

TSFS17 Elkraftsystem

Fö 11 - Energilager som stöd för elnätet, vätgas och bränsleceller

Lars Eriksson, professor

ISY, Fordonssystem

1. Transport - Elektromobilitet

Elektromobilitet

- Gruvdrift dagbrott (diesel elektriska drivlinor till eldrivlinor)
 - https://streamio.com/api/v1/videos/5d1a100f6f8d8ddfd3000001/public_show?link=true&player_id=59eed3d56f8d8d20b5000001
- Gruvdrift i tunnlar: Epiroc
 - Stora vinstmöjligheter för kunderna, framför allt ventilation behöver inte ventileras ut avgaserna.
- Batteribyte

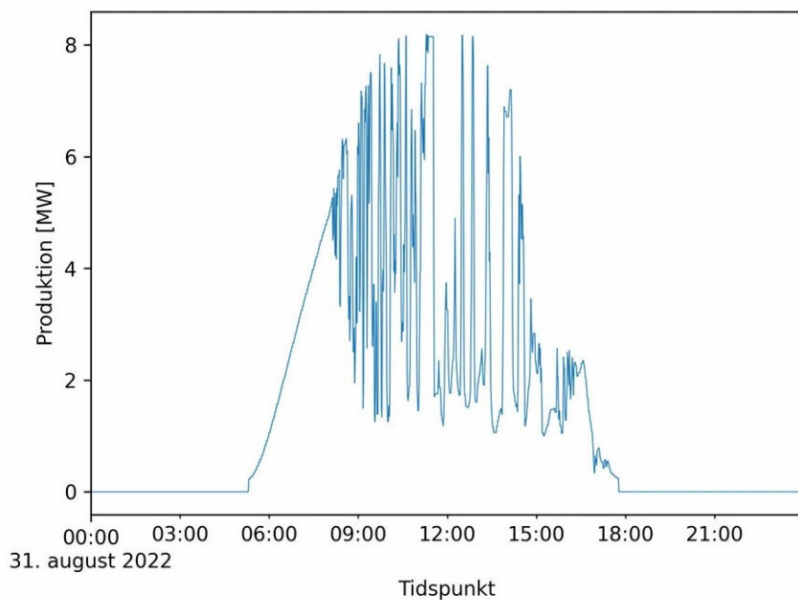
2. Energilager

Förnybar kraft, produktionsvariationer, från timme till år.

Lokalt stöd för nätet.

NyTeknik - Enorma solcellsparker skapar problem i Danmarks elnät

- Moln ger effektvariationer från solcellsparker och utmanar försörjningssäkerheten i det danska elsystemet.



Olika alternativ för energilager för elkraft

Energilag och användning

- Pumpkraft
- Batterier
- Superkondensatorer
- Vätgas
- Svänghjul
- Tryckluftslagring
- Flytande luft
- Termiska energilager

Kategorisering av flexibilitet	Behov/Nytta	Tidshorisont	Exempel på lösningar
Effektflexibilitet	Möjlighet att på kort sikt balansera tillgång och efterfrågan i elsystemet och därmed hålla frekvensen stabil.	Från delar av en sekund upp till en timme	Batterier, pumpkraft
Spänningsflexibilitet	På kort sikt kunna upprätthålla spänningen	Sekunder till tiotal minuter	Batterier, svänghjul och pumpkraft
Överföringsflexibilitet	På kort till medelkort tid öka överföringskapaciteten. Överföringsflexibilitet kan även minska behovet av utbyggd kapacitet.	Minuter till timmar	Batterier och pumpkraft
Energiflexibilitet	Hålla jämvikt i det nationella elsystemet mellan tillgång och efterfrågan på medellång till lång sikt	Timmar upp till år	Pumpkraft, långvariga batterier, vätgas, tryckluftslagring och lagring av flytande luft

Pumpkraft

Juktans pumpkraftverk i Västerbottens län är Sveriges största pumpkraftverk genom alla tider. Det togs i drift 1978, men efter nära 20 år tyckte dess ägare Vattenfall att lönsamheten var för dålig. 1996 byggdes stationen om till ett vanligt vattenkraftverk. Nu: Förprojektering för återstart 2032: 315 MW, 30 GWh (300 000 elbilar).

Andra stationer:

Kymmen: 53 MW.
85 meters fallhöjd.
Det tar två till tre veckor att pumpa det övre magasinet, sjön Kymmen, fullt.

Letten: 38 MW.
190 meters fallhöjd. Det tar ungefär tre månader att pumpa det övre magasinet fullt.

Källa: NyTeknik



Batterier för elkraftsystemet

- Dedikerade batteripack
- V2G, Vehicle to Grid

3 Dedikerade batteripack



Bildkälla: The Crimson Energy Storage Project, solar power.

BESS Presentation för E-Charge av Volvo Penta & Volvo Energy

V O L V O P E N T A

E-CHARGE

A visit to a possible future with BESS

Volvo Penta & Volvo Energy | BESS E-Charge

2023-11-16



Project Description

Background

The market for energy storages for weak grid support, peak shaving and renewable energy accumulation is growing strongly

Energy storage in combination with charging is a key enabler for the deployment of electric products from the Volvo Group

The Volvo Group has decided on ensuring battery circularity including setting up a second life product stream in which Volvo Penta has been appointed to develop a complete BESS unit to be able to use 1st and 2nd life batteries.

Development Scope

Develop a modular container-based battery energy storage solution to support local grids that are weak in relation to the demand from charging equipment installed

The BESS should have the ability of remotely monitoring and control as well as supporting services such as scheduling and grid service participation.

