

Värdet av säsongslager i regionala energisystem

- inom Energiforsks forskningsprogram Termiska
Energilager och med delfinansiering från
Energimyndigheten

Resultatkonferens 2019-10-23



Håkan Sköldberg

- Profu (Projektinriktad forskning och utveckling) etablerades 1987.
- Idag 22 personer.
- Profu är ett oberoende forsknings- och utredningsföretag inom energi- och avfallsområdet.

Värdet av säsongslager i regionala energisystem

- Syftet med projektet är att identifiera värdet av ett säsongslager ur fjärrvärmesystemets perspektiv
- Typiskt varierar de rörliga värmeproduktionskostnaderna mellan olika säsonger
- Skillnaden är olika stor i olika fjärrvärmesystem
- Genom säsongslagring kan värmen ”flyttas” mellan säsongerna
- Värdet av ett lager utgörs av den årliga ”driftnyttan”, eventuellt undvikta behov av ny värmeproduktionsanläggning samt kompletterande driftstrategier

Kvantifiering av den ekonomiska nyttan av ett lager

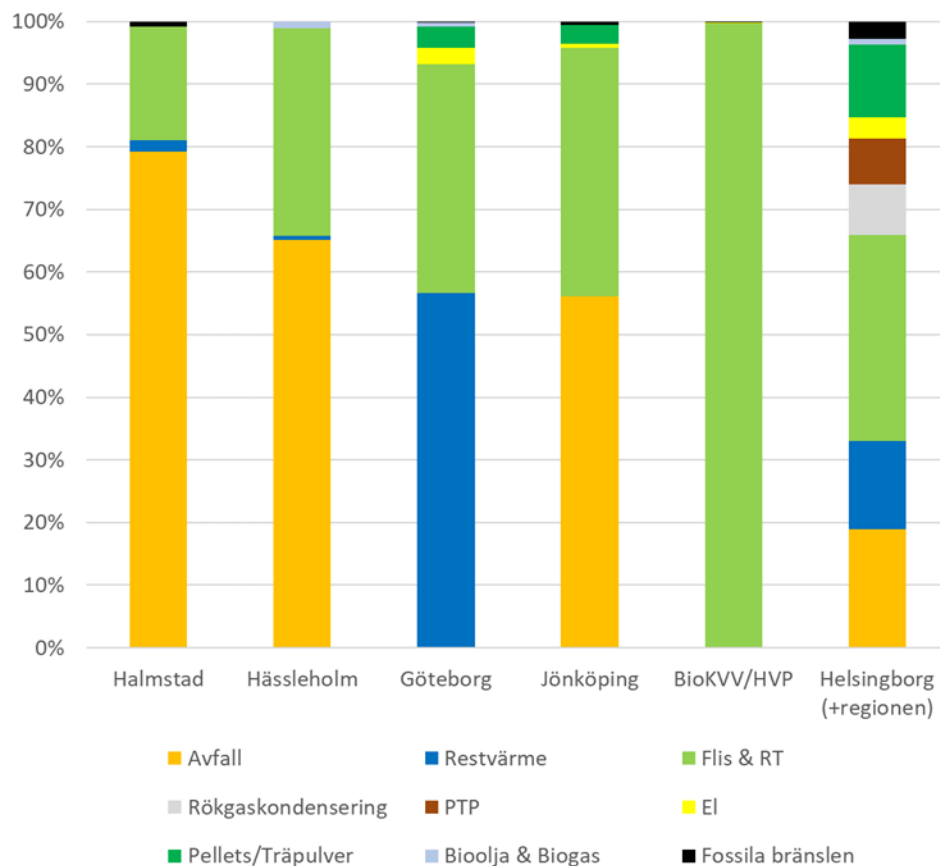
- Årlig driftnytta, undviken investering i ny produktion och kompletterande driftstrategier, tillsammans med livslängd och kalkylränta för lagret ger värdet.
 - Svarar på frågan "hur mycket får ett lager kosta?"
- Det ekonomiska värdet påverkas t.ex. av:
 - Fjärrvärmesystemets produktionsapparat
 - Lagrets egenskaper
 - Omvärldsförutsättningar
- Beräkningar för 6 fjärrvärmesystem
 - Utgångspunkt läget ca år 2030
 - Beräkningarna har gjorts med Martes (fjärrvärmesimuleringsprogram)

Typsystemen, m.m.

- Följande sex fjärrvärmesystem har valts ut
 - Göteborg
 - Halmstad
 - Hässleholm
 - Jönköping
 - Växjö => omformat till biohvp/biokvv
 - Öresundskraft
- Omvärldsförutsättningar har valts (siktat på läget ca 2030).
 - Grunddata och känslighetsanalys.

Uppbyggnad ingående typsystem

Tillförda bränslen för värme och elproduktion



Förluster - temperatur

- Temperaturförlust
 - I simuleringar förutsätts att värmen från lagret håller framledningstemperatur, detta kan ske på två sätt:
 - Lagervärme spetsas med värme från en anläggning som ändå är i drift ”på egna meriter”
 - Kräver samlokalisering av lager och produktionsanläggning
 - Tillkommande produktion behövs, vilken byggs och drivs för lagrets skull (t.ex. en värmepump)
 - Belastar lagrets ekonomiska resultat
 - Förutom att ge lagervärmen en förhöjd temperatur så tillförs samtidigt även nyttig energi

Förluster - temperatur

- Temperaturförlust

- I simuleringar förutsätts att värmen från lagret håller framledningstemperatur, detta kan ske på två sätt:

- Lagervärme spetsas med värme från en anläggning som går "på egna meriter"
 - Kräver samlokalisering av lager och produktionsanläggning
 - Tillkommande produktion behövs, vilken byggs och drivs för lagrets skull (t.ex. en värmepump)
 - Belastar lagrets ekonomiska resultat
 - Förutom att ge lagervärmen en förhöjd temperatur så tillförs samtidigt även nyttig energi

