



# CIN<sup>e</sup>LDI

Centre for intelligent electricity distribution  
- to empower the future Smart Grid



Norwegian Centre for  
Environment-friendly  
Energy Research

## Hvordan kan AMS-data gi nye tall på tilknytningskapasiteten i nettet?

7. sep. 2023

Ivar Bjerkebæk, SINTEF Energi AS



# Transisjonsstrategien

- Første del av et større, sammenhengende case.
- Caset skal illustrere utviklingen av nettet frem mot 2030-40.
- Caset skal ta utgangspunkt i kunnskap og forskningsresultater i CINELDI, og vise hvordan disse kan tas i bruk.



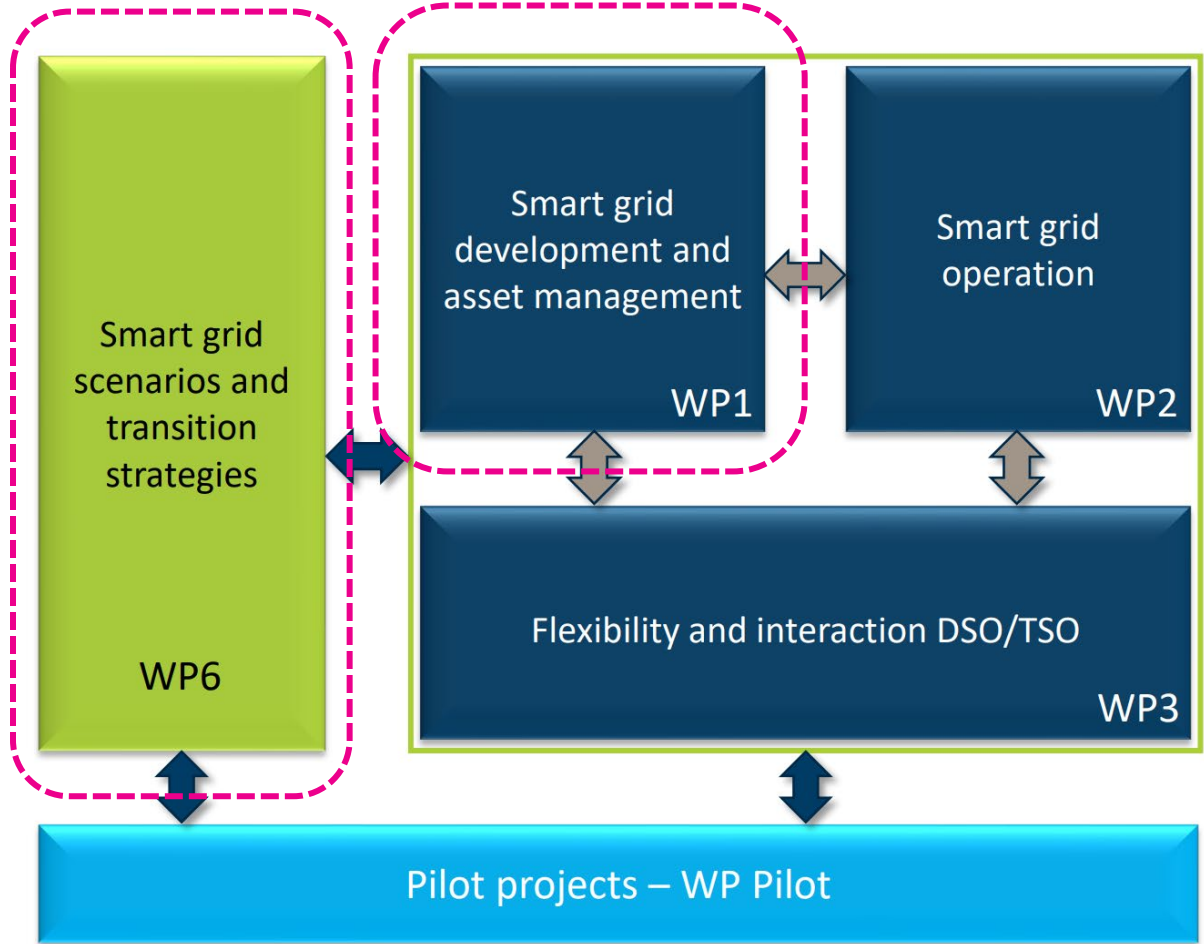
# Kartlegging av Kapasitet

Første steg er å kartlegge tilknytningskapasiteten i eksisterende nett

- På en systematisk og automatisert måte
- Ved å bruke informasjon om forbruket til eksisterende kunder i form av AMS-data

