



Utdrag 01.06.18

# Forstudie varmelagring i salt

Et samarbeidsprosjekt mellom SaltX Technology AB og Østfold Energi AS

<b>Mottakere</b>	
<b>Rapportnavn</b>	Forstudie varmelagring i salt
<b>Rapportbeskrivelse</b>	
<b>Dokument nr.</b>	17-005814
<b>Forfatter</b>	Egil Erstad, Roy Bråthen, Christofer Rhén, Lars Croon
<b>Dokumenteier</b>	
<b>Deltakere og bidragsytere</b>	Cato Strand, Johnny Pedersen, Göran Bolin
<b>Dokument dato</b>	21.12.2017

### Endringshistorikk

Versjon	Dato	Status	Endret av	Kommentar
01	19.10.2017	Under arbeid		
02	21.12.2017	Under arbeid		
03	01.06.2018	Ferdig	EE	Utdrag

## Innhold

<b>1</b>	<b>Forord</b>		<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrunn</b>		<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Mål med prosjektet</b>		<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Teknologi</b>		<b>3</b>
<b>5</b>	<b>System</b>	Feil! Bokmerke er ikke definert.	
5.1	Energibalanse	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>	
5.2	Lay-out for et 4 MWh anlegg	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>	
<b>6</b>	<b>Testkjøring</b>	Feil! Bokmerke er ikke definert.	
6.1	Resultater		5
<b>7</b>	<b>Potensialer, muligheter</b>		<b>5</b>
<b>8</b>	<b>Konkurrerende løsninger</b>	Feil! Bokmerke er ikke definert.	
<b>9</b>	<b>Økonomi</b>		<b>5</b>
9.1	Kostnader		5
9.1.1	Investeringskostnader saltlagringsanlegg		5
9.1.2	Investeringskostnader for et konkurrerende vannakkumuleringsanlegg		6
9.1.3	Lønnsomhet		6
<b>10</b>	<b>Konklusjoner, videre arbeid</b>		<b>7</b>

## 1 Forord

Østfold Energi AS har innledet et samarbeid med selskapet SaltX Technology i Stockholm. De har utviklet et konsept for høytemperatur lagring i salt (800 °C) med en patentert teknologi der nanopartikler tilsettes saltet for å kunne benytte saltet i et stort antall sykluser for ladning og utladning. I denne forstudien har vi undersøkt om denne teknologien også kan benyttes til lagring av varme på et lavere temperaturnivå i enkeltbygg, varmesentraler og fjernvarmenett. Det er inngått en intensjonsavtale mellom Østfold Energi og SaltX der målet i første omgang har vært å gjennomføre denne forstudien for å se om denne teknologien egner seg til de nevnte formålene. Forstudien er gjennomført i samarbeid mellom Østfold Energi og SaltX ([www.saltxtechnology.com](http://www.saltxtechnology.com))

I Østfold Energi har følgende personer deltatt i arbeidet:

- Prosjektleder Egil Erstad
- Varmesjef Johnny Pedersen
- Kundeansvarlig fjernvarme Cato Strand
- Controller Roy Bråthen

Fra SaltX har følgende personer deltatt:

- Prosjektleder Lars Croon
- Salgs- og markedsansvarlig Christofer Rhén
- Teknisk ansvarlig Göran Bolin

## 2 Bakgrunn

Østfold Energi står som mange andre varmeleverandører, foran store utfordringer i forhold til effekt-topper både sesongmessig men også i forhold til variasjoner over døgnet. Økt bruk av effektive metoder for varmelagring kan redusere bruken av topplast og man kan øke utnyttelsen av de fornybare grunnlastkildene enten dette er i et stort fjernvarmeanlegg eller i et mindre varmeanlegg i enkeltbygg. Dette kan bl.a. bidra til å fase ut fossile topplastkilder med reduserte utslipp som resultat. Investeringer i topplastutstyr og utvidelser i fjernvarmenett kan også reduseres. Det ligger en framtidig mulighet i at konseptet også kan benyttes til produksjon av kjøling fra fjernvarmenettet. Dette er også berørt i forstudien. Vi kan sammenfatte konseptet i begrepet "smart produksjon og bruk av varmeenergi".

