



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R55:1990

**Kostnader för gropmagasin
i berg och lera**

Ingegerd Ljungkrona

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135461

Byggforskningsrådet

R55:1990

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR YAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

KOSTNADER FOR GROPMAGASIN
I BERG OCH LERA

Ingegerd Ljungkrona

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 870763-3
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Andersson
& Hultmark, Göteborg.

REFERAT

För att kostnaden för årslagrad solvärme skall understiga 50 öre/kWh får ej lagret kosta mer än ca 250 kr/m³ att konstruera. Till detta kommer sedan isolering och tätning. Tank av prefabricerade betongelement har en kostnad på 184 kr/m³ med begränsningen av en maximal lagervolym av 5000 m³ med dagens teknik. Teknikutveckling för större lagerstorlekar av prefabricerade betongelement bör därför vara intressant. Kostnaden för gropmagasin i berg kan eventuellt reduceras med 40 kr/m³ till ca 310 kr/m³ lager om bergmassorna kan användas. Gropmagasin i berg har även en hög initialkostnad för nedfartsrampen vilket medför att konceptet bör vid en större lagervolym kunna komma ned till 250 kr/m³. Konceptet för gropmagasin i fast mark, typ stympad pyramid har de lägsta lagerkostnaden av studerade gropmagasin 234 kr/m³, trots det relativt stora förhållandet mellan omslutningsarea och lagervolym vilket är ogynnsamt ur värmeförlustsynpunkt. Kostnaden för vertikala rörsystem i lera kostar 85 kr/m³ vilket motsvarar 170 kr/m³, för ett vattenlager. Kostnaden för gropmagasin nedsänkt i lera är 427 kr/m³.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R55:1990

ISBN 91-540-5220-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1990

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Inledning	1
2.	Sammanfattning	2
3.	Slutsatser	4
4.	Förutsättningar	5
4.1	Kostnadskrav	5
4.2	Värmeförlust	6
4.3	Övriga förutsättningar	7
5.	Beskrivning av lagertyper	8
5.1	Gropmagasin	8
5.1.1	Gropmagasin i berg	8
5.1.2	Gropmagasin i lera	10
5.1.2.1	Platsgjuten betongtank	10
5.1.2.2	Gropmagasin i lera med slitsmur	11
5.1.3	Gropmagasin i fast jord	12
5.2	Värmelager med vertikala rörsystem i lera	13
5.3	Lager ovan mark	15
5.3.1	Tank av prefabricerade betongelement	15
5.3.2	Platsgjuten betongtank	16
5.3.3	Ståltank	16
6.	Kostnadssammanställning	16
7.	Referenser	19
Bilaga 1.	Kostnadskrav för lager	B1:1-2
Bilaga 2.	A-priser för kostnader för lager av volymen 10 000 m ³	B2:1-2

1. INLEDNING

För att kunna utnyttja solvärme i större skala, krävs det möjlighet för säsongslagring av energi för att erhålla en hög värm täckningsgrad. Utvecklingsarbetet för säsongslager av energi har hitintills koncentrerats på så stora vattenlager, att de inte kräver isolering. För mindre lager med en volym mellan 5 000 och 50 000 m³ krävs isolering samt i de flesta fall även ett tätskikt mellan isolering och vatten.

I följande studie redovisar en arbetsgrupp bestående av forskare, konsulter och entreprenörer olika konstruktionskoncept av volymen 10 000 m³ för lagring av värme i vatten. Som jämförelse presenteras även värmelager med vertikala rörsystem i lera. Syftet med studien är en redovisning av respektive konstruktionskoncept, dess krav vad gäller markbeskaffenhet samt en nedbrytning av i konstruktionen ingående delmoment i delkostnader, för att möjliggöra en direkt jämförelse av konstruktionskoncepten i en kostnadssammanställning.

Ett säsongslager på 10 000 m³ för en solvärmeanläggning med 75 % av värmelasten täckt med solvärme motsvarar en gruppcentral med en värmelast på 1 300 MWh/år, d.v.s. uppvärmning av ca 200 lägenheter.

Säsongslagring av solenergi, utan användning av värmepump, medför att lagret måste värmas till höga temperaturer, 70–100 °C, för att minska erforderlig lagervolym. Vid högre lagringstemperaturer ställs det högre krav på isolerings- och tätskiktmaterialen. En arbetsgrupp för val av material i isolerade värmelager, Hultmark [1] har analyserat polymera material och bedömt att den lämpligaste kombinationen av isolering och tätskikt för värmelager med en maximal temperatur av 90 °C, är polyuretancellplast (PUR) och som tätskikt en tunn folie av en fluorpolymer, typ teflon, acclar eller halar, alternativt vid en lägre maximal temperatur i lager, minerallull och polyeten (PE). Eriksson m. fl. [2] studerar metaller som tätskikt och har

bedömt att koppar tillsammans med mineralull alternativt polyuretancellplast är ett lämpligt alternativ vid höga temperaturer på lagringsmediet.

