



Gødstrup Hospital

Notat nr.: 02
Emne: Grundvandskøling og ATES til Gødstrup Hospital
Til: Jørgen Baadsgaard, Leif Høltzermann
Fra: Stig Niemi Sørensen, Enopsol ApS
Kopi:
Dato: 19.07.2016

1. Baggrund

Enopsol har tidligere i Notat 01 af 16.11.2015 vist og gennemregnet 2 alternative køle-/varmeløsninger på baggrund af notat DNV-C-PF-05-NOT-VVS_driftsøkonomiske overvejelser vedr. grundvandskøling/ATES.

I det foreliggende notat har Enopsol gennemført supplerende beregninger af økonomien i et grundvandskøle/ATES-anlæg på baggrund af reviderede forudsætninger for Hospitalets kølebehov jf. dokumentet DNV-C-DP11-FB-Funktionsbeskrivelse. W108_ Kølecentral.

I ovenstående dokument fremgår:

1. Koldt vand max 12°C i fremløb.
2. Temperatursæt kølevand 10/18°C
3. Koldt vand retur 15-18°C
4. Elpris 1.65 kr./kWh + moms
5. Varmepris 330 kr./MWh + moms
6. Kølebehov for udetemperaturer under +17°C: 1.6 MW
7. Kølebehov for udetemperaturer mellem 17 og 26°C: lineært voksende fra 1.6 MW til 6.3 MW
8. Kølebehov for udetemperaturer over 26°C: 6.3 MW

2. Referenceløsning (uden grundvandskøling)

Referenceløsningen tager udgangspunkt i DNV-C-DP11-FB-Funktionsbeskrivelse. W108_ Kølecentral. Løsningen er 100% udeluftskøling ved udetemperaturer under 7°C. Ved udetemperaturer mellem 7 og 14°C delvist udeluftskøling og 100% kompressorkøling ved udetemperaturer over 14°C.

Hospitalet forventes at få et stort, konstant køleeffektbehov på 1.6 MW hele året rundt, hvilket modsvarer et samlet grundkølebehov på $1.6 \times 8760 \text{ MWh/år} = 14.016$

MWh/år. Hospitalets samlede kølebehov forventes at blive ca. 15.500 MWh, hvorfor kun ca. 1.500 MWh/år skal dækkes ved køleeffektbehov mellem 1.6 og 6.3 MW.

Ifølge DRY (Design Reference Year) er udetemperaturen i Danmark over 14°C i ca. 2000 timer/år. Ifølge DRY er udetemperaturen i Danmark under 7°C i ca. 4250 timer/år. Udetemperaturen i Danmark er således mellem 7 og 14°C i ca. 2500 timer/år. Ifølge DRY er udetemperaturen i Danmark over 17°C i ca. 1000 timer/år.

Tabel 1 angiver fordelingen af grundkølebehovet på i alt 14.016 MWh/år.

	Udetemperatur	Antal timer/år	Køleeffekt (MW)	Kølebehov (MWh)/år
1	<7°C	4260	1.6	6816
2	7-14°C	2500	1.6	4000
3	>14°C	2000	1.6	3200

Tabel 1. Grundkølebehov opdelt efter udetemperaturen: Ref.: (DRY)

I Tabel 2 er beregnet det resulterende elforbrug under forudsætning af flg. COP-værdier:

COP kølekompressor anlæg inkl. kondensator køling: 3.5

COP udeluftskøling: 15

	Udetemperatur	Driftsform	Køledækning (MWh/år)	Elforbrug (MWh)/år
1	<7°C	100% udeluftskøling	6816	454
2a	7-14°C	50% udeluftskøling	2000	133
2b	7-14°C	50% kompressorkøling	2000	571
3	>14°C	100% kompressorkøling	3200	914
	I alt			2072

Tabel 2. Referenceløsning. Elforbrug til grundkølebehov opdelt efter udetemperatur og driftsform.

3. Alternativ 1. Grundvandskøling og udeluftskøling

Køleeffektbehov under 1.6 MW dækkes af grundvandskøling og udeluftskøling. Køleeffektbehov over 1.6 MW dækkes af traditionelle kompressorkøleanlæg svarende til en installeret køleeffekt på $(6.3-1.6) \text{ MW} = 4.6 \text{ MW}$.