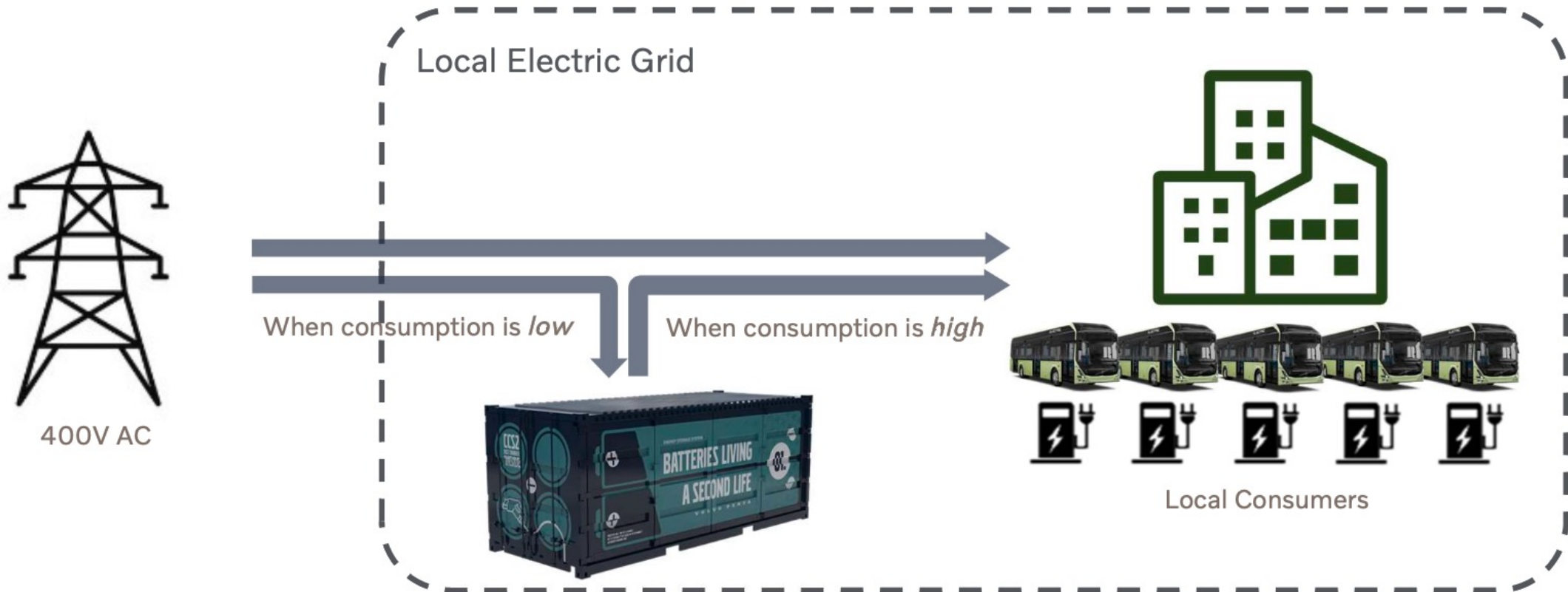
Installation Scope

Install one unit at OKQ8 Ödeshög to support the grid to be able to use an MCS charger.

Power availability from grid: 1 MW that will support one MCS charger and two 350 kW truck chargers.