## 3 Mål med prosjektet

Formålet med forstudien er å undersøke om SaltX sin løsning for høytemperatur lagring i salt kan tilpasses en løsning der lagringen lades med fjernvarmevann av 70-90 graders temperatur.

## 4 Teknologi

Varmelagring i salt vil kunne benyttes innenfor flere deler av et varmesystem. For Østfold Energi sin del er lagring i varmesentralene det mest interessante, men utfordringer knyttet til effekttopper i et fjernvarmenett kan også løses enten med lagring hos den enkelte kunde eller ute i fjernvarmenettet eksempelvis i områder med begrenset overføringskapasitet. I denne studien har vi valgt å se nærmere på en løsning med lagring i varmesentralen.

I konvensjonelle løsninger for varmelagring benyttes i dag vanlig vann. Effekten ved lagring i salt kan være betydelig større ved at man også utnytter kjemisk bundet energi i saltet. Det ligger her potensialer for

## Forstudie varmelagring i salt

kostnadsreduksjoner og mer effektiv areal- og volumutnyttelse. De foreløpige samlede kostnadene vi har sett på i forstudien viser at disse vil være lavere i et saltlager enn for tilsvarende akkumuleringsløsninger med vann.

Energiresultatet fra varmelagring med salt vil avhenge av størrelsen på et ferdig anlegg. Ved at man lader enheten om natta, vil man kunne redusere effektuttaket på morgenen i varmesentralen. Man vil da få en konvertering fra olje og over til fornybar grunnlast med spillvarme. For Sarpsborg varmesentral har vi i forstudien sett nærmere på en enhet som kan lagre 4 MWh med et effektuttak på 1 MW i 4 timer.

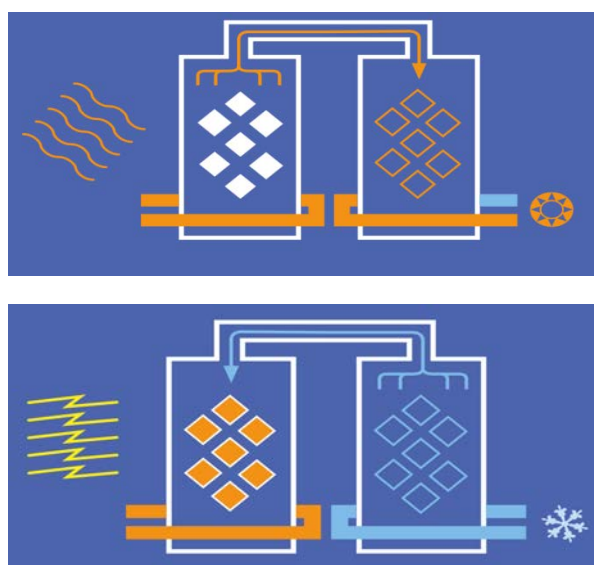
I intensjonsavtalen med SaltX Technology er det beskrevet en videreføring etter forstudien i form av bygging av et pilotanlegg. Neste trinn etter et pilotanlegg vil kunne være etablering av en fullskala løsning ved en av våre varmesentraler i Østfold. Alternativt ute i fjernvarmenettet der vi i dag har flaskehals for levering av mer varme i et område.

Teknologien for høytemperatur lagring i salt framgår av figuren nedenfor. Det er da det samme prinsippet man ønsker å studere nærmere i en forstudie for lavtemperatur lagring i salt. Utfordringene er i hovedsak knyttet til sammenhengen mellom temperaturer, trykkforhold og fordampning/kondensering av vann i saltløsningen. Dette vil kunne variere avhengig av hvilken type salt som benyttes. I forstudien har SaltX bygd en liten laboratoriemodell som de har foretatt testing og målinger på.

A B

Beholder A og B består av et lukket system.  
 Varme tilføres beholder A som inneholder en saltløsning.  
 Vannet fordampes og ledes over i B vha vakuüm.  
 Vannet kondenserer i B.  
 Saltet i A størkner og har da tatt opp energi.  
 En ventil mellom A og B stenges og varmen er da lagret i saltet.

