 25. The Ø250 cm concrete manhole with geothermal piping, manifolds, dynamic valves, central pump, sump hole for seeping water removal, expansion vessel and energy and electricity meters. The Energy Machines control box for compilation of data and controls was not installed at the time the picture was taken.

The construction process began by positioning the bottomless concrete cylinder into an excavated pit. Inside the manhole, the brine distribution manifolds were installed, which are responsible for directing the flow of brine to various geothermal sources, such as the BHEs, roadbed piping, and wastewater HE. The manifolds are equipped with electronic valves for controlling brine flow in the four HE groups including 2 groups of three 1U-pipes in the roadbed, one group with the BHEs and one with the wastewater 1U pipe HE. Additionally,

energy and flow meters were mounted within the manhole, enabling real-time monitoring of the system's performance via the EnergyMachines platform.

The commissioned Thermo-road with buildings fully occupied by tenants is shown in Figure 26.



Figure 26. The commissioned Thermo-road with buildings occupied by tenants. The picture was taken during a field site tour with visitors Dr. Matt Mitchell from National Renewable Energy Laboratory (US), Regents Professor Jeffrey Spitler from Oklahoma State University (US), Professors Johan Claesson and Jesper Arfvidsson, and Dr. Akram Habdul Hamid from Lund University (Sweden), CEO Dr. Signhild Gehlin from Svenskt Geoenenergicentrum (Sweden), Dr. Tor Helge Dokka from Skanska (Norway), CEO Søren Skjold Andersen and Bjørn Kassøe Andersen from Geodrilling (DK), senior researcher Viktor Søgaard from GEUS (DK), and finally researcher Kristoffer Bested Nielsen (VIA), Dr. Karl Woldum Torstrup (VIA) and project manager, Head of Research Dr. Søren Erbs Poulsen (VIA).

4.1.3.3 Instrumentation

The twelve single-family houses, each with an area of 118 m², are equipped with 4 kW Metrotherm Delta propane ground source heat pumps (GSHP) to provide hot water, room heating, and direct cooling. Kamstrup energy meters are installed on the brine side of the twelve heat pumps and on each of the four HE (HE) groups, which include the three BHEs, two sets of three 1U horizontal heat exchangers (HHE), and one 1U-pipe along the central wastewater pipe. The system will feature dynamic valves on the four HE groups and a central pump, with a bypass to thermally charge the BHEs with the warmer roadbed in the summer. A flagpole antenna collects and distributes data, and a professional Cumulus weather station, located 880 meters from the Thermo-road, supply local weather data. Energy Machines provides the online data platform and control systems (Figure 27).

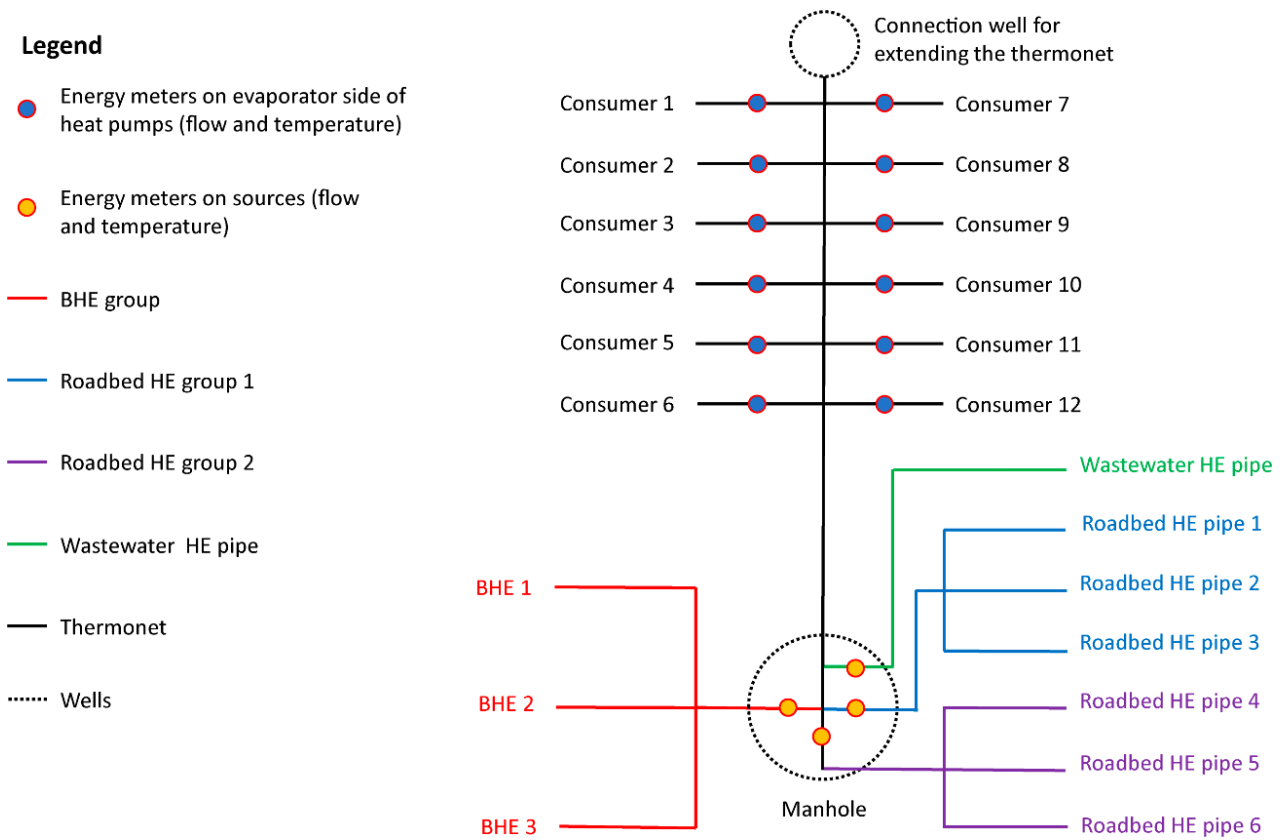


Figure 27. Diagram illustrating the HE groups and corresponding energy meters on the Thermo-road

This allowed for detailed data collection and system control via an online platform provided by Energy Machines.

4.1.4 WP4: Data compilation and analysis

The data compilation started in August 2024. However, after commissioning, it was determined that the aluminium manifolds connecting the HE groups to the distribution grid were poorly designed and prone to leaking. Based on recommendations from Energy Machines, the metal manifolds were replaced by welded HE manifolds. The Thermo-road was taken out of operation from October 17th to 22nd, 2024 while the manifolds were replaced.

The initial data including brine temperatures and COP are plotted in Figure 28.

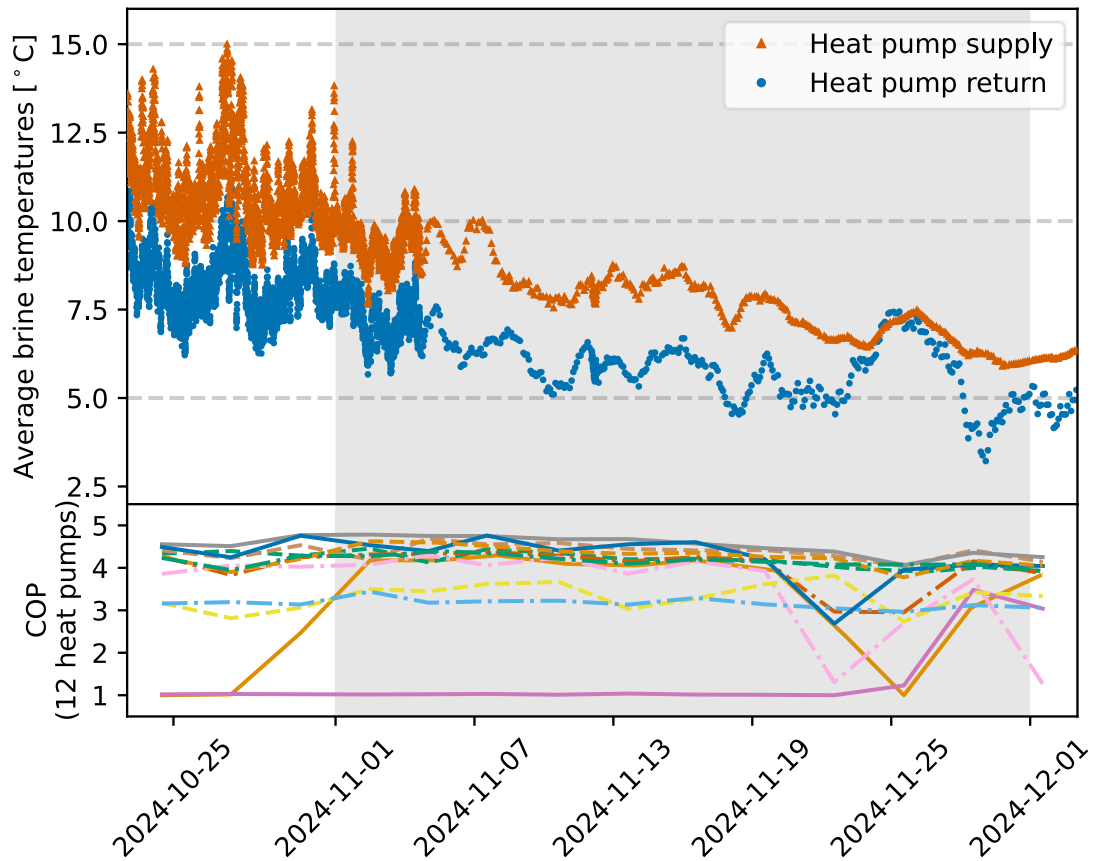


Figure 28. Average grid brine temperatures and individual COP for the twelve heat pumps in autumn 2024. Grey are indicates a full month (November 2024).

During the autumn months, brine temperatures decline from ca. 10 °C to 5.5 °C due to heat abstraction from the ground. The temperature difference between the supply and return pipes ranges from 2.5 to 4 K. Overall, the coefficient of performance (COP) of the heat pumps meets expectations, with nine out of twelve units operating at a COP between 4.0 and 4.8, demonstrating the superior performance characteristic of networked heat pumps.

However, one heat pump exhibited almost exclusive reliance on its auxiliary electrical heater, which was clearly caused by incorrect configuration. This issue was identified and corrected in late November. After the adjustments, the COP for this unit improved significantly from just above 1 to approximately 3.5, aligning with expected values.

Around the same time, on November 19th, unexpected operational issues arose, necessitating the shutdown of several heat pumps and adjustments to their configurations. As shown in Figure 28, the COP of four heat pumps temporarily dropped but returned to their original levels following maintenance, with one exception (depicted by the pink dashed line).

Additionally, two heat pumps consistently underperformed compared to the nine high-performing units, with their COP ranging between 2.9 and 3.4 throughout the observation period. This issue has not yet been resolved.

The initial operational data are highly encouraging, demonstrating the strong thermodynamic performance of SGDHC heat pumps. With continued monitoring and adjustments to controls and configurations, the project partners are confident that all heat pumps can achieve consistent heating performance.

In August 2025, the heat pumps were mistakenly configured for active cooling instead of passive cooling, which would have significantly improved energy efficiency. Additionally, challenges in configuring the cooling controls emerged due to limited experience with adapting the system to the specific central underfloor heating setup in the twelve buildings connected to the Thermo-road. The issue with configuring passive cooling on the heat pumps, was not resolved in the cooling season of 2024. Collaboration with the developer will extend into 2025 to address these challenges, optimize passive cooling, and maximize the overall heating and cooling efficiency of the system.

4.1.5 WP5: Best practice for the Thermo-road and valuation of cooling

4.1.5.1 Collection of parameters in relation to construction workflow, cost and investments

4.1.5.1.1 Construction costs

The Thermo-road designed for 12 parcels, incurred a total construction cost of DKK 1,526,000, averaging DKK 127,000 per parcel. Higher costs stemmed from additional excavation depths, pumping groundwater seepage with specialized equipment during construction, use of advanced materials like bentonite mats, general lack of experience among practitioners, and the integration of geothermal and water retention systems.

A traditional residential road for eight parcels was estimated to cost DKK 441,000 in total, equating to approximately DKK 55,000 per parcel. This includes standard infrastructure for rainwater drainage and road construction, with additional expenses for stormwater basins or other retention systems. Operational costs for traditional systems are minimal but require separate infrastructure for stormwater management, limiting land-use efficiency.

Currently, surface retention ponds cannot be entirely replaced by subsurface solutions like the Thermo-road due to legislative restrictions regarding effluent water quality. However, a PhD study conducted by VIA University College and Aalborg University demonstrated that the water quality improvements achieved by the Thermo-road system are comparable to those provided by traditional surface retention ponds. This finding highlights the potential for significant future savings, as replacing surface ponds with subsurface retention in the Thermo-road system could free up valuable land for other uses and reduce associated construction and maintenance costs. If legislative changes were implemented to recognize these findings, developments could benefit from both economic and spatial efficiencies without compromising environmental standards.

Traditional stormwater basins occupy valuable land, and 750–1,000 m² are needed for a 225 m³ pond to replace the Thermo-road in the particular case. This area could otherwise be used for residential or commercial development adding revenue streams for companies and from municipal and state taxes. A lot this size in the particular area could generate approximately DKK 400,000 in land sales. Additionally, surface basins incur substantial construction and maintenance costs, estimated at DKK 240,000 for installation and DKK 20,000 annually for upkeep. If the Thermo-road can replace a surface retention pond, the added cost per parcel is reduced to ca. DKK 30,000. To better understand whether this is economically feasible, it is necessary to list the heating costs for the system, compared to alternatives.

4.1.5.1.2 User economy for SGDHC

Homeowners connected to the Thermo-road benefit from significantly reduced heating and cooling costs (Figure 29). The shared brine-based system enables simpler installations for household heat pumps, reducing upfront costs to DKK 50,000 per house compared to DKK 108,000 for individual ground-source systems. The most expensive option is the individual ASHP, with an annual heating cost of DKK 16,698, even under highly optimistic assumptions with a seasonal COP (SCOP) of 3.15 (Figure 29). Slightly less expensive is the GSHP, with an annual cost of DKK 16,528, thanks to its higher thermodynamic efficiency. Traditional district heating ranks second, costing DKK 15,640 annually. The most economical solution is the Thermo-road, which significantly reduces the consumer's heating cost to DKK 12,478 per year.

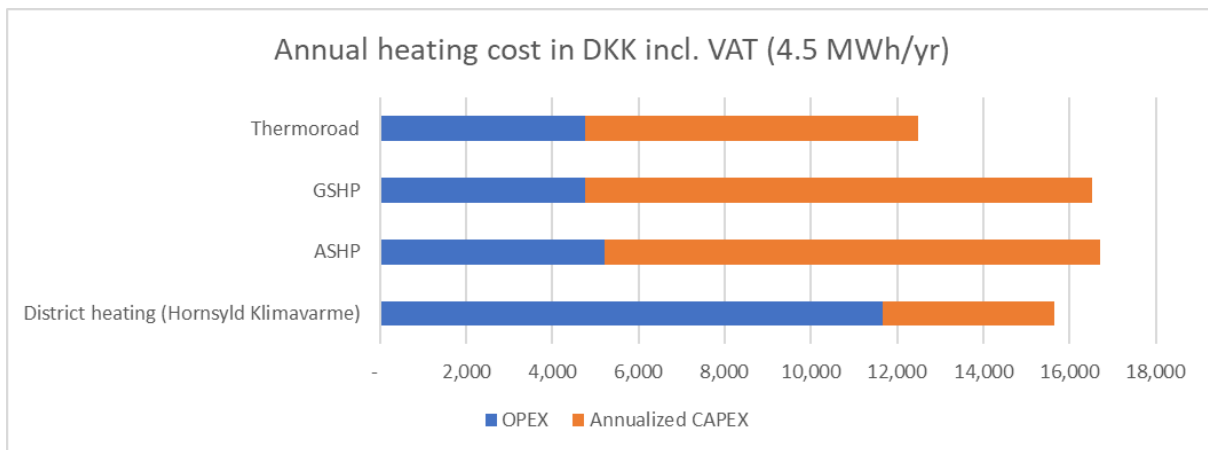


Figure 29. Annual heating costs for different systems at the Thermo-road.

The economic value of the Thermo-road heating and cooling system translates to savings of approximately DKK 30,000 per parcel, effectively offsetting the additional costs of establishing the Thermo-road as outlined above. When incorporating an underground retention basin, the Thermo-road does not incur extra costs compared to traditional solutions. However, the analysis does not fully capitalize on the added value the Thermo-road offers.

These additional benefits include:

- Enhanced retention capacity (capable of managing a 100-year rainwater event compared to a 5-year event with traditional surface basins).
- Passive cooling and improved thermal comfort.
- Elimination of fan noise associated with air-source heat pumps (ASHP).
- Revenue opportunities from better land utilization.
- Improved building aesthetics by removing the need for outdoor fan heat exchangers.
- Reduced external costs to reinforcing the electrical grid due to the lower electricity peak loads and consumption of SGDHC compared to ASHP systems.

By recognizing and leveraging these added values, the Thermo-road system presents a compelling and cost-effective alternative to conventional solutions.

The full economic analysis is included in Appendix A (in Danish).

4.1.5.2 Valuation of passive cooling

In 2023, the Danish housing organization Bolius reported that excessive indoor temperatures during summer is the most frequently reported issue in buildings constructed after the year 2000. Overheating is primarily attributed to architectural designs featuring large, south-facing windows and highly insulated, airtight structures intended to enhance energy efficiency during colder months. While these designs effectively retain heat in winter, they can lead to overheating in summer, especially in the absence of adequate shading or ventilation systems. The problem is exacerbated by climate change, which has resulted in higher average temperatures and more frequent heatwaves, intensifying the risk of overheating in modern Danish homes. To mitigate this, experts recommend implementing external shading devices, such as awnings or shutters, and enhancing natural ventilation to maintain comfortable indoor temperatures during warmer periods.

The project tackles the issue of overheating in modern buildings by incorporating passive cooling using the relatively cold subsurface for direct heat rejection during summer. During warmer months, the system captures the excess building heat with the underfloor heating system by stabilizing floor temperatures to 20°C, passively regulating indoor temperatures without relying on energy-intensive air conditioning systems. The heat is exchanged to the circulating cool brine, rejecting the unwanted heat to the ground for use in winter.

A key feature of the project's approach is the use of the Metrotherm Delta heat pumps that support dual functionality for both heating and passive/active cooling. While primarily designed for heating in winter, these pumps can switch to passive cooling mode in summer, offering a flexible and sustainable solution to mitigate overheating. By addressing overheating through passive cooling, the project aligns with the growing demand for solutions that improve summer indoor comfort in newer, highly insulated buildings.

However, despite its approach, the project faced challenges in fully assessing the effectiveness of its cooling capabilities. Limited operational time, and unresolved difficulties with setting up passive cooling and the absence of a complete summer testing cycle meant that user feedback on the benefits of passive cooling could not be comprehensively gathered.

The passive cooling system will be configured in spring 2025 and utilized to maintain comfortable indoor temperatures throughout the summer. Operational data collected during this period will help evaluate the system's performance and effectiveness. At the end of the summer, a questionnaire will be distributed to tenants who occupied the buildings during that time, aiming to gather feedback on their thermal comfort. A draft of the questionnaire is found in Appendix B (in Danish).

4.1.5.3 Best practise for the Thermo-road

This section summarizes key points in the best practice document for municipalities on implementing the Thermo-road in future construction projects. The best practise document is found in Appendix C (in Danish).

Based on all the knowledge and experiences gained in the project, among the project partners and in collaboration with the municipality a brief text has been formulated with the aim to assist future projects where implementation of a similar Thermo-road can be of interest. The document is organized in four main parts covering the four main stages of the identified process for implementing a Thermo-road. These main stages are the idea phase, the design phase, the construction phase and the operation phase. Each stage or phase involves specific considerations that slightly differ from an ordinary site development. The document is written in Danish to be shared to coming municipalities or developers that shows interest in implementing a Thermo-road. Overall, the process for implementing a Thermo-road involves planning, coordination and execution as in all construction projects, so the recommendations given emphasis on the main focus areas of which construction of a Thermo-road requires special attention compared to ordinary road construction.

4.1.5.3.1 The idea and preparation phase

In the idea phase, the primary goal is to clarify the foundation for the project. This phase involves identifying and coordinating the key actors, which include local enthusiasts, municipalities, utility companies, and developers. The location of the Thermo-road needs to be determined through geographical and geological surveys to ensure optimal placement, where both local rainwater management and evaluating the potential for utilizing local energy sources such as geothermal and wastewater heat are screened. The municipality may play a central role in facilitating coordination among key actors and specific tasks of screening and technical considerations. The final organization of the ownership for Thermo-road may be screened if more options are possible.

4.1.5.3.2 The design and dimensioning phase

The design phase focuses on the detailed planning and specifications required for the specific project. This includes evaluating and selecting the appropriate energy sources and determining their optimal combinations as well as local rainwater management requirements or possibilities. Based on the results of these screenings the design and dimensioning of the project is made in detail. Required submissions or requests for approval need to be made to the local authorities concerning the project.

Different types of organizational structures for the commissioned Thermo-road need to be addressed. This includes clear statements on which parts are collectively owned and which parts are individually owned, hence which parts are included in the tender material and which are not.

The design phase also involves preparing detailed specifications for road construction and the installation of energy sources. These specifications are included in the tender material to ensure that all requirements are clearly communicated to potential contractors. Here specific attention is made to the specifications with respect to the roadbed being lined with a waterproof membrane, and thereby changes in how to install pipes and wires to not penetrate the membrane. For instance, the wastewater pipe installation underneath the roadbed construction and the water and geothermal distribution pipes, are also installed outside the waterproof roadbed. Additionally, particular attention must be paid to the 1U geothermal pipe installation within the roadbed and the materials used around the pipes. The quality of the technical details in the tender materials are of critical importance for the successful project.

4.1.5.3.3 The construction phase

During the construction phase, the physical implementation of the project takes place. This involves all the installation of necessary infrastructure under and along the roadbed, following the instructions given in the tender material and associated technical materials. Requirements for pressure testing of pipes (heat and wastewater) are included as well as “as-built documentation” for all installed infrastructure. For the Thermo-road case, all materials to be used in the roadbed and the geothermal piping are provided by the client and not part of the tender material. Special attention is given to the installation of the 1U geothermal pipes, and the assembling of the three different energy sources and manifolds in manhole. Successful construction requires good communication and understanding of the technical requirements for the Thermo-road. All installations within the individual housing are not part of the tender materials of the construction phase in this Thermo-road case.

4.1.5.3.4 The operations phase

When the Thermo-road has been constructed, ongoing maintenance and monitoring need to be scheduled to meet all needed requirements and agreed-upon standards, and to ensure the system operates efficiently and effectively. This includes emptying the sediment traps in the drain grates regularly and monitoring the performance of the heat pumps. It is almost inevitable that parts of the system are not configured correctly by the installers at commissioning. The sustainability of the Thermo-road both in terms of emissions and profitability, rely strongly on the thermodynamic performance of the heat pumps which mandates monitoring of the system.

Clear organizational structure and ownership models must be established to manage the operation and maintenance responsibilities. These structures ensure that all parties involved understand their roles and responsibilities, facilitating the most effective operation and management of the system to provide sustainable energy solutions and effective rainwater management.

4.2 Project risks

The project faced several risks that impacted its progress and outcomes:

- **Market-related delays**
A sluggish market for parcel sales caused a one-year delay, disrupting timelines and reducing the time available for commissioning and evaluation of system functionalities, particularly cooling.
- **Budget constraints**
Despite negotiated savings on instrumentation, the project ran out of budget, limiting the resources available for comprehensive testing, optimization, and dissemination.
- **Cooling functionality assessment**
The limited time since commissioning and the absence of a full summer of optimal operation prevented proper regulation of the heat pumps for cooling and hindered evaluation of passive cooling benefits.

- **Integration challenges**
While the SUDS performed as expected, ensuring effective integration with the geothermal system required careful design and execution to achieve the desired synergies.
- **User and stakeholder engagement**
Delays and limited operational data made it challenging to gather tenant feedback on the benefits of passive cooling, which could impact future adoption and refinement of the system.
- **Regulatory and market alignment**
The developer's interest in handling surface water locally with the Thermo-road highlighted potential dependency on external factors, such as mandates from wastewater utilities, which could influence the system's adoption. Also, current regulations do not permit the Thermo-road as a replacement for rainwater retention basins

It may be puzzling why technological uncertainty is not emphasized in this project. The consortium argues that the core technologies underlying SGDHC are well-established. The piping systems used in SGDHC are identical to those utilized in drinking water distribution networks, and ground heat exchangers are a widely adopted technology, particularly in Sweden. Similarly, heat pumps, in their current form, have been in use for decades and are considered mature technologies. Finally, there are hundreds of SGDHC systems in operation across Europe.