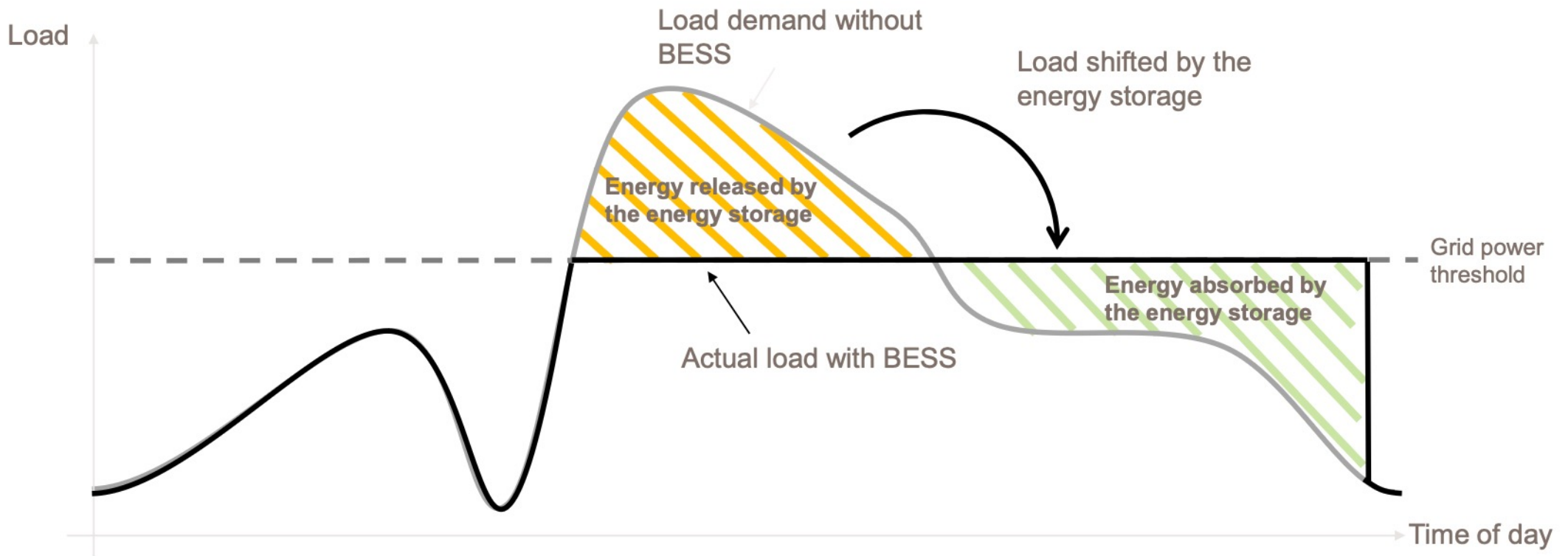
Overall Electric Principle

A BESS *supports* the local grid, releasing and consuming *power* when needed

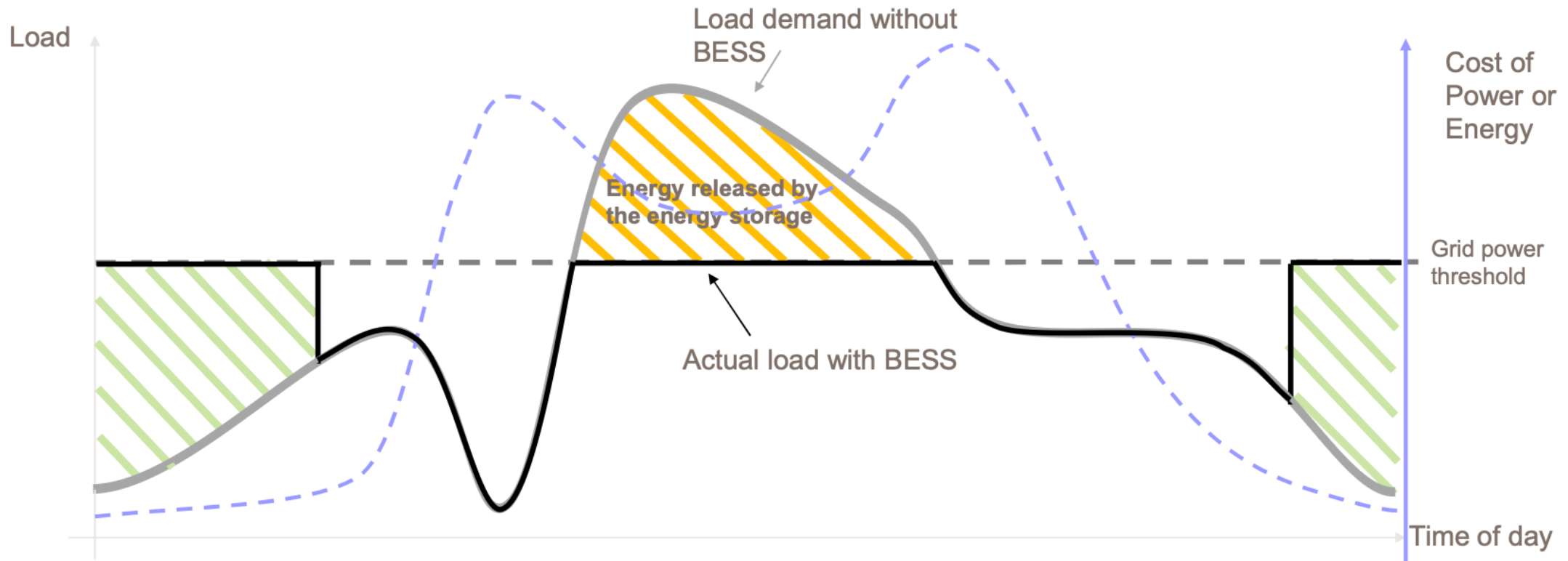


Load shifting - principle

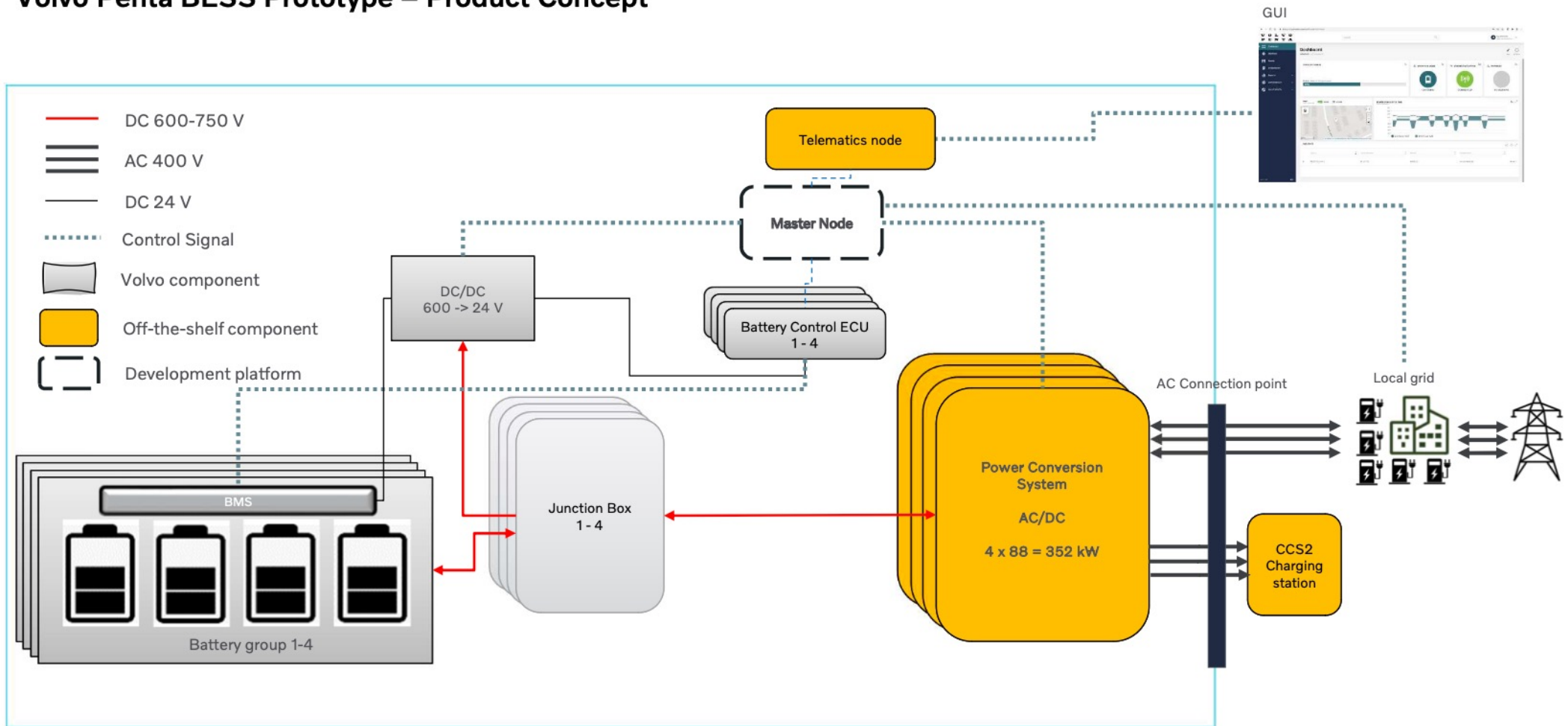
Main Function



Load shifting – including scheduling



Volvo Penta BESS Prototype – Product Concept



Physical Design

Interior



Control room



Battery Room

Rear view of the unit

- HVAC units
- Main connection point (grid interface cabinet)
- Fire alarm siren and light
- Integrated charger (not in this picture)





”Charger end” view of the unit

- Left door opens to charger (if integrated)
- Don't open the right door (blind)

”Open side” view

- Left side control room
- Right side battery room

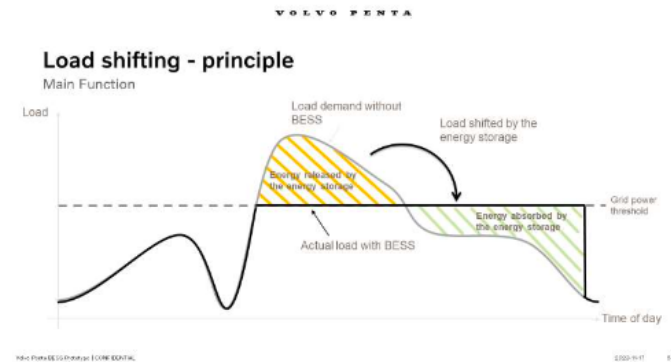


Installation prerequisites

- Grid company permits
 - Net power producer -> "producentavtal" needed
 - Grid "codes" – regional requirements around protection settings in DC/AC inverters
- Local / physical permits
 - No harmonized rules for BESSs
 - Fire brigade dialogue – how to act in case of a thermal runaway?
 - Building permit, temporary or permanent

Functionality

- Currently: Autonomous operation only
 - Local load shifting without limited usage -> **OK!**
 - "Fast" response (< 5 secs)
 - Does not communicate its capability -> part of load balancing not possible
- Future development opportunities for BESS



Local capability & status broadcast

Real time external power control

Remote data readout & control

Nästa steg

- E-Charge
- Installera och drifva en enhet hos OKQ8 Ödeshög,
 - Stödja 1 MCS laddare
 - Och två 350 kW lastbilsladdare
- Utvärdera funktion/beteende/påverkan på lokalt nät tillsammans med Skelefteåkraft och OKQ8.