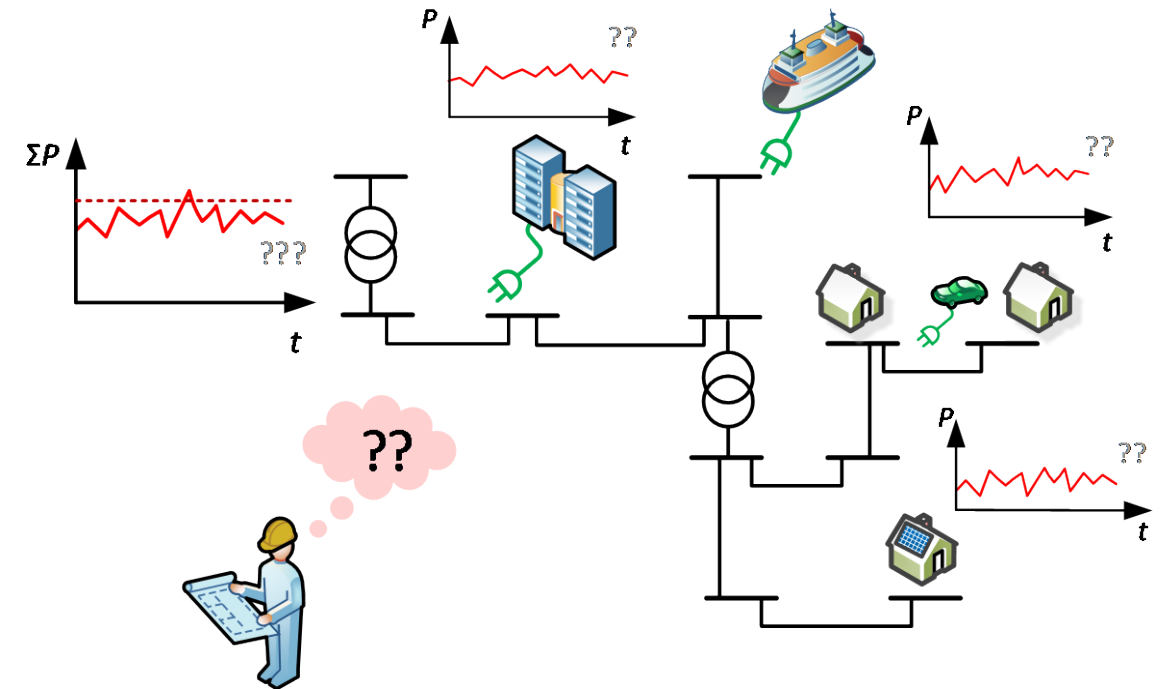


# Work Packages



# IPN FORSEL

**Forsert elektrifisering gjennom tilknytning til nettet med vilkår og leveringspålitelighet tilpasset ulike nettkunder**