Vi förutsätter
detta

Förluster - energi

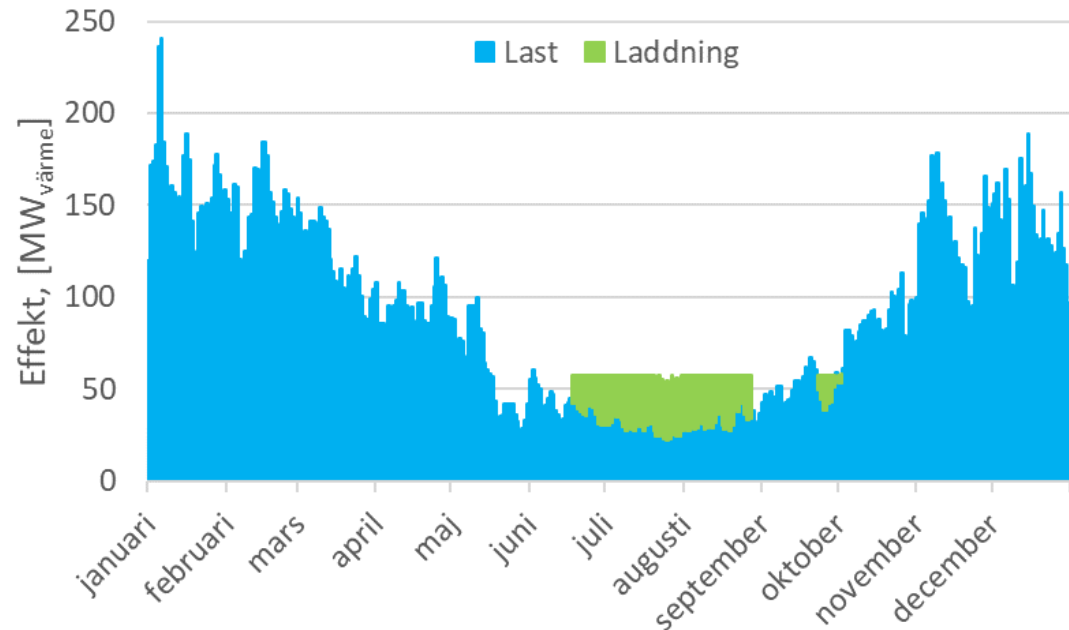
- Energiförlust
 - Förluster varierar med lagertyp och storlek
 - Ingen specifik lagertyp har bestämts
 - Valt ett rimligt förlustvärde = 10%
 - I vissa fall en överskattning och i andra en underskattning
 - När det i resultatredovisningen anges en viss lagervolym så avser detta den inlagrade energivolymen

Driftstrategi

- Simulerande modell istället för optimerande
 - Intuitiv driftstrategi
 - En lageromsättning per år
 - Lättare hantering av "perfect foresight"
 - Full kännedom om hur framtiden ser ut
 - Teoretiska beräkningsutfall som inte går att åstadkomma i praktiken
 - "Perfect foresight" $\neq$ smartare körstrategi
- "Kapa toppar" vs "minimera kostnad"

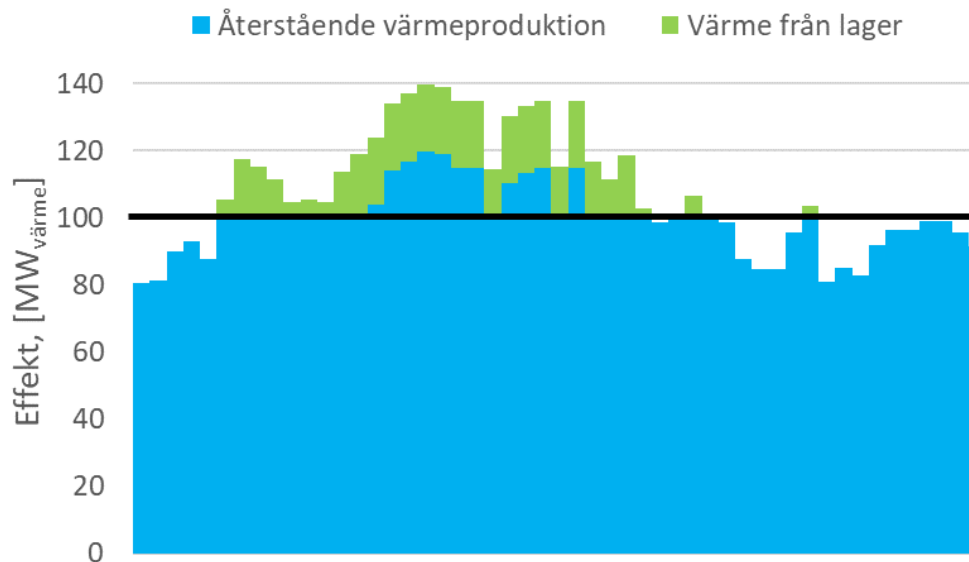
Laddning

- Identifiera energiöverskott under låglastperiod
 - Anläggningar med låg rörlig produktionskostnad
 - Fyll lagret så sent som möjligt för att minska förluster



Urladdning

- Urladdning sker mot systemets högsta toppar
 - Antagande att den dyraste produktionen körs under dessa perioder
- Tröskeffekt – allt behov över tröskeffekten får lagret möjlighet att ersätta
 - Genom iteration hittas en tröskeffekt som resulterar i rätt mängd urladdning (energivolymen på lagret – förluster)



Omvärldsförutsättningar

	Pris	Enhet
Olja, Eo5	550	kr/MWh
Olja, Eo1	730	kr/MWh
Naturgas	375	kr/MWh
Kol	150	kr/MWh
Oförädlat biobränsle	220	kr/MWh
Pellets	350	kr/MWh
RT-flis	110	kr/MWh
Avfall	-155	kr/MWh
Bio-olja, MFA tung	1000	kr/MWh
Bio-olja, MFA lätt	1100	kr/MWh
Bio-olja, HVO	1350	kr/MWh
Utsläppsrättspris för CO ₂	35	öre/kg
El	425	kr/MWh
Elcertifikat	0	kr/MWh