Arbetsgruppens sammansättning:

Ingegerd Ljungkrona, AB Andersson & Hultmark, projektledare
 Torbjörn Jilar, Chalmers Tekniska Högskola, tekniska beräkningar
 Jan Sundberg, Statens Geotekniska Institut, geotekniska frågor
 Göran Hultmark, AB Andersson & Hultmark,

 samordning med arbetsgrupp för tätskikt och isolering

Bernt Flodihn, BFL Byggkonsult AB, betongfrågor

Stig Myhre, Rockstore Engineering AB, markarbetsfrågor

Leif Eriksson, Studsvik Energiteknik AB,

 samordning med pågående konstruktion av gropmagasin för solvärmecentral i Malung

2. SAMMANFATTNING

Kostnadskrav för lager beror av tillåten värmekostnad. Kostnadskravet för lagret beräknas för en solvärmearläggning med 75 % av värmelasten täckt med solvärme. Solvärmekostnaden beräknas med en avskrivningstid för lager på 25 år och för solfångarfält på 20 år samt med en realränta på 4 % respektive 6 %. I tabell 1. redovisas en kostnadssammanställning över studerade konstruktionskoncept. Kostnadsjämförelsen är beräknad för lager av volymen 10 000 m³.

I värmekostnaden ingår kostnaden för lager, solfångarfältets totala anläggningskostnad (1 000 kr/m²,solf) och installationer i värmecentralen (100 kr/m²,solf) Claesson m. fl. [3]. Kostnad för spetsenergi är ej inkluderad. Värmeutbyte från solfångarfältet är 415 kWh/m²,år ($\eta_c = 0.80$, $T_{solf} = 60$ °C, $k = 3.0$ W/m²,°C), varav 330 kWh/m²,år är netto värme levererat till brukaren p.g.a. värmeförluster i lager. Angående kostnadsberäkningar, se bilaga 1.

LAGERTYP	LAGERKOSTNAD (kr/m ³)	VÄRME- KOSTNAD	
		(öre/kWh) realränta 4 %	6 %
-Gropmagasin i berg	350	53	62
-Platsgjuten betongtank: ovan mark	416	58	68
hälften ovan mark	428	59	69
-Gropmagasin i fast mark, som kan grävas med ras- vinkelväggar på 30 °.	234	45	53
-Gropmagasin i lera med slitsmur under mark	427	58	68
hälften under mark	359	54	63
-Värmelager med vertikala rörsystem i lera. (19 300 m ³) (kr/m ³ ,lerlager)	85	41	47
-Ståltank ovan mark	513	65	76
-Tank av prefab. betong- element ovan mark (5000 m ³)	184	41	48

Tabell 1. Lagerkostnad (kr/m³) resp. värmekostnad (öre/kWh) vid 4 % resp. 6 % realränta samt med en avskrivningstid för lager på 25 år och för solfångarfält på 20 år. Solfångarfältets totala anläggningskostnad är 1 000 kr/m². Lagerkostnaden är beräknad för volymen 10 000 m³.

Lagerkonceptens tillämpbarhet styrs i stor utsträckning av lokala förutsättningar vad gäller t. ex. geologi. Följande kan sägas vid en jämförelse av lagerkoncepten.

Värmelager med vertikala rörsystem i lera är ett intressant koncept med den lägsta värmekostnaden för studerade lager. Vid beräkning av värmekostnaden har hänsyn tagits till att ett värmelager med rörsystem i lera kräver ca 10 % större solfångaryta vid jämförelse med ett motsvarande lager med vatten som lagringsmedium. Den större solfångarytan erhålles pga ändrade driftförhållande för solfångarfältet.

Vid mindre lagerstorlekar eller då lagret kan placeras ovan mark är lagerkonstruktioner av prefabricerade betongelement ett alternativ som kan byggas för en låg kostnad. För tank av prefabricerade betongelement ovan mark, redovisas m^3 -kostnaden för ett lager av volymen $5000 m^3$. Med dagens teknik är större lager ej ekonomiska enligt tillverkare.

3. SLUTSATSER

Lagerkostnaden för gropmagasin i lera måste understiga $175 kr/m^3$, för att vara ekonomiskt gynnsammare än värmelager med rörsystem i lera enligt en jämförelse av värmekostnaden, se figur 1. För gropmagasin i lera är dock jordförstärkningen en tung kostnad som bör kunna reduceras genom teknikutveckling.

Tank av prefabricerade betongelement har en kostnad av $184 kr/m^3$ med begränsningen av en maximal lagervolym av $5000 m^3$ med dagens teknik. För att erhålla en större lagervolym måste flera lager seriekopplas. Kostnaden för tank av av prefabricerade betongelement ligger med god marginal under kostnaden för plastgjuten betongtank, $416 kr/m^3$ respektive ståltank, $513 kr/m^3$. Teknikutveckling för större lagerstorlekar av prefabricerade betongelement bör därför vara intressant.

Kostnaden för gropmagasin i berg kan eventuellt reduceras med 40 kr/m³ till c:a 310 kr/m³_{lager} om bergmassorna kan användas. Gropmagasin i berg har även en hög initialkostnad för nedfartsrampen vilket medför att konceptet bör vara gynnsammare vid en jämförelse vid större lagervolymer.