The primary technological uncertainty lies in the optimization of SGDHC systems' control strategies. Specifically, achieving optimal thermodynamic performance while ensuring consumer thermal comfort remains a key challenge. This is an area where further development and refinement of control algorithms are needed to maximize the efficiency and reliability of SGDHC systems. These risks underscore the complexities of implementing innovative infrastructure projects that combine energy and water management solutions. Despite these challenges, the project successfully demonstrated the scalability and feasibility of its core technologies, laying the foundation for addressing these risks in future initiatives.

4.3 Alignment with milestones

Based on the project's progress and outcomes:

4.3.1 Alignment with milestones

1. Successful system deployment

- The system was built in full scale and successfully deployed with real consumers connected, meeting key implementation objectives.
- The construction process exceeded expectations, taking only 12 weeks without delays.
- The SUDS performed as anticipated.
- The first operational data were compiled from all 12 heat pumps.
- Measured COPs for 9 of the 12 heat pumps are in line with expectation varying between 4.0-4.8 which demonstrate the superior thermodynamic performance of networked heat pumps

2. Development of tools

- The pythermonet tool was developed as planned, providing an open-source solution for designing and sizing distribution pipes and geothermal HES.

4.3.2 Deviation from the milestones

1. Passive cooling evaluation

- The value of passive cooling was not properly assessed. A full evaluation was not possible because the project experienced only partial seasonal performance and lacked sufficient time since commissioning to optimize heat pump regulation for passive cooling.
- A full summer with optimal operation is still required to survey tenants on passive cooling benefits.

2. Market delays

- The project was delayed by one year due to a slow market for selling the parcels, which impacted the timeline for full implementation and assessment. The project deadline was pushed 12 months to accommodate this delay, however, it still impacted the project negatively.

3. Budget limitations

- Despite savings from negotiated rebates on instrumentation, the project ran out of budget as additional instrumentation was necessary in the six additional buildings, which may have constrained further activities or assessments.
- The project lacks approximately DKK 60,000 to finish the integration with the Energy Machines online Control Machines platform and to get all meters operational. The pursuit of this funding starts immediately in 2025.

4. Limited data compilation

- Adding to the challenges faced, the project had limited operational data available, with data collection beginning only in August 2024. This restricted the ability to fully evaluate the system's long-term performance and benefits, particularly in aspects like seasonal efficiency and user experience with passive cooling.
- The energy meters on the heat exchanger groups are not yet configured and connected for data compilation

While the project implementation broadly aligned with the technical milestones, delays and budget constraints hindered full evaluation of some aspects, such as passive cooling potential and the full integration with the online controls and data platform.

Despite the misalignments with milestones, the project did not encounter any unexpected problems, which is noteworthy given the complexities inherent in full-scale demonstration projects. Considering these challenges, the project's successful implementation and achievements underscore its overall success.

5. Project results

- *Was the original objective of the project obtained? If not, explain which obstacles that caused it and which changes that were made to project plan to mitigate the obstacles.*
- *Describe the obtained technological results. Did the project produce results not expected?*
- *Describe the obtained commercial results. Did the project produce results not expected?*
- *Target group and added value for users: Who should the solutions/technologies be sold to (target group)? Describe for each solutions/technology if several.*

- *Where and how have the project results been disseminated? Specify which conferences, journals, etc. where the project has been disseminated.*

5.1 Realization of objectives

The original objective of the project to develop, deploy, and demonstrate SGDHC integrated with SUDS, was achieved overall. The system was successfully constructed at full scale, connected to real consumers, and validated for heating functionality under operational conditions. However, two key obstacles prevented full realization of the project's goals. First, while the heat pumps were designed to support passive cooling, there was insufficient time since commissioning to properly regulate them for cooling supply. Additionally, the project has not yet experienced a full summer with optimal operation, which would have allowed for a thorough evaluation of the cooling performance and feedback from tenants on the benefits of passive cooling. Secondly, a one-year delay caused by a sluggish market for parcel sales disrupted the project timeline, limiting the time available for post-commissioning adjustments and data collection. To mitigate these challenges, the project team extended the timeline and prioritized deploying and demonstrating the system's core heating functionality. While the full integration of passive cooling remains unassessed in the project, the system successfully showcased its scalability and feasibility, laying the groundwork for further exploration of these aspects in future studies. It is also noteworthy that shallow geothermal passive cooling has been successfully demonstrated in other contexts, suggesting that with adequate time and resources, similar outcomes could be realized in this project.

5.2 Technological results

The project yielded several significant technological results. The SGDHC grid and the SUDS were successfully deployed at full scale, connected to real consumers, and validated for heating functionality under operational conditions. A key achievement was the construction of the Thermo-road, which surpassed expectations in terms of simplicity of implementation. Construction works were completed within 12 weeks without delays, showcasing the practicality of implementing such infrastructure.

A key technological outcome was the development of pythermonet, a novel physics-based design tool that simplifies the sizing of pipes and geothermal HEs, enhancing the efficiency and accuracy of designing such systems. The software is currently used by PlanEnergi, Niras and Rambøll for designing SGDHC. Additionally, the Thermo-road system was adopted by a private developer to supply 12 rental single-family houses, showcasing its applicability in real-world settings and the attractiveness of the value proposition. The heat pumps, although not fully regulated for cooling within the project's timeline, highlighted the potential for shallow geothermal systems to support passive cooling, a feature increasingly relevant given rising concerns about overheating in new buildings. The SUDS also performed as expected, with no issues encountered, demonstrating the reliability of integrating such systems into infrastructure projects. Notably, a related PhD project found that the water quality after draining through the roadbed improved to levels comparable to rainwater basins, which are considered the best available technology (BAT) for water treatment. This finding highlights the environmental benefits of integrating such systems and possible land use savings.

5.3 Commercial results

The project delivered several commercial results, showcasing its potential to address diverse market needs. The Thermo-road system was adopted by the private developer GS Bolig to supply heating to 12 rental single-family houses, validating its commercial application. The developer highlighted two key aspects of the system's value proposition: the elimination of noisy ASHP outdoor units, enhancing tenant satisfaction, and the provision of cooling, which addresses frequent complaints made to GS Bolig about overheating in their new-built rental homes. Additionally, the developer expressed interest in systems that can manage surface water, particularly in cases where wastewater utilities mandate local handling of surface water, aligning with the project's integration of a SUDS.

The project also produced the pythermonet design tool, which is open-source, providing a freely accessible resource for engineers, urban planners, and utility companies to optimize the planning of geothermal heating and cooling networks. While the software is versatile and fast, providing the input is quite tedious, particularly for the grid topology i.e. the complex description of how pipes, sources and heat pumps connect to each other. Based on experience from a bachelor project in which pythermonet was used for designing SGDHC in real projects, the estimated time to manually set up the input for the model is potentially more than five working hours. The pythermonet library can easily be integrated with GIS systems to automate topology generation, which greatly reduces the time and effort required for setting up pythermonet and the likelihood of human errors in the input. In a future market for SGDHC, GIS-based visual design aides lower the project development costs and improve the quality of the final designs which presents a business opportunity for user interface development. Such tools are emerging on the market currently, e.g. the nPro and VICUS software for designing SGDHC.

5.4 Target group and added value for users

5.4.1 The Thermo-road

Target groups

- **Private developers:** Developers of residential areas with single-family housing projects. The feasibility depends strongly on low heating demand density to be able to supply sufficient heat and that local surface water management is mandated by the municipality
- **Municipalities and urban planners:** Responsible for infrastructure in new urban developments, seeking sustainable and multifunctional solutions with minimal area use in constricted urban settings.
- **Construction companies:** Firms constructing roads with an interest in market development of integrated utility systems.
- **Utilities:** Wastewater utilities managing drainage systems, particularly if local surface water management mandates are in place. District heating utilities can offer a collective DHC solution if traditional DH is not possible. In the combined solution, the challenge is to decide the ownership model, as both the DH and wastewater utility benefit from the roadbed structure, since it simultaneously provides water retention capacity and geothermal energy.
- **One-stop-shop providers:** A unique opportunity for delivering the Thermo-road as a fully packaged and ready-to-use market solution with an appropriate, underlying business model such as Energy and Surface Water Management as a Service.

Added value for users

- Eliminates the need for outdoor units of noisy ASHPs, improving residential comfort and ensuring that municipal noise regulations are met.
- Provides both heating and passive cooling, addressing overheating issues in modern buildings.
- Reduces the strain on the electricity grid both in terms of total consumption and peak loads, relative to ASHP.
- Unparalleled thermodynamic efficiency compared to other heat pump technologies, in particular for cooling
- The geothermal storage can be regenerated by waste heat, solar, PVT, ASHP, wastewater, etc.) reducing the required length of ground HEs and associated costs.

- Enhances sustainability credentials by integrating renewable, emissions- and combustion-free geothermal energy.
- Improves stormwater drainage and water quality through SUDS.
- Reduces surface water issues, potentially fulfilling local mandates by wastewater utilities. Adds retention capacity to the wastewater utility
- Stormwater is managed in the subsurface, utilizing areas already occupied by existing infrastructure potentially reducing costs from maintaining rainwater ponds and adding revenue streams from buildings and taxpayers. This project, however, has not demonstrated that the water quality improvements from using the thermo-road as a subsurface rainwater pond, are sufficient for replacing surface basins which are considered the best available technology (BAT).
- Improved performance of the geothermal system. The constant addition of water to the roadbed improves the heat exchange of the geothermal piping by ca. 26%, thereby creating synergy between the two utilities [3].

5.4.2 pythermonet design tool

Target Group

- **Engineers and designers:** Professionals tasked with sizing pipes and geothermal HEs for SGDHC projects.
- **Academic and research institutions:** Using the tool for case studies and training on SGDHC. Adding further capabilities to the open-source code.
- **User interface software developers:** Business opportunity for creating substantial user value by providing easy to use software for generating model input automatically.

Added value for users

- Open-source code with fully transparent methods.
- Online seminar with presentations of the underlying methods and user instructions.
- Physics-based design method utilizing fast, analytical solutions to the dynamic heat conduction equation in cylinder geometry, also accounting for the thermal interaction between boreholes and pipes, peak load diversity and the thermal interaction between the ground and the grid.
- Fast pipe dimensioning for simple tree structure topologies. User provided topology and pipe dimensions also supported in aggregation mode.
- Provides robust and accurate designs of SGHDC within a few seconds.

5.5 Dissemination activities

5.5.1 International conferences and meetings

1. [The Thermo-road - full-scale demonstration of geothermal 5th generation district heating and cooling combined with sustainable urban drainage](#). Poulsen, S. E., Tordrup, K. W. & Andersen, T. R., 19 apr. 2024. *Conference abstract presented at the EGU 2024: European Geophysical Union, peer review*

2. Full-scale demonstration of combined 5GDHC and SUDS using the roadbed as an energy geostructures, Poulsen, S. E. (speaker), Andersen, T. R. 29 aug. 2023, *Presentation at the COST-FOLIAGE Working Group & Management Committee Meeting in Cork, Ireland*
3. Geothermal District Heating and Cooling Days (GDHCD) 2023, inaugural conference, Aarhus, September 19.-21., 2023, *Field site visit to the Thermo-road with +40 international researchers, financing professionals and industry leaders*
4. Technical and commercial development of 5GDHC, JORNADES TÈCNIQUES “GeoEnergia a Catalunya”. Núm. 04La descarbonització del sector tèrmic de pobles i ciutats a Catalunya, 28/03/2023, *physical presentation to international audience*
5. The Change project, project meeting, November 4th, 2024. *Field site visit with project partners from Oakridge National Laboratory (US), National Renewable Energy Laboratory (US), Oklahoma State University (US), Lund University (SE), Svenskt Geoenergicentrum (SE), Skanska (NO), Geodrilling (DK) and GEUS (DK)*
6. [Online seminar on Pythermonet - a Python library for designing thermonet](#), Poulsen, S. E. & Tordrup, K. W., 12/10/2023, *Online seminar with international participants*

5.5.2 Peer view papers

7. [Full-Scale Demonstration of Combined Ground Source Heating and Sustainable Urban Drainage in Roadbeds](#), Poulsen, S. E., Andersen, T. R. & Tordrup, K. W., 22/06/2022, I: *Energies*. 15, 12, 21 s., 4505.
8. [The Climate Road—A Multifunctional Full-Scale Demonstration Road That Prevents Flooding and Produces Green Energy](#), Andersen, T. R., Poulsen, S. E. & Tordrup, K. W., 21/02/2022, I: *Water*. 14, 4, 16 s.

5.5.3 National conferences & meetings

9. Termovejen - kombineret, lokal energieffektiv varme/køleforsyning og afledning af regnvand, Søren Erbs Poulsen (speaker), *member meeting Termonet Danmark, 21/10/2020, online presentation*
10. Merværdier ved klimaveje – energi, Søren Erbs Poulsen (Speaker), DNNK Masterclass, 10/06/2024, *45 minute online presentation*
11. Grundvand og jord som energikilde til kollektiv varme- og køleforsyning med termonet, Søren Erbs Poulsen (speaker), ATV Jord & Grundvand Temadag, 03/03/2024, *physical presentation at Vingsted Hotel and Conference Center*
12. Indlæg om klimaveje, herunder Termovejen, Michael Brask, Netværk for grøn omstilling, 09/12/2024, *physical presentation at Port House, Fredericia*
13. Exhibition, Building Green 2024, Michael Brask, 30-31/10/2024, Building Green, Forum Copenhagen
14. Udnyttelsen af energi fra grund- og overfladevand til terrænnær geotermi til kollektiv varme- og køleforsyning, Hydrologidag, 06/11-2023, *physical presentation at Comwell in Odense*
15. Termovejen følgegruppemøde 1, Søren Erbs Poulsen, 06/10/2021, *project presentation and discussion*
16. Termovejen følgegruppemøde 2, Søren Erbs Poulsen, 07/02/2024, *project presentation and discussion*

5.5.4 Video

17. [Presentation video \(English\)](#)
18. [Presentation video \(Danish\)](#)

5.5.5 Press, web and social media

2020

17. 27-04-2020
"Bæredygtigt boligområde med klimavej under opsejling: Nu kommer Hornsyld for alvor på landkortet"
[Link to article \(HSFO\)](#)
[Link to article \(VAFO\)](#)
18. 02-07-2020
"Danmark får sin første Termovej i Hornsyld"
[Link to article \(TV Syd\)](#)
19. 03-07-2020
"Ny udstykning i Hornsyld skal varmes op af vejvand"
[Link to article \(HSFO\)](#)
[Link to article \(VAFO\)](#)
[Link to article \(Amtsavisen\)](#)
20. 13-08-2020, Licitationen
"Innovativ løsning for klimatilpasning: Termovejen"
[Link to article](#)
21. 14-09-2020, Magasinet Forsyning
"Danmark får sin første Termovej"
[Link to article](#)
22. 25-09-2020
"Danmark får sin første Termovej"
[Link to article \(Energy Supply\)](#)
23. 01-10-2020
"Termovej kan både klimasikre, opvarme og nedkøle boliger"
[Link to article \(TechST\)](#)

2021

24. 26-03-2021
"Se priserne på de nye byggegrunde i Hornsyld"
[Link to article \(HSFO\)](#)
[Link to article \(VAFO\)](#)
[Link to article \(Amtsavisen\)](#)
25. 09-04-2021, TV Syd
"Nye grønne byggegrunde er klar til salg: Bo på Danmarks første Termovej"
[Link to article](#)
26. 13-09-2021
"Unik Termovej tackler to klimaudfordringer på samme tid"
[Link to article \(CO-PI\)](#)
27. 25-10-2021, Hedenstederne
"Horsyld. Vil du gå termovejen?"
[Link to article](#)

28. 13-12-2021, Teknik & Miljø
"Klima-kinderægget i Hornsyld"
[Link to article](#)

2022

29. 26-08-2022
"Termovejen på Vestergårdsmarken: Termonet i Hornsyld"
[Link to article](#)

2023

30. 20-04-2023
"Ingen vil købe de unikke klimagrunde i Hornsyld: Nu må kommunen selv overtage jordvarmeanlæg"
[Link to article \(HSFO\)](#)
[Link to article \(VAFO\)](#)
[Link to article \(Amtsavisen\)](#)
31. 10-11-2023
"Første spadestik til klimatiltag i verdensklasse"
[Link to article \(VIA\)](#)
32. 13-11-2023
"Unikke klimagrunde er solgt: Nu skyder 12 nye boliger op langs særlig vej"
[Link to article \(HSFO\)](#)
[Link to article \(VAFO\)](#)
[Link to article \(Amtsavisen\)](#)
33. 16-11-2023, Licitationen
"Første spadestik til huse på Termovej"
[Link to article](#)
34. 05-12-2023
"Termovejen"
[Link to article \(Energy Supply\)](#)

5.5.6 Other online mentions

35. 01-07-2020
"Danmark får sin første Termovej"
[Link to article \(NCC\)](#)
36. 08-09-2020
"Ny Termovej står for både opvarmning og nedkøling i Hornsyld"
[Link to article](#)
37. 09-02-2021
"EUDP Termovejen"
[Link to article](#)
38. 26-04-2021, KTC
"Partnere i banebrydende energiprojekt bag nyt KTC-netværk: Grøn omstilling i landsbyer"
[Link to article](#)
39. 14-09-2021, Digital temaug
"Digital temaug om den grøn omstilling – Klimatilpasning!"
[Link to article](#)

40. 05-04-2022
"Klimavej kan sætte turbo på kold fjernvarme"
[Link to article \(Pro.ing\)](#)
41. 15-09-2023
"Tre dage med fokus på geotermi skal sikre øget brug af grøn energi"
[Link to article \(VIA\)](#)
42. 06-11-2023
"Overfladenær geotermi: Potentiale og udfordringer"
[Link to presentation](#)
43. 15-11-2023
"Termovej Hornsyld"
[Link to article](#)
44. Juni 2024
"Fremtidens veje skal være klimatilpasset"
[Link to article](#)
45. No date
"EUDP Termovejen"
[Link to article](#)
46. No date
"Eksklusive parcelhuse i Hornsyld"
[Link to article](#)

6. Utilisation of project results

- Describe how the obtained technological results will be utilised in the future and by whom.
- Describe how the obtained commercial results will be utilised in the future and by whom the results will be commercialised.
 - Did the project so far lead to increased turnover, exports, employment and additional private investments? Do the project partners expect that the project results in increased turnover, exports, employment and additional private investments?
- Describe the competitive situation in the market you expect to enter.
 - Are there competing solutions on the market? Specify who the main competitors are and describe their solutions.
- Describe entry or sales barriers and how these are expected to be overcome.
- How does the project results contribute to realise energy policy objectives?
- If Ph.D.'s have been part of the project, it must be described how the results from the project are used in teaching and other dissemination activities.

6.1 Utilisation of technological results

The Thermo-road system offers an excellent opportunity to evolve into a live lab, providing a platform for continuous innovation and market development. This approach ensures the system matures while enabling ongoing research and development to address unresolved challenges, such as optimizing heat pump configurations for delivering both heating and passive cooling effectively and documenting further, the water quality improvements shown in the PhD project at Aalborg University. These R&D activities must be complemented by targeted market and product development.

The current market development activities focus exclusively on SGDHC grids, with GS Bolig expressing interest in exploring opportunities for new projects which include extending the DHC supply at Vestergårdsmarken to new parcels north of the Thermo-road. However, the terms on which such a potential project is delivered depend on substantiating the value proposition which include, the provision of climate-friendly thermal comfort by means of heating and passive cooling at an affordable price. The negotiations about this extension of the SGDHC to new parcels are scheduled to take place in the spring of 2025. One cornerstone here is the lacking demonstration of the provision of passive cooling which must be resolved before the developer will fully trust the delivery of all benefits. The plan is to set up a meeting with the developer, a possible provider of the SGDHC solution and a competent heat pump installer to plan for delivering passive cooling in the summer of 2025 and how to configure the heat pumps to deliver all benefits.

The underlying SGDHC business model will most likely be an Energy as a Service type model. It's still unclear whether the heat pumps will be included in the energy service model as it depends on acquiring the right heat pump competences in the consortium that delivers the solution to the end-user (developer). The interest shown by GS Bolig highlights the importance of clearly defining and communicating a strong value proposition to ensure alignment with their needs and market expectations and then finally deliver that proposition fully.

6.2 Commercialization

While commercialization of the full system may still lie a bit into the future, there is an immediate market pull for commercializing the SGDHC that will be pursued in the spring of 2025 as described above. Based on current market developments and commissioned grids across Europe, UK and the US, the evidence points to the advantages of delivering SGDHC by means of an Energy as a Service model. The required organization for delivering such a product is described in the following.

The consortium requires the following partners:

- 1) **Geothermal design specialist** with deep knowledge of thermal dynamics and transport processes in the subsurface. This partner guarantees optimal design of subsurface installations.
- 2) **Pipe network construction partner** specializing in PE pipes and welding with substantial experience e.g. in constructing pipe networks for water supply which also uses PE pipes. This partner ensures minimum costs for constructing the pipe network.
- 3) **Excavation and trenching specialist**, highly experienced in uninsulated pipe works, working in both fortified and non-fortified areas and with horizontal drillings. This partner ensures minimal excavations costs.
- 4) **Geothermal driller** with vast experience in shallow drillings in loose and hard sediments (such as limestone). Also experienced in compliance with relevant regulations including borehole sealing and completion and groundwater legislation and permitting procedures.
- 5) **Project manager** representing a single entry point for communication between the EaaS provider and the customer. Responsible for project execution and clear internal and external communication
- 6) **Market and public relations partner** specializing in communicating value propositions for green technologies and for managing public relations.
- 7) **Heat pump provider** specializing in networked heat pumps and optimizing operations to minimize OPEX. Responsible for setting up the heat pumps to deliver on all benefits and maintaining the value proposition throughout the lifetime of the project which includes service, maintenance and regulation.

Given an organization with the right set of competences and experiences, the EaaS provider can reduce the CAPEX and OPEX to levels where margins can be added without detrimental effects to the value proposition. This EaaS approach has been demonstrated by the company Kensa Group on the UK market and sets an example to follow for SGDHC in Denmark. The Danish energy consultant Norsyn recently established the company Norsyn Energy Solutions, referring to it as a “one-stop-shop” for thermonet.

Nevertheless, the value chain is still somewhat immature in Denmark. For instance, most of the issues encountered in project with setting up the passive cooling at Vestergårdsmarken were related to installers lack

of experience. This includes how to configure passive cooling on the heat pump, how to control it during operation, and finally how to set up cooling with the floor heating controls. This can, with time, be remedied by proper training and operational experience.

The project has not yet resulted in increased turnover, exports or employment. It has, however, generated additional private investments by GS Bolig from their purchase of the Thermo-road. We expect immediate market development of SGDHC for new built in Denmark, picking up pace in 2025 and 2026.

6.3 Entry and sales barriers

In the following, we list some of the most prominent barriers to implementation of the Thermo-road and its component technologies. To summarize, the most significant barriers are non-technical and they can be categorized into financial obstacles from high upfront investment costs and lack of adequate business models; and finally institutional resistance in the Danish government and the energy sector in general.

Limited awareness and understanding of the technology. Stakeholders such as developers, municipalities, engineers and utilities will almost always lack familiarity with integrated utility systems and their benefits compared to traditional off-the-shelf solutions. This issue was tackled by targeted dissemination and capacity-building including the pythermonet seminar and numerous articles and presentations to stakeholders during the project. Also, the project generated 30 media mentions, communicating the technology to a wider audience.

High initial capital costs. The perception or reality of higher upfront costs for the system, compared to conventional heating and cooling solutions, can deter adoption. The project has not addressed the development of novel business models for overcoming the financial implementation barrier, as the EUDP does not support this type of work. It was part of the original application text but was removed due to this requirement. Nevertheless, addressing the upfront cost barrier is likely the most serious barrier to implementation. To overcome it, an attractive investment proposition must be constructed. On a free market, this proposition depends on proof of business and the return of investment, compared to alternative investments. Moreover, the organization that delivers the solution must be competent and trustworthy in the eyes of the investor. These issues can be addressed by highlighting long-term operational savings and providing solution provider case studies demonstrating viability, not just of the product but also of the organization delivering it. By building a full-scale demonstrator the project sought to demonstrate viability in a highly convincing way.

Regulatory and policy uncertainty. Lack of clear policies or incentives for adopting integrated utilities can create hesitation, especially in markets where alternative technologies dominate. Policy and regulation issues were not addressed in the project.