Grundvandsanlægget suppleret med udeluftskøling udlægges til at dække grundkølebehovet på 1.6 MW som et 2-flow system bestående af 3x2 boringer. Hermed spares indkøb af kølekompressoreffekt på 1.6 MW. Anlægget kan bortkøle $1.6 \times 8760 \text{ MWh}$ varme pr. år eller 14.016 MWh/år . Kondensator kølerne i referenceløsningen anvendes til at gennedkøle grundvandet i den kolde del af året,

hvor disse anlæg ikke benyttes. I beregningerne er anvendt udetemperaturer under 7°C for gennedkøling af grundvand. Varmen bortkølet med grundvand genanvendes ikke, men bortkøles til udeluften.

I Tabel 3 er beregnet det resulterende elforbrug under forudsætning af fig. COP-værdier:

COP grundvandskøling: 75
COP udeluftskøling: 15
Salg af energibesparelse: 400 kr./MWh

	Udetemperatur	Driftsform	Køledækning (MWh/år)	Elforbrug (MWh)/år
1	<7°C	100% udeluftskøling	6816	454
1a	<7°C	Gennedkøling/udeluft	6120	408
2	7-14°C	100% grundvandskøling	4000	53
3	>14°C	100% grundvandskøling	3200	43
	I alt			958

Tabel 3. Alternativ 1. Elforbrug til grundkølebehov opdelt efter udetemperatur og driftsform.

Merinvestering i forhold til referenceløsningen: Grundvandsanlæg 9.000.000 kr.

Investeringsbesparelse i forhold til referenceløsningen Kølekompressor anlæg 6.400.000 kr.

Salg af energibesparelse ved en afregningspris på 400 kr./MWh: $(2072-958) \times 400$ kr. = 445.000 kr.

Netto merinvestering i forhold til referenceløsningen: $(9.000.000 - 6.400.000 - 445.000)$ kr. = 2.155.000 kr.

Årlig energibesparelse: $(2072-958) \times 1650$ kr. = 1.838.100 kr./år

Simpel tilbagebetalingstid: $2.155.000 / 1.838.100$ år = 1.2 år

Akkumuleret energibesparelse over 15 år: 27.571.500 kr.

4. Alternativ 2. Grundvandskøling, udeluftskøling og varmepumper

Alternativ 1 udbygges med genanvendelse af den bortkølede varme til grundvandsmagasinet. Udeluftskøling klarer, som i Alternativ 1, kølingen af Hospitalet ved udetemperaturer under 7°C.

I stedet for at gennedkøle grundvandsmagasinet med udeluftskølere, hvor varmen tabes, kan kølemaskinerne anvendes til gennedkølingen i varmepumpedrift, hvor varmen fra grundvandsmagasinet genanvendes til opvarmning af Hospitalet.

Investering i 1.6 MW kølekompressor anlæg kan spares. Løbende udgifter til fjernvarme kan spares.

I Tabel 4 er beregnet det resulterende elforbrug under forudsætning af flg. COP-værdier:

COP grundvandskøling: 75

COP varmepumpe: 3.0

Salg af energibesparelse: 400 kr./MWh

	Udetemperatur	Driftsform	Køledækning (MWh/år)	Varmedækning (MWh/år)	Elforbrug (MWh)/år
1	<7°C	100% udeluftskøling	6816		454
1a	<7°C	Gennedkøling/varmepumper	6120	9180	3060
2	7-14°C	100% grundvandskøling	4000		53
3	>14°C	100% grundvandskøling	3200		43
	I alt			9180	3610

Tabel 4. Alternativ 2. Elforbrug til grundkølebehov opdelt efter udetemperatur og driftsform.

Merinvestering i forhold til referenceløsningen: Grundvandsanlæg 9.000.000 kr.

Investeringsbesparelse i forhold til referenceløsningen: Kølekompressor anlæg 6.400.000 kr.

Salg af energibesparelse: $(2072-3610+9180)*400$ kr. = 3.056.800 kr.

Netto merinvestering i forhold til referenceløsningen: $(9.000.000-6.400.000-3.056.800)$ kr. = -456.800 kr.