Konceptet för gropmagasin i fast mark, typ stympad pyramid har den lägsta lagerkostnaden av studerade gropmagasin, trots det relativt stora förhållandet mellan omslutningsarea och lagervolym vilket är ogynnsamt ur värmeförlustsynpunkt. Gropmagasinet är under byggnation i Malung(1988/1989) med en lagervolym av 20 000 m³.

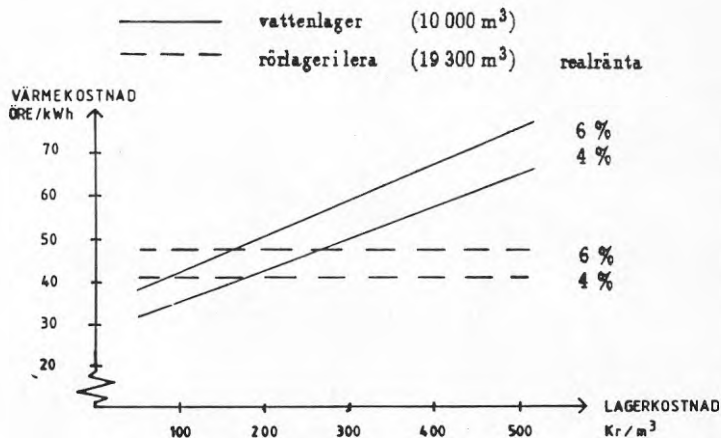
4.FÖRUTSÄTTNINGAR

4.1 KOSTNADSKRAV

Kostnadskravet beräknas för ett lager av volymen 10 000 m³ anslutet till en liten gruppcentral med en värmelast på 1300 MWh/år varav 960 MWh/år, 75 %, täcks av solvärme. Beräkningarna redovisas i detalj i bilaga 1.

I figur 1. redovisas värmekostnad för säsongslagrad solvärme som funktion av lagerkostnad. I värmekostnaden ingår kostnad för lager, solfångarfältets totala anläggningskostnad(1 000 kr/m²,solf) och installationer i värmecentral(100 kr/m²,solf). Kostnad för spetsenergi är ej inkluderad. Värmeutbytet från solfångarfältet är 415 kWh/m²,år ($\eta_{\square} = 0.80$, $T_{\text{solf}} = 60$ °C, $k = 3.0$ W/m²,°C) med hänsyn taget till alla värmeförluster från solfångarfältet. 330 kWh/m²,år är netto levererat till brukaren p.g.a. värmeförluster i lager. Energiutbytet från solanläggningen erhålles med dagens solfångare genom användning av antireflexbehandlat glas samt med en förbättrad absorberbeläggning Karlsson [4]. Vid beräkning av värmekostnaden har

hänsyn tagits till att ett värmelager med rörsystem i lera kräver ca 10 % större solfångaryta vid jämförelse med ett motsvarande lager med vatten som lagringsmedium. Den större solfångarytan erhålles pga ändrade driftförhållande för solfångarfältet.



figur 1. Värmekostnad (öre/kWh) för säsongslagrad solvärme för mindre gruppcentral (1300 MWh/år) vid 4 % resp. 6 % realränta samt med en avskrivningstid på 25 år för lager respektive 20 år för solfångarfält.

En värmekostnad på 40–50 öre/kWh medför ett kostnadskrav för ett vattenlager på 170–310 kr/m³ vid en realränta på 4 % respektive 90–205 kr/m³ vid en realränta på 6 %.

4.2 VÄRMEFÖRLUST

Isoleringskostnaden för lager är beräknad för en värmeförlust på 20 % av den totala solvärmeproduktionen, vilket medför olika isoleringstjocklek för olika konstruktionskoncept, se respektive konstruktionskoncept. För ett 10 000 m³ lager med ett solfångarfält som ger 1200 MWh/år fås en värmeförlust på 240 MWh/år från lager.

Beräkningar i rapporten baseras på ett temperatursving i vattenlager av 80/30 °C respektive för värmelager med rörsystem i lera av 65/35 °C. Solanläggningen förutsätter ett lågtemperatursystem på brukarsidan, typ luftvärme- eller golvvärmesystem, med en returtemperatur av ca 40 °C.

Lagren isoleras endast på väggar och tak. Botten är oisolerad. Ståltank respektive lager av prefabricerade betongelement är isolerade på utsidan, emedan övriga lager är isolerade på insidan av lagret. Isoleringens värmeledningsförmåga $\lambda_{\text{eff}}=0.040 \text{ W/m,}^\circ\text{C}$. För värmelager med rörsystem i lera används en markisolering, $\lambda_{\text{eff}}=0.050 \text{ W/m,}^\circ\text{C}$.

Isolering kan inte vara i direktkontakt med vatten(lagringsmedium) eftersom polyuretancellplast nedbrytes till ett pulver genom hydrolys av vatten och värme och om mineralull vattenfylles förloras ju isoleringsförmågan. Ett tätskikt måste därför appliceras mellan isolering och vatten med låg permeabilitet.

Vid beräkning av lagerkostnad har för jämförelsens skull medtagits en kostnad för tätskikt. Kostnaden har ansatts till 100 kr/m². Eftersom tekniken ej är färdigutvecklad är kostnaden osäker, men genom att inkludera kostnaden för tätskiktet fås ett bättre underlag vid jämförelse mellan olika alternativ.