During the project, the Danish Energy Agency (DEA) has been assessing whether SGDHC is to be processed under the Danish Heat Supply Act, that is, become eligible for the municipal loan guarantees and financing, that traditional district heating projects have benefitted from for four decades. The DEA and the consultants involved in the process, have been publicly criticized for incompetence and for being politically motivated in terms of analyses and results, which conclude that SGDHC is a more costly solution compared to alternatives like individual ASHP and GSHP. These conclusions have no factual basis and they are in direct opposition to the scientific literature, screenings and project developments in Denmark and to country-scale comparative studies in the UK and the US. This type of behavior, where an organization disregards or contradicts established scientific consensus and evidence without providing clear justification or robust counter-evidence, can be described as "institutional bias" or "willful ignorance." Depending on the intent or context, it could also be categorized as:

- 1) **Cognitive dissonance:** If the agency is struggling to reconcile their own assumptions or frameworks with new evidence that challenges them.
- 2) **Confirmation bias:** If they are selectively favoring data or interpretations that support their pre-existing stance.

- 3) **Regulatory inertia:** If the agency resists adopting new technologies or methods due to existing regulatory frameworks, market structures, or vested interests in traditional solutions like district heating with insulated pipes, ASHPs or biogas for domestic heating
- 4) **Political or economic motivations:** If external pressures, such as lobbying or interference by stakeholders or ministers with interests in traditional systems, influence their position.
- 5) **Misrepresentation of facts:** If the claim is knowingly made in contradiction to evidence for strategic or rhetorical purposes.
- 6) **Status quo bias:** A tendency to favor existing systems over innovative but less familiar alternatives, even if evidence shows the latter's superiority.

To combat politically motivated resistance from a ministry, it's necessary to build a coalition of stakeholders, including experts, industry leaders, and NGOs, to amplify credible evidence supporting SGDHC. This work is currently being done in the non-profit NGO Termonet Danmark. Then it's necessary to publish clear, accessible data and case studies demonstrating its cost and sustainability benefits while linking these to broader climate goals, local economic growth, and public concerns like noise reduction and overheating mitigation. This work has been done by the Danish consultants in the energy sector, publishing around 250 SGDHC screenings and project proposals for Danish urban areas, that show favorable business cases for SGDHC in most of the cases. Finally, engaging policymakers and civil servants with workshops and lobbying efforts to counterbalance ministerial bias, while leveraging public opinion through awareness campaigns and media coverage is key to change. By involving the European Geothermal Energy Council in the case, it has been possible to exert political pressure on the ministry on this issue. Also, communicating the political process to a broader, international audience has caused severe concerns at the EU level about the image of Denmark as a green front-runner. Attempts to involve opposition politicians, have had some effect although the current majority vote government makes this less effective. To change things, it's important to constantly steer the focus back on the scientific and economic facts and the public good, while using transparency tools to expose potential conflicts of interest. Moreover, involving the media, to expose agency and ministerial incompetence and bias, is a somewhat effective strategy to shape public opinion.

Market aversion to innovation. Developers and consumers often prefer proven technologies over novel systems due to perceived risks. In the project, we delivered a successful pilot project and full-scale implementation of the Thermo-road with 12 real consumers. The task is now to build upon this project and disseminate findings, to optimize system operations and then showcase performance and reliability under real-world conditions.

Cooling and heating benefits underappreciated. Incomplete assessment of passive cooling benefits and operational data may hinder stakeholder confidence.

VIA will continue the work on the Thermo-road to configure the heat pumps for passive cooling and then carefully prepare data collection and analysis in the summer 2025 to demonstrate the cooling potential. The Thermo-Road is included in the Geothermica project "The Change" as a case study to further document and disseminate the cooling potential of the integrated utility.

The project has not encountered any institutional resistance related to surface water management with the Thermo-road. Nevertheless, some policy and regulatory work is required to include the Thermo-road in the catalogue of BAT for surface water quality improvements. VIA is dedicated to pursue funding for these investigations.

6.4 Contribution to energy policy objectives

The project results contribute significantly to realizing energy policy objectives by demonstrating the potential of SGDHC to transform urban heating and cooling systems away from less efficient technologies.

6.4.1 Advancing decarbonization goals

If 100,000 households in Denmark replace air-source heat pumps (ASHPs) with SGDHC, assuming each household consumes 18.1 MWh of heat annually and emissions of 0.152 kg CO₂ per kWh, yield the following estimated savings:

- Electricity savings: Approximately 218 GWh per year.
- Direct CO₂ savings: Around 33,000 metric tons of CO₂ per year.

This supports Denmark's target of reducing greenhouse gas emissions by 70% by 2030 and the EU's broader net-zero goal by 2050.

6.4.2 Increasing energy efficiency

Large-scale scientific studies of commissioned heat pumps in Europe show an average SCOP of 4.0 for SGDHC and 2.7 for ASHP. SGDHC systems eliminate inefficiencies commonly associated with ASHPs such as defrost-cycling and poor performance in cold periods, especially during peak demand, while also providing passive cooling which is not possible with ASHPs. The reduced electricity demand of SGDHC not only enhances grid stability but also ensures that green electricity is freed up for other purposes such as e.g. Power2x. This aligns with the EU Directive 2018/844 on energy efficiency and the EU "Energy Efficiency First" principle

6.4.3 Promoting renewable energy sources

By reducing electricity consumption by 43% relative to ASHP, by replacing it with geothermal energy, SGDHC significantly increases the share of renewable energy used in heating and cooling. This supports EU Renewable Energy Directive (RED II) and national renewable energy targets.

6.4.4 Enabling energy security

The reduction in electricity peak loads and consumption ensures a more stable energy grid, decreasing reliance on peak generation sources and imported energy. This enhances grid resilience, in line with the EU's Energy Union strategy and Denmark's efforts to secure a stable, sustainable energy supply.

6.4.5 Supporting policy innovation and implementation

By demonstrating the benefits of SGDHC over ASHPs, the project highlights the need for updated regulatory frameworks to support innovative heating solutions.

In January 2024, the European Parliament passed a resolution (an initiative report) that called for incentives to promote SGDHC as a key strategy for decarbonizing the heating and cooling sector, aligning with the EU's Green Deal and Fit for 55 targets.

Denmark's contradictory approach by excluding thermonet-based DHC (i.e. SGDHC) from the Danish Heat Supply Act (Varmeforsyningsloven), is in opposition to the EU's recommendations and strategic direction. This exclusion limits municipalities' ability to integrate and plan for SGDHC solutions, potentially stifling innovation and slowing the transition to sustainable, low-carbon heating and cooling technologies.

6.4.6 Facilitating stakeholder engagement and capacity building

With presentations and field site visits on national and international conferences, and peer review articles in addition to 30 media mentions/articles, the project has fostered stakeholder awareness of SGDHC as a superior heat pump technology, emphasizing its potential to decarbonize the heating and cooling sector, relieve the electricity grid and reducing primary energy consumption. These activities support EU goals for capacity building and stakeholder involvement in the energy transition.

7. Project conclusion and perspective

- *State the conclusions made in the project.*
- *What are the next steps for the developed technology?*
- *Put into perspective how the project results may influence future development*

The project demonstrated the potential for integrating sustainable urban drainage systems (SUDS) with decentralized shallow geothermal heating and cooling. The Thermo-road system, connected to 12 single-family rental houses capable of effectively managing a 100-year precipitation event. Water quality improvements after draining through the roadbed matched those of traditional rainwater basins, as shown in the PhD project by VIA University College and Aalborg University. While current legislation prevents freeing up land by replacing surface retention basins with this system, these water quality results suggest that future legislative changes might enable such applications.

The construction costs of the Thermo-road system were approximately DKK 1,526,000 for 12 parcels, averaging DKK 127,000 per parcel. This cost is roughly twice that of traditional residential roads, which are estimated at DKK 55,000 per parcel. The higher costs stemmed from the additional excavation depth, specialized groundwater management equipment, bentonite membranes, advanced materials like DrænAF gravel, and the integration of geothermal and water retention systems.

If legislation eventually permits replacing surface retention basins with the Thermo-road system, the added cost per parcel could be reduced to approximately DKK 30,000. This adjustment reflects potential savings from eliminating the need for surface retention basins, freeing up valuable land for other uses, and reducing associated construction and maintenance costs. However, these savings depend on legislative recognition of the demonstrated water quality improvements (in the aforementioned) PhD project.

These construction costs emphasize the importance of optimizing future implementations and aligning with potential regulatory changes to make the Thermo-road system economically competitive and scalable for broader adoption.

Despite limited operational data since August 2024, the heating functionality met expectations, with coefficients of performance (COPs) for most heat pumps ranging between 4.0 and 4.8 during initial operation. The system significantly reduces the annual heating costs to an estimated DKK 12,478 per household, making it the most economical solution compared to alternatives. Air-source heat pumps cost DKK 16,698 annually, even when being highly optimistic about its performance, while traditional district heating costs DKK 15,640 annually. These results highlight its economic and environmental advantages. However, passive cooling, a key feature of the system, requires further optimization and evaluation during a full summer of operation to fully demonstrate its benefits.

Future development will focus on addressing these gaps, improving system efficiency, and exploring commercialization opportunities. Expanding the Thermo-road system to additional parcels is under consideration, contingent on further validation of passive cooling and long-term operational data. With its demonstrated performance and water quality benefits, the system has the potential to influence urban planning and infrastructure development, particularly if legislative updates allow for replacing surface rainwater retention ponds with Thermo-road SUDS.

Literature

1. Gehlin, S. (2002). *Thermal response test: Method development and evaluation*. Doctoral thesis, Luleå University of Technology. Retrieved from <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:991442/fulltext01.pdf>
2. Poulsen, S. E., and Alberdi-Pagola, M. (2015) 'Interpretation of ongoing thermal response tests of vertical (BHE) borehole heat exchangers with predictive uncertainty-based stopping criterion', *Energy*, 88, pp. 157–167. doi: 10.1016/j.energy.2015.03.083
3. Poulsen, S. E., Andersen, T. R., & Tordrup, K. W. (2022). Full-scale demonstration of combined ground source heating and sustainable urban drainage in roadbeds. *Energies*, 15(12), 4505. <https://doi.org/10.3390/en15124505>
4. elementenergy (2023) Low Carbon Heat Study – Executive Summary. Available at: <https://www.erm.com/contentassets/553cd40a6def42b196e32e4d70e149a1/low-carbon-heat-study---executive-summary.pdf> (Accessed: 16 December 2024)

8. Appendices

Delrapport
Termovejen
Omkostninger ift. vejopbygning
og vandafledning

NORDJYLLAND
Jyllandsgade 1
9520 Skørping

MIDTJYLLAND
Vestergade 48 H, 3. sal
8000 Aarhus C

SJÆLLAND
Nørregade 13
1165 København K

Tlf. +45 9682 0400
Fax +45 9839 2498

www.planenergi.dk
planenergi@planenergi.dk

CVR: 7403 8212

Indholdsfortegnelse

Formål	49
Indledning	49
Metode	49
Vandafledning	50
Etape 2 - Traditionelt vejanlæg	50
Termovejen	50
Markedsmoden model	51
Anlægsregnskab	51
Opbygning	51
Udgifter	53
Markedsmoden model	53
Drift og vedligehold	54
Traditionelt vejanlæg	54
Termovejen	54
Markedsmoden model	54
Værdien af regnvandsbasin i termovejen	54
De energimæssige forhold	56
Varmeøkonomi for forbrugeren	57
Konklusioner	57
Overordnet vurdering	58
Bilag 1 Etableringsregnskab for termovejen	59
Bilag 2 Oversigt byggeregnskab Hedensted Kommune	65
Bilag 3 Øvrige udgifter ved etableringen	66
Bilag 4 Sammenligning udgifter til opvarmning	67
Bilag 5 Budget, markedsmoden Termovej	68

Rekvirent
VIA

Notat udarbejdet af Plan-Energi

Jakob Worm

e-mail: jw@planenergi.dk

Tlf.: 2972 6845

samt

Marianne Wingreen

og

Majbritt Lund

VIA Horsens

Kvalitetssikret af:

Jakob Worm

Projekt ref.: 20-012

8.1.1 Formål

Formålet med denne delrapport i EUDP-projektet "Termovejen" er formidle viden opnået ved etablering af termovejen på Vestergårdsmarken i Hedensted Kommune. Desuden er der overvejelser vedrørende økonomien i en termovej og fordele ved og barrierer for udbygning med termoveje som underjordiske LAR-anlæg i nybyggede områder.

I rapporten er samlet udgifter herunder investeringer i selve vejen samt boringer og installationer. Desuden sammenlignes med data for referencescenarier, vejtyper og spildevandshåndtering og varmforsyninger. Disse input indgår i sammenligning med et forslag til markedsmoden termovej.

Termovejen har to primære formål; dels at håndtere regnvand bedre og mere lokalt, end det sker i dag, dels med brug af et termonet at levere varme til jordvarmepumper i husene omkring vejen. Konceptet giver også mulighed for at levere passiv køling til boligerne om sommeren. I denne delrapport er der fokus på de to af hovedformålene; vandhåndteringen og varmforsyningen.

8.1.2 Indledning

I Danmark falder der hvert år store mængder regn. Regnen indgår i et naturligt kredsløb til gavn for dyr og planter. I takt med at menneskelig påvirkning øges i form af fx bygninger og befæstede arealer har regnen ikke samme muligheder for at slippe naturligt væk. Derfor styres vandet via kloakledninger væk fra områder med stor menneskelig påvirkning som fx byer, så for eksempel kældre ikke løber over med vand. Generelt har byer udviklet sig hurtigere end kloaknettet, og der er derfor behov for alternative løsninger.

I første omgang er kloaksystemet i nyere tid blevet opdelt i hhv. en regn- og spildevandsledning. Spildevandsledningen løber til et renseanlæg, mens regnvandsledningen kan løbe til et rensebassin, inden vandet udledes til en recipient.

Denne opdelings- og renseløsning kan imidlertid ikke følge med til de hyppigere forekomster af ekstremregn, og der er derfor opstået behov for forsinkelsesbassiner, som opsamler og opbremser vandafledningen, indtil regnvandssystemet igen har plads. Disse forsinkelsesbassiner er typisk åbne jordbassiner, som optager ellers frie arealer.

Termovejen fungerer bl.a. som et forsinkelsesbassin, der etableres ved brug af DrænStabil i vejkassen, og det er dermed en nyfortolkning af et forsinkelsesbassin.

I denne rapport vil fordele og ulemper blive behandlet og den overordnede økonomi for vandafledning, herunder anlæg og drift blive betragtet.

8.1.3 Metode

Rapporten tager udgangspunkt i den traditionelle vandafledning som sammenholdes med Termovejen.

I afsnittet om vandafledning belyses forskellen mellem den traditionelle vandafledning og Termovejen. Desuden vurderes mulige fremtidige vandafledningsbesparelser i en markedsmoden termovej.

Herefter vil udgifterne til Termovejen blive gennemgået og sammenholdt med udgifterne afholdt på en nabo-udstyknings. Efter belysningen af forskellene vil forventningerne til anlægsomkostninger for en markedsmoden termovej blive beskrevet.

Driften af Termovejen vurderes også i det omfang, det er muligt. Der foreligger erfaringstal fra traditionelle strækninger, mens der for Termovejen på tidspunktet for denne rapport's udarbejdelse kun findes data for 1 års drift uden tilslutninger. Derfor vil opstilling vedrørende drift foregå ud fra vurderinger fra Hedensted Spildevand og være kvalitativ.

Sluttelig konkluderes økonomien ved at sammenholde økonomien på termovejen og en vurderet markedsmoden termovej med en traditionel vej.

8.1.4 Vandafledning

Spildevandsselskaberne har en forsyningspligt for afledning svarende til en 5-års hændelse (T5). Bygherre skal sikre, at klimaregn (mere end T5) håndteres på egne matrikler og ikke forvolder problemer. I dette afsnit beskrives, hvordan et traditionelt regnvandsanlæg fungerer, herunder hvilke fordele og ulemper der er knyttet hertil. Desuden beskrives Termovejens funktioner med dennes fordele og ulemper.

8.1.4.1.1 Vestergårdsmarken etape 2 (traditionelt vejanlæg)

Traditionelt set afledes overfladevandet ved separatkloakering via riste til en sandfangsbrønd, hvorfra vandet løber i en regnvandsledning i vej-kassen. Herfra ledes det til et regnvandsbassin, hvorfra der sker en bundfældelse af sedimenter, inden vand udledes til recipient. Vandet strømmer i takt med øget vandmængde.

Fordele

- Kendt system
- Driftssikkert anlæg ved almindelig hverdagsregn
- Nemt at inspicere fx vha. kamera

Ulemper

- Udgifter til forsinkelsesbassiner
- I takt med øget afledning via regnvandsledning er forsyningsledningerne og renskapaciteten ikke fulgt med. Dette kan medføre oversvømmelser eller udledning af urensset regnvand.
- Forbrugerne kan ved store nedbørsmængder opleve opstuvning af urensset overfladevand på overflader, hvilket kan medføre gener.

Forsinkelsesbassin:

Et forsinkelsesbassin forsinker og udjævner regnvandsstrømmen under regn. Vandet ledes til ledningssystemet når der igen er plads

Regnvandsbassin:

Er regnvandsbassin opsamler og renses regnvand for miljøskadelige mikropartikler inden det udledes til recipient.

8.1.4.1.1.1 Økonomi

For grundejerne koster dette anlæg et tilslutningsbidrag, som er reguleret af betalingsvedtægten for forsyninger. Taksten er fastsat af spildevandsselskabets bestyrelse og ejer. Desuden betales et spildevandsbidrag til drift af hele spildevandssystemet.

8.1.4.1.2 Vestergårdsmarken etape 3 (Termovejen)

I Termovejen afledes vandet som i det traditionelle vejanlæg. Dog virker vej-kassen i kraft af sin konstruktion som forsinkelsesbassin og vandbremse. Traditionelt set beskytter forsinkelsesbassinet overbelastede afløbssystemer uden for ledningssystemet. Bassinet forsinker og udjævner regnvandsstrømmen under regn, og leder det tilbage til ledningssystemet, når der igen er plads. Forsinkelsesbassinerne udføres normalt som jordbassiner og optager dermed arealer, som potentielt kan anvendes til bebyggelse. Med Termovejen etableres et andet forløb. Her strømmer overfladevandet som ved traditionel opbygning via riste til en sandfangsbrønd, men herfra ledes vandet ind i magasinet i vej-kassen og dermed ikke i en lukket regnvandsledning.

Vej-kassen er opbygget til at rumme en 100 års regnhændelse (T100), således at kassen virker som et magasin. Dertil er ved vej-kassens udløb monteret en vandbremse, som sikrer en ensartet afstrømningshastighed til det videre system.

Fordele

- Vandbremsen sikrer, at spildevandsselskabet kan overholde deres udledningskriterier ift. recipienterne.
- Termovejen er bygget til en 100-års regnhændelse, hvilket gør den i stand til at forsinke en større volumen end et almindeligt ledningssystem.
- Ved at anvende Termovejen til forsinkelsesbassin har bygherren mulighed for at anvende et evt. afsat areal til bassin til andre formål. Det kan fx være øget grundsalg ved en udstykning, eller for en virksomhed kan det være udvidelse på eksisterende grund. Dermed kan bebyggelsesprocenten hæves, når den naturlige afstrømning håndteres på egen grund.
- Lokale forsinkelsesbassiner kan minimeres, når der tilbageholdes regnvand i vej-kassen. Derved bliver det muligt at anlægge større regnvandsbassiner på mere hensigtsmæssige arealer, hvilket kan holde driftsomkostningerne nede.
- Regnhændelser op til 100 års-regn kan ledes væk i dræn-stabilen fra boliger og vej uden skadelige opstuvninger fra vjanlæggets overflade. Dermed sikres brugerne mod de kendte negative nedbørs-klimapåvirkninger.

Ulemper

- Hedensted Spildevand kan på nuværende tidspunkt ikke spare udgiften til regnvandsbassin. Det skyldes, at en termoveje endnu ikke er godkendt som erstatning for regnvandsbassiner i forhold til vandkvalitetskrav, og der skal derfor fortsat etableres og drives et regnvandsbassin. Dog er det allerede nu muligt at forsinke vandet i Termovejen indtil hovedledningsnettet igen kan aftage og føre vandet til et større regnvandsbassin med placering længere væk, end det ellers ville være muligt.
- Ikke muligt at inspicere vha. kamera

8.1.4.1.2.1 Økonomi

Grundejerne har samme tilslutningsbidrag og spildevandsafgift set i forhold til det traditionelle anlæg.

De økonomiske fordele kan ligge hos spildevandsselskabet.

8.1.4.1.3 Markedsmoden model

Det er muligt at skalere Termovejens koncept op og anvende den i andre sammenhænge.

Termoveje kan anvendes ved langt større udstykninger, og der er for så vidt ingen begrænsninger på anlæggets størrelse. Dog er det en forudsætning, at der er en jævn vej-kasse med et ensartet fald, for at der ikke opstår opstuvning af vand i lunger.

Termoveje kan også anvendes i tæt bebyggelse med store befæstede arealer, idet det er muligt at placere vandmagasinet under belægningen. For eksempel et supermarked kan dermed anvende en større del af grundens areal til bebyggelse og parkeringsareal uden behov for overjordiske LAR-anlæg.

8.1.4.2 Anlægsregnskab

8.1.4.2.1 Opbygning

I dette afsnit vil væsentlige anlægsafvigelser blive belyst. Udgangspunktet for opbygningsbeskrivelsen er opstillingen i byggeregnskabet, som er opstillet i tabel 1. Regnskabet indeholder alene udgifter til vejen og ikke til en del af et forsinkelsesbassin, som Termovejen må forventes at erstatte.

Emne	Udgifter jf. entreprisekontrakt			Veje - Foreløbig	Veje - Færdig	
	Byggeplad.	Jordarbejdet	Kloakarbejder			
Traditionel boligvej, 8 grunde	4,200	36,130	22,280	201,060	137,095	
TERMOVEJEN	12,500	239,050	45,250	302,550	167,855	
	Udgifter jf. entreprisekontrakt			Uforudsete udgifter	Øvrige udgifter	Samlet udgift
	Varme-installationer	Fællesareal	Samlet	Aftalesedler	Rådgiver, varmeanlæg, DrænStabil	
Traditionel boligvej, 8 grunde			400,765	40,000		440,765
TERMOVEJEN		69,000	836,205	201,800	419,100	1,526,105

Table 1, Byggeregnskab for en traditionel vej og Termovejen. Regnskabet indeholder ikke udgifter til varmesystemet da et sådan ikke indgår ved en løsning med Traditionel boligvej.

Byggepladsomkostninger: Byggepladsomkostninger omhandler bl.a. etablering, drift samt afrigning af byggeplads. Byggepladsomkostningerne for Termovejen må forventes at være øget, idet den har en længere anlægsperiode.

Jordarbejde: Jordarbejde omfatter bl.a. muldafrømning, regulering og evt. bortkørsel, forarbejdning af råjord og evt. bortkørsel. Termovejen adskiller sig primært på dette punkt med øgede gravedybde i råjorden og efterfølgende bortskaffelse, som er nødvendig for overfladevandet kan opmagasineres i drænstabilen. Termovejens opbygning er ca. 130 cm mod en traditionel opbygning for en boligvej på ca. 55cm.

Kloakarbejder: Kloakarbejder indeholder udgifter til etablering og nedlægning af rør m.m., herunder hovedledninger, stikledninger riste samt brønde. Desuden rensning og inspicering. Der er i Termovejen tilvalg af dyrere materialer. Mere væsentligt er det, at arbejdet foregår i en større dybde, hvilket medfører øgede omkostninger.

Vej-foreløbig: Vej-foreløbig udbygning omhandler bearbejdning af råjordsplanum, udlægning, komprimering og afretning af div. grusmaterialer. I en traditionel vejopbygning indgår grusmaterialer normalt i leverancen, men i Termovejen er drænstabil en bygherrelevance. Desuden anvendes i Termovejen bentonitmåtter, hvilket ikke er tilfældet i en traditionel vejopbygning.

Vej-færdig: Vej-færdig udbygning består af belægningsleverancer og udlægning/sætning. Termovejens overflade er opbygget med en typisk asfaltløsning, som er sammenlignelig med en traditionel vej. Dog er det ikke muligt at køre lastbiler ind på en overflade med drænstabil. Her skal omlæsses til gummihjulslæssere, hvilket giver en mindre fordyrelse af arbejdet.

Installationer: Installationer dækker over varmforsyning. For Termovejen drejer det sig om nedgravning af jordvarmeslanger i vej-kassen med tilhørende manifolde.

Denne udgift kan ikke sammenholdes med traditionel vejopbygning, hvor der i stedet ofte ses udgifter til fjernvarme.

Ledninger og samling heraf samt brøndgods er bygherrelevance.