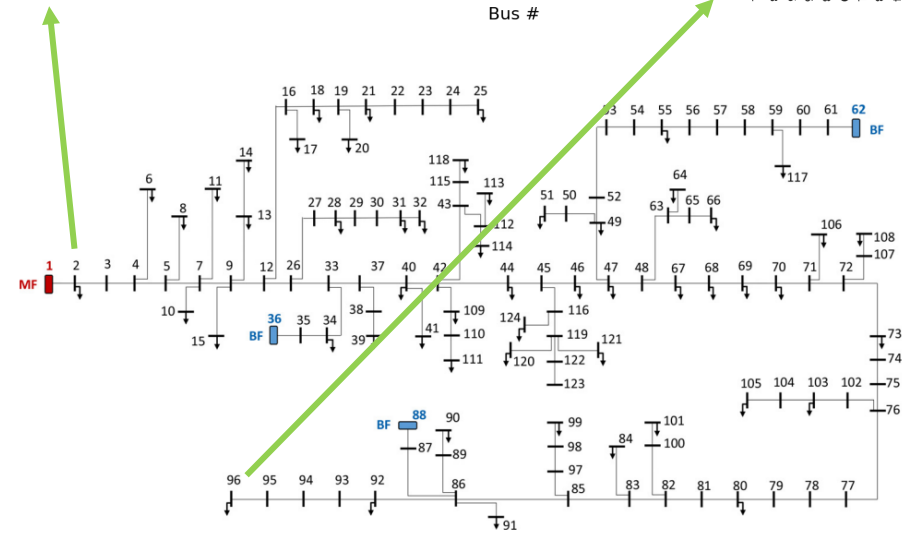
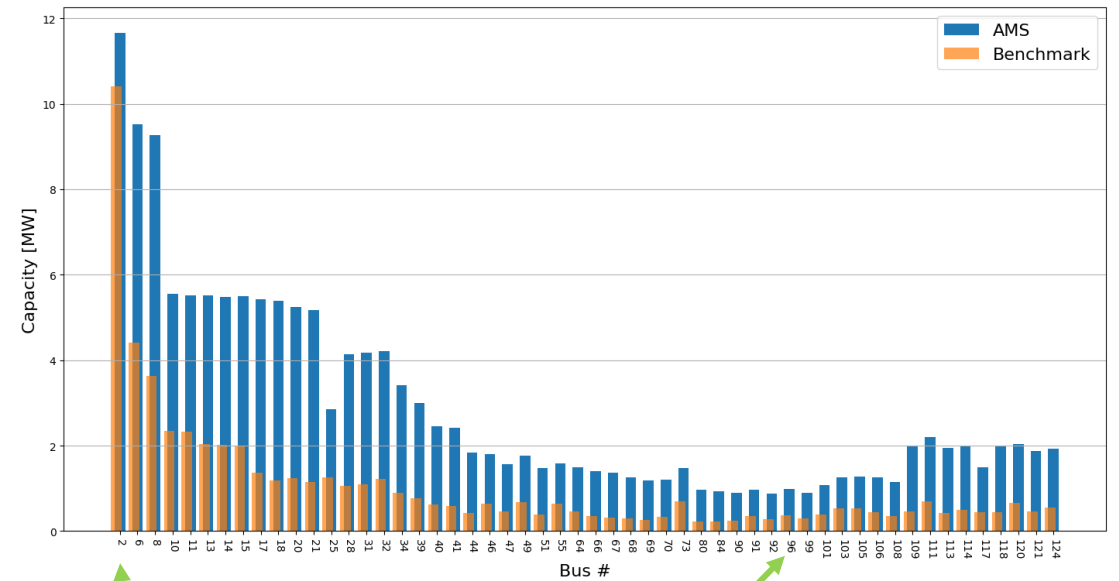
Prosjekteier: REN

FoU-leverandør: SINTEF Energi

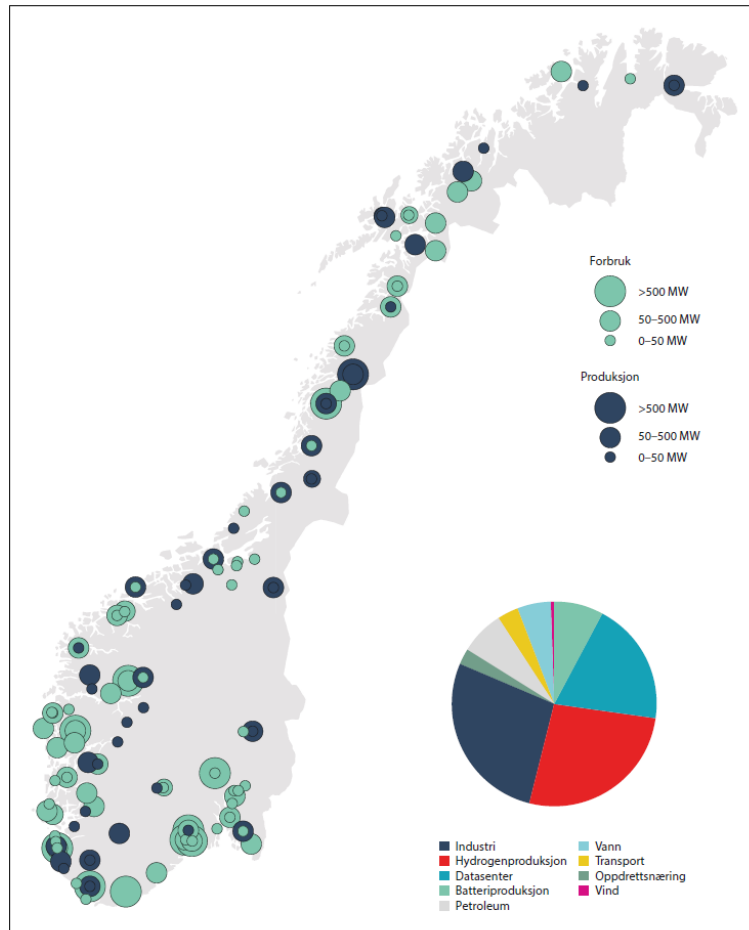
Prosjekttype: Innovasjonsprosjekt for næringslivet (IPN)