4.3 ÖVRIGA FÖRUTSÄTTNINGAR

Samtliga alternativ är beräknade med ett flytande lock med undantag av ståltanken och betongtanken där konstruktionen kräver ett bärande lock .

Lagret måste dräneras för att inte grundvatten ska tränga in i isolering utifrån omgivande mark samt för att läckage från lager inte ska vattenfylla isoleringen och därmed transportera bort värme kontinuerligt.

I kostnadsbedömningen av konstruktionskoncepten förutsättes goda markförhållande. Kostnaden för markundersökningen är ej inkluderad.

Vid kostnadsberäkning av lager har ett eventuellt värde av bortschaktad jord alternativt sprängsten ej inkluderats. Värdet av dessa massor varierar alltför mycket från ort till ort för att kunna beaktas i detta skede. Vid en eventuell samordning utav behov av schaktmassor kan 30–40 kr/m³ erhållas samt att kostnaden för borttransport försvinner.

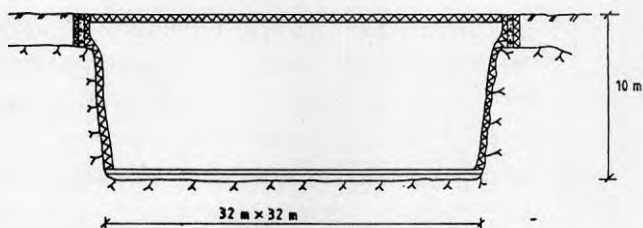
Kostnaderna i rapporten baseras på 1988 års prisnivå.

5. BESKRIVNING AV LAGERTYPER

5.1 GROPMAGASIN

5.1.1 GROPMAGASIN I BERG

För lager i berg har endast en konventionell utsprängning av ett gropmagasin studerats, se figur 2.



Figur 2. Gropmagasin i berg.

En kostnadsbedömning har gjorts för utsprängning av ett gropmagasin av volymen $10\,000\text{ m}^3$ med ett flytande lock.

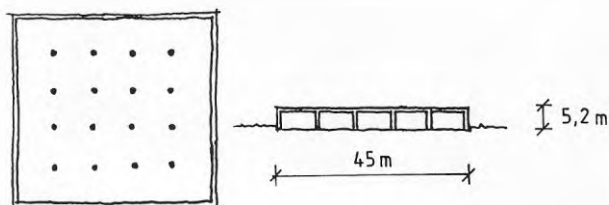
Berggrunden förutsättes vara av god kvalitet samt med låg sprickfrekvens. Eventuella kostnader för tätning och vattenläckage är inte medtagna i kostnaderna.

Isoleringstjockleken är 0.21 m .

5.1.2 GROPMAGASIN I LERA

5.1.2.1 PLATSGJUTEN BETONGTANK

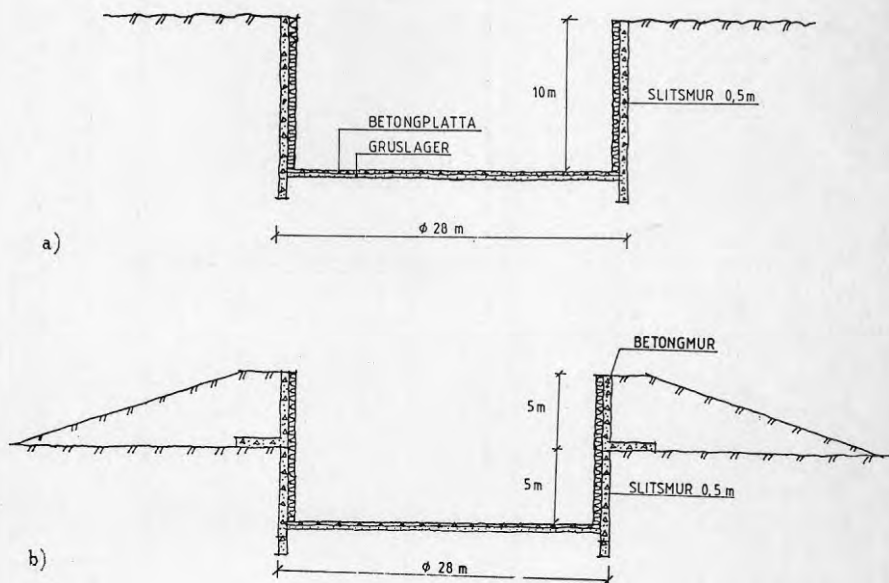
Ett betongtank ovan mark respektive till hälften nedsänkt i lera har studerats, se figur 3. Förutsättningarna för kostnadsbedömningen av betongtanken har varit: platsgjuten betong, enkel formsättning, enkel armering samt ett konventionellt byggande. I kostnaden för konstruktionen är ett betongtak inkluderat, eftersom taket är en del av den bärande konstruktionen. Isoleringstjockleken är 0.33 m. för betongtank ovan mark och 0.28 m. för betongtank till hälften nedsänkt i mark.