Fællesarealer: Fællesarealer dækker ofte over udgifter til grønne fællesområder. For Termovejen er dette også tilfældet, idet der er græs og træ etablering inkl. 2 års pleje.

Opbygningen af Termovejen adskiller sig på flere parametre fra den traditionelle opbygning, herunder udførelsen af jord- og kloakarbejdet. I hovedposten vej-foreløbig indgår der desuden bygherreleverancer på drænstabilmil.

Beregning udgift DrænStabil:							
Længde vej, m	Bredde, DrænStabil, m	Dybde, DrænStabil (og DrænAF) m	Volumen, DrænStabil (og DrænAF) m ³	Densitet, t/m ³	Vægt, t	Pris, incl. transport, kr./t	Udgift til DrænStabil (og DrænAF) kr.
107	7	1,30	974	1,92	1.870	160	299.100

Tabel 2. Beregning af mængde og pris på DrænStabil til Termovejen.

Af Tabel 1 fremgår det som ventet, at termovejen har været dyrere at anlægge end den traditionelle udstykning. Der er tale om cirka en tredobling i anlægsudgiften. Grundene hertil kan bl.a. findes i den særlige opbygning, men dertil skal lægges en ubekendt faktor, idet Termovejen var en forsøgsstrækning, som forventeligt bidrog med større usikkerhed og dermed tidsforbrug for entreprenøren.

8.1.4.2.2 Udgifter

Vestergårdsmarken etape 2 (traditionel udstykning) og etape 3 (Termovejen) er trods deres store ligheder forskellige. Etape 2 rummer to grunde mere, og stikvejen er 19 meter længere end stikvejen på etape 3. Derfor er de totale anlægsudgifterne for de respektive udstykninger ikke sammenlignelige, uden først at neddele dem.

Sammenlignes de to etaper på antal grunde kan følgende opstilles:

	Udgift, kr.	Boliger, stk.	Udgift pr. bolig, kr.
Traditionel boligvej, 8 grunde	441,000	8	55,000
TERMOVEJEN, 12 grunde	1,526,000	12	127,000

Tabel 3, udregning af udgift pr. bolig. Udgifter er fratrukket omkostninger til termonettet, da et sådant ikke indgår i en traditionel vej. Desuden er der ikke indregnet et forsinkelsesbassin i omkostningen for den traditionelle vej.

Termovejen har vist sig dyr at anlægge. Umiddelbart en tredobling af prisen, men opdeles anlægsudgiften pr. grund er udgiften lidt mere end dobbelt så stor. Derudover er det på nuværende tidspunkt på grund manglende godkendelser for brug af underjordisk LAR-anlæg i en termovej ikke muligt at udregne eventuel gevinst at der ikke er behov for et overjordisk LAR-anlæg.

Hedensted Spildevand har opgjort deres tidsforbrug til seks gange det traditionelle grundet øget udgifter til koordinering, møder m.m. Desuden har selskabet haft ekstra udgifter til rådgiver/landinspektør igen grundet øget koordinering.

8.1.4.2.3 Markedsmoden model

Flere forudsætninger kan gøre sig gældende ved en fremtidig markedsmoden termovej. De umiddelbart mest væsentligste kan opstilles således:

- Øget erfaring: Demonstrationsprojektet Termovejen har givet erfaringer i både projektering og anlæggelse, hvilket gør det muligt at sammensætte et mere præcist anlægsudbud. Dette vil muliggøre at entreprenøren kan give en bedre pris uden samme behov for at indregne usikkerheder.

- Skalering: I februar 2022¹ var der i Hedensted Kommune grundsalg fra 14 udstykninger. Disse udstykninger havde i gennemsnit 12 grunde. Set i forhold til Termovejen vil det være en fordobling, som må forventes at medføre stordriftsfordele og dermed lavere anlægsudgifter (termovejen har 6 dobbelthuse, der ligger på 6 grunde).
- Prisen på materialer har gennem flere år været stigende². Specielt under COVID-19 krisen steg priserne. Dette har haft stor indflydelse på prisen for det aktuelle forsøgsprojekt.

8.1.4.3 Drift og vedligehold

Alle anlæg skal serviceres og vedligeholdes for at opretholde kvaliteten. For traditionelle vandafledningssystemer er omfanget og udgiften hertil kendt, mens det for Termovejen bygger på en række antagelser.

8.1.4.3.1 Traditionelt vejanlæg

Hedensted Spildevand har stor erfaring med at drifte traditionelle spildevandsledninger. Levetiden er sat til 75 år og de forventede årlige driftsudgifter ligger i omegnen af 32 kr/lbm hovedledning/år. I denne udgift er er indregnet omkostninger til renseanlæg, pumpestationer, administrative omkostninger osv.

8.1.4.3.2 Termovejen

Termovejens ændrede udgiftsforhold:

- Vejkassen virker som forsinkelsesbassin. Dermed sparer Hedensted Spildevand potentielt set udgiften til drift- og vedligehold af et sådant.
- Vejkassen er opbygget med drænstabil. Traditionelt anvendes en grusopbygning i Danmark. Levetiden for drænstabil er ukendt, idet der kun er godt 10 års erfaring med produktet.
- Hedensted Spildevand forventer en øget udgift ved opgravning til punktskader. Hvor der i traditionelle spildevandssystemer kan opereres fra brønde og fx sendes kameratilsyn gennem ledningerne, kan det i Termovejen blive nødvendigt at opgrave belægningen og drængruset for at besigtige arealet. Dette kan blive bekosteligt, idet det ikke er sikkert, at punktskaden på forhånd kan præciseres. Det er ikke muligt at beskrive udgiftsforholdet for dette punkt.
- Drænstabil optager gennem sin levetid aflagring af sedimenter fra overfladevandet. Det kan fx være olierester eller diverse sedimenter. Der er for nuværende ingen viden om, hvorledes dette materiale kan bortskaffes efter endt levetid. Det forventes ikke at kunne genanvendes. En mulig bortskaffelse kan være til kartering for jordforurening og i værste tilfælde deponi.
- DrænStabil i vejkassen opsamler sedimentering. Her frasorteres div. sedimenter såsom gummirester fra dæk, olierester, organiske rester osv. fra overfladevandet. Dog accepterer myndigheden endnu ikke denne sedimentering, og vejvandet skal derfor gennemløbe et bassin for en re-sedimentering før udløb til naturlig recipient kan foregå. Dermed vil der indtil videre fortsat være udgift til regnvandsbassin.

8.1.4.3.3 Markedsmoden model

Der er endnu ikke er erfaring med drift- og vedligeholdelsesudgifter på Termovejen. Det forventes imidlertid, at de erfaringer, som vil fremkomme, kan skaleres op til en markedsmoden model. Der er opstillet et budget i tabel 5, og det er kommenteret i et senere afsnit.

8.1.4.4 Værdien af regnvandsbassinet i Termovejen

Når der etableres regnvandsbassiner på offentlige udstykninger, stiller kommunen arealet til rådighed for et teknisk anlæg inden for udstykningsområdet. Jorden, der udlægges til teknisk anlæg, har en værdi, da det ofte kunne være solgt som byggegrund.

Ved anlæggelse af regnvandsbassinet optager køreveje og oprensingsmuligheder også noget areal. Et forsigtigt gæt er derfor, at et bassin på 225 m³ optager et overfladeareal på 750-1000 m² inkl. skråninger, køreveje osv.

¹ www.byggegrunde.hedensted.dk

² <https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/erhvervsliv/byggeri-og-anlaeg/index-for-byggeri-og-anlaeg>

Det regulært jordarbejde, ligger omkring 70 kr/m³ i afgravning hvilket ikke i sig selv giver nogen stor udgift. Eventuelle krav til store sandfang, membraner osv. øger doghurtigt udgiften.

Så, hvis en byggegrund på 750 m² har en handelsværdi på 200.000 kr. skal det vel ligges oveni den estimerede pris. (grundprisen skal være uden byggemodningsomkostninger).

Groft overslag kunne se således ud:	
Køb af jord =	200.000 kr.
Udgravning =	20.000 kr.
Diverse rør mv. =	20.000 kr.
Anlægsudgift samlet =	240.000 kr.
Driftsudgift årlig =	200.000 kr.
Den årlige udgift i kr. pr. år (levetid 25 år) bliver herefter ca. kr. 29.600,-	

Et bassin på overfladen giver anledning til en omkostning på ca. en kvart million alene i anlægsudgifter. Dertil kommer vedligehold på 20.000 kr årligt.

Alternativet er et salg af den grund hvor regnvandsbassinet skulle ligge. Lad os sige 400.000 kr. Det er jo uden byggemodning så grundprisen er ca. 200.000 kr.

Regnestykket afhænger jo meget af grundprisen men det ser ud til at der kan opnås en kombineret besparelse på 440.000 kr (omkostning til regnvandsbassin + tabte indtægter fra salg af grund). Det er ganske betydeligt besparelse for samfundet. Dertil kommer indtægter fra skatter og evt. virksomhed som jo er tabte indtægter ved en traditionel løsning.

Men det kræver at der rent lovgivningsmæssigt må placere bassinet under jorden, hvilket vi vist ikke må endnu til trods for de mange vandkvalitetsundersøgelser.

8.1.5 De energimæssige forhold

Der er det følgende sammenlignet tre typer varmepumpe-løsninger samt en fjernvarmeløsning.

- 1) Traditionel vej til samme type område med traditionel spildevandshåndtering
 - Varme fra traditionel fjernvarme
 - Varme fra individuelle l/v varmepumper
 - Varme fra individuel jordvarmeanlæg med jordvarmepumpe
- 2) Fremtidige løsninger med termovej
 - Varme og køling fra et termonet med samme energi-forhold som ved jordvarme men med færre varmevekslere i jorden grundet samtidighedsforhold

Varmeforbruget er sat efter at det er nyopførte huse med en energiramme på 30 kWh/m² + 1.000 kWh. De 12 huse på Vestergårdsmarken³ er på hver 118 m², hvilket giver en energiramme på 4,5 MWh/år. Der er i sammenligningerne taget udgangspunkt i de 4,5 MWh/år, selv om varmeforbrug påvirkes af krav til komfort og af adfærd og derfor nemt kan blive større.

Ved beregning af varme fra fjernvarme er der taget udgangspunkt i takstbladet fra det nærliggende Hornsyld Klimavarme⁴. Det er ikke undersøgt, om der reelt kunne være mulighed for fjernvarme, men det er sandsynligt, hvis alle 12 boliger blev tilmeldt. Det er dog i denne sammenhæng ikke væsentligt. Vi vurderer, at prisniveauet fra Hornsyld Klimavarme kan ses som repræsentativt for fjernvarme i andre del af landet, hvor det kunne være et muligt alternativ til etablering af en termovej.

Ved beregning af individuelle varmepumpeløsninger med hhv. luft og jord som varmekilde er der brugt generelle erfaringsdata samt data fra Energistyrelsens Teknologikatalog.

I termovejen er der tre varmekilder: slanger i vejkassen, slanger i spildevandssystemer og sonderne i tre lodrette jordvarmeboringer. Baseret på erfaringer fra et termonet i Silkeborg er der anvendt samme varmeprofil som ved jordvarme. Det er givetvis ikke helt rigtigt men i en grov sammenligning mellem varmeteknologier anses det for at være gangbart. Det afgørende i den økonomiske sammenligning er de investeringerne, der skal foretages. For termovejen er der forudsat en udgift på 50.000 kr. til varmepumpe og installation i boligen. Der er installeret Metro Delta-varmepumper⁵, der er leveret som del af byggeentreprisen.

Da selve termovejen er et kombineret system for vej, varme og vandhåndtering er det til en vis grad beror det på et skøn, hvilke udgifter der henføres til hvilket formål. En del af varmesystemet består af de vandrette slanger i magasinet og stikledninger ind til ejendommene. I bilag 1 punkt 5 er varmeinstallationerne fra anlægsarbejdet sat til 75.500 kr. Derudover kommer i bilag 3; boringer, sonder og diverse, som beløber sig til ca. 200.000 kr. Desuden rådgiverhonorar og byggepladsomkostninger, der kan betragtes som fællesudgifter for de tre formål. Hvis de 12 boliger sættes at bidrage med hver 30.000 kr. til termonettet, svarer det til 360.000 kr. Det passer rimeligvis med ovenstående udgifter.

I bilag 5 er der estimeret budgetter for en markedsmoden termovej, henholdsvis med 3 boringer og uden:

	Almindelig vej	Termovejen, Vestergårds-marken	Markedsmoden termovej	
Etableringsomkostninger i alt:	775,000	1,634,000	1,520,000	kr.
Omkostninger pr. bolig	65,000	136,000	127,000	kr./bolig

Tabel 5, budgetter for markedsmodne termoveje sammenlignet med realiserede veje. Spildevandsselskabets investeringer er ikke med. Varmeforsyning er ikke medtaget i regnskabet.

³ <https://www.gsbolig.dk/eksklusive-parcelhuse-i-hornsyld>

⁴ <https://www.klimavarme.dk/wp-content/uploads/2023/12/Prisblad-Hornsyld-klimavarme-2024.pdf>

⁵ <https://www.metrotherm.dk/produkter/varmepumper/vaeske-til-vand-varmepumper/metro-delta>

Det ses i tabel 5 at der burde være mulighed for besparelser ved at udvikle konceptet og få mere rutine med etableringsarbejder ved kommende projekter. Dog kan de generelle prisstigninger i branchen trække i en opadgående retning. Hvis der vælges en termovej uden borer, kan der ikke etableres passiv køling i boligerne, men det vurderes, at der ikke bliver problemer med at varmforsyne nye boliger fra vej-kassen i en termovej.

Hvis der i regnvandstilslutningen kan spares udgifter/areal til et yderligere forsinkelsesbassin, vil den økonomiske gevinst ved en termovej blive meget tydelig.

8.1.5.1 Varmøkonomi for forbrugeren

For udlejeren ved termovejen vil den umiddelbare økonomiske fordel være, at husene er tilsluttet det fælles brinesystem i termovejen. Det betyder, at varmeinstallationen med en varmepumpe i huset gøres mere enkel, energieffektiv, og at den har lavere driftsudgifter til strøm. Der behøves ikke en varmeoptager i form af egne jordvarmeslanger eller en støjbelastende luft/vand- udedel til varmepumpe. I stedet tilkøbes varmepumpen til det fælles system.

I det følgende er økonomien for forbrugeren sammenlignet ved 3 varmepumpetyper samt fjernvarme. Detaljeret skema er i bilag 4:

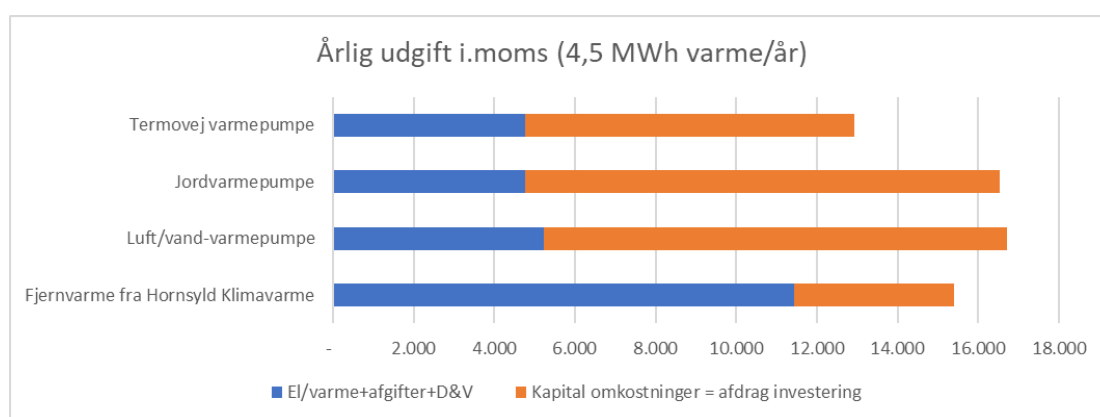


Fig 1. Den årlige udgift til opvarmning i et nyt hus på Vestergårdsmarken på 118 m².

Forudsætninger	Virkningsgrad	Var omk.	Fast omk.	Investering	Levetid, år
Luft/vand-varmepumpe	315 %	2.800 kr./år	2.300 kr./stk.	92.800 kr./stk.	16
Jordvarmepumpe	345 %	2.800 kr./år	2.100 kr./stk.	108.000 kr./stk.	20
Termovej varmepumpe	345 %	800 kr./år	2.100 kr./stk.	50.000 kr./stk.	20
Merudgift termovej		0 kr./år	0 kr./stk.	60.000 kr./stk.	30
Lån med rente	6%				

Tabel 4: Forudsætninger ved beregning af forbrugerøkonomi.

Det ses på figur 1, at det giver forbrugeren en billigere varmeudgift ved at være tilkoblet termovejen. Udgiften til elforbruget vil i denne beregning være den samme som ved et jordvarmeanlæg da COP er sat til samme værdi.

Ved at genberegne sammenligningerne kan man se at den økonomiske fordel har en værdi svarende til ca. 60.000 kr. Det vil sige at, for køberen af en grund ved Termovejen bør investeringen ikke være mere end ca. 50.000 kr. dyrere end en grund ved en tilsvarende normal vej. Det er under forudsætning af, at tilslutning til et termonet skulle være den eneste fordel og det er jo netop ikke tilfældet ved termovejen, hvor man også får øget sikkerhed mod oversvømmelse fra regnvand ved at vejen kan håndtere ekstrem-regn.

8.1.6 Konklusioner

En termovej har klare fordele mht. vandafledning. Der kan opstives store regnmængder i vej-kassen, hvilket muliggør øget bebyggelsesprocent på omkringliggende arealer.

En termovej kan fungere som forsinkelsesbassin, hvis de nødvendige rensfunktioner tilvejebringes. Det kan frigøre øget arealanvendelse lokalt til andet formål som fx udstykning.

Termoveje vil kunne anvendes ved langt større udstykninger end det aktuelle forsøgsprojekt, og der er for så vidt ingen begrænsninger på anlæggets størrelse. Dog er det en forudsætning, at der er en jævn vejkasse med et ensartet fald.

Det er utvivlsomt mere bekosteligt at anlægge en termovej frem for en traditionel anlagt vej. Dette skyldes bl.a. større gravedybde og andet materialevalg i form af betonitmåtter og DrænStabil. Desuden kræver arbejdet en større koordinering og dermed øget udgifter til rådgiver og internt timeforbrug. Dog kan der opnås væsentlige besparelser, hvis en termovej kan erstatte et regnvandsbassin på jordoverfladen. Dette er ikke muligt indenfor rammerne af den nuværende lovgivning og regulering af området.

Den forventede drifts- og vedligeholdelsesøkonomi er endnu ukendt. Der forventes et forholdsvis sammenligneligt niveau til en traditionel vandafledning.

For forbrugerne er varmeøkonomien bedre med tilslutning til en termovej end ved sammenlignede varmeløsninger.

Etablering af en termovej er således en fremtidssikker og økonomisk fornuftig løsning for både spildevands-selskab, projektudviklere der skal eje/byggemodne et område. Desuden er der fornuftig varmeøkonomi for forbrugerne. Den samlede økonomi vil blive endnu bedre, hvis der i fremtidens tages højde for at en termovej kan erstatte regnvandsbassin med tilsvarende kapacitet.

8.1.6.1 Overordnet vurdering

Økonomien vurderes ud fra parametrene: 😞 større udgift, 😐 sammenlignelig udgift, 😊 mindre udgift:

Sammenfatning	Vurdering
Vandafledning	😊
Anlægsøkonomi	😐/😞
Drifts- og vedligeholdelsesøkonomi	😐
Forbrugerens varmeøkonomi	😊

8.1.6.2 Bilag 1 Etableringsregnskab for termovejen

DELPRISER					Hedensted Kommune	HSPV
0.	Byggepladsomkostninger			12.500,00	12.500,00	
1.	Jordarbejder.			239.050,00	239.050,00	
2.	Kloakarbejder.			216.330,00	45.250,00	171.080,00
3.	Veje - Foreløbig udbygning.			302.550,00	302.550,00	
4.	Veje - Færdig udbygning.			167.855,00	167.855,00	
5.	Installationer			75.500,00	75.500,00	
6.	Fællesarealer			69.000,00	69.000,00	
	I alt			1.082.785,00	911.705,00	171.080,00
7.	Diverse enhedspriser			152.600,00	152.600,00	
	I alt at overføre til forside			1.235.385,00	1.064.305,00	

Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.	
0.	Byggepladsomkostninger.					
	Anstilling og nedtagning af byggeplads, samt driften heraf og alle nødvendige tilslutninger til eksisterende forsyninger. Til byggepladsen skal der opstilles en skurvogn med min. 10 sidepladser til rådighed for byggemøder. Derudover skal alle adgangsforhold til og fra byggepladsen være inkluderet i nærværende post. <u>Bemærk at nærværende post omfatter 2 anstillinger for hhv. foreløbig udbygning og færdig udbygning og er periodevis uafhængig af hinanden. Post for byggepladsomkostninger har en begrænsning og må maksimalt udgøre 5 % af den samlede entreprisesum.</u>					
0.1		fast sum	1	12.500,00	12.500,00	12.500,00
	i alt at overføre til delpriser				12.500,00	12.500,00

Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.	
1.	Jordarbejder.					
	<i>De anførte mængder er, hvor andet ikke er anført, at forstå som mængder i fastlejret eller færdigkomprimeret tilstand. Efter Muld i vejareal asnlæes til tykkelse baseret på intepolering af borginger jf. Bilag 4 - Geoteknisk Rapport for området</i>					
	VEJAREALER					
1.1	Muld at afrofme på vejen i hele vejudlægget og udlægge i depot til udlægning i rabatter i foreløbig - og færdig udbygning.	m ³	130	65,00	8.450,00	8.450,00
1.2	Muld at afrofme på vejen i hele vejudlægget og udjævne på fællesarealer som terrænregulering.	m ³	215	65,00	13.975,00	13.975,00
1.3	Muld at afrofme på vejen i hele vejudlægget og bortskaffe inkl. alle dertilhørende afgifter.	m ³	155	125,00	19.375,00	19.375,00
1.4	Råjord som egnet friktionsmateriale at afgrave og genindbygge langs siderne af vejassen jf. tegn. Nr. 6 "Tværprofil" efter at vejassen er opbygget og bentonitmåtter er etableret.	m ³	350	110,00	38.500,00	38.500,00
1.5	Råjord som overskudsjord at afgrave ifm. opgravning af vejasse og bortskaffe inkl. alle dertilhørende afgifter.	m ³	1.270	125,00	158.750,00	158.750,00
	i alt at overføre til delpriser				239.050,00	239.050,00

Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.	
2.	Kloakarbejder. Arbejdet er incl.: a. Alle de til entreprisen nødvendige leverancer og arbejdsydelser. b. Lænsesumpning af tilstrømmet overfladevand og indsvivende vand. Der prissættes ud fra den forudsætning, at der over sandfyld omkring ledninger tilfyldes og komprimeres med det bedst egnede opgravet råjord. Overskudsjord bortskaffes inkl. tilhørende afgifter. Anførte ledningsdybder svarer i befæstede arealer til gennemsnitsdybden under befæstelsen (planum på råjord) og i ubefæstede arealer til dybden under ekst. terræn. Anførte brønddybder svarer til dybden fra færdig terræn til bunden.					
	KLOAKSYSTEM					
	HOVEDLEDNINGER - Ledninger i fællesgrav.					
	Dybde					
2.1	R2 - R1.2, ø315 PP inkl. opbrydning af eksis stamvej samt fuld retablering. 1,00 m	m	10	1.000,00	<u>10.000,00</u>	10.000,00
2.2	S2 - R1.2(pkt), ø160 PVC inkl. opbrydning af eksis stamvej samt fuld retablering. 1,00 m	m	8	700,00	<u>5.600,00</u>	5.600,00
	HOVEDLEDNINGER - Ledninger i enkeltgrav.					
	Dybde					
2.3	R1.2(pkt) - S1.2, ø160 PVC	m	25	400,00	<u>10.000,00</u>	10.000,00
2.4	S1.2 - S1.1, ø160 PVC	m	50	440,00	<u>22.000,00</u>	22.000,00
	STIKLEDNINGER - Ledninger i fællesgrav.					
2.5	ø160mm PVC-SN8 for regnvand inkl. tætning m. bentonitmåtter	m	20	440,00	<u>8.800,00</u>	8.800,00
2.6	ø110mm PVC-SN8 for spildevand inkl. tætning m. bentonitmåtter	m	20	200,00	<u>4.000,00</u>	4.000,00
	STIKLEDNINGER - Ledninger i enkeltgrav.					
2.6	ø110mm PVC-SN8 for spildevand inkl. tætning m. bentonitmåtter	m	27	440,00	<u>11.880,00</u>	11.880,00
	HOVEDBRØNDE - Spildevandssystem					
2.7	S1.1 - ø600mm rense- og inspektionsbrønd sandfangsbrønd som PP/PE. Brønden afsluttes med ø600 flydekarm og dæksel i støbejern.	stk.	1	9.500,00	<u>9.500,00</u>	9.500,00
2.8	S1.2 - ø600mm rense- og inspektionsbrønd sandfangsbrønd som PP/PE. Brønden afsluttes med ø600 flydekarm og dæksel i støbejern.	stk.	1	9.500,00	<u>9.500,00</u>	9.500,00
	HOVEDBRØNDE - Regnvandssystem					
2.9	sandfangsbund. Brønden afsluttes med betonkegle samt flydekarm og dæksel i støbejern. Brønden udføres med 1 ekstra indløb i ø110 mm vejunderføringsrør til kabler. Brønde leveres med vandbremse som type (CEV) samt en afspærringsspjæld i indløbet samt overløbsrør.	stk.	1	35.500,00	<u>35.500,00</u>	35.500,00
	SKELBRØNDE - Spildevandssystem					
2,10	med rod opføringsrør og forberedelse til lige gennemløb. Skelbrønd afsluttes min. 20 cm over færdig terræn med kompositdæksel.	stk.	6	3.050,00	<u>18.300,00</u>	18.300,00
	SKELBRØNDE - Regnvandssystem					
2,11	ø315 mm PP/PE rense- og inspektionsbrønd som skelbrønd med blå opføringsrør og min 70L sandfang. Skelbrønden forberedes til lige gennemløb. Skelbrønd afsluttes min. 20 cm over færdig terræn med kompositdæksel.	stk.	6	3.250,00	<u>19.500,00</u>	19.500,00
	VEJAFVANDINGSSYSTEM					
2,12	Ø315 mm PP/PE nedløbsbrønd med min. 70 l sandfang til vejvandsopsamling i betonrender. Brønden fungerer som opsamling af overfladevand samt udledning til vej-kassen. Brønden leveres med udtag til ø160 vandlås kl. 12 retning. Nedløbsbrønden skal monteres med fastkarm og firkantet	stk.	5	2.800,00	<u>14.000,00</u>	14.000,00
	i alt at overføre til næste side.				<u>178.580,00</u>	14.000,00
						164.580,00

Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.		
	i alt overført fra forrige side.				178.580,00	14.000,00	164.580,00
2,13	Stikledning ø150mm topslidset drænledning med bagfald mod nedløbsbrønden I posten indregnes ligeledes en reduktionsstykke fra 160mm vandlås til ø150 mm drænledning. Reduktionstykket roteres således reduktionen foretages kl. 12.	m	30	100,00	3.000,00	3.000,00	
2,14	Vejdræn som ø150mm fuldslidset drænledning etableres i begge vejsider samt i omkredsen af vendepladsen. Vejdrænet afvander vejaksen og følger faldet i overensstemmelse med vejens længdeprofil frem til dybdepunktet. Ved dybdepunkter afgrener vejdrænet til tværdræn mod R.1.2 og sammenslutes i 1 indløb i brønden.	m	240	75,00	18.000,00	18.000,00	
	INSTALLATIONER IFM. KLOAKARBEJDER						
2,15	ø40mm sonde etableres under spildevandsledning og frem til hoved manifolden for enden af vendepladsen. Jordvarmesonde etableres 10 cm under spildevandsledning (bundløb til bundløb) og omkringfyldning udføres med egnet firktionsmateriale. For enden af S1.1 forsætter sonden mod hovedmanifold ved vendepladsen og lægges 10 cm under bentonitmåten.	m	115	50,00	5.750,00	5.750,00	
	RENSNING OG INSPICERING.						
2,16	Spuling og rensning af spildevandsledninger og brønde inden TV-inspektion og tæthedsprøving. Rensning skal tidligst udføres efter udlægning og komprimering af drænstabli.	fast sum	1	1.500,00	1.500,00		1.500,00
2,17	Tv-inspektion af spildevandssystem, inkl. lednings- og brøndrapport.	fast sum	1	3.000,00	3.000,00		3.000,00
2,18	Supling og rensning af regnvandsledninger og brønde inden TV-inspektion. Rensning skal tidligst udføres efter udlægning og komprimering af drænstabli.	fast sum	1	1.500,00	1.500,00	1.500,00	
2,19	Tv-inspektion af regnvandssystem, inkl. lednings- og brøndrapport.	fast sum	1	3.000,00	3.000,00	3.000,00	
2,20	Trykprøving af samlet spildevandssystem iht. normal tæthedsklasse jf. DS455	fast sum	1	2.000,00	2.000,00		2.000,00
	i alt at overføre til delpriser				216.330,00	45.250,00	171.080,00
Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.		
3.	Veje - Foreløbig udbygning.						
	<i>Under jordarbejder er medtaget afgravning og påfyldning til råjordsplanum. Vejarbejdet omfatter de på vejplanen viste veje, hævede flader, portværkser og fortove. Der henvises til tegningslistens tværprofiler.</i>						
	VEJAREALER						
3,1	Regulering og komprimering af råjordsplanum samt levering, udlægning, komprimering og fortætning/forankring af bentonitmåtter under vejkasse samt sidderne jf. tegn. nr. 6.	m ²	1.500	57,00	85.500,00	85.500,00	
3,2	Udlægning, komprimering og finafretning af 20 cm NCC DrænAF (sand). Udlægning foretages ovenpå bentonitmåtter og udføres forsigtigt i takt med at 1. lag af jordvarmeslanger etableres. NCC DrænAF er bygherre leverence og håndtering og etablering prissættes.	m ²	210	60,95	12.800,00	12.800,00	
3,3	Udlægning, komprimering og finafretning af 125 cm (gennemsnit) NCC DrænSTABIL. Udlægning foretages ovenpå NCC DrænAF lag og udføres forsigtigt i takt med at 2. lag af jordvarmeslanger etableres samt øvrige stikledninger. NCC DrænSTABIL er bygherre leverence og håndtering og etablering prissættes.	m ²	1.200	64,58	77.500,00	77.500,00	
3,4	Udlægning af 7 cm GAB-0 i overbredde med modificeret bitum og elastomer tilsætningsmiddel. Inkl. dertilhørende afgifter. Asfaltudlægning prissættes inkl. asfaltvulst på strækningen hvor der i fremtiden etableres vandrende i beton (90 m), samt asfalkål omkring alle nedløbsriste.	m ²	800	137,50	110.000,00	110.000,00	
3,5	Rabatterne afsluttes med retablering af 10 cm muld tykkelse samt afretning i færdig højde.	m ²	650	7,38	4.800,00	4.800,00	
3,7	Levering og udlægning af stk. kampesten (ca. 500 mm) i hver hjørneafskærringer.	stk.	4	625,00	2.500,00	2.500,00	
	SKILTE & AFMÆRKNING						
3,8	Levering og etablering af B11 tavle på høj stander.	stk.	1	4.500,00	4.500,00	4.500,00	
3,9	Etablering af afmærkning i termoplast som ubetinget vigepligt i form af "hajtænder" S11 jf. tegn. nr. 10A	sæt	1	4.950,00	4.950,00	4.950,00	
	i alt at overføre til delpriser				302.550,00	302.550,00	

Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.	
4.	Veje - Færdig udbygning. <i>Vejarbejdet omfatter de på vejplanen viste veje. Der henvises til tegningslistens tværprofiler.</i>					
	VEJAREALER					
	VEJ 1					
	Reposfræsning af ekst. asfaltkant samt asfalt overbredde udlagt mod vandreder og fladen mod portoverkørsel, påføring af emulsion og udlægning af 7 cm GAB-0 med modificeret bitum ved elastomer som tilsætningsmiddel i 25 cm bredde langs	m	90	247,50	<u>22.275,00</u>	22.275,00
4,1	Udgravning, levering og sætning af betonrende bestående af grå 9/6,5x15x30 cm vandredeflise med låseknaster og 30x30x9 cm flise med låseknaster støbt i min. 10 cm C25 kantstensbeton. Afgravet materiale bortskaffes samt alle afgifter inkluderes i	m	85	400,00	<u>34.000,00</u>	34.000,00
4,2	Levering og udlægning af 3 cm SMA slidlag inkl. asfaltramper, opretning af kørebane og regulering af dæksler til korrekt højde.	m ²	750	89,37	<u>67.030,00</u>	67.030,00
4,3	Levering af muld fra depot til udlægning i 10 cm tykkelse på rabatter. Planering, kultivering, stenedfræsning og græssåning.	m ²	650	17,38	<u>11.300,00</u>	11.300,00
4,4	PORTOVERKØRSEL					
4,5	Opbrydning og bortskaffelse af eksisterende asfalt 7 cm GAB-0 ved portoverkørslesareal inkl. alle dertilhørende afgifter.	m ²	25	180,00	<u>4.500,00</u>	4.500,00
4,6	Udgravning, levering og sætning af 12x29x100 cm granitkantsten sat i min. 10 cm kantstensbeton C25 med bagstøbning. Afgravet materiale bortskaffes samt alle afgifter inkluderes i prisen.	m	25	660,00	<u>16.500,00</u>	16.500,00
4,7	Levering og udlægning af 3 cm afretnings sand.	m ²	25	140,00	<u>3.500,00</u>	3.500,00
4,8	Levering og udlægning af 15/30x15/30x9 cm Optiloc Classic normalsten i farven grå. Belægningstenen efterfuges med friktionsmateriale.	m ²	25	350,00	<u>8.750,00</u>	8.750,00
	i alt at overføre til delpriser				<u>167.855,00</u>	167.855,00

Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.	
5.	INSTALLATIONER - VARMEFORSYNING <i>Jf. nærværende poster, prissættes etablering af jordvarmeinstallationer Jordboringer er bygherreleverance.</i>					
	Varmeforsyning Håndtering og gravning af jordvarmeslanger i vej-kassen jf. tegn. nr. 6. jordvarme slanger er bygherre leverance og leveres som ø40 mm P100RC-SDR11 og etableres omhyggeligt i vej-kassen i 2 lag med samtlige forbindelser til hovedmanifolden for enden af vendepladsen. Jordvarmeslanger og samling heraf leveres som bygherreleverance.					
5.1		m	1.335	10,86	<u>14.500,00</u>	14.500,00
	Hovedmanifold (for enden af vendepladsen) at levere og etablere som ø2000 mm plastbrønd med min. 2 m dybde fra færdig terræn. Sætning udføres inkl. alle tilslutninger heraf. Brøndgodset med karm og dæksel leveres som bygherre leverance.					
5.2		stk.	1	9.500,00	<u>9.500,00</u>	9.500,00
	Sekundær manifold levers og etableres på hovedsystemet for jordvarmen nord for boligvejen ved ca .st. 9. Manifolden leveres som ø1500 mm plastbrønd med min 2 m dybde fra færdig terræn. Sætning udføres inkl. alle tilslutninger heraf. Brøndgodset med karm og dæksel leveres som bygherre leverance.					
5.3		stk.	1	8.500,00	<u>8.500,00</u>	8.500,00
	Håndtering og gravning af varmforsyningsledninger som frem- og returløb fra hovedmanifold til sekundær manifold. Ledningerne leveres som 90PE100-SDR17. Tværgående stilledning for modsatliggende grundenheder trækkes igennem vejunderføringsrør under vej-kassen. Ledningerne og samling heraf leveres som bygherreleverance.					
5.4		m	210	83,33	<u>17.500,00</u>	17.500,00
	Håndtering og gravning af stikledninger til varmforsyningsledninger som frem- og returløb fra samlebrønd og frem til grundenhed. Stikledninger leveres som 50PE100-SDR17 inkl. dertilhørende stikledninger frem til hver grundenhed. Ledningerne og samling heraf leveres som bygherreleverance.					
5.5		m	80	118,75	<u>9.500,00</u>	9.500,00
	Levering og etablering af samlebrønde mellem varmforsyningsledninger og stikledninger. Samlebrønde etableres som ø600 mm opføringsrør i plast og placeres oven på samlinger jf. bilag 5. Brøndgodset med karm og dæksel leveres som bygherre leverance.					
5.6		stk.	2	3.750,00	<u>7.500,00</u>	7.500,00
	Håndtering og gravning af ledninger mellem hovedmanifold og 3 stk boringer for enden af vendepladsen. Etablering udføres som frem- og returløb i ø40mm med 10 o/oo fra manifold og der prissættes etablering af graverende min 1.2m dybde og 0.5 m bredde samt retablering heraf. I udgravning prissættes ligeledes bundsikrings-sand som omkringfyldning til 20 cm over ledningstop. Ledningerne og samling heraf leveres som bygherreleverance.					
5.7		m	45	188,89	<u>8.500,00</u>	8.500,00
	i alt at overføre til delpriser				<u>75.500,00</u>	75.500,00

Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.	
6.	Fællesarealer.					
	ETAPE 1					
	Kørespor grubbes på samtlige anvendte arealer i i området. Rensning af fællesareal, bassiner og grøfter for ukrudt, græs og sten større end 2 cm. Alle arealerne afsluttet med harvning og græssåning. Leverancen er inkl. 2 års pasning og vedligeholdelse af græsarealer.	m ²	1.065	46,48	<u>49.500,00</u>	49.500,00
6.1	Levering og plantning af Lindetræer. 200/250 cm. (Tilia Cordata "Green Spire").Træerne skal leveres i klump. Posten er inkl. opbinding i 3 stolper samt 2 års vedligeholdelse jf foreskrifter.	stk.	4	4.875,00	<u>19.500,00</u>	19.500,00
	i alt at overføre til delpriser				<u>69.000,00</u>	69.000,00
Pos.	Betegnelse	Enhed	Mængde	å kr.	I alt kr.	
7	DIVERSE ENHEDPRISER					
	<i>Priserne vedrører arbejder, som kun kommer til udførelse, når der foreligger aftaleseddel herom, men indregnes i totalprisen.</i>					
	<i>Alle m³-mål er faste mål. Enhedspriser skal gælde for vilkårlige mængder.</i>					
7,1	Muld at bortsaffe fra depot inkl. alle dertilhørende afgifter.	m ³	jug/50	130,00	<u>6.500,00</u>	6.500,00
7,2	Fyldsand at levere og indbygge i som stanbilisering af vejkasse	m ³	jug/100	100,00	<u>10.000,00</u>	10.000,00
7,3	Blødbund uegnet for opbygning at bortsaffe og udskifte med tilkøbt egnet friktionsmateriale.	m ³	jug/100	260,00	<u>26.000,00</u>	26.000,00
7,4	Levering og etablering af geonet som Tensar TX170.	m ²	jug/50	40,00	<u>2.000,00</u>	2.000,00
7,5	Blødbund at udskifte og bortsaffe med tilkøbt ral under kloak.	m ³	jug/25	400,00	<u>10.000,00</u>	10.000,00
7,6	Omlægning og reetablering af eksisterende markdræn.	m	jug/25	200,00	<u>5.000,00</u>	5.000,00
7,7	Nedlægning og tildækning af kabelrør, indtil 10 rør i samme grav	m	jug/170	100,00	<u>17.000,00</u>	17.000,00
	Grundvandssænkning med sugesids og lænsepumpning					
7,8	Vandlænsning med pumpe inkl. drivmiddel. Levering af 1 stk. sugespidsanlæg med 20 spidser inkl.	døgn	jug/30	50,00	<u>1.500,00</u>	1.500,00
7,9	Nedspuling og optagning.	stk.	jug/1	14.500,00	<u>14.500,00</u>	14.500,00
7,10	Flytning af sugespidsanlæg.	stk.	jug/2	3.750,00	<u>7.500,00</u>	7.500,00
7,11	Drift af sugespidsanlæg.	døgn	jug/30	1.200,00	<u>36.000,00</u>	36.000,00
7,12	Arbejdsmandstimeløn	timer	jug/5	400,00	<u>2.000,00</u>	2.000,00
7,13	Leje af gummiged, 2 m ³ skovl	timer	jug/5	500,00	<u>2.500,00</u>	2.500,00
7,14	Leje af 35 t gravemaskine	timer	jug/5	500,00	<u>2.500,00</u>	2.500,00
7,15	Leje af dozer	timer	jug/5	700,00	<u>3.500,00</u>	3.500,00
7,16	Leje af 2-akslet lastvogn	timer	jug/5	300,00	<u>1.500,00</u>	1.500,00
7,17	Leje af 3-akslet lastvogn	timer	jug/5	500,00	<u>2.500,00</u>	2.500,00
7,18	Udlægning og afhæntning af køreplader	stk.	jug/25	64,00	<u>1.600,00</u>	1.600,00
7,19	Leje af køreplader	døgn	jug/100	5,00	<u>500,00</u>	500,00
	i alt at overføre til delpriser				<u>152.600,00</u>	152.600,00

Bilag 2 Oversigt byggeregnskab Hedensted Kommune

Hedensted Kommune
 Infrastruktur & Transport
 Tjørnevej 6
 7171 Uldum

Dato: 13.01.2021

J.nr. 47485

BUDGET BYGGEREGNSKAB

Vestergårdsmarken, Etape 3 - Hedensted - 6 parceller

FASTE ANLÆGSUDGIFTER:

alle priser er ekskl. moms

BUDGET iht. TBL	911.705,00	Bemærkninger
Aconto 1	607.290,00	
Aconto 2	67.560,00	
Samlet	674.850,00	
Rest	236.855,00	

EKSTRAARBEJDER / UFORUDSETE UDGIFTER

alle priser er ekskl. moms

AFSAT i alt.	152.600,00	Bemærkninger
Opgjort	201.800,00	
Samlet	201.800,00	
Rest	-49.200,00	

TILSLUTNINGSBIDRAG

alle priser er ekskl. moms

BUDGET	585.902,80
El- forsyning :	0,00
El-stik : (Budget)	0,00
Varmebidrag?	0,00
Vejbelysning :	0,00
Vandtilslutningsbidrag:	135.412,80
Kloak:	0,00
SAMLET	135.412,80
REST	450.490,00

ØVRIGE UDGIFTER:

alle priser er ekskl. moms

BUDGET	422.291,00	Bemærkninger
Geoteknik	0,00	
Museum	0,00	
Rådgiver Honorar	120.000,00	
Udstykningsomkostninger	0,00	
Samlet	120.000,00	
REST	302.291,00	

8.1.6.3 Bilag 3 Øvrige udgifter ved etableringen

Bilagsoversigt		
Opgave/ Udgift	Type omkostning	*Beløb kr.
External HDD Seagate Expansion	Other Expenses	569,08
Muffer, Spindelvarmer	Instruments and equipme	31.018,75
Mixedfluid w/ flow sensor, READy 4G Bridge	Instruments and equipme	26.424,14
Dymola Academic Learn (Shareable) YLC	Other Expenses	22.687,85
Vintemåtter	Other Expenses	370,63
Golan PE Rørskål	Instruments and equipme	339,75
Sonder til vejslanger	Other Expenses	1.827,51
Sonder til spildevand og borerer	Other Expenses	12.183,39
Rør	Other Expenses	2.056,93
Fragt af rør	External services	252,45
Dæksler	Other Expenses	969,93
Samling og nedlægning af rør	External services	5.505,11
Oprettelse af el	External services	14.800,00
Opsætning af el	External services	16.168,97
Boringer	Other Expenses	110.650,00
Køreplader og boremudder	External services	12.503,00
Strøm til arbejde og test	External services	2.139,42
Strøm til arbejde	External services	2.390,20
Udgifter til samlebrønd	External services	38.680,94
Udgifter til samlebrønd	Other Expenses	6.058,30
Strøm til arbejde	External services	1.736,32
Strøm til arbejde	External services	241,48
Kloarksystem til regnvandshåndtering	External services	83.800,00
I alt		393.374,15

Bilagsoversigt		
Opgave/ Udgift	Type omkostning	*Beløb kr.
Grafisk arbejde, 3D illustration	External services	11.875,00
Grafisk arbejde, 3D illustration	External services	15.625,00
Termotråd Type T	Instruments and equipme	4.081,25
Testo 176-T4, 4 kanal temp.datalog	Instruments and equipme	13.050,00
Koordinering; Projektering; Myndighedsansøgning; udbudsmateriale og udbud; projektanmodning til Ledningsejere	External services	120.000,00
Div. rør, ventiler, el-muffer	Other expenses	13.450,91
I alt		178.082,16

8.1.6.4 Bilag 4 Sammenligning udgifter til opvarmning

Bolig	Varme behov:	4,5 MWh/år	118 m ²	kr. ekskl. moms	kr. inkl. moms
Individuel / pr. husstand					
Luft/vand-varmepumpe					
Virkningsgrad, SCOP		3,2			
Elkøb	1,4 MWh	á	723 *=	1.812	2.265
Tarif Energinet	1,4 MWh	á	112 =	281	351
Tarif N1	1,4 MWh	á	248 *=	622	778
Varmepumpe DV				1.440	1.800
Elvarmeafgift	1,4 MWh	á	8 =	20	25
Årlig varmeudgift inkl. vedligehold				4.175	5.219
Investeringer					
Luft/vand-varmepumpe			92.800 kr. ekskl. moms	9.183	11.478
Investering i alt			92.800 kr. ekskl. moms		
Gennemsnitlige kapitalomkostninger				9.183	11.478
I alt, årlig varmeudgift og låneydelse				13.358	16.698
Individuel / pr. husstand					
Jordvarmepumpe					
Virkningsgrad, SCOP		3,6			
Elkøb	1,3 MWh	á	706 *=	1.560	1.950
Tarif Energinet	1,3 MWh	á	112 =	247	309
Tarif N1	1,3 MWh	á	245 *=	542	677
Varmepumpe DV				1.440	1.800
Elvarmeafgift	1,3 MWh	á	8 =	18	22
Årlig varmeudgift inkl. vedligehold				3.807	4.758
Investeringer					
Jordvarmepumpe			108.000 kr. ekskl. moms	9.416	11.770
Investering i alt			108.000 kr. ekskl. moms		
Gennemsnitlige kapitalomkostninger				9.416	11.770
I alt, årlig varmeudgift og låneydelse				13.223	16.528
Individuel / pr. husstand					
Termovej varmepumpe					
Virkningsgrad, SCOP		3,6			
Elkøb	1,3 MWh	á	706 *=	1.560	1.950
Tarif Energinet	1,3 MWh	á	112 =	247	309
Tarif N1	1,3 MWh	á	245 *=	542	677
Varmepumpe DV				1.440	1.800
Elvarmeafgift	1,3 MWh	á	8 =	18	22
Årlig varmeudgift inkl. vedligehold				3.807	4.758
Investeringer					
Termovej varmepumpe			50.000 kr. ekskl. moms	4.359	5.449
Merudgift termovej			30.000 kr. ekskl. moms	2.179	2.724
Investering i alt			80.000 kr. ekskl. moms		
Gennemsnitlige kapitalomkostninger				6.539	8.173
I alt, årlig varmeudgift og låneydelse				10.345	12.932
Individuel / pr. husstand					
Fjernvarme fra Hornsyld Klimavarme					
Forbruger afgift	4,5 MWh	á	510 =	2.315	2.894
Fast afgift pr. m2	118 m2	á	35 =	4.130	5.163
Abonnement pr. måler	1 stk.	á	500 =	500	625
Abonnement pr. unit	1 stk.	á	2.000 =	2.000	2.500
Drift og vedligehold				200	250
Årlig varmeudgift inkl. vedligehold				9.145	11.432
Investeringer					
Tilslutningsbidrag, grundafgift			20.000	1.744	2.180
Tilslutningsbidrag, m2-afgift	118 m2	á	40 =	4.720	429
Stilkedning pr. m fra skel til hovedhane	15 m2	á	1.000 =	15.000	1.362
Investering i alt			39.720		
Gennemsnitlige kapitalomkostninger				3.176	3.970
I alt, årlig varmeudgift og låneydelse				12.322	15.402

8.1.6.5 Bilag 5 Budget, markedsmoden Termovej

	Almindelig vej	Termovejen, Vestergårds-marken	Markedsmoden termovej	
Grunde, fordelt på to sider af vej	12	12	12	stk.
Længde pr. grund	18	18	18	m
Vejbredde	11	11	11	m
Vejareal	1,210	1,210	1,210	m2
Gravedybde, cm	60	180	180	cm
Fortrængt jord	726	2,177	2,177	m3
Opgravning og bortkørsel, råjord	50	125	100	kr./m3
Udgifter:				
Byggeplad.	4,200	12,500	13,000	kr.
Jordarbejdet	36,288	272,160	218,000	kr.
Kloakarbejder	22,280	45,250	50,000	kr.
Veje - Foreløbig	201,060	302,550	300,000	kr.
Veje - Færdig	137,095	167,855	170,000	kr.
Geoteknik	30,000	30,000	30,000	kr.
Fællesareal		69,000	70,000	kr.
Aftalesedler	40,000	201,800	150,000	kr.
DrænStabil		299,100	299,000	kr.
Rådgiver, projektering, udbud	100,000	120,000	100,000	kr.
Rådgiver, byggeledelse	150,000	165,500	150,000	kr.
Landinspektør	54,000	54,000	55,000	kr.
Etableringsomkostninger i alt:	775,000	1,740,000	1,605,000	kr.
Omkostninger pr. bolig	65,000	145,000	134,000	kr./bolig

Appendix B

Questionnaire for tenants on the value of cooling

Kære beboer på Vestergårdsmarken

Jeg skriver på vegne af det forsknings- og udviklingsprojekt, der har etableret termovejen, som du bor på for nuværende. Termovejen leverer vedvarende geotermisk varme og køling til din bolig fra jorden lige udenfor din dør. Kølemetoden er særligt skånsom mod klimaet, da den forbruger ca. ti gange mindre strøm end traditionel air conditioning. I stedet for at smide den uønskede varme fra bygningen ud i atmosfæren, lagres den i stedet i jorden, og de forhøjede jordtemperaturer gør varmepumpen i din bolig mere effektiv om vinteren.