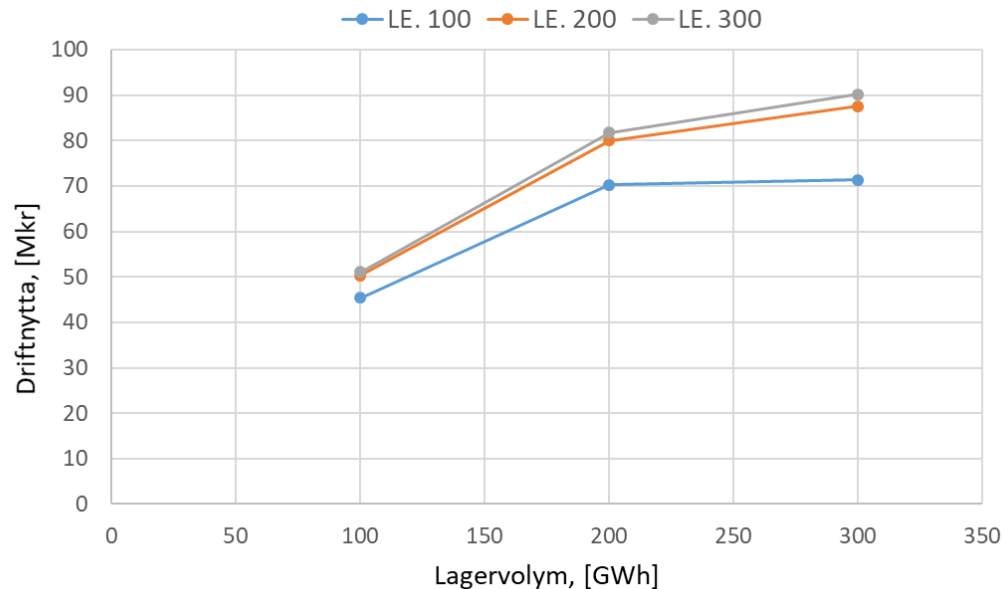
I känslighetsanalysen varieras omvärldsförutsättningar, t.ex. bränsle- och elpriser

Elprisvariationer över året är införda

Fritt anläggning, exkl. skatter, år 2030

Resultat - Göteborg

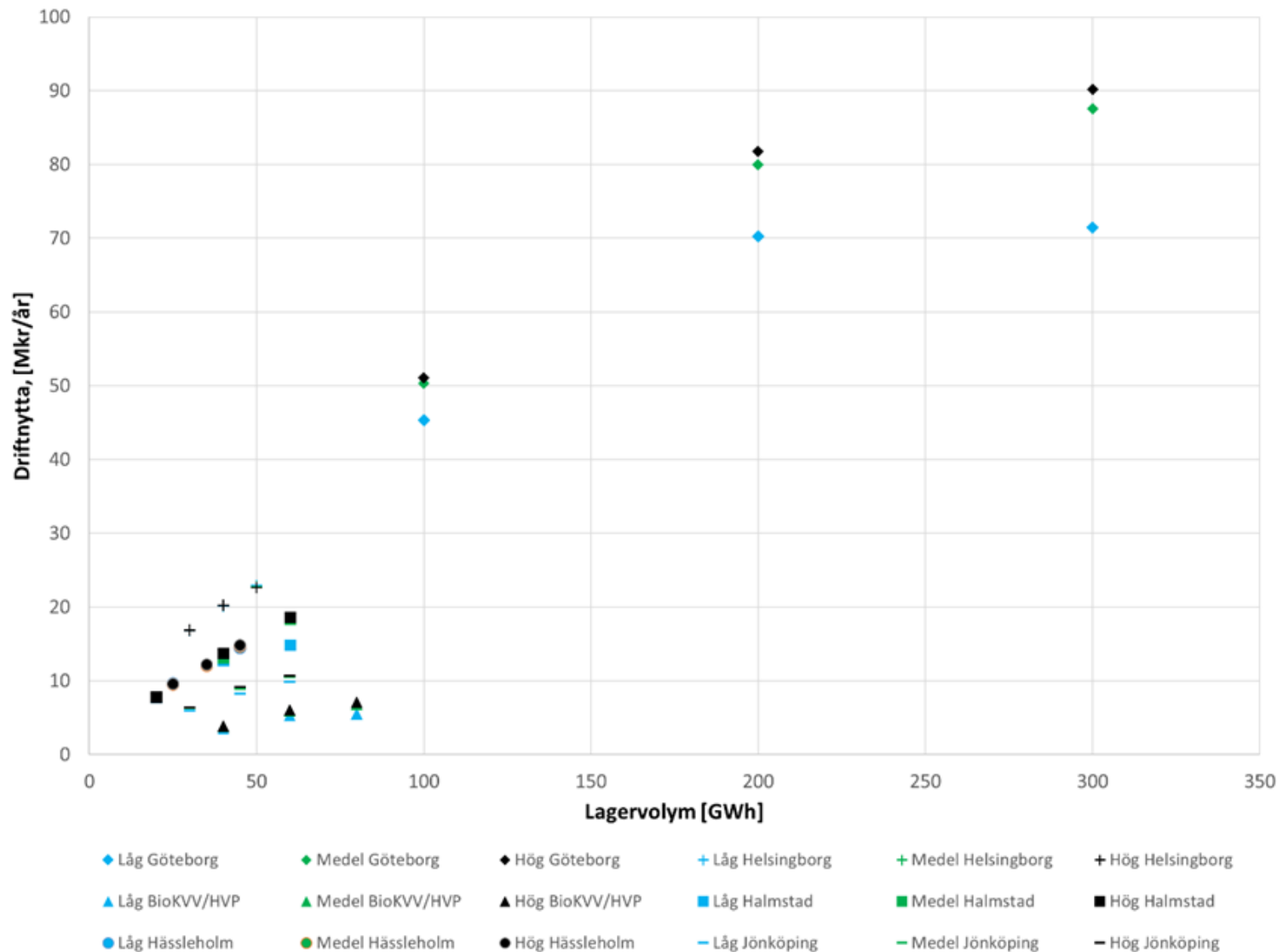
$$\text{Driftnytta [MSEK]} = \text{Resultat}_{\text{scenario } x} - \text{Resultat}_{\text{basfall}}$$



- Avtagande nytta mellan 200-300 GWh p.g.a laddning till viss del med BioKVV.
- Ökande effekt ger större driftnytta men vid 200 MW har största delen av högkostnadsbränslen ersatts.

Driftnytta av säsongslager för de sex typsystemen

Driftnytta per år som funktion av fjärrvärmesystem och lagrets storlek (energi och effekt)