Figur 3. Platsgjuten betongtank

5.1.2.2 GROPMAGASIN I LERA MED SLITSMUR

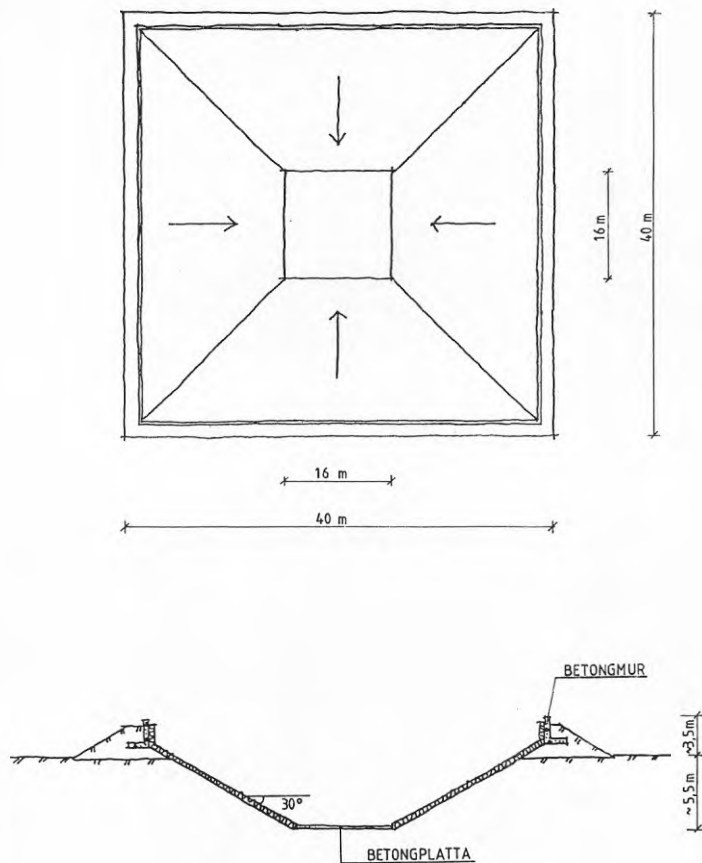
Magnusson m. fl. [5] studerar injektering av kalk/cement i mark som väggstabiliserande metod. En kostnadsbedömning av metoden är dock osäker eftersom nödvändigt antal pelare ännu är en osäker faktor. Istället har en kostnadsbedömning gjorts vid användning av väggstabilisering med slitsmur, som är en konventionell teknik, för ett lager av volymen 10 000 m³ med ett flytande lock. Två olika alternativ har studerats, lager i lera respektive lager till hälften nedsänkt i lera, se figur 4. Iscleringstjocklek för lager i lera är 0.15 m. och för lager till hälften nedsänkt i lera, 0.16 m.



Figur 4. Gropmagasin i lera med slitsmur
a) under mark, b) hälften under mark.

5.1.3 GROPMAGASIN I FAST JORD

Följande gropmagasin, med formen av en stympad pyramid med rasvinkelväggar är utvecklat av Eriksson m. fl. [2], se figur 5. Värme-
lagret byggs under 1988/1989 i Malung för att demonstrera tätskikt-
och isoleringsteknik. En förutsättning för byggnation av lagret är
mark som kan grävas med en rasvinkel på 30° .



Figur 5. Gropmagasin, typ stympad pyramid. Volym = 10 000 m³.

Eriksson m.fl. [2] har valt att titta på användningen av metall som tätskiktmaterial. Kostnaderna för lagret i föreliggande rapport är dock baserade på en tätskiktscostnad av 100 kr/m^2 , dvs samma tätskiktscostnad för alla konstruktionskoncept.

En kostnadsbedömning har gjorts för ett lager av volymen $10\,000 \text{ m}^3$, med ett flytande lock. Isoleringstjocklek är 0.19 m .

5.2 VÄRMELAGER MED VERTIKALA RÖRSYSTEM I LERA

Värmelager med vertikala rörsystem i lera har hitintills endast studerats och projekterats för lågtemperatursystem. Användning av rörlager för högtemperatursystem är ett intressant alternativ för direktanvändning av säsongslagrad solvärme utan användning av värmepump. Faktorer som bör undersökas pga den högre lagrings-temperaturen är följande:

- rörmaterialets värmebeständighet vid högre temperaturer
- geotekniska konsekvenser av temperaturvariationer i marklagret, eftersom t.ex. den termiska utvidgningen kan ändra strukturen i marken och medföra ökade sättningar

Metoden samt kostnaden för att få ner plaströren i marken är starkt beroende på typ av mark. För mjuk lera går det snabbt att "trycka ner" plaströren emedan man för hårdare mark, typ friktionsjord måste hitta andra metoder, t. ex. spola eller vibrera ner plaströren.