I den forbindelse håber vi på, at du vil være med til at svare på nogle spørgsmål, der angår indeklimaet – eller mere specifikt – indendørstemperaturen i din bolig samt muligheden for at køle boligen. Vi er interesserede i at lære mere om værdien af køling både i forhold til det, hvordan det opleves men også i forhold til, hvad det er værd i kroner og øre.

Spørgsmål:

1. Har du været hjemme i din bolig på Vestergårdsmarken i sommerperioden?
2. Har der været varmt udenfor imens du har opholdt dig i dit hjem i din bolig på Vestergårdsmarken i sommerperioden?
3. Hvordan har du oplevet indendørstemperaturen hen over sommeren?
4. Har du oplevet negative effekter fra indendørstemperaturerne?

GS Bolig tilbyder køling gennem gulvvarmesystemet. Det betyder at gulvet køles ned om sommeren og varme trækkes ud af bygningen, så indendørstemperaturen reduceres.

5. Hvordan har gulvtemperaturen været i din bolig på Vestergårdsmarken i løbet af sommeren?

6. Har du oplevet ubehag i forbindelse med gulvtemperaturen?

7. Har du oplevet en positiv effekt af den reducerede gulvtemperatur?

8. I så fald at du har en positiv oplevelse med kølemuligheden:
 - a. Hvilken værdi skaber kølemuligheden for dig? Det kan være i forhold til dit almene velbefindende, søvn, koncentrationsevne mv.

 - b. Vil du være villig til at betale mere som ejer eller lejer for at have mulighed for at køle boligen ned når det er varmt på den måde som vi gør det på Vestergårdsmarken?
 - i. I så fald, hvor meget? Eg. kroner/år eller kr. per måned.

 - ii. Betyder klimapåvirkningen af kølemetoden noget for dig? Negativt, positivt, neutralt

 - iii. Vil du anbefale boliger der anvender denne type køling?

Send venligst svarene til soeb@via.dk. Du er meget velkommen til bare at tage et billede af dine svar med telefonen og sende det til os. Tusind tak for din deltagelse!

Termovejen WP5 Del- rapport

Best practice Termovej - Kommuner

INDHOLD

8.1.1 Sammenfatning.....	73
8.1.2 Indledning og formål	73
8.1.3 Idéfasen / forberedelsesfasen	76
8.1.4 Projekteringsfasen	81
8.1.5 Etableringsfasen Termovejen Hornsyld.....	89
8.1.6 Driftsfasen.....	95
8.1.7 Afslutning	96

Termovejen – Best practice kommuner

Dato: 30. oktober 2024

8.1.7 Sammenfatning

Projektet "Termovejen" er støttet af Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) og har til formål at dele praktiske erfaringer, der kan støtte kommuner og kommende projektere i etableringen af nye termoveje i forbindelse med byggemodning. Termovejen kombinerer kollektiv håndtering af regnvand og bæredygtig energiforsyning gennem et termonet. Erfaringer fra projektet i Hornsyld er samlet og analyseret med fokus på aktører, roller, ansvar, ejerforhold, økonomi, tekniske afgrænsninger, lovgivning og planlægningsnitflader. Her er lavet en samlende oversigt i overskrifter relateret til de enkelte faser i projektets liv:

Projektfaser

1. Idéfasen / forberedelsesfasen

- Aktører: Lokale ildsjæle, kommuner, forsyningselskaber, developere.
- Facilitering: Koordinering blandt aktører, ofte krævet af kommunen.
- Placering: Geografiske og geologiske undersøgelser for optimal placering.
- Regnvandshåndtering: Lokal håndtering gennem fællesarealer.
- Varme- og Køleforsyning: Udnyttelse af lokale energikilder som jordvarme og spildevandsvarme.

2. Projekteringsfasen

- Dimensionering og sammensætning af energikilder: Evaluering af potentielle energikilder og deres kombinationer.
- Specifikationer i udbudsmateriale: Særlige krav til vejopbygning og installation af energikilder.

3. Etableringsfasen:

- Etableringer under vejkassen: installation af spildevandsledninger og jordvarmeslanger.
- Opbygning af membran og vejkasse: sikring af vandtæt vejopbygning med bentonitmåtter.
- Udlægning af jordvarmeslanger: detaljeret beskrivelse af udlægningsprocessen.
- Samling af energikilder: installation af samlebrønd til styring af energikilderne.

4. Driftsfasen:

- Vedligehold og drift: Regelmæssige eftersyn og vedligeholdelse af anlægget.
- Monitorering: Overvågning af systemets ydeevne og overholdelse af aftaler.
- Organisering: Ejerskabsmodeller og vedtægter for drift og vedligehold.

Erfaringer og anbefalinger

- **Koordinering og facilitering:** Vigtigheden af en central aktør til at koordinere projektet.
- **Tekniske løsninger:** Flexibilitet i valg af energikilder og deres integration i vejopbygningen.
- **Ejerforhold:** Klare aftaler om ejerskab og ansvar for drift og vedligehold.
- **Regnvandshåndtering:** Effektiv lokal håndtering af regnvand for at undgå overbelastning af kloaksystemer.

8.1.8 Indledning og formål

Sammenfatningen i denne rapport er udarbejdet på baggrund af de erfaringer der er opsamlet i arbejdet med etableringen af Termovejen i Hornsyld. Projektet med Termovejen er støttet af Det Energiteknologiske, Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP), der er en offentlig tilskudsordning administreret af Energistyrelsen. Projektgruppen bag TERMOVEJEN er følgende:

Hedensted Kommune er grundejer og deltager i projektgruppen sammen med VIA University College, Hedensted Spildevand, Løsning Fjernvarme, NCC, Energy Machines, GeoDrilling og Plan Energi, med Land og Plan

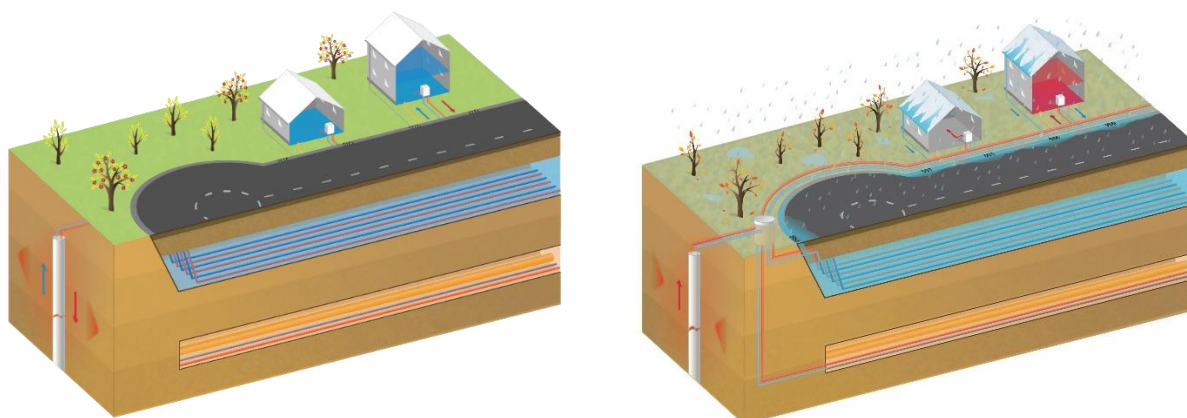
samt HTN Entreprenør som udførende parter i anlægsarbejdet. Kamstrup har ligeledes ydet støtte i projektet. I efteråret 2023 er grundene ved Termovejen købt af GS BOLIG, der har opført 12 parcelhuse til udlejning med indflytning i sommeren 2024.

Termovejen bygger på kendte teknologier, der kan sammensættes fleksibelt alt efter lokale behov, krav og ønsker. Helt kort kan det opsummeres således:

En **Termovej** designes så boligejere omkring vejen får kollektiv håndtering af stigende regnvandsmængder og produktion af bæredygtig energiforsyning. Arealet under Termovejen udnyttes af et kollektivt /jordvarmeanlæg (del af et termonet) i kombination med opsamlings- og tilbageholdelsesbassin for regnvand.

Et **termonet** er et forsyningsnet, der transporterer termisk energi, fra forskellige typer af energikilder, på tværs af flere matrikler ved en temperatur, der er relativt tæt på jordtemperatur. Link til termonet.dk.

Et **tilbageholdelsesbassin for regnvand** sikrer at øgede mængder af overfladevand kan håndteres og tilbageholdes lokalt uden at overbelaste lokale kloakledninger og vandmiljøer. Når der er plads i det lokale vand-system, lukkes det opsamlede regnvand kontrolleret ud heri.



Figur 1 To eksempler på illustrationer af opbygningen og funktionerne i Termovejen i Hornsyld.

Projektet med Termovejen i Hornsyld er startet med kommunen som grundejer i et område, der byggemodnes.

Termovejens etablering og formål er formidlet i denne film på YouTube: <https://youtu.be/GHoxqQPk5ig>.



Figur 2 Formidling fra projektet om etablering og formål med selve Termovejen i Hornsyld.

8.1.8.1 Formål

Formålet med denne "Best practice for Termovej" er at dele praktiske erfaringer, der kan gavne og støtte primært kommuner og kommende projektejere i arbejdet med udarbejdelsen og etableringen af den næste Termovej i forbindelse med en byggemodning.

8.1.8.2 Metode

Der er samlet erfaringer i projektet om Termovejen i Hornsyld med mange helt konkrete problemstillinger i relation til aktører, roller og ansvar, ejerforhold og økonomi, tekniske afgrænsninger, lovgivning og planlægnings-snitflader med mere. Der er desuden indsamlet viden fra øvrige projekter med etablering af termonet forskellige steder i landet, hvorfra viden og erfaringer også er inddraget, hvor det gavner den overordnede praksis i relation til hvordan den næste termovej i en ny kommune, et nyt geografisk område, bedst kan hjælpes i gang og på vej.

Erfaringerne fra Termovejen i Hornsyld danner her baggrund for videndeling vedrørende sektorkoblingsprojekt for kollektiv håndtering af klimavand og energiforsyning i forbindelse med byggemodning og nybyggeri.

Indholdet vil være inddelt i forhold til forskellige faser i projektet, nemlig:

- 1) Idéfasen / forberedelsesfasen
- 2) Projekteringsfasen
- 3) Etableringsfasen
- 4) Driftsfasen

8.1.9 Idéfasen / forberedelsesfasen

Formålet med idéfasen / forberedelsesfasen er at afklare grundlaget for et projekt med etablering af en termovej.

”Er en termovej en mulighed?”

8.1.9.1 Aktører

En Termovej er et sektorkoblingsprojekt, hvor initiativet og motivationen kan komme forskellige steder fra

- Lokale ildsjæle der ønsker en lokal kollektiv løsning
- Kommune-/Lokalplan eller Klimasikringsstrategi
- Grønomstilling af varmforsyningen i kommunen
- Developer med fokus på kollektive løsninger

Hvilke hovedaktører findes lokalt – og hvad kræver det specifikke projekt i forhold til forankring af processen i forberedelsen af projektet og projekteringsfasen?

Kommunen som varmeplansmyndighed, spildevandsplanmyndighed samt med strategi for klimatilpasning vil være en væsentlig hovedaktør i ide- og forberedelsesfasen.

Forsyningsselskaber er som kommunen også til stede lokalt og kan ligeledes være vigtige aktører til at se synergier.

Lokale borgere og deres kendskab til mulighed for kollektiv varme og regnvandshåndteringsløsning har stor værdi i forhold til forankring af og involvering i projektet lokalt, specielt hvis der er tale om en lokal borgergruppe eller ildsjæle, der er hovedaktør. I mange tilfælde for byggemodning og ny-udstyknings kan der være tale om mere professionelle aktører som boligselskaber eller private developere.

Lovgivning og reguleringer kan have væsentlig indflydelse på de forskellige aktørers mulighed for at agere og påtage sig roller og ansvar, dette gælder både i denne første forberedelsesfase og i de senere projekterings-, etablerings-, og driftsfaser.

Succes i forberedelsesfasen kræver derfor at processen med afklaringen af projektmuligheder for en termovej koordineres blandt de aktører, der har initiativet og motivationen. Denne koordinering vil i de fleste tilfælde kræve en facilitering.

”Hvem tager rollen med at facilitere koordineringen i forberedelsesfasen?”

8.1.9.2 Facilitering

Den kollektive løsning kræver aktører, der kan og vil tage sig af koordinering og afklaringer, der dækker både energiforsyningen samt klimatilpasning gennem håndtering af overfladevand.



Figur 3 Citat fra Hedensted Kommune om motivationen for og placeringen af Termoveje.

8.1.9.3 Placering

Placeringen af en termovej kræver en afklaringsproces.

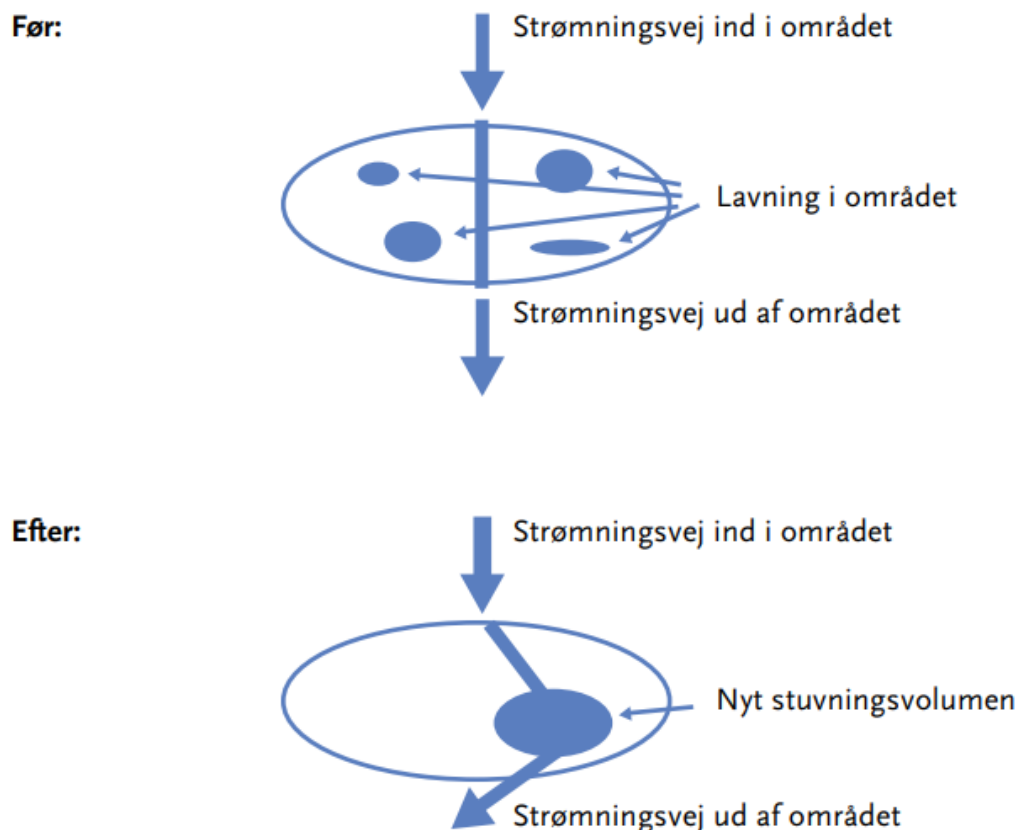
Geografiske og geologiske områder, der kan være interessante for etablering af en termovej i forbindelse med en ny udstykning eller byggemodning kan screenes frem ved at undersøge om der i området er mulighed for fjernvarme fra den kommunale varmeplan, samt hvordan områdets topografiske placering er i forhold til håndtering af fremtidens øgede regnmængder.

Regnvandshåndtering

Den lokale håndtering af regnvand Termovejen tilbyder, giver mulighed for kollektivt at udnytte fællesareal (vejarealet) til håndteringen og afledningen af regnvandet, der ellers skulle håndteres "på egen grund" eller på anden vis fælles for udstykningen.

Kommunen er planmyndighed for rammerne for klimatilpasning f.eks. jf. beskrivelse i spildevandsplanen til håndtering af tag- og overfladevand.

I forbindelse med udarbejdelsen af en lokalplan kan der (jf. planlovens §13 stk.3, pkt. 2) stilles krav til bygherre om udarbejdelse af en regnvandshåndteringsplan for det specifikke område. I denne screenes området for eksisterende vandveje og det skal klarlægges, hvordan området sikre at byggeri, terrænændringer og infrastruktur ikke risikerer at øge sandsynligheden for oversvømmelser, hverken opstrøms eller nedstrøms for lokalområdet. Der skal kunne tilbageholdes den samme mængde vand i området efter udbygningen, som der kunne før (f.eks ved en terrænanalyse) og håndteringen af regnvandet skal ske, så det gør mindst mulig skade på bygninger og infrastruktur, både i forbindelse med hverdagsregn og ekstremregn.



Figur 4 Princip-skitse for beskrivelsen af lokalområdes regnvandshåndtering i forbindelse med dimensionering af regnvandshåndteringsplan for et byggemodnings- / nyudstykningsprojektområde. Fra Aarhus Kommune "Vejledning til udarbejdelse – Regnvandshåndteringsplan" 2020.

Varme- og køleforsyning

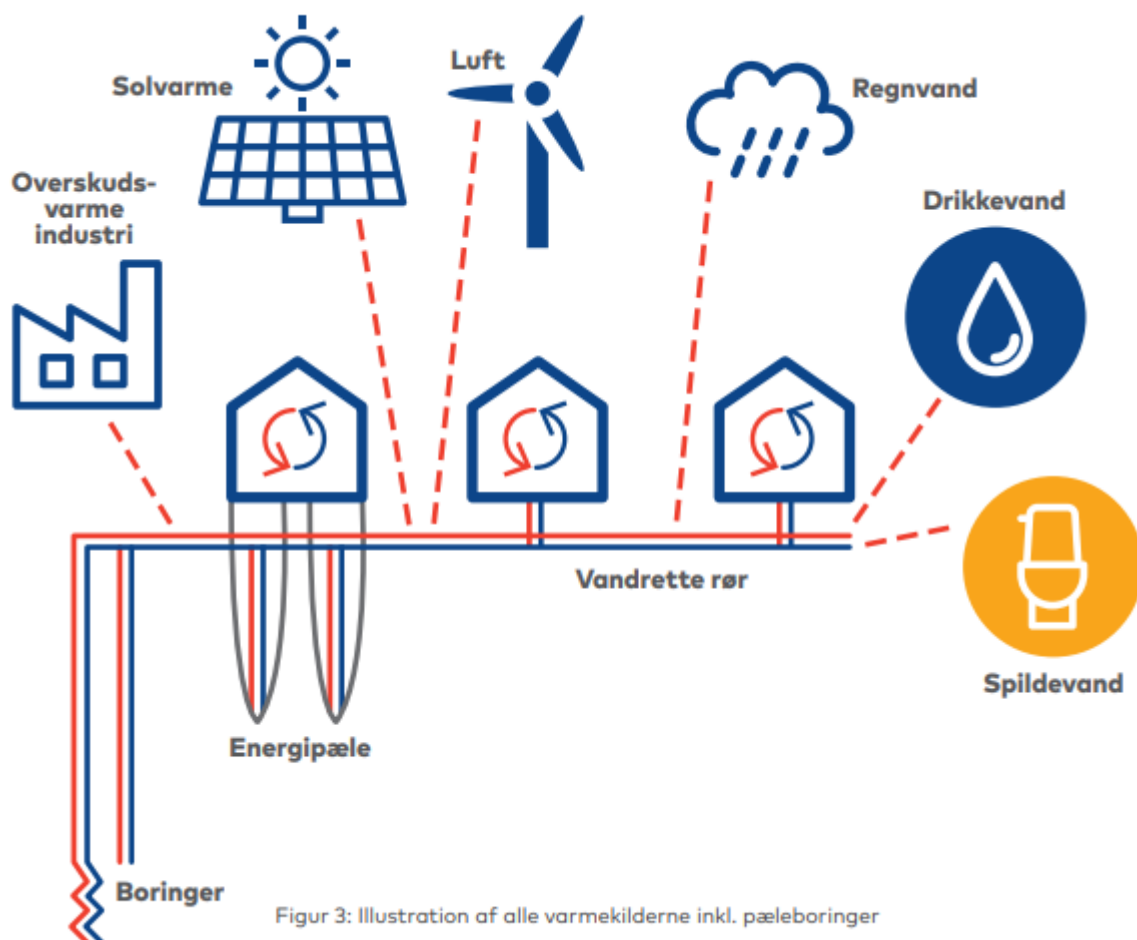
Den varme- og køleforsyning Termovejen tilbyder, giver mulighed for at forsyne områder med kollektiv energiforsyning, for eksempel:

- i områder, der ikke kan forsynes med traditionel fjernvarme pga. afstand og størrelsen af varmebehov.
- som alternativ til individuelle løsninger i områder, hvor naturgas skal udfases.

Termonettet, der indgår i termovejens varme- og køleforsyning, er opbygget af uisolerede rør, der transporterer termisk energi mellem forskellige boliger eller bygninger. Temperaturen i nettet er typisk mellem 0 og 10 grader, og den lave temperatur gør det muligt at udnytte mange forskellige energikilder.

Områdets eksisterende potentielle energikilder bør derfor undersøges samtidig med muligheder for etablering af nye energikilder som jordvarmeslanger og lodrette borer afklares.

I Termovejen udnyttes vejens opbygning til udlægning af jordvarmeslanger. I et klassisk termonet udgør de vandrette jordvarmeslanger typisk grundpillen i varmeforsyningen. De er billige at grave ned, men også forholdsvis pladskrævende, hvor lange afstande mellem bygningerne kan være en fordel. Med Termovejen arealudnyttes den i forvejen krævede infrastruktur som veje mellem bygninger til udlægning af disse vandrette jordvarmeslanger.



Figur 3: Illustration af alle varmekilderne inkl. pæleboringer

Figur 5 Illustration af forskellige mulige energikilder, der kan sammensættes til varme- og køleforsyningen i en Termovej. Fra Håndbog om Termonet, Interreg projektet FUTURE, 2021.

Lodrette boringer, som energikilde, kan fungere som varmforsyningens-batteri, de udnyttes både som varmekilde og som lager, så overskudsenergi fra nettet i perioder kan lagres til tidspunkter med større behov for varme. Desuden kan de lodrette boringer tilbyde muligheden for passiv køling, som et mere effektivt alternativ til f.eks. traditionel aircondition. Med varmepumper placeret ude hos forbrugerne, bliver termonettet ført helt ind i husene. Det har den fordel, at det kolde net kan anvendes til passiv køling af huset.

Termonettets fleksible opbygning gør det muligt og rentabelt med varmforsyning i områder, hvor traditionel fjernvarme ikke er rentabelt. Termonettet er derfor oplagt at etablere i landsbyer og boligområder langt fra en fjernvarmeforsyning. F.eks. i nogle af de eksisterende områder, hvor naturgas skal udfases.

”Hvad kan og må man specifikt i det lokale område?”

8.1.9.3.1 Termovejen Hornsyld, placering og design-rammer

For Termovejen i Hornsyld gælder det, at placeringen sker i et område med ny-udstyknings på i alt ca. 14,4 ha. Arealet er omtalt i lokalplan 1039. Der lægges i lokalplanen vægt på lokal regnvandshåndtering og energirigtigt byggeri.