Når det er behov for varme, åpnes ventilen og vannet fordampes og går tilbake til A. Vannet løser opp saltet og den lagrede energien frigjøres som varme.  
 Det kreves varme til fordampningen i B som kan tas fra omgivelsene, evt. fra lagret kondensasjonsvarme under oppladningen.



Figur 1 Prinsippet for høytemperatur lagring i salt. (Kilde: SaltX Technology)

Vi mener teknologien med varmelagring i saltløsninger vil kunne ha et betydelig potensiale innen alle prosesser som omfatter oppvarming evt. nedkjøling av bygninger enten dette er enkeltbygg eller bygg knyttet sammen i et fjernvarmeanlegg. Vi tror det også kan ligge et betydelig potensiale i å levere kjøling fra eksisterende fjernvarmeanlegg. Dette vil kunne øke brukstiden betydelig for fjernvarmeanleggene og derved bidra til effektiv utnyttelse av allerede nedlagte investeringer.

## 4.1 Resultater

Fra testkjøringen hos SaltX med prototypanlegget ser vi at det vil være mulig å lade reaktoren med 70-75 °C vann og hente ut varme ved 90 °C.

I testanlegget ble det ikke tatt vare på kondenseringsvarmen. For å gjøre dette, er systemet foreslått komplettert med en egen vannakkumulator tilknyttet reaktoren. Dette ble nærmere beskrevet i kapittel 5.

## 5 Potensialer, muligheter

Lagring av energi i salt er en gammel og kjent fysisk metode og har vært benyttet i ulike sammenhenger tidligere. Ved Indre Østfold Meieri ble det på 80-tallet bygget et anlegg som lagret solenergi i en salhydrat. Anlegget fungerte bra men etter en tid måtte saltet byttes ut fordi det krystalliserte seg. Meieriet er nedlagt og anlegget er ikke lenger i drift. SaltX har ved hjelp av nanoteknologi utviklet en løsning som muliggjør et stort antall ladninger og utladninger uten at saltets egenskaper forringes. Dette vil kunne medføre at teknologien med lagring i salt står foran en betydelig mulighet for ekspansjon.

Hovedfokus for SaltX har vært knyttet til høytemperatur lagring av konsentrert termisk solenergi for produksjon av elektrisitet over hele døgnet. Ved å benytte den samme teknologien til lagring i lavtemperatursystemer, mener vi at dette vil kunne effektivisere vår egen fjernvarmedrift samtidig som det vil være et potensiale innenfor andre fjernvarmeselskaper både i Norge og utlandet. I tillegg vil teknologien kunne benyttes i alle andre termiske systemer også knyttet til enkeltbygg.

Resultaten från försöken med prototypen, visar att systemet fungerar. Man kan ladda upp systemet med 70 C värme och sedan ladda ur systemet med 90 C värme. Detta kan implementeras tex i ett fjärrvärmenät, för att buffra billig tillgänglig energi under natten och sedan användas som värdefull nyttig energi under dagen, tex som boost under morgonpeaken, som annars kräver dyr spetslast i form av olja, gas eller direktel. Den termiska värmepumpseffekten som SaltX system innehåller, möjliggör att använda lågtempererad fjärrvärme för att uppgradera högtempererad fjärrvärme, vilket är av stor betydelse för att klara effektbehovet, speciellt vintertid. Den termiska värmepumpseffekten möjliggör även att systemet kan användas för att generera fjärrkyla från fjärrvärme. Detta har stort värde sommartid, då överskott av billig fjärrvärme finns samt behovet av dyr fjärrkyla ökar för komfortkyla till kontor samt processkyla, tex till datorhallar.

## 6 Økonomi

### 6.1 Kostnader

#### 6.1.1 Investeringskostnader saltlagringsanlegg

Kalkyl har gjorts för att göra en anläggning om 1 MW och 4 MWh (se tabell 1). Den första anläggningen som byggs och testas, pilotanläggningen, får utvecklingskostnader då det är första gången systemet byggs. Dessa utvecklingskostnader kommer sedan till godo i kommande kommersiella anläggningar, då de kan återanvändas. Kalkylen nedan visar därför kalkylerad kostnad dels för pilotanläggningen, samt dels kostnad för kommersiella anläggningar vid återkommande leveranser.