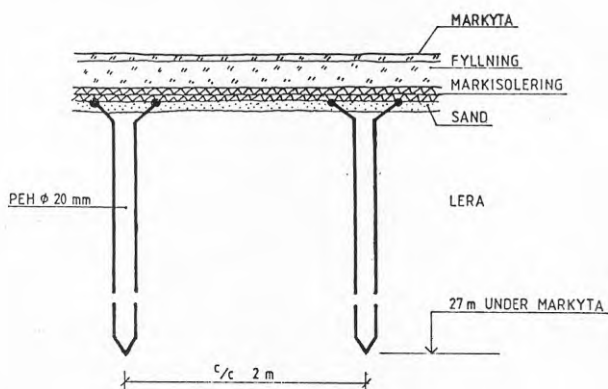
Systemet för hopkoppling av de nedstuckna rören i marken bör utvecklas eftersom erfarenheter har visat att just detta är den svagaste länken för rörlagret Gräslund m. fl.[6].

En temperaturskiktning kan ej erhållas i ett värmelager med vertikala rörsystem i lera. Alternativa systemlösningar bör därför studeras, för att se om en höjning av rörlagrets täckningsgrad är möjlig genom användning av fler inlagringszoner alternativt genom inlagring och uttag av värme i separata zoner.

För att erhålla en lika stor lagringskapacitet för ett värmelager med rörsystem i lera motsvarande ett lager av volymen $10\,000\text{ m}^3$ med vatten som lagringsmedium, krävs det en markvolym av $19\,300\text{ m}^3$. En kostnadsbedömning har gjorts för ett lerlager av volymen $19\,300\text{ m}^3$ enligt figur 6., med ett temperatursving av $65/35\text{ }^\circ\text{C}$, ett lagerdjup på 27 m och ett centrumavstånd mellan nedsticken av U-rör på 2 m. Drivande temperaturdifferens lera/vätska är $15\text{ }^\circ\text{C}$ vid inladdning. En bufferttank används för att utjämna dygnseffekten.

Lagret har isolerats med markskivor, $\lambda_{\text{eff}}=0.05\text{ W/m, }^\circ\text{C}$ ovan lager t.o.m. 3 m utanför lagret, isoleringstjocklek är 0.16 m. Markisoleringen innehåller även ett dränerande skikt.

Kostnaden för iordningställande av markytan så att en körbar yta erhålles har medtagits. Kostnaden för fyllning symboliserar nämnda kostnad i kostnadssammanställningen.



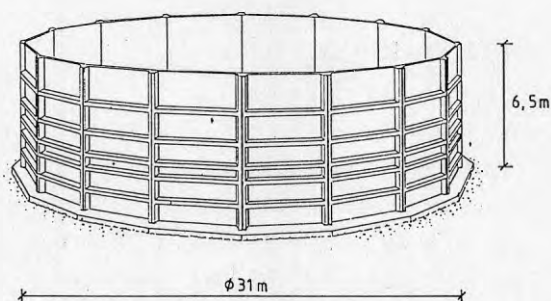
Figur 6. Värmelager med vertikala rörsystem i lera.

Borrhålslager i berg är endast ett alternativ vid lagring av stora energimängder, lagervolymer större än $50\,000 - 100\,000\text{ m}^3$, p.g.a de relativt höga värmeförlusterna.

5.3 LAGER OVAN MARK

5.3.1 TANK AV PREFABRICERADE BETONGELEMEN

Lager av prefabricerade betongelement kan med känd teknik byggas likt konventionella tankar ovan mark, se figur 7. Endast tre arbetsmoment ingår vid konstruktionen av lagret: markbädd, gjutning av bottenplatta samt uppsättning av väggar. En låg kostnad erhålles för konstruktionen eftersom endast ett fåtal samordningsmoment krävs på plats.



Figur 7. Tank av prefabricerade betongelement.

Med befintlig teknik är konstruktionen endast ett alternativ för tankar av volymen 5000 m^3 och mindre. Tankarna är lämpliga vid större spännvidder och är därför utrymmeskrävande, vilket är en nackdel i tät bebyggelse. Betongelementens maximala höjd är 8 m.

I skarvarna mellan betongelementen bör ett hårdelastiskt limfog-material väljas. Hård med tanke på värmebeständighet vid högre temperaturer och lim med tanke på vidhäftning och tätning eftersom tätskiktet har begränsningar vad gäller deformation. Skarvarna tätas för närvarande med epoxi.

Tanken isoleras på utsidan med en isoleringstjocklek av 0.31 m. Vid beräkning av lagerkostnaden har konstruktionen ett flytande lock.

5.3.2 PLATSGJUTEN BETONGTANK

Se kapitel 5.1.2.1

5.3.3 STÅLTANK

Kostnaden för en konventionell, cirkulär ståltank ovan mark har medtagits för jämförelse i kostnadssammanställningen. Ståltankens diameter är 32.6 m. och höjden 12 m. Tanken isoleras på utsidan med en isoleringstjocklek av 0.19 m. Eftersom stålkonstruktionen förhindrar läckage till isolering behövs det inget ytterligare tätskikt mellan isolering och vatten.

6. KOSTNADSSAMMANSTÄLLNING

I tabell 2.1 och 2.2 redovisas en sammanställning av delkostnader för studerade lagertyper baserade på a-priser som redovisas i bilaga 2.