Der er i området etableret et stort regnvandsbassin til forsinkelse og rensning af områdets regnvand. Regnvand fra de enkelte parceller afledes til separatvloakering. Det er i området ikke muligt at nedsive regnvand på grund af geologien med meget fed ler (i.e. normalt krav om nedsivning på egen grund), Regnvandshåndteringen for området vil derfor skulle etableres således at forsinkelse i afløb skal imødegå en femårshændelse og dimensioneres herefter. En løsning kan være et lokalt regnvandsbassin for termovejens parceller, der skal således afsættes areal til håndteringen, ligesom der skal afsættes areal til kørevej og adgang til bassinet for vedligehold og drift. Drift og vedligehold vil efter etablering overgå til spildevandsselskabet.

Termovejen etablerer en lokal forsinkelseskapacitet i det separatvloakerede område, og reducerer derved spidsbelastningen i det eksisterende system samt sikre den lokale bebyggelse mod oversvømmelser i ekstremregns-situationer. Termovejen håndterer områdets regnvand nede i vejens opbygning, der afsættes ikke areal til regnvandshåndteringen, der går fra de enkelte parceller. Termovejen afleder vand fra vejens forsinkelseskapacitet ud i det etablerede separatvloakerede ledningsnet med forbindelse til det eksisterende regnvandsbassin. Der skal således fortsat betales tilslutningsafgift for afledning af regnvandet og krav om rensningen af vandet påhviler spildevandsselskabet. Der ansøges om tilslutningen fra vejens forsinkelsesvolumen, hvortil der vil påhvile funktionskrav med krav om teknisk beskrivelse af anlægget, almindelige krav i forhold til sandfangsbrønde i skel og vej, samt krav til vandbremse på afledning for at sikre afstrømning svarende til naturlig afstrømning fra området (0,8L/reduceret hektar). Regnvandsanlægget indgår som en del af fællesanlægget i Termovejen, drift og vedligehold heraf skal derfor varetages af ejerne af Termovejen og kan ikke overdrages til spildevandsselskabet.

Området er varmforsyningsmæssigt udlagt til naturgas, og på udvælgelsestidspunktet var området uden mulighed for fjernvarmetilslutning.

Termovejens kollektive varme- og køleforsyning erstatter en naturgasløsning. Alternativ til Termovejen er individuelle løsninger for varme- og køleforsyning.

Potentialer for sammensætning af energikilder til termonettet i Termovejen undersøges.

I dette demonstrationsprojekt er der valgt, at Termovejen forsynes af tre energikilder. Dels varmeudnyttelse direkte fra spildevandsledningen, dels fra et jordvarmeanlæg, hvor jordvarmeslangerne er udlagt direkte i vej-kassen, samt fra jordvarmeboringer.

I relation til screening for mulige energikilder, bør andre lokale kilder ligeledes evalueres til systemet i den indledende fase.

For Termovejen i Hornsyld, er der søgt særlig tilladelse til varmeudnyttelsen fra spildevandsledningen. For jordvarmeboringerne skal der søges tilladelse, ligesom der i forbindelse med udlægning af jordvarmeslangerne i vej-kassen skal søges dispensation fra jordvarmebekendtgørelsens §10, som foreskriver en række krav til indretning og placering af vandrette slanger. Ønsket om dispensation begrundes med, at jordvarmebekendtgørelsen er målrettet individuelle anlæg, og derfor indeholder nogle begrænsninger, som skal beskytte andre ledningsejere. Da der her er tale om en ny udstykning, hvor byggemodningen foregår koordineret med ledningsejerne, og hvor anlægget efterfølgende etableres, ønskes kravene i §10 frafaldet.

8.1.9.4 Ejerskabsforhold

Termovejen er en kollektiv løsning for regnvandshåndtering og lokal varme- og køleforsyning. Den har dermed en række forskellige snitflader i forhold til både investeringer og ejerskabsforhold. Det er en vigtig brik i den efterfølgende projekteringsfase, at der i den indledende forberedelsesfase laves en afdækning af muligheder og afklaringer i forhold til

- investering og ansvar for dele og/eller hele fællesanlæg under byggemodning og i perioden frem til idrifttagelse (etableringen af muligheden for kollektiv varmetilslutning og regnvandshåndtering).

- afgrænsning af fællesanlæg, herunder de forskellige mulige energikilder til termonet, diverse tekniske dele i form af pumper, vandbremse og styrings-/reguleringsenheder samt varmepumpen i den individuelle husstand, der er knyttet til Termovejen.
- ansvar, pligt og roller i forbindelse med drift og vedligehold af henholdsvis vej, regnvandshåndtering og varme- og køleforsyning, herunder
 - medlemskab af eventuel grundejerforening/ vejlav/ varmelav/spildevandslav, udgiftsfordeling, hæftelse og mulighed for at udtræde af en eventuel foreningsstruktur.
 - organisering i form af et energifællesskab
 - etablering af et andelsselskab med begrænset ansvar A.M.B.A
 - opgaverne varetages og defineres af professionelle aktør(er)

Fordele og ulemper for de forskellige muligheder for organisering og ejerskabsforhold bør åbent skitseres og diskuteres i forberedelsesfasen for en kommende Termovej.

8.1.10 Projekteringsfasen

For projekteringen af en Termovej i forbindelse med en byggemodning, vil langt de fleste forhold omkring processer, udbud og beskrivelser være helt sammenlignelig med byggemodninger traditionelt.

I projekteringsfasen for en ny Termovej i forbindelse med en byggemodning, vil der være to hovedpunkter, der gør sig gældende uanset, om det er en privat eller en kommunalt foranstaltet byggemodning. Begge punkter er tæt knyttet til dimensionering og design af det kollektive anlæg, der skal servicere de kommende beboere på Termovejen. De to punkter er

1. Dimensionering- og sammensætning af energikilder i den kollektive køle- og varmforsyning, samt
2. Specielle specifikationer i forbindelse med udbudsmaterialer, der afviger fra en standard byggemodning
 - a. Specifikationer i relation til selve vejopbygningen, i relation til håndtering af vand samt varmforsyningen.
 - b. Specifikationer i relation til installation af energikilder i og under vejkassen.
 - c. Specifikationer i relation til etableringen af en samlebrønd, der er styringsenhed for termonet i Termovejen.

8.1.10.1 Sammensætning og dimensionering af energikilder

Konkrete evalueringer af områdets potentielle energikilder foretages samtidig med, at forskellige muligheder for nyetablering af energikilder undersøges. Dette kan med fordel indtænkes i de geotekniske undersøgelser for området, der skal byggemodnes. Kombinationsmuligheder af forskellige energikilder, deres potentialer og fleksibilitet i forhold til de ønskede dimensioner for det kommende kollektive anlæg vurderes.

Som en del af EUDP-projektet Thermo-road er der udviklet en model og et beregningsværktøj, der understøtter arbejdet med indledningsvist at dimensionere energikilderne til en ny Termovej. Selve beregningsværktøjet kan findes her: <https://github.com/soeb1978/pythermonet>

Beskrivelsen af hvordan værktøjet anvendes til forskellige scenarier er beskrevet i EUDP afrapporteringen, se afsnit 4.1.3.3.

Ved anvendelse af forskellige typer af energikilder, skal der i hvert enkelt tilfælde ligeledes undersøges, hvorvidt disse kræver nogle særlige tilladelser, ansøgninger i forbindelse med etablering eller aftaler mellem parter, der f.eks. stiller spildvarme til rådighed for systemet. Grænseflader og juridiske bindinger skal afklares i den indledende fase, for at sikre robustheden af systemet og dimensioneringen.

8.1.10.2 Sammensætning og dimensionering af energikilder for Termovejen Hornsyld

Området er udlagt varmforsyningsmæssigt til naturgas, men der skal ikke etableres naturgas i dette område, da Termovejen erstatter varmforsyningen. Hedensted kommune informerer gasforsyningen herom tidligt i plan- og projekteringsfasen.

Termovejen har til formål at demonstrere et termonet bestående af forskellige energikilder, der samtidig drager nytte af at kunne håndtere regnvand lokalt. Derfor er det specifikke design og dimensionering af energikilder for Termovejen besluttet på baggrund dels af screeningsberegninger som nævnt ovenfor, og dels med demonstrationen for øje.

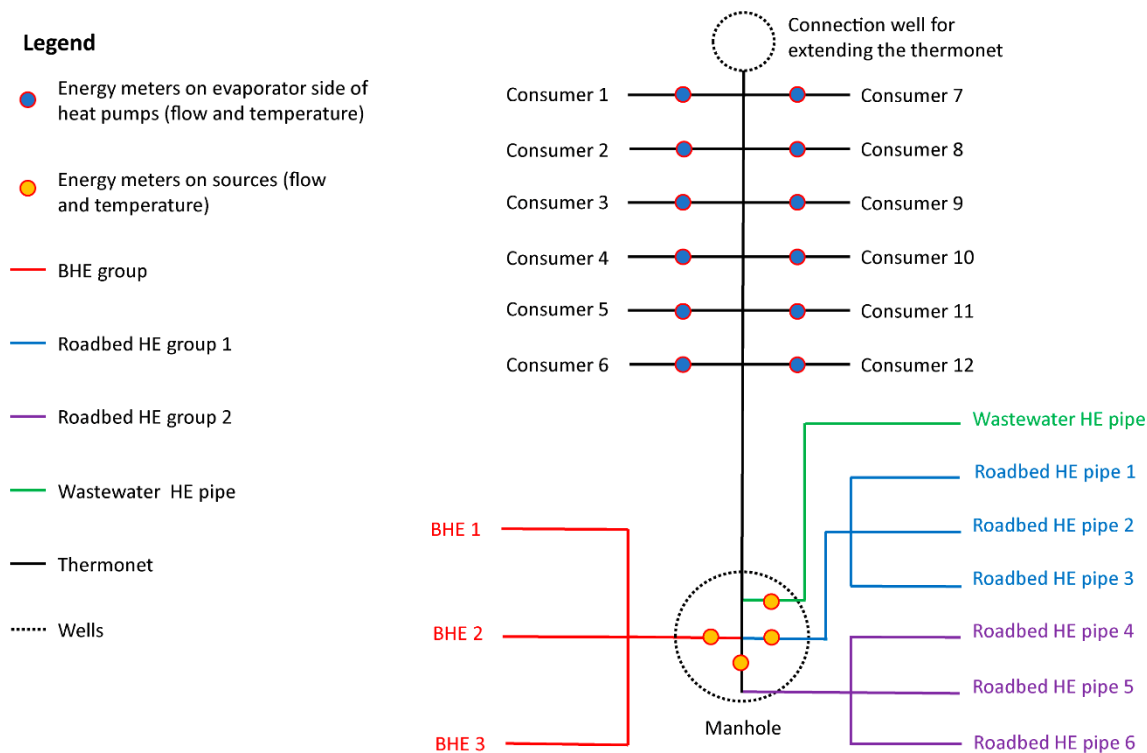
Termovejen er dimensioneret med tre energikilder i termonettet knyttet til Termovejen.

Den ene af de tre energikilder i Termovejen stammer fra varmeudnyttelse fra hovedkloakledningen for udstykningen. Jorden omkring spildevandsledningen opvarmes af det lune spildevand i bevægelse gennem røret. Jordvarmesonden ligger umiddelbart under spildevandsledningen og giver mulighed for at genindvinde noget af den energi, der udledes til spildevandsnettet.

Den anden energikilde stammer fra jordvarmeslanger udlagt systematisk nede i selve vejkassen. Disse udnytter jordvarmen, desuden sikre selve opbygningen af vejkassen til regnvandshåndtering, at jordvarmeslangerne kontinuerligt bliver overrislet af regnvand og deraf befinder sig i et fugtigt jordmiljø, der er dokumenteret at øge effektiviteten af varmeudnyttelsen gennem jordvarmeslangerne (se fx artikel i Green Energy. Water 2022, vol 14, side 666, [A Multifunctional Full-Scale Demonstration Road That Prevents Flooding and Produces Green Energy](https://doi.org/10.3390/w14040666), <https://doi.org/10.3390/w14040666>).

Den tredje energikilde stammer fra jordvarmeboringer. Der blev søgt om tilladelse til at udføre 6 jordvarmeboringer, dog er planen at der etableres 3 jordvarmeboringer. Ansøgning om seks boringer, er lavet for at have den nødvendige fleksibilitet til rådighed, hvis der skulle blive behov for at etablere dybere, eller flere boringer end planlagt.

Figuren herunder illustrerer hvordan termonettet (de sorte linjer) leverer varmforsyning til de 12 boliger på nettet fra tre forskellige energikilder. Disse samles og styres fra en samlebrønd (Manhole) markeret nederst i figuren.



Figur 6 Illustration af Termovejens sammesætning med tre forskellige energi-kilder. Den grønne linje markerer energikilden fra spildevandsledningen under vejkassen. De blå og lilla linjer nederst til højre markerer termonettet placeret i vejkassen og de orange linjer markerer energikilderne fra de tre jordvarmeboringer.

Da der blev arbejdet med dimensioneringen af hele anlægget i en meget tidlig fase i projektet, er dimensionering af hele anlægget på Termovejen sket, med en overkapacitet i forhold til selve byggemodningsområdet af den ene stikvej. Der er i området yderligere areal til byggemodning og boringerne sikrer dimensioneringen vil kunne udvides til øvrige forbrugere, der ikke bor på den udlagte termovvej, dog med en maksimal afstand til yderste forbruger på ca. 320 meter.

8.1.10.3 Design af Termovvej og afledte specielle specifikationer i udbudsmateriale

For Termovejen i Hornsyld blev designet fastlagt til at bestå af en køle- og varmforsyning med tre energikilder, hvoraf den ene jordvarmeanlægget er designet til at ligge i vejkassen, hvor vejkassens design og opbygning sikrer at jordvarmeanlægget kontinuerligt overrisles med regnvand, hvorved der opnås en øget effektivitet.

Alle materialer til varmforsyningen i forbindelse med byggemodningen af området er besluttet at være byggerleverancer.

Designet af Termovejen med de tre energikilder medfører nogle væsentlige ændringer i vejopbygningen, materialevalg og arbejdsprocedurer i forhold til etableringen af en vej i en standard byggemodning.

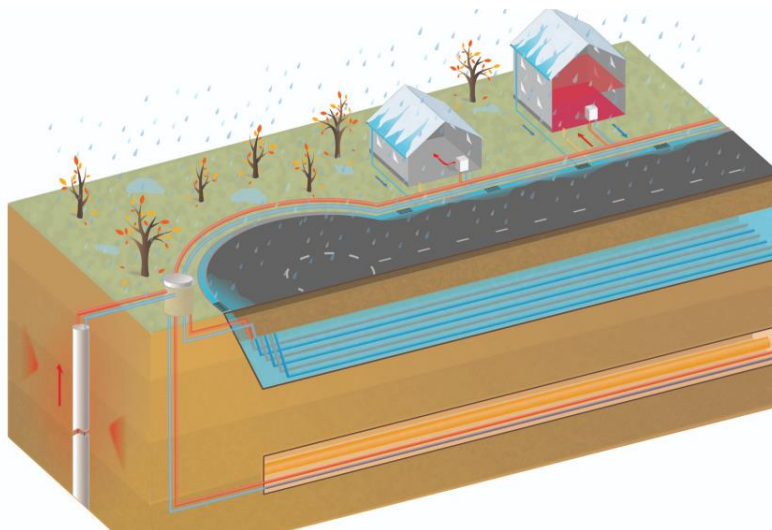
Etableringen af jordvarmeboringerne er ikke en del af kommunens udbudsmateriale, da dette blev varetaget som en særskilt leverance i projektet.

8.1.10.3.1 Termovejen Hornsyld - Specifikationer i forhold til selve vejopbygningen

Etableringer under vejkassen

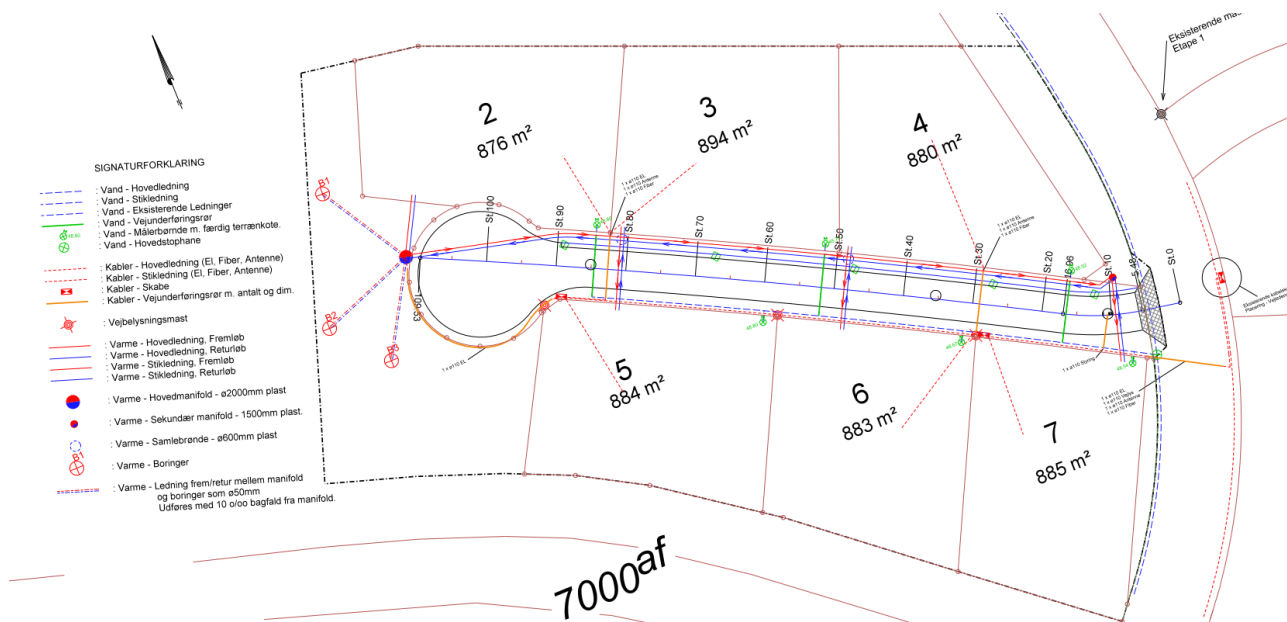
Den ene af de tre energikilder i Termovejen stammer fra varmeudnyttelse fra hovedkloakledningen. Denne spildevandshovedledning (Ø160mm) nedgraves under selve etableringen af vejkassen og er beliggende centralt under vejkassen. De dertilhørende jordvarmeslanger etableres under denne ledning og kræver at renden der etableres til spildevandshovedledningen graves dybere end normalt samt at eventuelle sten fjernes fra

renden. Jordvarmeslangen nedlægges og tildækkes med 10cm let komprimeret sand, målt fra bunden af renden. Ind- og udløb af jordvarmeslangen skal føres op af jorden ved anlæggets samlebrønd ved vendepladsen.



Figur 7 Illustration af design for opbygningen af Termovejen i Hornslyd. Det orange rør, der løber under vejkassen, giver den nyetablerede kloakledning, hvortil alle parceller på vejen er tilsluttet almindelig kloak. De røde og blå strenger under kloakrøret angiver jordvarmeslangers frem (rød) og tilbageløb (blå), der tillader at udnytte varmen i kloakrøret som en energikilde i Termovejen.

For at undgå for mange installationer, der kræver hul igennem den kommende membran til vejkassen, skulle alle ledningsejere og selve fordelingslangerne til forbrugerne på termonettet etableret under/ved siden af selve vejkassens membranopbygning.



Figur 8 Tegningsmateriale i forhold til placering af diverse ledninger og selve termonettes fordelingslanger, så der undgås at lave huller i den membran der skal lukke vejkassens opbygning.

Fra geotekniske undersøgelser af projektområdet vides det, at:

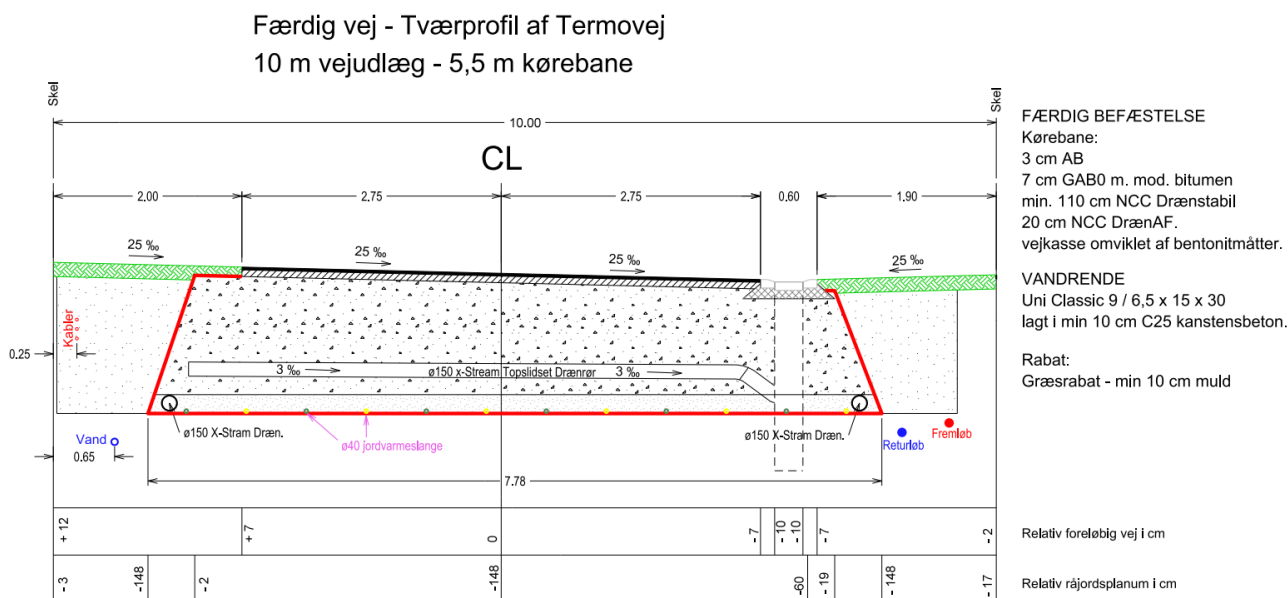
- ”Kloakarbejder til 2-3 m´s dybde vil, med forhold som i den udførte undersøgelse, ikke være forbundet med væsentlige ekstraforanstaltninger. Udgravninger forventes at kunne udføres

som åben udgravning med anlæg $a = 1,0 - 1,5$. Ovenstående er gældende for ubelastet skråningsanlæg uden vandtryk. Kan anlægget ikke overholdes kan det blive nødvendigt med midlertidig afstivning, som f.eks. gravekasse. Der er registreret et frit vandspejl ca. 1,6 - 1,7 m under terræn, hvorfor en midlertidig tørholdelse vil blive nødvendigt. Tørholdelsen kan mest relevant udføres ved etablering af simpel lænsning evt. fra ralkastet dræn og pumpesump, idet der forventes en relativ lille vandtilstrømning. Tilsvivende vand skal straks fjernes for at undgå opblødning af de lerede aflejringer”.

Der må derfor påregnes installationer til bortpumpning af grundvand, specielt under arbejdet med etablering af de dybeste tiltag i Termovejens opbygning.

Vejkassen

Vejkassen til Termovejen skal etableres med ensidig tværprofil, den færdige etablerede vej skal være beliggende således at lokalt overfladevand kan udlede til vejen. Trafikbelastningen er beregnet til personbiler og lav lastbil trafik. Figuren herunder viser en principskitse for tværprofilen for Termovejen i Hornsyld.



Figur 9 Principskitse for tværprofil-opbygningen af vejkassen med etablering af kollektiv regnvandshåndtering og varmesforsyning.

Selve jordvarmeslangerne ligger i filtersand, hvorefter vejkassen opbygges af et permeabelt bærelag, der sikrer stort opmagasineringskapacitet i selve vejkassen, materialet har en porevolumen på 30%.