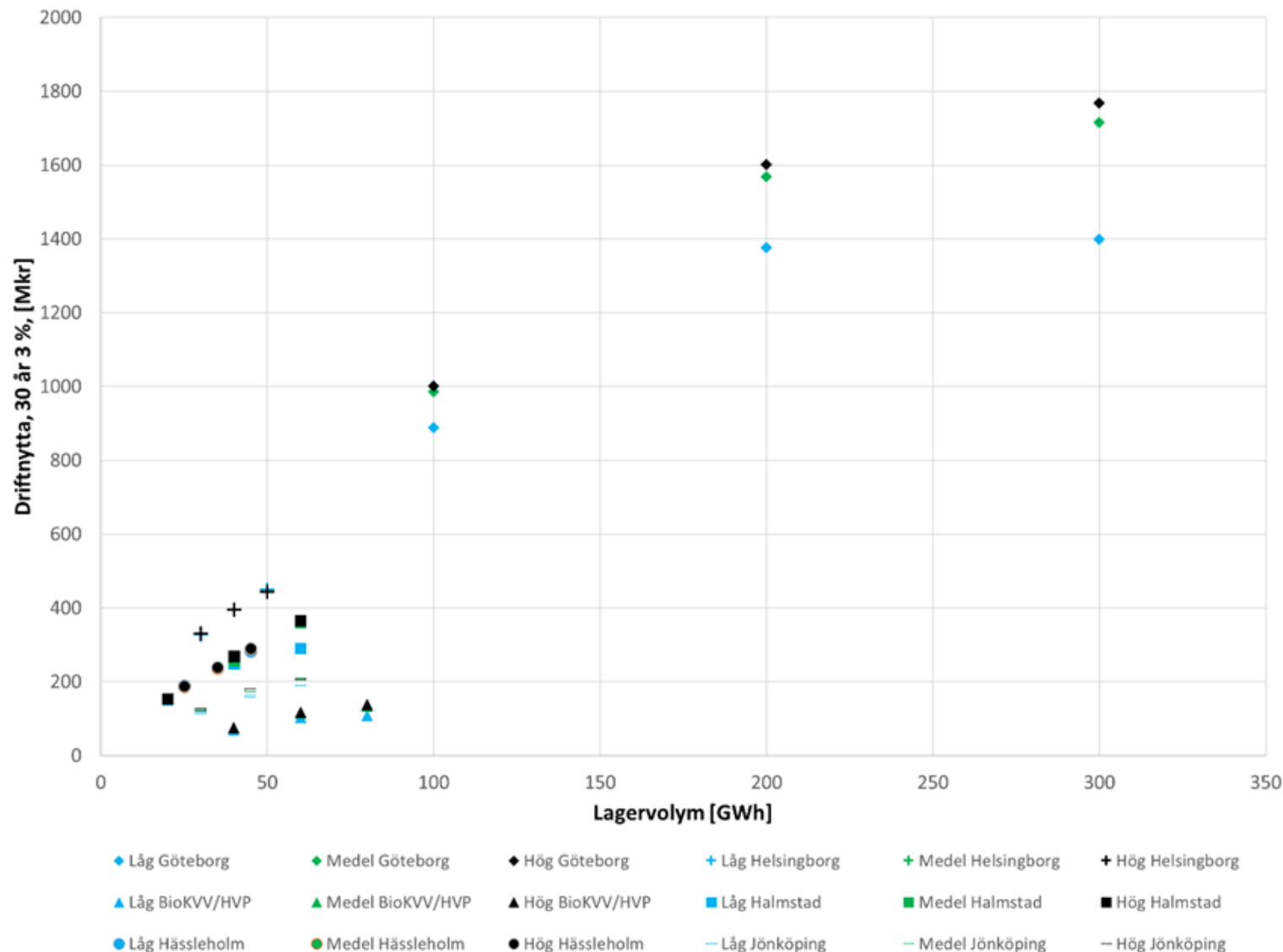


Resultat och iakttagelser

- Driftnytta ökar med lagerstorlek (energi och effekt)
- Avtagande nytta med ökande storlek
 - Syns inte så tydlig eftersom vi vid val av lagerstorlek valt rimliga
 - Inte detsamma som att ett litet lager är bäst (fortsatt tillkommande nytta och skalfördelar för lagret)
- Driftnyttan – stor spridning beroende på fjärrvärmesystemens förutsättningar
 - Tre gånger större nytta för Helsingborg jämfört med BioKVV/HVP för samma lagerstorlek

Tag fram nuvärde av årlig driftnytta => Vad får lagret kosta

Nuvärde av årliga driftnyttor vid 3 % ränta och en livslängd på 30 år som funktion av fjärrvärmesystem och lagrets storlek (energi och effekt)



Resultat och iakttagelser

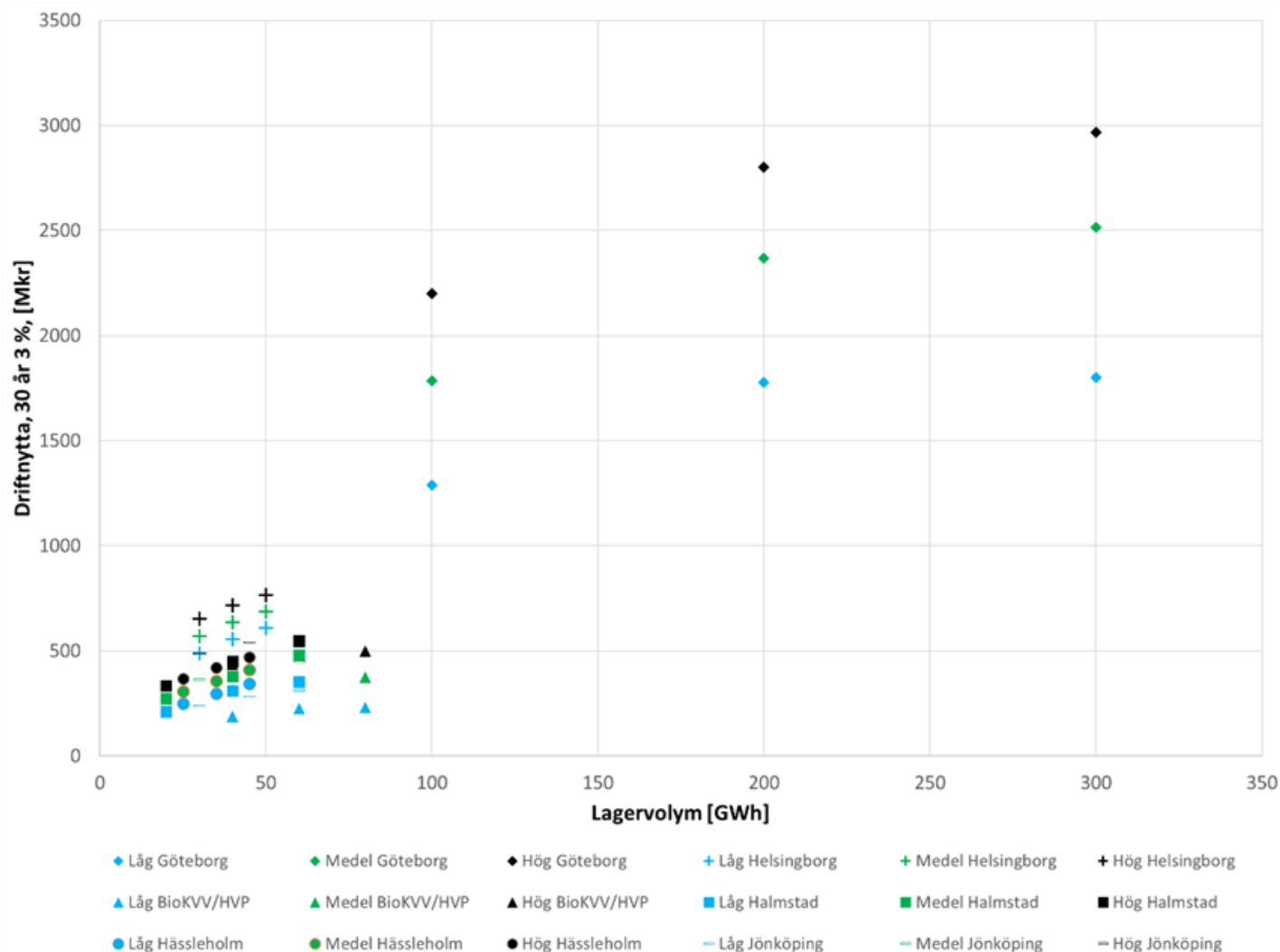
- Antagit kalkylränta 3 % och ekonomisk livslängd 30 år
- Stor spridning mellan fjärrvärmesystemen
 - Göteborg: 900 – 1800 Mkr
 - BioKVV/HVP: 75 – 140 Mkr
- För lager som laddas med avfallsförbränning eller industriell spillvärme blir nuvärdet för ett lager på 50 GWh 200 – 500 Mkr
- Ytterligare nyttor tillkommer ...
- Eventuellt värde efter 30 år ingår inte i kalkylen. Teknisk livslängd kan vara längre.