LAGERTYP

Gropmagasin i berg:

Gropmagasin i fast mark som kan grävas med en rasvinkel på 30°:

KOSTNAD

1. Eta blenningskostnad
2. Markhanteringskostnad
3. Lagerkonstruktion

	(kr)		(kr)	öppen mark	(kr)
lagringsdel	1735				
nedfartsramp	292				
flytande lock	80				
		schaktning och borttransport	101	263	360
		dräneringslager och dräneringsledningar	143	143	23
		betongkonstruktion:			
		- pelare	100	100	46
		- botten	504	504	386
		- väggar	731	731	
		- tak	869	869	120

4. Isolering och tätskikt

488
Summa 2795

677
Summa 3324

735
Summa 1870

5. Byggnads- omkostnader (15 %)

419

499

280

6. Oförutsedda kostnader (10 %)

280
Summa 3494

332

187

Summa 2338

Lagerkostnad exkl. isolering och tätskikt

288 kr/m³

331 kr/m³

142 kr/m³

Lagerkostnad

350 kr/m³

416 kr/m³

234 kr/m³

Tabell 2.1.

Kostnadsammansättning för lagerkonstruktioner av volymen 10 000 m³

LAGERTYP	Gropsgasin i lera med slitsmur:	under mark	häftan under mark	Värmelager med vertikala rörsystem i lera (19 300 m ³):	Tank av prefabricerade betongelement: (5 000 m ²)	ovan mark	Ståltank:	ovan mark
	(kkr)	(kkr)	(kkr)	(kkr)	(kkr)	(kkr)		(kkr)
1. Etableringskostnad	50	50	50	50		75		100
2. Markhanteringskostnad	100	100	100	18		40		100
3. Lagerkonstruktion	500	500	250	50	schaktning och borttransport	38	stålciestern	3266
	30	30	30	371	kostnad för -U-rör -neddrivning av U-rör -ledningar -kopplingsarbete	58	schaktning och borttransport	42
	252	252	252	600	betongkonstruktion: -botten -vägg	900	dräneringslager och dräneringsledning	62
	78	78	78	88	flytande lock	59	betongkonstruktion: -botten	211
	250	250	250		yttre ytskikt	76	yttre ytskikt	248
	1680	1680	840					
	60	60	60					
4. Isolering och tätskikt	415	427	427	143	schaktning och borttransport	225	obst enbart isolering	78
	Summa 3415	Summa 2873	Summa 1320		flytande lock	Summa 1471	Summa 4107	
5. Byggsadm. omkostnader (15 %)	512	431	198		ytte ytskikt	221		616
6. Oförräddda kostnader (10 %)	342	289	132			147		411
	Summa 4270	Summa 3593	Summa 1650			Summa 1839	Summa 5134	
Lagerkostnad exkl. isolering och tätskikt	375 kr/m ³	305 kr/m ³	-			156 kr/m ³		504 kr/m ³
Lagerkostnad	427 kr/m ³	359 kr/m ³	85 kr/m ³ lerlager (motsvarar 165 kr/m ³ vattenlager av 10 000 m ³)			184 kr/m ³		513 kr/m ³

Tabell 2.2.

Kostnadsammansättning för lagerkonstruktioner av volymen 10 000 m³

7. REFERENSER

- [1] Hultmark G.
"Arbetsgrupp för val av material i isolerade värmelager i mark."
BFR-rapport under utarbetande.
- [2] Eriksson L. & Perers B.
"Projektering av gropmagasin för solvärmecentraler – en demonstrationsanläggning i Studsvik."
Studsvik Arbetsrapport nr. ED-87/48.
- [3] Claesson T., Gräslund J., Hultmark G. & Jilar T.
"Säsongslagrad solvärme i Kungälv – planeringsunderlag med alternativ för värmeförsörjning på 1990-talet."
BFR-rapport R104:1988
- [4] Karlsson B.
"Potential improvements of high temperature flat plate collectors."
North Sun 88, Solar energy at high altitudes, Borlänge, Aug. 29-31, 1988. 9:7.
- [5] Magnusson C. & Sundberg J.
"Anläggningsteknik för gropvärmelager i jord – teknisk och ekonomisk studie."
Statens Geotekniska Institut, Linköping 1988.
- [6] Gräslund J., Hultmark G., Olsson S. & Rudholm B.
"Sunclay-projektet – Utvärdering av SUNCLAY-systemet. Andra generationens systemlösning."
BFR-rapport R84:1986

KOSTNADSKRAV FÖR LAGER

En uppfattning om högsta tillåtna lagerkostnader får man genom att utgå ifrån acceptabla kostnader för producerad solvärme från en anläggning med säsongslagring. Kostnadskravet för lagret beräknas för en gruppcentral med en värmelast på 1300 MWh/år, varav 960 MWh/år (75 %) är solvärme.