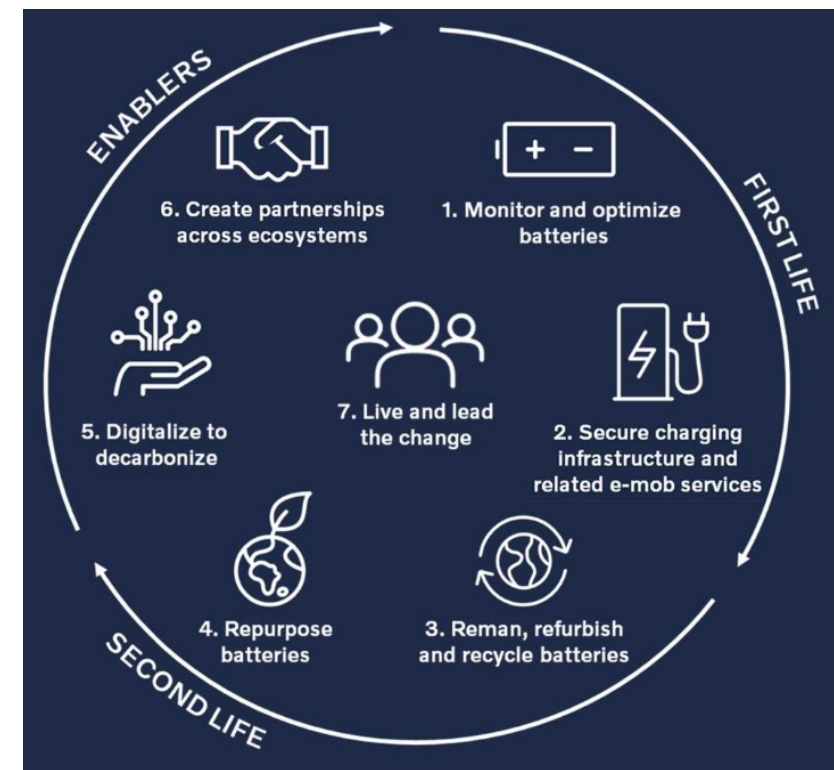
Volvo Energy accelerating electrification and driving circularity for a better tomorrow

- Created in 2021
- Team:
 - 74 colleagues, in 4 locations
 - 40% new to VG | 60% bringing VG value chain experiences
 - 38% females
 - 13 nationalities
 - 4 generations

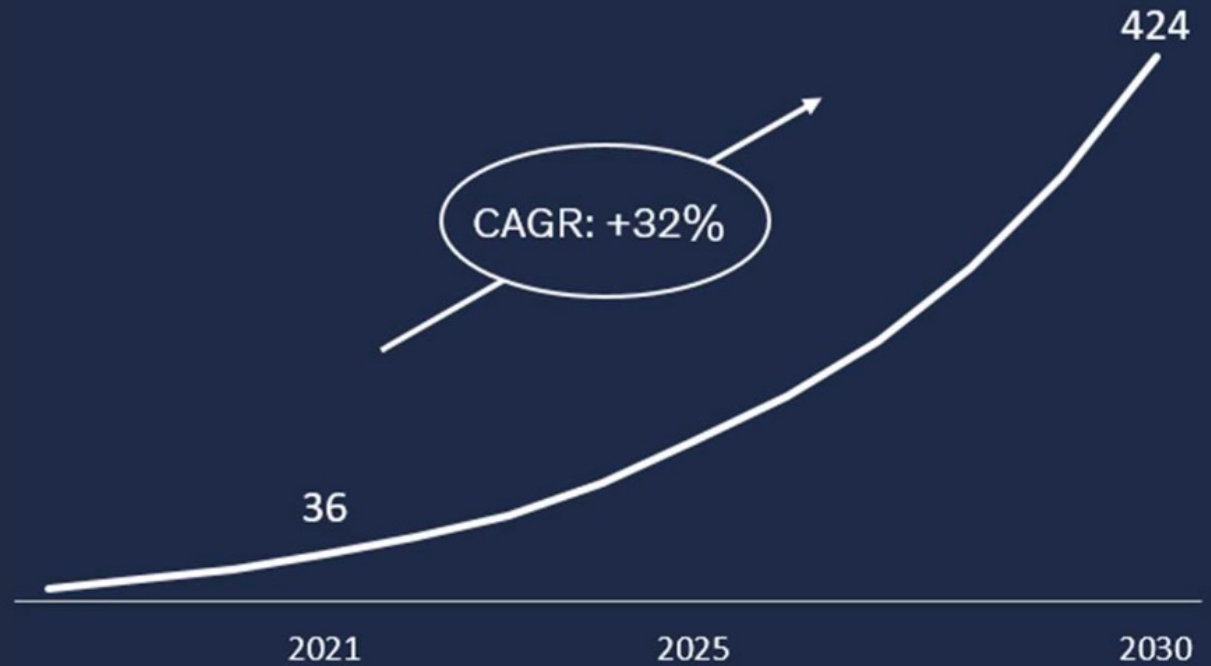


Repurposing of batteries supports circularity and sustainability as well as the Group's transformation

- Monetize remaining capacity left in batteries after use in our vehicles.
- Repurposing secures a high residual value for the batteries:
 - Improve the cost of ownership of the electric vehicles & machines => accelerates transformation
- Maximize value of energy (i.e. CO₂) investment made during the production of the packs prior to recycling.
 - Delay environmental impact of recycling which allows for more efficient recycling processes
- Repurposing into Battery Energy Storage Systems (BESS) creates additional business opportunities in a rapidly growing market.
 - Battery Energy Storage System also accelerates transformation e.g. by enabling build out of charging infrastructure and renewable energy production.



Capturing opportunities in a rapidly growing battery energy storage market



Market projection for battery energy storage systems
Annual installations in GWh (BCG, 2022)

BESS customer values

Several potential charging uses cases for a truck customer



Sort-term locations (temp. days-weeks)

BESS allows for fast charging at temporary site with limited power supply, e.g. construction site or sales events.



Fleet optimization (temp. weeks-months)

BESS enables:

- Evaluation of fast charging in depot without having to engage in charging installations or grid extensions.
- Testing out new/additional charging locations to optimize routes or electric trucks fleet operation.



Site optimization (perm. years)

BESS used in facility to enable charging installation while also reducing cost of power and energy, optimize CO2 footprint of electricity used (e.g. solar), create potential revenue from ancillary services (Attractive business case in many markets). Applies to e.g. charging site, truck depot, dealer, workshop.

BESS customer values

Service stacking will be key to maximize value



- Reducing costs
 - Power management (peak shaving, boosting, upgrade deferral)
 - Energy management (price optimization)
- Generating additional revenue
 - Ancillary service markets
 - Electricity trading
 - Local flexibility markets
- Resiliency
 - Back-up power
- Manage CO₂
 - Increase self consumption for local energy (e.g. solar or wind)
 - Re-charge at lower CO₂ grid intensity