Produktionsinvesteringar undviks

Utgångspunkt

- Lagret ger inte endast driftnytta utan kan också göra att produktionsinvesteringar undviks
- Ersätter inte produktionsanläggning helt
- Behövs produktionsutbyggnad?
- Vi har förutsatt pelletspanna med investeringskostnad 4000 kr/kW

Maximal kostnad för ett säsongslager utifrån nuvärdet av den årliga driftnyttan samt värdet av den undvikna produktionsinvesteringen



*Kalkylräntan
3 % och
ekonomisk
livslängd på 30
år. Undviken
produktions-
investeringen
avser pellets-
panna*

Resultat och iakttagelser

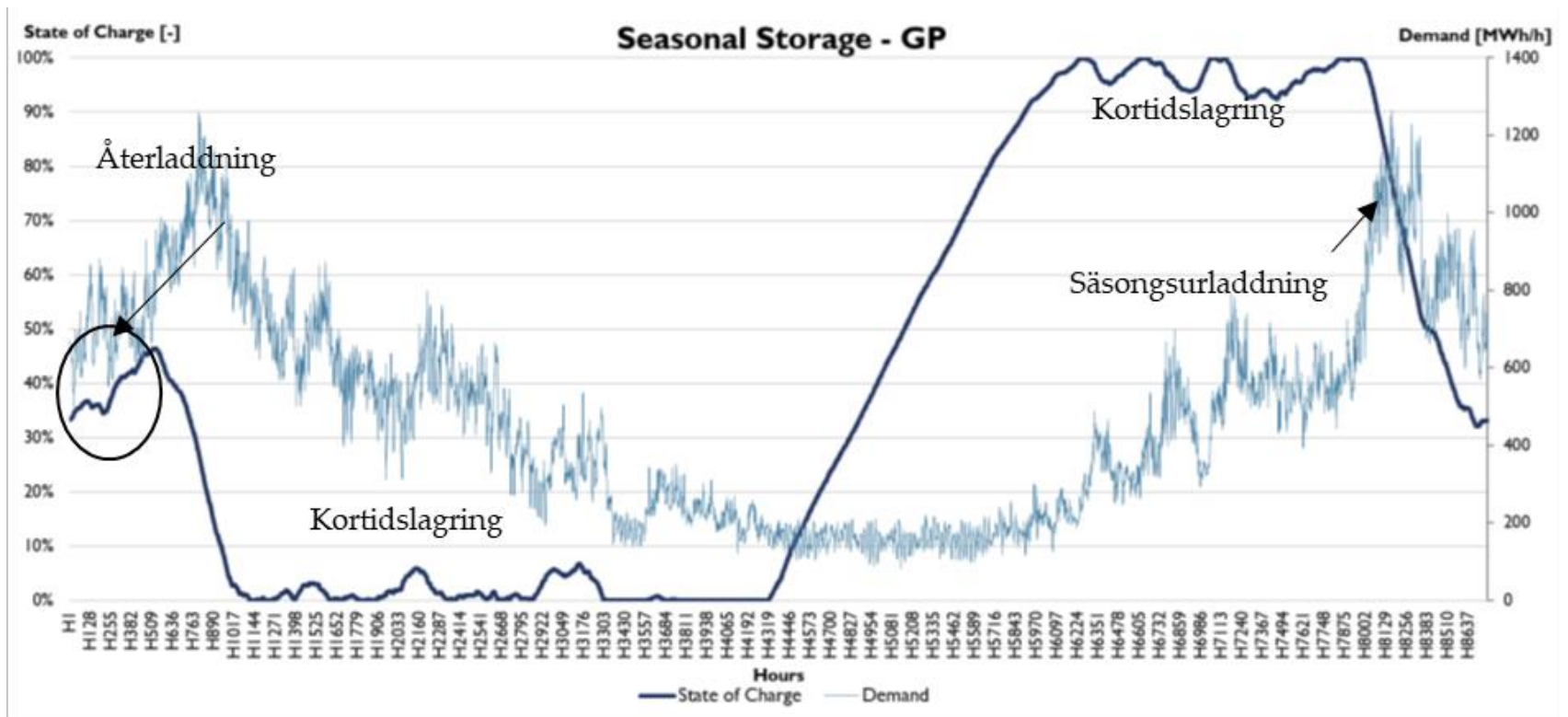
- Typiskt ökar maximal tillåten kostnad för lagret med 50 % om undviken produktionsinvestering adderas till driftnyttan
- Detta bör ses som ett övre värde
- För typsystemet BioKVV/HVP så blir ökningen 200 % (eftersom driftnyttan var så låg)
- Självklart blir den procentuella ökningen av tillåten kostnad för lagret störst för lagerkonfigurationerna med högst effekt och minst energi, 90 – 160 % för fem typsystem
 - Motsatt lagerkonfiguration: + 20 – 40 %