Kostnadskravet beräknas ur följande samband:

$$k_v = \frac{a_s \cdot (k_{\text{solf}} + k_i) + a_l \cdot (V_{\text{lager}} / A_{\text{solf}}) \cdot k_{\text{lager}}}{Q_n} \quad (\text{kr/kWh})$$

där	k_v	= solvärmekostnad (kr/kWh)
	k_{lager}	= lagrets anläggningskostnad (kr/m ³)
	k_{solf}	= solfångarfältets totala anläggningskostnad inkl. stativ, fundament, ledningar i solfångarfält, försäkringar och byggräntor.
	k_i	= installationer i värmecentral (kr/m ²)
	V_{lager}	= lagervolym (m ³)
	A_{solf}	= aktiv solfångararea (m ²)
	a_l	= annuitetsfaktor för lager korrigerad för 0.5 % underhållskostnader: avskrivningstid = 25 år realränta = 4 % → $a_l = 0.069$ realränta = 6 % → $a_l = 0.083$
	a_s	= annuitetsfaktor för solfångarfält korrigerad för 1.0 % underhållskostnader: avskrivningstid = 20 år realränta = 4 % → $a_s = 0.084$ realränta = 6 % → $a_s = 0.097$
	Q_n	= netto solvärme till förbrukare exkl. lagerförluster, 20 %. (kWh/m ²)

Kostnadsberäkningar har gjorts för ett solfångarfält baserade på kostnader som förutsätter en produktionsvolym av 50 000 m²,solf/år om 5 år, samt med ett ökat energiutbyte i dagens solfångare genom användning av en antireflexbehandlad täckskiva och med en förbättrad absorbatobeläggning, enligt försök vid Vattenfalls Älvkarlebylaboratorium.

Vid kostnadsberäkningarna för lager har följande värden använts:

$$k_{\text{solf}} = 1\,000 \text{ kr/m}^2$$

$$k_i = 100 \text{ kr/m}^2$$

$$V_{\text{lager}} = 10\,000 \text{ m}^3$$

$$Q_n = 415 \text{ kWh/m}^2 \cdot 0.8 = 330 \text{ kWh/m}^2$$

(exkl. 20 % lagerförluster)

$$(T_{\text{solf}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}, \eta_o = 0.80, k_{\text{solf,fält}} = 3.0 \text{ W/m}^2, \text{ }^\circ\text{C})$$

$$Q_s \cdot A_{\text{solf}} = \frac{960}{0.80} = 1200 \text{ MWh/år} \rightarrow A_{\text{solf}} = 2900 \text{ m}^2$$

A-PRISER OCH KOSTNADER FÖR
LAGER AV VOLYMEN 10 000 m³

	Typ av kostnad	A-pris
1.	Etableringskostnad	100 000 kr
2.	Markhanteringskostnad	100 000 kr
3.	Lagerspecifik kostnad	
3.1	Schaktning	30 kr/m ³
	Borttransport	20 kr/m ³
3.2	Dräneringslager (25 cm, utlagt och komprimerat)	60 kr/m ²
	Dräneringsledning samt kringsfyllning av dräneringsledning	120 kr/m
3.3	Bottenplatta (gjutna):	
	- betong i form	700 kr/m ³
	- armering: 50 kg/m ³ a 10 kr/kg	500 kr/m ³
	- lågform	100 kr/m
3.4	Vägg och tak (gjutna):	
	- betong i form	700 kr/m ³
	- armering:	
	höjd under 3 m.:	500 kr/m ³
	50 kg/m ³ a 10 kr/kg	
	höjd över 3 m.:	700 kr/kg
	70 kg/m ³ a 10 kr/kg	
	- form:	
	höjd under 3 m:	150 kr/m ²
	höjd över 3 m:	180 kr/m ²
3.5*	Flytande lock exkl. isolering:	
	- gummiduk samt dagvattenskydd o v a n gummi	65 kr/m ²
	- spalttätning för flytande lock	100 kr/m

3.6	Gropmagasin i berg (volym = 10 000 m ³):	
	-Lagringsdel: 11 735 kkr	
	-jordschakt, 1100 m ³ , (djup = 1 m)	32 kr/m ³
	-bergavtäckning, 1100 m ²	18 kr/m ³
	-sprängning och borttransport, 10 000 m ³	50 kr/m ³
	-skrotning, 1300 m ²	25 kr/m ³
	-bergförstärkning 10 % av 1 500 kkr	150 000 kr
	-Nedfartsramp: 292 kkr	
	-jordschakt, 350 m ³	35 kr/m ³
	-bergavtäckning, 350 m ²	20 kr/m ³
	-sprängning och borttransport, 1 300 m ³	180 kr/m ³
	-skrotning, 630 m ²	25 kr/m ³
	-bergförstärkning, 10 % av 234 kkr	23 400 kr
3.7	Värmelager med rörsystem i lera	
	-Kostnad för U-rör, neddrivning av U-rör, ledningar och kopplingsarbete	70 kr/m, U-rör
	-bufferttank (0.1 m ³ tank/m ² , solf)	2000 kr/m ³
	-markisolering	130 kr/m ²
	-fyllning	80 kr/m ²
4.	Isolering och tätskikt	
4.1	Isolering av icke trycksatt yta	200 kr/m ³
4.2	Isolering av trycksatt yta	800 kr/m ³
4.3	Tätskikt	100 kr/m ²
4.4	Yttre ytskikt vid utvändig isolering	120 kr/m ²
5.	Byggadm. omkostnader (15 %)	
6.	Oförutsedda kostnader (10 %)	

* Kostnaden är ej verifierad av utförda anläggningar.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 870763-3
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Andersson
& Hultmark, Göteborg.

R55:1990

ISBN 91-540-5220-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801055

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 37 kr exkl moms