Current BESS activities

Exploring options in segments with high Volvo Group adjacency



Pilots

Temporary charging/power

VCE market pilots

Market pilots with Truck Business Areas and exploring new customer groups



Pilots

Energy optimization

Volvo Group proof-of-concepts and customer pilots



Pilots

Energy optimization

Market pilots with Connected Energy



Development projects

Power Unit range

Projects initiated for range of Power Units

Target deliveries early 2025

Power Unit range outline

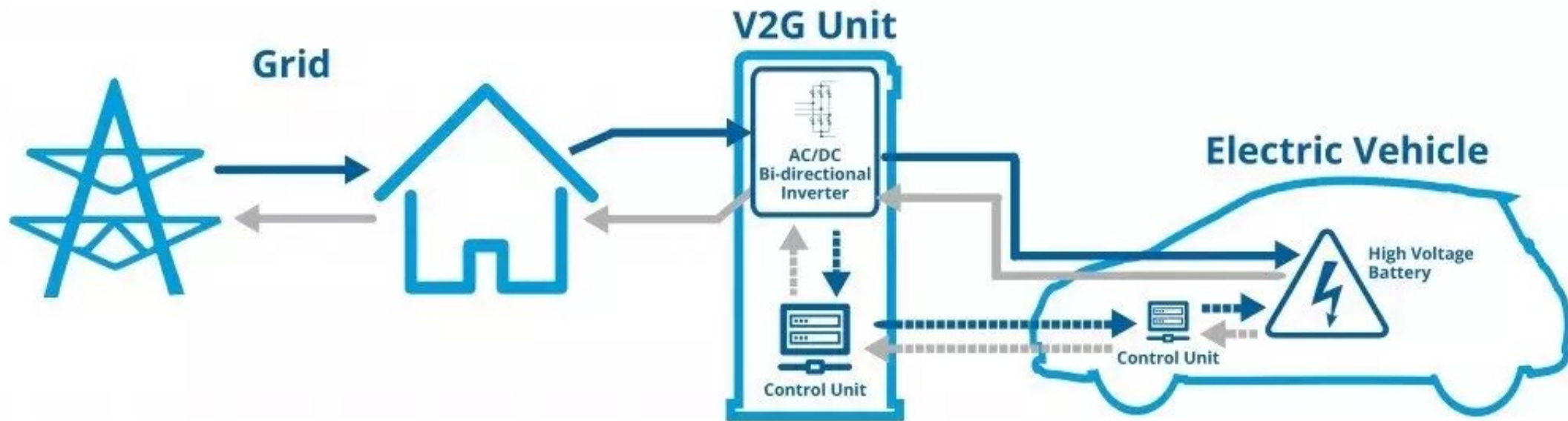
Projects initiated targeting 2025 delivery

Shared by: Volvo Penta & Volvo Energy



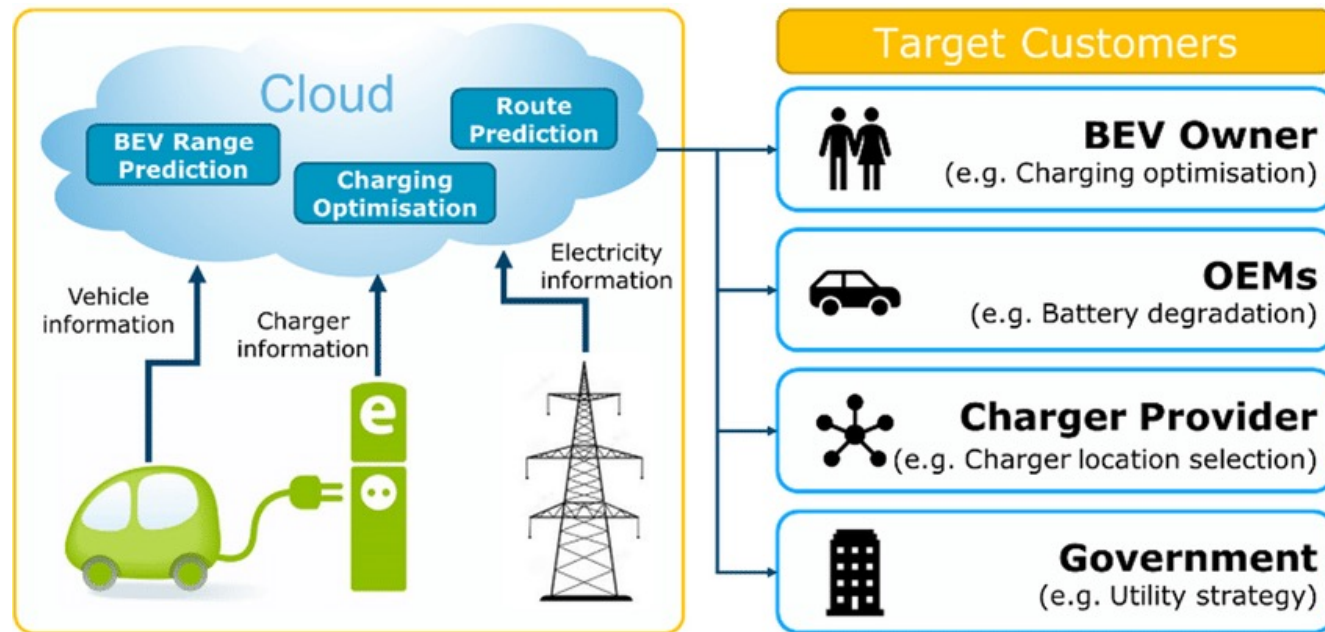
	PU100/200/500	PU1000/2000
BESS sub-segments	E-mobility / Temporary power	B2B energy optimization / C&I
Main use cases	Provide charging/power in temporary settings. Moved frequently.	Energy/power cost & CO ₂ optimization of sites/buildings/facilities. Permanent installation.
Power/energy range	150-250 kW (DC), <88 kW (AC), 100-600 kWh	400-1000 kW (AC), 600-2000 kWh
Product focus	charging integration functionality, robustness, simple grid connection/commissioning, energy density, handling, affordability, integration into asset/fleet management services, uptime	lifetime cost and revenue, optimization for 2L, leading in safety, cybersecurity, flexibility in behind-the-meter use cases, uptime

4. Vehicle to Grid



Personbilar

- Normalt står personbilarna parkerade (outnyttjade) större delen av tiden.
- I El-bilarna är batterierna är dyra resurser som skulle kunna göra nytta i elsystemets tjänst. Inte här fullt ut ännu
- Dubbelriktad laddare
 - Laddstolpen
 - I fordonet
- Behöver många aktörer som jobbar tillsammans
- Är fordonet redo när jag vill åka?
- Fordonsbatteriet slits