Besparelse fjernvarme: 9180×330 kr./år = 3.029.400 kr./år

Forøgelse i eludgifter: $(3610-2072) \times 1650$ kr./år = 2.537.700 kr./år

Årlig energibesparelse: $(3.029.400-2.537.700)$ kr./år = 491.700 kr./år

Simpel tilbagebetalingstid: $-456.800/491.700$ år = -0.9 år

Akkumuleret energibesparelse over 15 år: 7.375.500 kr.

5. Alternativ 3. Grundvandskøling og varmepumper

Alternativ 1 udbygges med genanvendelse af den bortkølede varme til grundvandsmagasinet. Kølingen af Hospitalet ved udetemperaturer under 7°C klares af kølekompressorerne, der opgraderer kølevarmen til opvarmning af Hospitalet.

Investering i 1.6 MW kølekompressor anlæg kan spares. Investering i udeluftskølere kan spares. Løbende udgifter til fjernvarme kan spares.

COP grundvandskøling: 75

COP varmepumpe: 3.0

Salg af energibesparelse: 400 kr./MWh

	Udetemperatur	Driftsform	Køledækning (MWh/år)	Varmedækning (MWh/år)	Elforbrug (MWh)/år
1	<7°C	100% varmepumper	6816	10224	3408
1a	<7°C	Gennedkøling/varmepumper	6120	9180	3060
2	7-14°C	100% grundvandskøling	4000		53
3	>14°C	100% grundvandskøling	3200		43
	I alt			19404	6564

Tabel 5. Alternativ 3. Elforbrug til grundkølebehov opdelt efter udetemperatur og driftsform.

Merinvestering i forhold til referenceløsningen: Grundvandsanlæg 9.000.000 kr.

Investeringsbesparelse i forhold til referenceløsningen: Kølekompressor anlæg 6.400.000 kr.

Investeringsbesparelse i forhold til referenceløsningen: Udeluftskølere 1.200.000 kr.

Salg af energibesparelse: $(2072-6564+19404) \times 400$ kr. = 5.964.800 kr.

Netto merinvestering i forhold til referenceløsningen: $(9.000.000-6.400.000-1.200.000-5.964.800)$ kr. = -4.564.800 kr.

Besparelse fjernvarme: 19404×330 kr/år = 6.403.320 kr./år

Forøgelse i eludgifter $(6564-2072) \times 1650$ kr./år = 7.411.800 kr./år

Årlig energibesparelse: $(6.403.320-7.411.800)$ kr./år = -1.008.480 kr./år

Simpel tilbagebetalingstid: $-4.564.800 / -1.008.480$ år = 4.5 år

Akkumuleret energibesparelse over 15 år: -15.127.200 kr.

6. Opsummering/konklusion

I tabel 6 er vist resultatet af de supplerende beregninger af alternativer til referenceløsningen for køling af DNV Gødstrup

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Merinvestering	2.600.000	2.600.000	1.400.000
Salg af energibesparelse (kr.)	445.000	3.056.800	5.964.800
Besparelse eludgifter (kr./år)	1.838.100	-2.537.700	-7.411.800
Besparelse fjernvarme (kr./år)	0	3.029.400	6.403.320
Tilbagebetalingstid inkl. salg af energibesparelse (år)	1.2	-0.9	4.5
Akkumuleret energibesparelse over 15 års drift (kr.)	27.571.500	7.375.500	-15.127.200

Tabel 6. Resultat af supplerende beregninger for 3 alternative køleløsninger.

Med de anvendte beregningsforudsætninger vurderes Alternativ 1 som værende den bedste løsning over en 15 års driftsperiode.

7. Grundvandsanlæg nøgletal

For grundvandsanlægget i Alternativ 1 er anvendt:

Antal boringer: 6

Antal dipoler: 3

Grundvandsflow køledrift maksimum: 175 m³/time

Grundvandsmængde køledrift: 800.000 m³/år

Grundvandsflow gennedkøling maksimum: 225 m³/time

Grundvandsmængde gennedkøling: 1.000.000 m³/år

Varmemængde til grundvandsmagasinet i køledrift: 7.200 MWh/år