Kompletterande driftstrategier

Utgångspunkt

- Grundläggande strategi: lagra billig energi från sommarhalvåret för att ersätta dyr energi vintertid
- Kompletterande driftstrategier:
 - Korttidslagring
 - Om man redan har ackumulator så ger säsongslagret i detta avseende mindre nytta
 - Återladdning under urladdningsperioden
 - Ersättning vid ofrivilligt produktionsbortfall

Lagernivå från en optimerande modell där ett säsonglager även kan arbeta med kompletterande driftstrategier, t.ex. kottidslager och återladdning

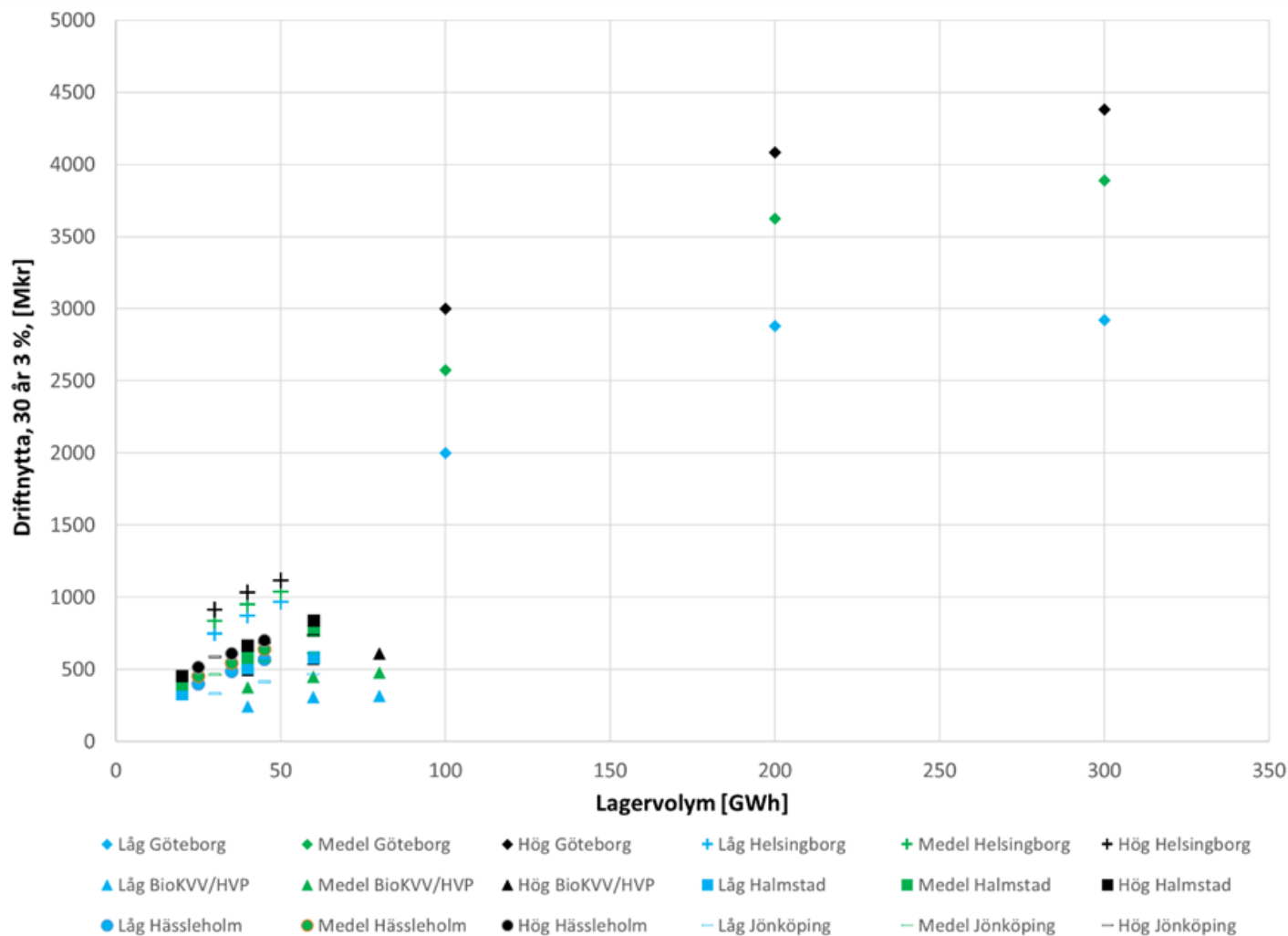


Avser Göteborg Energis fjärrvärmesystem

Resultat och iakttagelser

- Indikation: alternativa driftstrategier kan öka lageromsättningen från 1 till 1,8 per år
- Hur väl går det att uppnå detta i verkligheten med begränsad kunskap om framtiden?
- Indikation: driftnyttan är proportionell mot antalet lageromsättningar
- Grov uppskattning: Indikationerna för Göteborg är tillämpliga även för övriga system

Nuvärde av driftnytta, undvikna investeringar samt mycket grov uppskattning av tillkommande driftnytta av ökad lageromsättning



Kalkylräntan 3 % och ekonomisk livslängd på 30 år. Undviken produktionsinvesteringen avser pelletspanna. Nyttan av alternativa driftstrategier som ger mer än en årlig lageromsättning (1,8 gånger den ursprungliga driftnyttan)

Resultat och iakttagelser

- Den samlade nyttan blir stor
 - Nuvärdet av årlig driftnytta för en lageromsättning
 - Undviken produktionsinvestering
 - Värdet av kompletterande driftstrategier
- För lagerstorleken 50 GWh hamnar den maximala kostnaden för ett lager typiskt på 500 – 1000 Mkr.
 - För ett stort lager, 300 GWh, kan den maximala lagerkostnaden överstiga 4 mdr kr
- I vårt projekt ingår inte att ta fram kostnader för lagret

Ett räkneexempel

- En indikation: Skanskas lager TES med en lagringsvolym på 200 – 300 GWh/år och urladdningseffekten 400 MW sägs kosta 3 mdr kr
- Resultat för Göteborg antyder:
 - Nuvärde av årlig driftnytta ger 1,7 mdr kr => räcker inte
 - Även undviken produktionsinvestering ger 3 mdr kr => på gränsen till lönsamhet
 - Även kompletterande driftstrategier => lagret lönsamt
- Är dessa indikationer tillämpligt även för övriga system?