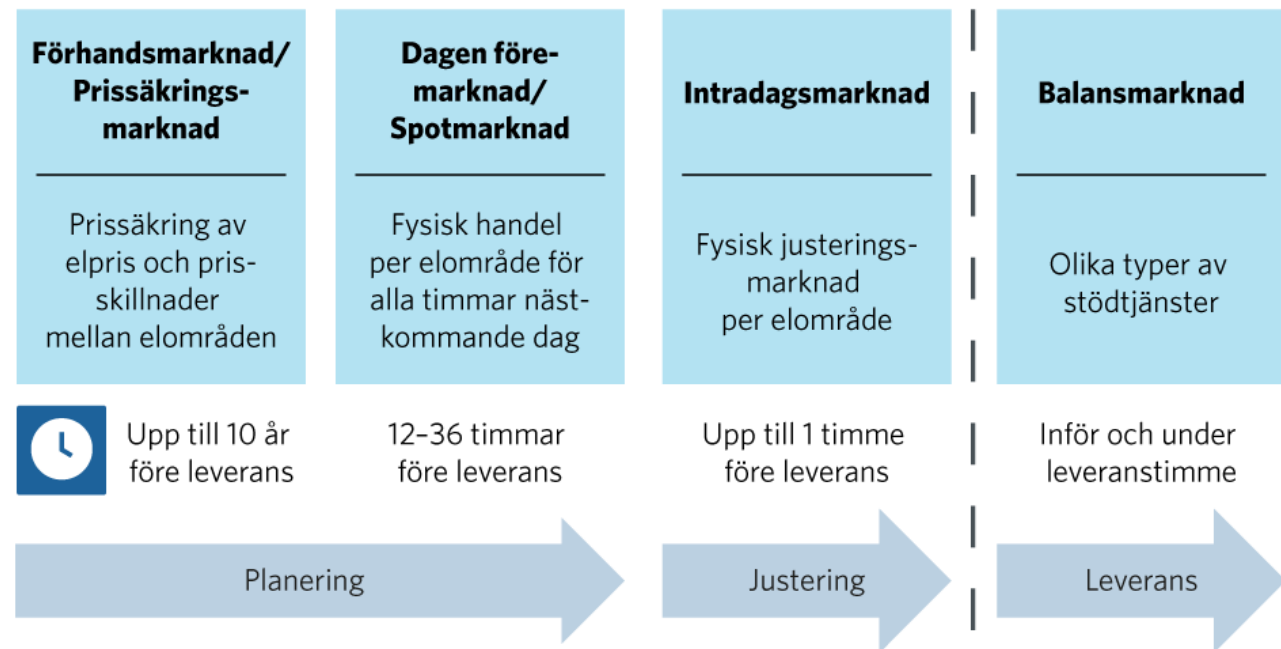


Sätt att handla el

Från föreläsning 7

- El handlas

- Via bilaterala avtal (ca 15 % av elen i Sverige)
- Via NordPool Elspot – timvis dygnet före (ca 85 % av elen)
- Via NordPool Elbas – till en timme före leverans



Uppdaterad 11 oktober 2023

Avhjäljande åtgärd	Frekvenshållningsreserver			Frekvensåterställningsreserver	
FFR	FCR-D upp	FCR-D ned	FCR-N	aFRR	mFRR
<p>Snabb frekvensreserv (Fast Frequency Reserve)</p> <p>Uppreglering</p> <p>Minsta budstorlek 0,1 MW</p> <p>Aktivering Automatiskt vid frekvensförändringar vid låg nivå av rotationsenergi</p> <p>Aktiveringstid Tre alternativ för 100 %: - 0,7 sek (vid 49,50 Hz) - 1,0 sek (vid 49,60 Hz) - 1,3 sek (vid 49,70 Hz)</p> <p>Volymkrav för Sverige Upp till ca 100 MW</p> <p>Uthållighet - Uthållighet: 30 sek alternativt 5 sek - Repeterbarhet: Redo för aktivering inom 15 minuter</p>	<p>Frekvenshållningsreserv -Störning uppreglering (Upward Frequency Containment Reserve - Disturbance)</p> <p>Uppreglering</p> <p>Minsta budstorlek 0,1 MW</p> <p>Aktivering Automatisk linjär aktivering inom frekvensintervallet 49,90-49,50 Hz</p> <p>Aktiveringstid Aktiveringstid för FCR-D upp redovisas i dokumentet med tekniska krav för frekvenshållningsreserver (FCR)</p> <p>Se krav 2 på sida 18</p> <p>Volymkrav för Sverige Upp till 558 MW</p> <p>Uthållighet Uthållighet: Minst 20 min</p>	<p>Frekvenshållningsreserv -Störning nedreglering (Downward Frequency Containment Reserve - Disturbance)</p> <p>Nedreglering</p> <p>Minsta budstorlek 0,1 MW</p> <p>Aktivering Automatisk linjär aktivering inom frekvensintervallet 50,10-50,5 Hz</p> <p>Aktiveringstid Aktiveringstid för FCR-D ned redovisas i dokumentet med tekniska krav för frekvenshållningsreserver (FCR)</p> <p>Se krav 2 på sida 18</p> <p>Volymkrav för Sverige Upp till 538 MW*</p> <p>Uthållighet Uthållighet: Minst 20 min</p>	<p>Frekvenshållningsreserv -Normaldrift (Frequency Containment Reserve - Normal)</p> <p>Symmetrisk upp- och nedreglering</p> <p>Minsta budstorlek 0,1 MW</p> <p>Aktivering Automatisk linjär aktivering inom frekvensintervallet 49,90-50,10 Hz</p> <p>Aktiveringstid Aktiveringstid för FCR-N redovisas i dokumentet med tekniska krav för frekvenshållningsreserver (FCR)</p> <p>Se krav 1 på sida 14 samt krav 9 på sida 28</p> <p>Volymkrav för Sverige 231 MW</p> <p>Uthållighet Uthållighet: 1 h</p>	<p>Automatisk Frekvensåterställningsreserv (Automatic Frequency Restoration Reserve)</p> <p>Upp- och/eller nedreglering</p> <p>Minsta budstorlek 1 MW</p> <p>Aktivering Automatiskt vid frekvensavvikelse från 50,00 Hz</p> <p>Aktiveringstid 100 % inom 5 minuter</p> <p>Volymkrav för Sverige Upp till 111 MW</p> <p>Uthållighet Uthållighet: 1 h</p>	<p>Manuell Frekvensåterställningsreserv (Manual Frequency Restoration Reserve)</p> <p>Upp- och/eller nedreglering</p> <p>Minsta budstorlek Kapacitetsmarknad: 1 MW** Energiaktiveringsmarknad: 5MW</p> <p>Aktivering Manuellt på begäran av Svenska kraftnät</p> <p>Aktiveringstid 100 % inom 15 min</p> <p>Volymkrav för Sverige Kapacitetsmarknad: Upp till 200 MW Energiaktiveringsmarknad: Inga volymkrav</p> <p>Uthållighet Uthållighet: 1 h</p>

* Aktuell upphandlingsplan är lägre än volymkravet då FCR-D ned är en ny produkt sedan januari 2022. Upphandlingsplanen uppdateras kvartalsvis.
Mer information finns på Svenska kraftnäts webbplats: www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/behov-av-reserver-nu-och-i-framtiden/