Permeable bærelag – NCC DrænStabil®:

Egenskaber	Standard/metode	Enhed	Værdier
Kornstørrelsesfordeling	DS-EN 13285 / DS-EN 933-1		G_N $D_{50} = 17,0 \pm 5$ $D_{15} = 5,3 \pm 2$
Indhold af finstof	DS-EN 13285 / DS-EN 933-1		UF_3
Formindeks	DS-EN 13242 / DS-EN 933-4		SI_{20}
Knusningsgrad	DS-EN 13242 / DS-EN 933-5		$C_{50/10}$
Infiltrationshastighed	Intern vejledning	mm/s	>10
Permeabilitet	DS CEN ISO TC 17892-11	m/s	$> 5 \times 10^{-4}$
Tilgængelig porevolumen	Beregnet ud fra referencedensitet	%	> 30
Referencedensitet	DS-EN 13286-5 Vibrationsforsøg p -dmax ved vandindhold på 3 % ± 1	t/m ³	1,80
Los Angeles indeks	DS-EN 1097-2	%	≤ 30
Materiale E-modul	DS-EN 13286-7	MPa	300

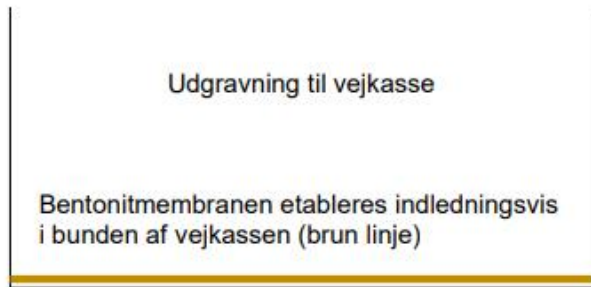
Figur 10 Alle materialer er i udbuddet bygherrer leverancer, her er specifikationerne for det permeable bærelag vejen er opbygget af.

Membran, der gør vejkassen vandtæt

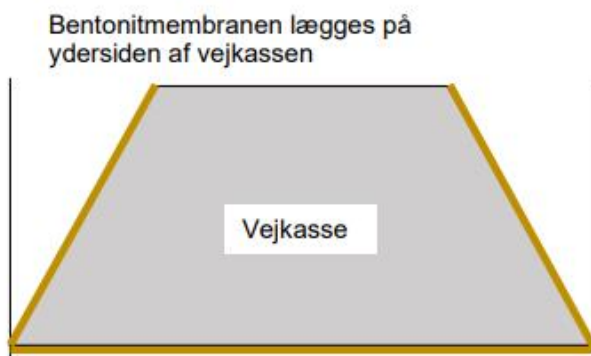
Da vejkassen skal fungere som opsamlings- og forsinkelsesbassin for regnvand, og der i området er relativt højtstående grundvand, designes vejkassen med en vandtæt membran (Permeabiliteten skal være mindre end 5×10^{-12} m/s), der ilægges vejkassens bund, ender og sider. Membranen skal være sammenhængende og fuldstændig tæt, derfor beskrives arbejdsgangene for ilægningen af membranen i udbudsmaterialer i ord og illustrationer. Af praktiske årsager blev der i etableringsfasen valgt at udføre membranen med bentonitmåtter, 10 cm tykkelse, 165 kg/m². Under ilægningen af membranen beskyttes membranen under fortsat arbejde med et midlertidigt beskyttelseslag af sand, hvis ikke opbygningen af vejkassen er kontinuerlig. Dette skal ske for ikke at udsætte membranen for direkte sol / udtørring under etableringen.

Et eksempel på arbejdet med illustration af ilægning af membran fra udbudsmaterialet ses i figuren herunder.

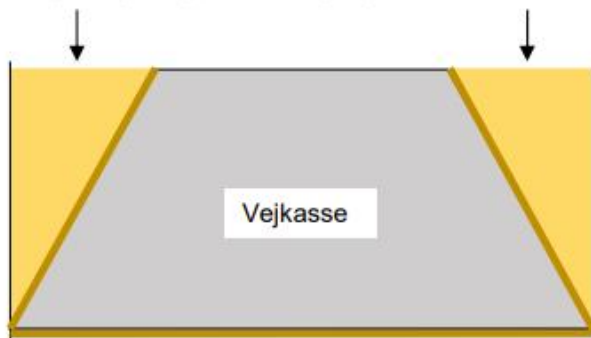
1. Udgravning til vej-kassen og etablering af bentonitmembran i bunden af vej-kassen



2. Opbygning af bentonitmembran på yderside af vej-kasse



3. Påfyldning af råjord omkring vej-kasse

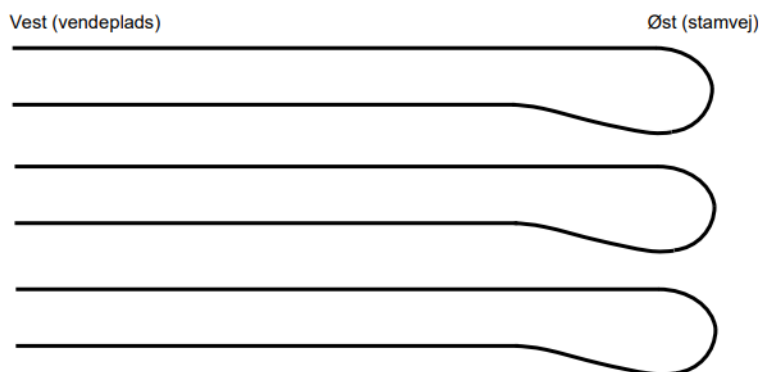


Figur 11 Princip illustration af vejopbygningen med etableringen/ ilægningen af membranen, der skal sikre at vej-kassen er vandtæt. Fra udbudsmaterialet.

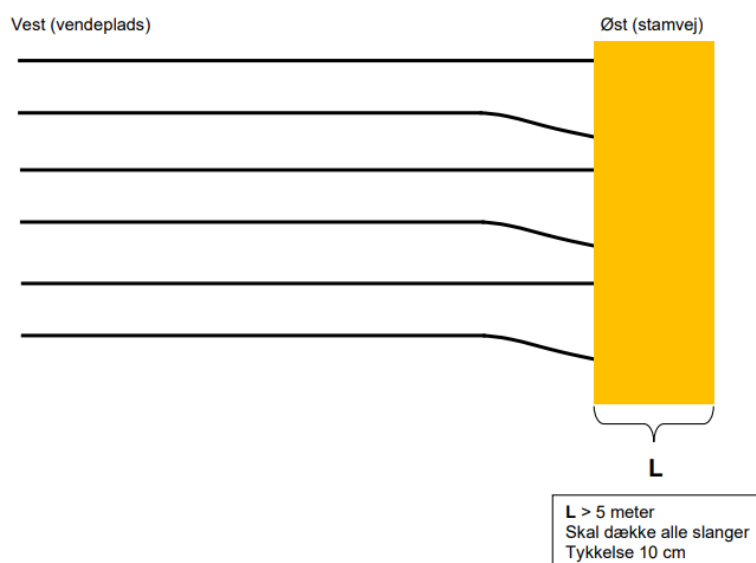
Udlægning af jordvarmeslanger i selve vej-kassen

Der er i udbudsmaterialet lavet en detaljeret beskrivelse af hvordan udlægningen af varmeslangerne i vej-kassen ønskes udført. ” De 6 jordvarmeslanger indbygges med overlap i vej-kassen, hvilket er anført i tilhørende tegningsmateriale med vejens tvær- og længdeprofil. Tegningsmaterialet med tvær- og længdeprofil skal følges nøje ved etablering af jordvarmeslangerne i vejen af hensyn til vej-kassens øvrige opbygning og bestanddele samt varmeyedelsen af slangerne. Efter udlægningen kontrolleres det omhyggeligt at den indbyrdes afstand mellem slangen udgående og tilbagegående sektioner er i overensstemmelse med tegningsmaterialet. Slangerne inspiceres for brud og lækager.” og ”Entreprenøren skal sikre at jordvarmeslangerne ikke hviler direkte oven på hinanden.” Eksempel på illustration af dette ses i figuren herunder.

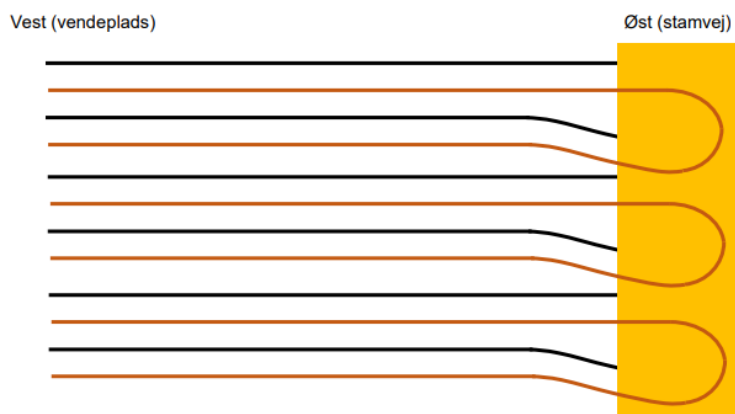
- 1) Lægning af de 3 første jordvarmeslanger under hensyntagen til rørenes bøjningsradius på 800 mm



- 2) Udlægning af sandpude til beskyttelse af slanger ved overlap



- 3) Udlægning af sidste 3 jordvarmeslanger (markeret med brun-orange linjer)



Figur 12 Illustration, der viser princippet for udlægningen af varmeslanger i vejkassen, så der etableres 6 lukkede slangekredsløb. Specielt området ved slangernes ombukning er forsøgt illustreret med de tre trin i processen. Skitsen er ikke mål fast.

Desuden er opfyldningen omkring jordvarmeslangerne og i selve vejkassen også specificeret i udbudsmaterialet: ” Omkringfyldning og tilfyldning foretages i henhold til gældende normer og Beskrivelse – Vejentreprise bestående af følgende: Jord-, vejafvanding- og belægningsentreprise. Generelt udlægges der 10 cm sand i

ledningsgravens bund (udjævningslag). Omkringfyldningen foretages umiddelbart efter, at lægning og svejsning af ledningen er kontrolleret og godkendt. Omkringfyldningen skal sikre, at ledningen opnår tilstrækkelig støtte på alle sider, og at alle belastninger kan overføres uden skadelige punktpåvirkninger. Ved omkringfyldningen lægges sand omkring rør. Det skal sikre, at sandet kommer ind under rørene, uden at disse løftes. Sandet komprimeres grundigt ved fod- eller håndstampning på siden af rørene. Omkringfyldningen skal fortsætte til mindst 0,15 meter over ledningstop."

Der er ligeledes en beskrivelse af hvordan jordvarmeslangerne ønskes afsluttet efter ilægningen, hvor ind- og udløb er placeret mod vest ved vendepladsen. "Ind- og udløb på jordvarmesonder på jordvarmeslangerne skal afsluttes ved manifoldener i passende længde over terræn, således at der til enhver tid er muligt at forbinde kredsløb til manifoldener uden at skulle muffle samlingerne. Derfor afsluttes ind- og udløb af jordvarmeslangerne over terræn og skal afropes i enderne inden udlægning. Jordvarmeslangerne afsluttes i 2 kredsløb på hver sin side af manifolden med min. afstand på 1 m. Disse samles senere i samlebrønden."

Udbuddet omfatter desuden, at entreprenøren er ansvarlig for alle jordvarmeslanger trykprøves positivt i henhold til Jordvarmebekendtgørelsen, BEK nr. 240 af 27/02/2017 efter at vejen er fuldstændig færdigetableret.

Samling af energikilder til termonettet

Udbudsmaterialet indeholder ligeledes etableringen af og installationen af en samlebrønd for termovejens tre energikilder. Dette sker i projektet i en ø2500mm betonbrønd. Da projektet her er et udviklings- og demonstrationsprojekt, viste den store størrelse sig nødvendig for at få den ønskede plads til måleudstyr (dynamiske ventiler, energimålere og diverse termurmålere blandt andet). Måleudstyret skal sikre at der løbende kan opsamles detaljerede driftsdata.

Der er indhentet særskilt tilladelse til anvendelsen af den store betonsamlebrønd, der er placeret i umiddelbar forlængelse af vendepladsen for enden af vejtraceet. I kommende projekter skal der foretages en lokal vurdering af hvilke behov, der skal opfyldes af selve samlingen og styringen af de valgte energikilder.

Etablering af regnvandsopsamling og regnvandshåndtering

Regnvandet fra området opsamles og tilledes vej-kassen fra den ensidige hældning på vejopbygningen via en vandrende med sandfang, øvrige tilledning (skelbrønde) sker ligeledes gennem sandfang opbygninger jf. almindelige retningslinjer (ø315 mm sandfangbrønd med 70L sandfang og ø160mm udløb) og rendestensbrønde i ø315 mm PVC med 70 L sandfang og ø160 mm PVC-S stikledning med vandlås og støbejernskarm – og fladrist. I vejopbygningen etableres ø150 mm vejdræn der samles i en ø1250 mm beton nedgangsbrønd med påmonteret afspærringsspjæld, vandbremse samt overløbsrør. Afspærringen sikrer at Termovejen kan afkobles helt fra forsyningens ledningsnet. Hvilket kan være nødvendigt hvis dette net op fyldt op, og der risikeres tilbageløb fra ledningsnettet ind i vej-kassen. Brønden udføres med 0,5 m sandfang og afsluttes med flydekarm og dæksel i støbejern.

Vejopbygningen, traceforløb og øvrige krav til vejopbygningen er medtaget og vej-kassens dimension i forhold til at håndtere og tilbageholde regnvand er derved dimensioneret til at kunne håndtere ekstremhændelse svarende til ca. 73 mm nedbør pr. døgn i gennemsnit (~ nuværende 100-års hændelse).

8.1.11 Etableringsfasen Termovejen Hornsyld

8.1.11.1 Etableringer under vej-kassen

For at undgå for mange installationer, der kræver hul igennem den kommende membran til vej-kassen, skulle alle ledningsejere og selve fordelingslangerne til forbrugerne på termonettet etableret under/ved siden af selve vej-kassens membranopbygning. Ses herunder eksempler på hvordan arbejdet er udført i relation til

ilægningen af hovedspildevandsledningen, fordelingslangerne i termonettet og tilslutningsbrønde. En 1U ø40 varmesonde er udlagt under hovedspildevandsledningen i hele spildevandsledningens længde. Den trykprøves efter færdigetablering.



Figur 13 Billeder fra etableringsfasen i arbejdet under selve vejkassen. Øverst: Jordvarmeslange udlagt under spildevandsledningen til udnyttelse af overskudsvarme; Hovedspildevandsledningen centralt placeret under vejkassen. Nederst: udlægning af fordelingslangerne for hhv. frem- og tilbageløb i termonettet i siden, niveau under vejkassen, og nederst højre tilslutningsrør til hver enkelt bebyggelse.



Figur 14 Arbejdet omkring betonedgangsbrønden ved udløbet af Termovejen og tilslutningen ud til forsynings ledningsnet i stamvejen.

I forbindelse med etableringen er der aftalt, at der etableres dækbånd over alle varmeledninger, 10 cm over ledningstoppen. Dækbånd orange = fremløb og Dækbånd lilla = returløb.



Figur 15 Der anvendes dækbånd over alle varmeslanger, hvor orange dækbånd markerer fremløbsslanger og lilla dækbånd markerer returløbsslanger.

8.1.11.2 Etableringer og opbygning af membran og vejkasse

Ilægning af bentonitmåtter, der sikrer at vandet der er i vejkassen kommer fra afvanding af overfladen og ikke tilsivende grundvand fra området, starter fra bunden af vejkassen.



Figur 16 Ilægning af membran i vejkassen. Venstre: arbejdet i bunden af vejkassen. Højre: arbejdet senere i forløbet op langs siderne af vejkassens forløb.

8.1.11.3 Udlægning af jordvarmeslanger i vejkassen

Der er valgt 1U jordvarmesonder (Ø40) med svejst bøjning til udlægning i vejkassen, da den færdige svejsning mindsker fejl ved bøjningerne under udlægning i vejkassen. Disse er desuden mere robuste og kan holde et højere tryk end standard DSR jordvarmeslanger.

Sonderne er udlagt med en indbyrdes afstand på 0,5m målt fra center-rør, og der omlægges filtersand om sonderne. Sonderne udlægges som i beskrivelsen i to strenge, der udlægges forskudt i dybden. Der er i alt udlagt seks sonder i to kredse i vejkassen, alt 1200 meter.



Figur 17 Jordvarmeslanger til udlægning – der blev i projektet valgt 1U jordvarmesonder med færdigsvejt bøjning, der reducerer risiko for fejl i bøjningerne ved udlægningen. Sonderne leveres i ruller og systemet trykprøves ved færdig etablering.

Begge strenge omlægges med filtersand, hvorefter resten af vejopbygningen udføres som aftalt i permeabelt DrænStabil. Sonderne udlægges så de følges parallelt, for enden af vejkassen samles de, men de krydser først hinanden på den udvendige side af vejkassen, altså mellem vejkassen og hovedsamlebrønden for enden af vendepladsen.



Figur 18 Ved udlægning af varmesonderne sikres placering og afstand under udlægningen, og der omkringfyldes med sand jf. beskrivelserne. Billederne her er fra udlægningen af de første jordvarmesonder, nederst i vej-kassen.



Figur 19 Venstre, vejens opbygning med filtersand omkring jordvarmesonderne nederst og herefter Drænstabli i resten af vej-kassens dybde. Højre: midlertidig vejopbygning med vejrist samt tilslutningspunkt til termonettet for den individuelle matrikel

8.1.11.4 Etablering af jordvarmeboringer

Der er ansøgt om etablering af seks lodrette jordvarmeboringer på 125 meter, for at sikre fleksibilitet og effektiviteten. Der er udført alt tre lodrette jordvarmeboringer på 100 meter. Arbejdet er udført med borerig, der anvender skylleboring. Hver jordvarmeboring er forsynet med en 1U SDR11 sonde, der føres til samling af energikilderne i samlebrønden ved vendepladsen for enden af Termovejen.



Figur 20 billede fra etablering af de tre lodrette jordvarmeboringer i Hornsyld.

8.1.11.5 Etableringer og opbygning af samlebrønd

Dimensionen på den endelige samlebrønd blev på Termovejen en Ø2500mm betonbrønd, hvilket blev nødvendigt for at få plads til de ønskede komponenter i projektet i forhold til styring og regulering af den kollektive køle- og varmforsyning. Brønden opbygges af brøndringe, og der laves en overløbsledning Ø 110mm fra brønden til vejaksen i tilfældet af at der skulle komme vand i brønden. Overløbsrøret etableres med bundløb over den lavest liggende rendestensrist. Desuden installeres et automatisk pumpesystem i bunden af brønden for effektivt at sikre eventuelt vand hurtigt kommer ud af brønden.



Figur 21 Samlebrønden under etablering (venstre) og efter installation af manifold til styring og regulering af køle- og varmforsyningen.

Samlebrøndens manifold blev fra starten udført i metal, hvilket ikke var hensigtsmæssigt i forhold til problemer med vand og fugt i bunden af brønden. Derfor blev manifolderne udskiftet og udført i svejsede PE-rør. Erfaringen siger derfor at al rørarbejde med fordel kan udføres i svejst PE fremadrettet.

Alle manifolderne er udstyret med ventiler, til kontrol af flow i hele systemet, ligesom der også er installeret flowmålere der gør reel tids overvågning af fællesanlægget, der udvikles i projektet en online dataplatform, hvorpå data og kontrolpanel kan følges (EnergyMachine).

8.1.11.6 Termovejen Hornsyld, ejerskabsforhold

På Termovejen i Hornsyld var det kommunen som ejer arealet, der også stod for byggemodningen af området for Termovejen. Kommunen var derfor også hovedaktør i projekteringsfasen. I forhold til ejerskabsforhold, blev

etableringen og ejerskabet af energikilden fra jordvarmeboringer foretaget af en professionel aktør, hvorimod etableringen af de øvrige to energikilder samt regnvandshåndteringen indgik i etableringsomkostningerne for vejen gennem byggemodningsprojektet.

Forud for byggegrundssalg var der ikke i kommunen tryk i at have en privat aktør som ejer af fællesanlæggene forbundet med Termovejen. Tvivlen var om nybyggere ville fravælge byggegrundene, hvor der var en privat virksomhed, der ejede termovejen, hvor de købte og byggede deres ejendom. Derfor blev ejerskabet af jordvarmeboringerne overdraget til kommunen, der herefter stiftedes et vejlav knyttet til grundejerforeningen med fælles ansvar og forpligtelser for hele fællesanlægget, kollektiv regnvandshåndtering og kollektivt varme- og køleanlæg.

8.1.12 Driftsfasen

8.1.12.1 Vedligehold og drift

Ifølge jordvarmebekendtgørelsen skal et jordvarmeanlæg have et eftersyn efter første driftsår. Desuden er der pligt til altid at sikre at anlægget er i god vedligeholdelsesmæssig stand, for at mindske risikoen for forurening ved leakage fra anlægget (§21, stk 1). Skulle der ske leakage fra anlægget har man pligt til at stoppe dette straks og underrette kommunen om dette (§21 stk. 2).

Sikkerhedsudstyret i et system med større fyldning end 1 kg kølemiddel, skal jf. arbejdstilsynet have et eftersyn og kontrol en gang årligt. Er der større fyldning end 2,5 kg kølemiddel skal dette årlige eftersyn foretages af en kølemontør, der opfylder kravene for kontrol af pågældende anlægstype. Dokumentation for eftersyn skal opbevares.

Regnvandshåndteringssystemet er tilsluttet forsyningens seperatsystem, og de forskellige dele heraf skal driftes og vedligeholdes for at sikre optimale driftsbetingelser. F.eks. rensning af sandfangsbrønde og tilsyn af nedgangs- og skelbrønde og funktionskontrol for vandbremse og tilbageløbssikring.

8.1.12.2 Monitorering og drift

Monitoreringskrav i relation til aftaler og krav givet til forskellige energikilder skal overholdes. F.eks. er der på Termovejen Hornsyld lavet aftale med spildevandsselskabet om at kunne udbytte varmen fra spildevandsledningen mod skærpede krav til brine-temperaturen i denne energikilde, samt den funktionsmæssige udformning af jordvarmeslangen udlagt i forbindelse med spildevandsledningen (brine temperaturen aldrig under nul grader). Derfor er der etableret en ventil, der muliggør at der lukkes for jordvarmeslangen, hvis krav ikke er overholdt.

8.1.12.3 Organisering og drift

Forhold i ejerskabsforhold – kan den enkelte forbruger trække sig ud af systemet – hvilke krav/vedtægter skal der sikres for at dette sker juridisk korrekt – f.eks. som ved fjernvarme ”ryd op efter dig selv” princippet, økonomisk andel i anlægges levetid er prisen for at træde ud.

Heraf fremgår at udformning og formuleringer i vedtægter der vedrører ejerskab, drift og vedligehold, bør udformes med særlig opmærksomhed på den valgte ejerskabsmodel og økonomiske fordelingsnøgle.

8.1.12.4 Øvrige forhold og drift – Termovejen Hornsyld

spildevandsselskabet har nogle betænkeligheder ved a) spildevandsledningens placering under termovejen i den eventuelle situation, hvor der skulle ske fejl eller defekter på denne ledning/tilslutninger, da udbedringer vil være fordyret i forhold til normale forhold i en vejopbygning og b) serviceniveauet på 5 årshændelsen ligger hos forsyningsselskabet, i tilfælde af mangelfuld eller forkert vedligehold/drift at vejens regnvandshåndtering

overgår 5 års serviceniveauet til forsyningsselskabet, hvilket vil betyde etablering af standardløsninger i det tilfælde hvor det skulle blive nødvendigt. Mer udgift for forsyningen.

8.1.13 Afslutning

Denne sammenfatning fremhæver de vigtigste aspekter og erfaringer fra projektet, der vil være nyttige for andre kommuner og projektejdere i fremtidige projekter med etablering af en Termovej i forbindelse med en byggemodning.

Projektet har demonstreret hele projektforløbet og i denne sammenfatning har til formål at dele erfaringerne fra arbejdet med etablering af Termovejen ved Hornsyld. Hensigten er at vise hvilke forskelle der er mellem en traditionel byggemodning og en byggemodning, hvor der ønskes etablering af en kollektiv køle- og varme-forsyning. Med en løsning som Termovejen udnyttes selve vejaksen som en del af fællesarealet og infrastrukturen, der alligevel skal afsættes areal til i en byggemodning.

Der drejer sig om kendte teknologiske løsninger, der i Termovejen er koblet til en fælles kollektiv løsning.

Overordnet er der erfaringerne at:

Det er vigtigt at der i de tidlige faser kan findes en central aktør, der kan koordinere og facilitere projektets fremdrift, dimensioneringer samt rammer og organisering.

I forbindelse med de tekniske løsninger er der nu et beregningsværktøj til rådighed, der hjælper med screeninger for valg og kombinationer af energikilder og hvordan disse kan integreres i selve vejopbygningen og termonettet, der forbinder de kollektive forbrugere på anlægget. Integreret i Termovejen er også en lokal håndtering af regnvand, der både sikrer mod oversvømmelser ved ekstremregns-situationer samt undgår overbelastning af kloaksystemet hvortil vejen er tilsluttet.

Der er tale om nogle fælles kollektive anlæg, hvorfor klare aftaler omkring ejerskab, snitflader samt ansvar og drift og vedligehold af de kollektive anlæg, er meget vigtige, allerede tidligt i projektperioden – gerne allerede i dimensionerings- og projekteringsfasen.