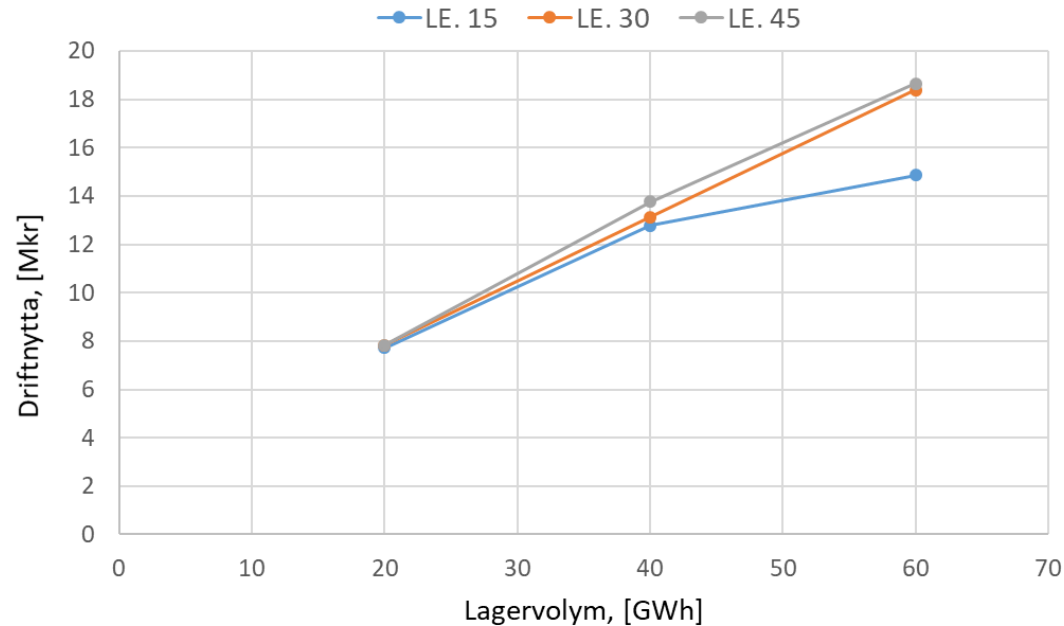
Slutsatser och viktiga iakttagelser

- Lagret bör laddas med värme med nära noll-kostnad
- Vid urladdning är hög effekt värdefull
- Avtagande nytta med allt större lager. Dock skalfördelar
- Lokalisering av lagret viktig m.h.t. flaskhalsar
- Undvikna produktionsinvesteringar ökar typiskt värdet med 50 %
- Eventuellt behöver man dela med sig av nyttan till restvärmeleverantör. Dock erbjuder man kylning...
- Kompletterande driftstrategier ökar värdet
- Värdet av lagret robust m.h.t. varierande omvärldsförutsättningar
- Indikation: lagret lönsamt om alla värden adderas, endast driftnyttan av en omsättning räcker inte



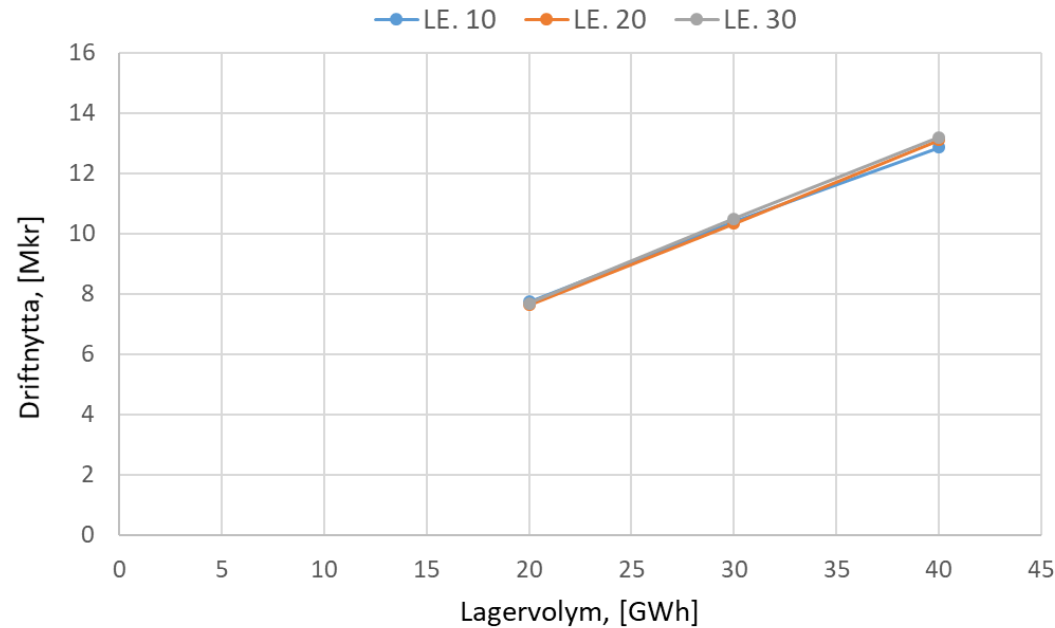
Håkan Sköldberg, hakan.skoldberg@profu.se

Resultat - Halmstad



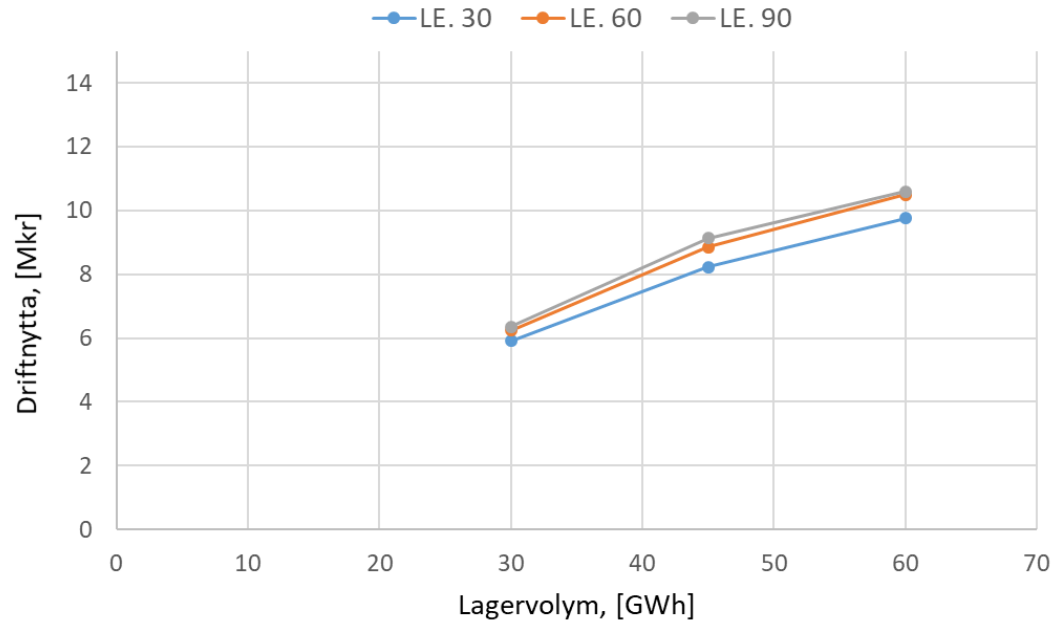
- Avtagande trend för 15 MW, den låga effekten kan inte ersätta toppar och urladdningen dras ut över en längre period
- Ökad effekt från 30-→45 MW ger **svag** ökning av driftnytta
 - Största andelen av dyra bränslen är redan ersatt
 - Leveranskrav till en industrikund gör att viss mellanlast produktion blir intvingad