** Ett avropat bud på kapacitetsmarknaden innebär ett åtagande om att lämna bud på energiaktiveringsmarknaden.

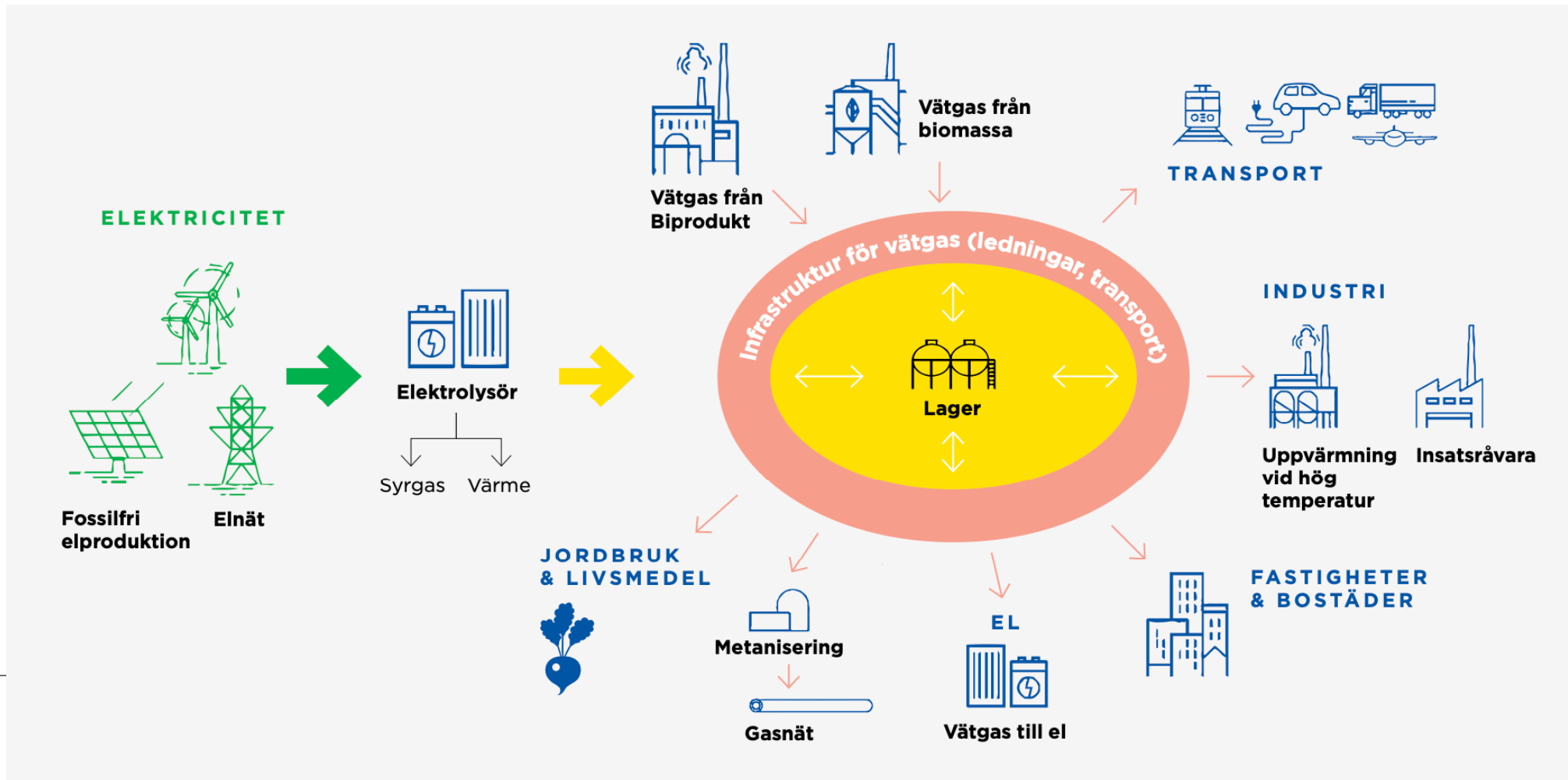
För mer utförlig information om kraven, se Balansansvarsavtal och tillhörande regeldokument. De finns för nedladdning på Svenska kraftnäts webbplats: www.svk.se/aktorsportalen/balansansvarig/balansansvarsavtalet/

3. Vätgas och bränsleceller

Elektrobränslen

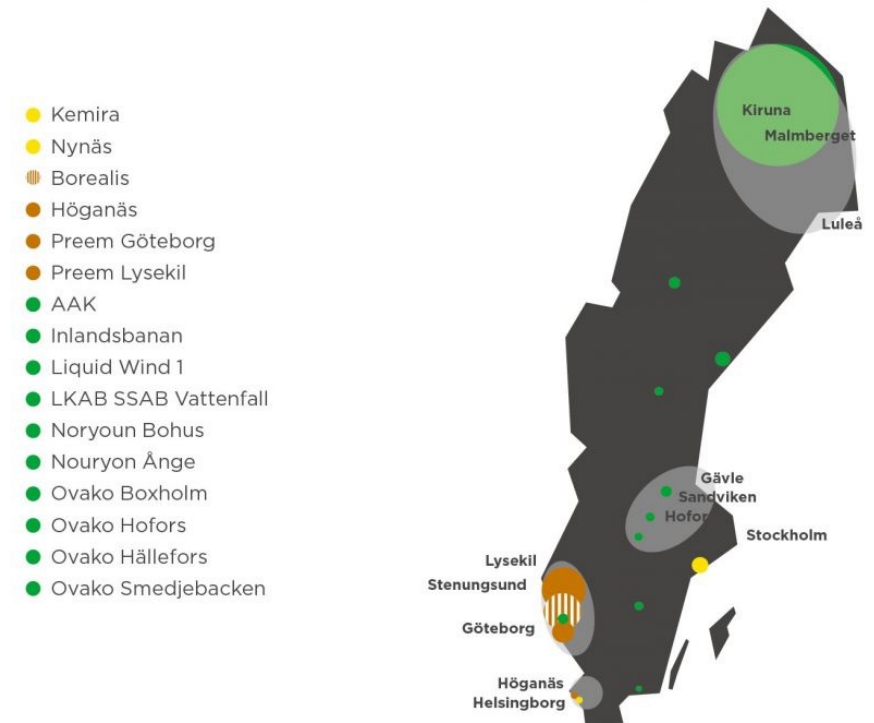


Vätgasens värdekedja



Vätgasplaner i Sverige

- HYBRIT:s satsning på fossilfritt stål med vätgas som reduktionsmedel, och LKAB:s stora industrialisering av samma teknik för koldioxidfri järnsvamp.
- Ovako förbereder nästa demonstrationssteg för ståluppvärmning med hjälp av fossilfri vätgas.
- Både Scania och Volvo AB investerar i utveckling av vätgasdrivna lastbilar.
- Perstorps satsning "Project Air", där de tillsammans med Fortum och Uniper utvecklar en unik process för hållbar metanoltillverkning genom att kombinera CCU (Carbon Capture and Utilization) och förgasning.
- Preem och St1 planerar ökad biodrivmedelsproduktion med hjälp av fossilfri vätgas.
- St1, Liquid Wind och Jämtkraft förbereder sig för olika satsningar inom elektrobränslen.
- Nouryon har planer på att ersätta den fossila vätgasen med fossilfri vätgas för sin väteperoxidproduktion.