# Kapasitetskartet

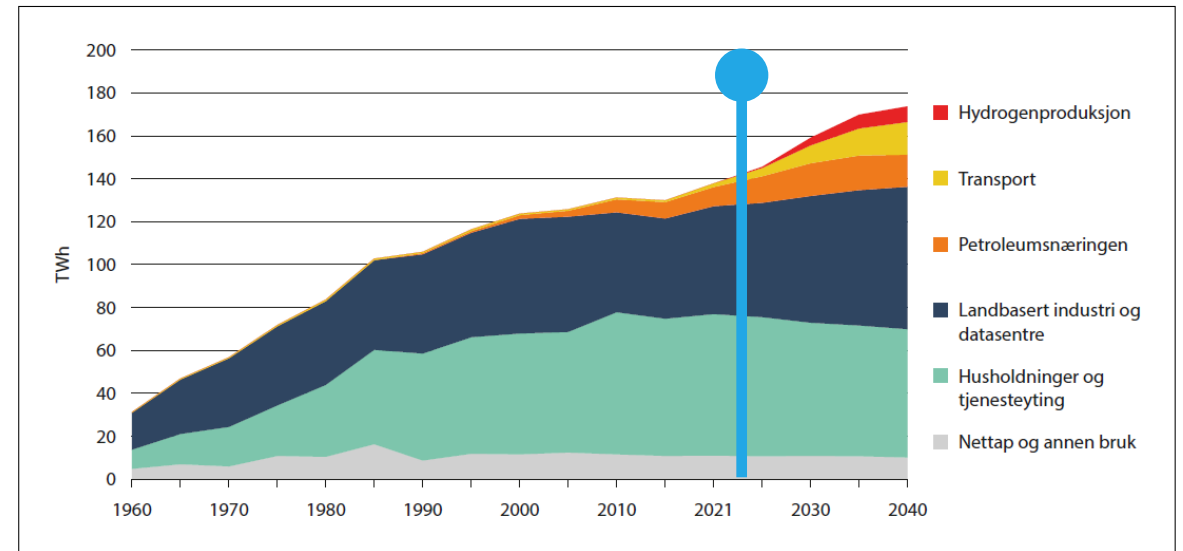
- Angir ledig kapasitet på hvert enkelt lastpunkt.
- Referansenettet i CINELDI er brukt som eksempel
- Kommer tilbake til beregningsmetode og resultater



# Tilknytningsforespørsler



Figur 5.3 Tilknytningsøknader for nytt forbruk og ny produksjon 2018 til høsten 2021  
Kilde: Statnett (2021)