Resultat - Hässleholm



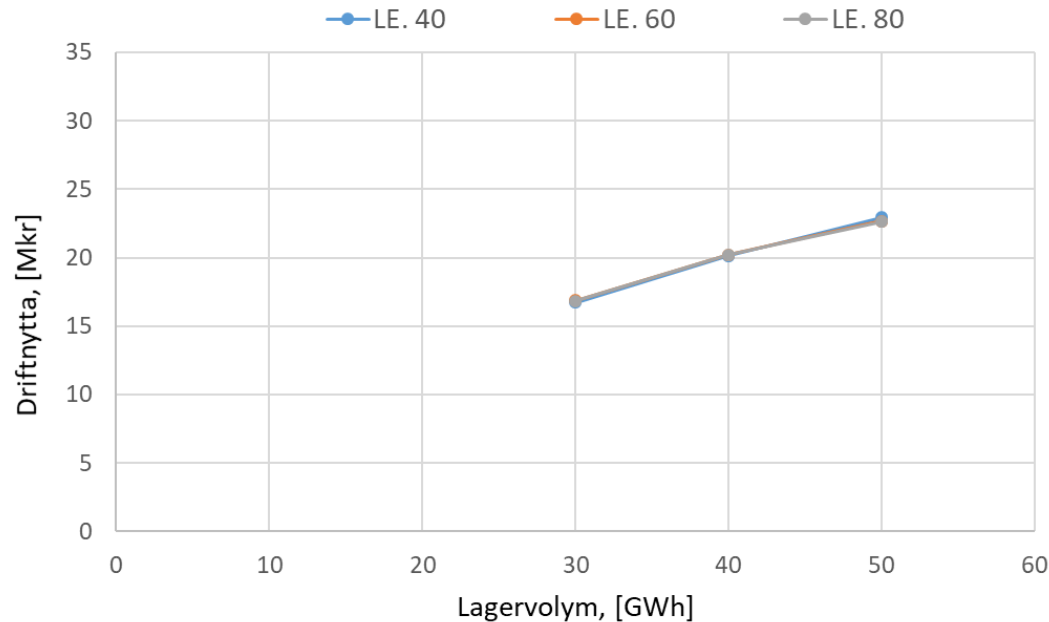
- Redan vid 10 MW ersätts en stor del av bioolje användningen
- Vid högre effekter ersätts främst GROT vid olika tidpunkter beroende på storlek på lagret.

Resultat - Jönköping



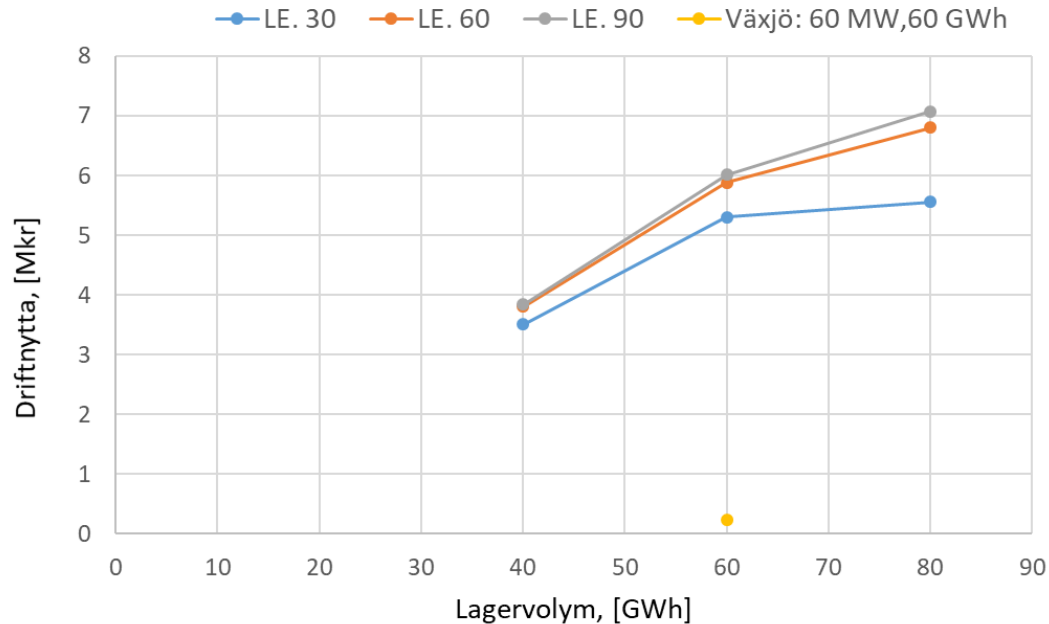
- Avtagande nytta med effekt.
- Ökningen mellan 60-90 MW är låg därför att den ersatta värmen främst ersätter flisbaserad kraftvärme och vid högre effekt blir denna ersättning mer koncentrerad kring lasttopparna.

Resultat – Helsingborg



- Vid låg effekt täcks det dyraste behovet i Helsingborg och en del värme kan exporteras, dock inte hela urladdningen då överföringen till Landskrona inte har kapacitet att transportera den önskade värmen.
- När lagereffekten ökar kan den tillkommande effekten inte nyttiggöras genom export, där den skulle gjort störst nytta.
- Den ersatta energin i dessa toppar är då främst pelletsbaserad kraftvärme.

Resultat – BioKVV/HVP



- Lagret ersätter främst flisbaserad hetvattenproduktion, låg kostnadsdifferens mellan inladdning och ersatt värme.