Vätgasfakta

- 1 TWh vätgas=1000 GWh vätgas=333 333 333 Nm³ vätgas=30 000 ton vätgas
- En elektrolysör med en verkningsgrad på 65 procent behöver 1,54 TWh el för att producera 1 TWh vätgas.
- Att producera 1 TWh vätgas på ett år kräver en elektrolysör med 180 MW eleffekt, givet drifttiden 8400 timmar. Elektrolysören har då en effekt om 120 MW vätgas, dvs 0,65 MW vätgas/MW el, i enlighet med verkningsgraden 65 procent.
- Vätgas kan produceras från reformering av fossila bränslen (naturgas, kol), biomassa (fast biobränsle, organiskt avfall, biogas), och genom elektrolys från el som spjälkar vatten.
- Vid elektrolys av vatten produceras vätgas, syrgas samt värme.
- Det finns idag i huvudsak tre olika elektrolystekniker för produktion av vätgas från vatten: alkalisk elektrolys (ALK), elektrolys med protonbytarmembran (PEM) samt högttemperaturelektrolys (SOEC), varav de två förstnämnda finns i industriell skala på den kommersiella marknaden.
- Begreppet »förnybar vätgas« används om vätgas producerad från förnybar energi eller råvara. Om även vätgas som härstammar från kärnkraftsel inkluderas är benämningen »fossilfri vätgas«
- Vätgas kan lagras i komprimerad (cirka 150 - 500 bar) eller i förvätskad form (-253 grader C) ovan jord eller i underjordiska vätgaslager (bergrum).
- Vätgas kan distribueras via gasledning eller väg-/ tåg-/sjötransport. Vätgasen som distribueras i Sverige idag sker uteslutande på väg i komprimerad form.

Vätgas produktion - Elektrolys

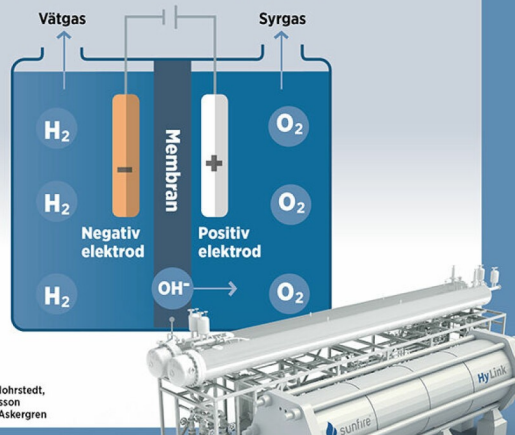
1 Alkaliska elektrolysörer (ALK):

Egenskaper: Vatten reagerar med elektroner och bildar vätgas och hydroxidjoner vid den negativa elektroden. Jobbar i cirka 80 grader Celsius.

Verkningsgrad cirka 60-65 procent.

Fördelar: Välbeprövad teknik. Lång livstid. Behöver inte dyra metaller som i PEM.

Nackdelar: Kräver jämn drift. Kan inte drivas direkt av intermittenta energikällor.



Fakta: Linda Nohrstedt, Johan Kristensson
Grafik: Jonas Askergren

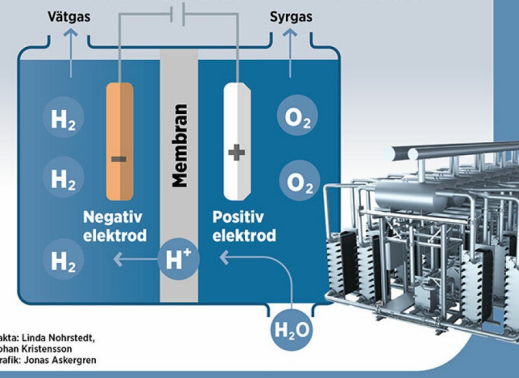
2 Protonutbytesmembran (PEM):

Egenskaper: Elektrolyt i fast form. Positivt laddade vätejoner rör sig genom elektrolyten, reagerar med elektroner och bildar vätgas. Jobbar i 70-90 grader Celsius.

Verkningsgrad cirka 70-80 procent.

Fördelar: Ger en mycket ren vätgas. Har ingen korrosiv elektrolyt. Kan hantera högre strömtäthet och mer varierande spänning än den alkaliska elektrolysören och lämpar sig därför bra för till exempel vindkraft.

Nackdelar: Dyrare än alkaliska elektrolysörer. Behöver dyra metaller som iridium och platina.



Fakta: Linda Nohrstedt, Johan Kristensson
Grafik: Jonas Askergren

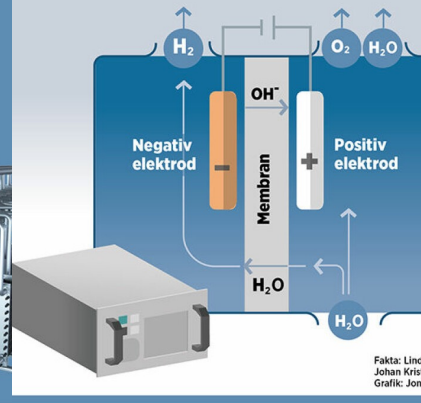
3 Anjonutbytesmembran (AEM):

Egenskaper: Vatten tränger igenom membranet och delas upp i hydroxidjoner och vätejoner vid den negativa elektroden, där vätgas bildas. Hydroxidjonerna transporteras tillbaka genom membranet till den positiva elektroden.

Verkningsgrad cirka 70-80 procent.

Fördelar: Ska förena hög prestanda med låg kostnad. Ger mycket ren vätgas. Behöver inte dyra ädelmetaller. Ska klara varierande driftförhållanden.

Nackdelar: Obeprövad teknik. Tidigt i kommersialiseringssfasen. Oklar livslängd.



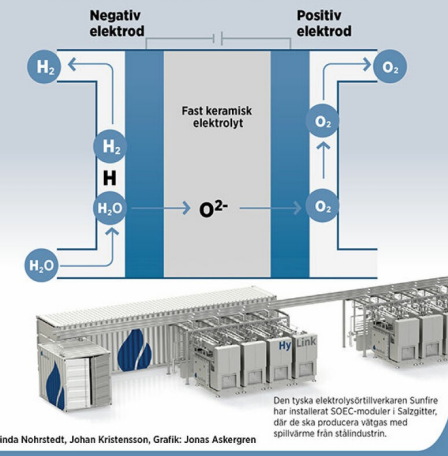
Fakta: Linda Nohrstedt, Johan Kristensson
Grafik: Jonas Askergren

4 Högtemperatur-elektrolys (SOEC):

Egenskaper: Fast keramisk elektrolyt. Vatten reagerar med elektroner och bildar vätgas. Negativt laddade syrejoner (O²⁻) frigörs och transporteras genom elektrolyten. Jobbar i cirka 600-900 grader Celsius.

Fördelar: Kan nå mycket hög verkningsgrad, cirka 90-100 procent, förutsatt att man har tillgång till spillvärme. Kräver inga ädelmetaller.

Nackdelar: Obeprövad teknik, i demonstrationsfas. Kräver värmeförsörjning. Relativt kort livslängd. Hög kostnad.



Fakta: Linda Nohrstedt, Johan Kristensson, Grafik: Jonas Askergren

Den tyska elektrolysföretaget Sunfire har installerat SOEC-moduler i Salzgitler, där de ska producera vätgas med spillvärme från stålindustrin.

Vätgas är ganska svårt att lagra

- Gasen är flyktig
- Kryper genom porer i metallbehållare
- Kompositmaterial i fordonstankar

Vätgasanvändning

- El via bränsleceller
- Förbränning i gasturbiner
- Förbränning i förbränningsmotorer

- Bränsleceller i separat presentation.

TSFS 17 Elkraftsystem

Föreläsning

<https://isy.gitlab-pages.liu.se/fs/courses/TSFS17/>

Lars Eriksson, Professor
ISY, Fordonssystem