## Forstudie varmelagring i salt

Effekt	1	MW
Energilager	4	MWh

BUDGETKALKYL	Pilot	Kommersiell
	kNOK	kNOK
SaltX TVP + 5m3 saltlager	2000	1000
Vattenacc 30 m3	200	200
EVP 200 kW	200	200
EI och styr	700	400
Rör	400	300
Prosjekt	1000	300
Övrigt	500	100
<b>TOT</b>	<b>5000</b>	<b>2500</b>

Tabell 1. Budsjettalkyle for ett 4 MWh energilagringssystem.

For et 300 kW kjøleanlegg basert på SaltX- teknologien er pilotkostnaden stipulert til 4 mill. kr med en forventet kommersiell pris på 1,5 mill. kr.

### 6.1.2 Investeringskostnader for et konkurrerende vannakkumuleringsanlegg

I kapittel 8 har vi ut fra ulike kilder kommet fram til en investering på 2,5 mill kr for et tilsvarende vannakkumuleringsanlegg på 4 MWh. Dette vil antakelig variere avhengig av lokalitet, produsent, oppkoblingsløsninger m.m.

Foreløpig vil vi derfor anta at kostnadene for et vannakkumuleringsanlegg og et saltlagringsanlegg av den typen vi har sett nærmere på, vil ligge omtrent på samme nivå. Fordelene med saltlagringsløsningen ligger da i plassbesparelse og muligheten man har for å kunne lade ut energien på et høyere temperaturnivå enn det man ladet reaktoren med. Dette er spesielt interessant dersom man benytter varmepumper som kilde for oppladningen. Lagret lavtemperaturvarme kan da tas ut med høyere temperatur f.eks. på morgenen når effektbehovet er størst.

### 6.1.3 Lønnsomhet

I tillegg til investeringskostnadene, vil driftskostnadene ha betydning for lønnsomheten for lagringsløsningen. I en vannakkumulator vil dette være pumpeenergi mens man for saltlagringsenheten i tillegg vil få strømkostnader til kompressoren.

Vi har sett på ulike scenarier der saltlagringsenheten kan være aktuell å benytte. Vi har så tatt hensyn til driftskostnader og beregnet lønnsomhet avhengig av type grunnlast som benyttes til lagringen og hvilken topplastkilde man erstatter.

## 7 Konklusjoner, videre arbeid

Gjennom forsøk med prototypaanlegg og oppsett av energibalanser, ser vi at det vil kunne la seg gjøre å benytte prinsippene fra SaltX sin høytemperatur Enerstore-løsning til lagring av lavtemperatur varme i fjernvarmeanlegg. Lønnsomheten i et slikt anlegg kontra et rent vannakkumuleringssystem vil avhenge av flere ulike forutsetninger. Type og pris på grunnlast i fjernvarmesystemet er kanskje den viktigste parameteren ved siden av andre lokale forhold som plass-situasjonen der anlegget skal bygges og om det er mulig å nyttiggjøre seg kjøleenergien fra anlegget.

I utgangspunktet ønsket vi å se på muligheten av å plassere et 4 MWh anlegg ved Sarpsborg varmesentral. Beregningene viser at det kan være vanskelig å få lønnsomhet i et anlegg på dette stedet. Vi har imidlertid sett at det kan være andre aktuelle lokaliteter for et slikt anlegg der investeringen kan bli lønnsom.

I tillegg mener vi at lavtemperatur Enerstore kan bli interessant som produsent av kjøleenergi fra fjernvarme om sommeren. Dette vil da kunne være individuelle anlegg som plasseres hos større fjernvarmekunder som også har kjølebehov. Samlet brukstid for fjernvarmen vil da kunne økes betraktelig. Enhetene vil da konkurrere med bla. sorptiv kjøling.

Alternativt kan et kombinert fjernvarme- og fjernkjøleanlegg med varmepumper eller avfallsenergi ha stor nytte av et lavtemperatur Enerstore-anlegg.

Det videre arbeidet for lavtemperatur Enerstore bør derfor konsentreres om kombinerte løsninger for leveranse og lagring av varme og kjøling.