Figur 5.2 Historisk og forventet utvikling i kraftforbruk

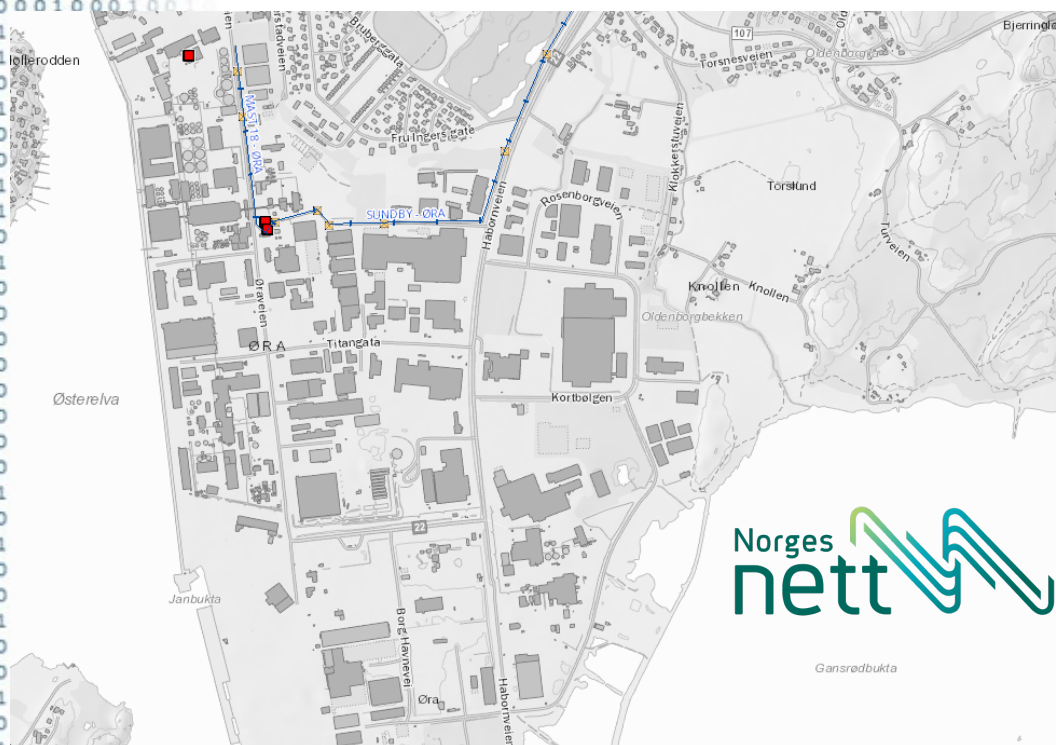
Kilde: SSB (2022) og NVE (2021)

Source: Strømnettutvalget, 'Nett i tide – om utvikling av strømmettet' [Official Norwegian Report about the development of the power grid], Oslo, NOU 2022:6, 2022. [Online]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2022-6/id2918464/>



# Nett-kapasitet og Elektrifisering

## Øra Industriområde



Tekjobb Nyhetsbrev Video

Innlogget Meny

## Først i verden med CO<sub>2</sub>-fri gipsproduksjon

I Fredrikstad ferdigstiller Gyproc i disse dager de siste finjusteringer for en produksjonslinje som fjerner 16.000 tonn CO<sub>2</sub>-utslipp.



Bjørn Olsen og Gyproc har elektrifisert produksjonen av gipsplater. Det har krevd 140 millioner kroner og 28 megawatt. Foto: Joachim Seehusen



Joachim Seehusen

3. mai 2023 - 13:28



# Nett-kapasitet og Elektrifisering

TU Tekjobb Nyhetsbrev Video Innlogget Meny

**ENERGI**

## Den ene får strøm, den andre må vente i årevis

Norge har to gipsprodusenter som konkurrerer om det samme markedet. Den ene har tilgang til strøm og har elektrifisert hele produksjonen, den andre må vente i seks år.



Fabrikksjef Håkon Nyberg (Tv) og Norgips-sjef Christian Stålem i produksjonshallen der flytende gips strømmer ut. Begge ønsker å elektrifisere produksjonen, men strøm er rett og slett ikke tilgjengelig for gipsprodusenten. Foto: Joachim Seehusen

Joachim Seehusen

8. mai 2023 - 04:58 | Endret 8. mai 2023 - 09:39

TU Tekjobb Nyhetsbrev Video Innlogget Meny

## Først i verden med CO<sub>2</sub>-fri gipsproduksjon

I Fredrikstad ferdigstiller Gyproc i disse dager de siste finjusteringer for en produksjonslinje som fjerner 16.000 tonn CO<sub>2</sub>-utslipp.



Bjørn Olsen og Gyproc har elektrifisert produksjonen av gipsplater. Det har krevd 140 millioner kroner og 28 megawatt. Foto: Joachim Seehusen

Joachim Seehusen

3. mai 2023 - 13:28



# Driftsmessig Forsvarlig (DF)

Tilknytningskapasiteten i eksisterende nett må bestemmes av hva som er driftsmessig forsvarlig

Med driftsmessig forsvarlig menes at tilknytningen ikke går ut over leveringskvaliteten til eksisterende kunder. Det betyr at spenningsgrenser gitt av forskrift om leveringskvalitet må opprettholdes i underliggende og tilgrensende nett. I tillegg skal ikke overføringsgrenser (strømgrenser) for komponenter i tilgrensende og overliggende nett overskrides.

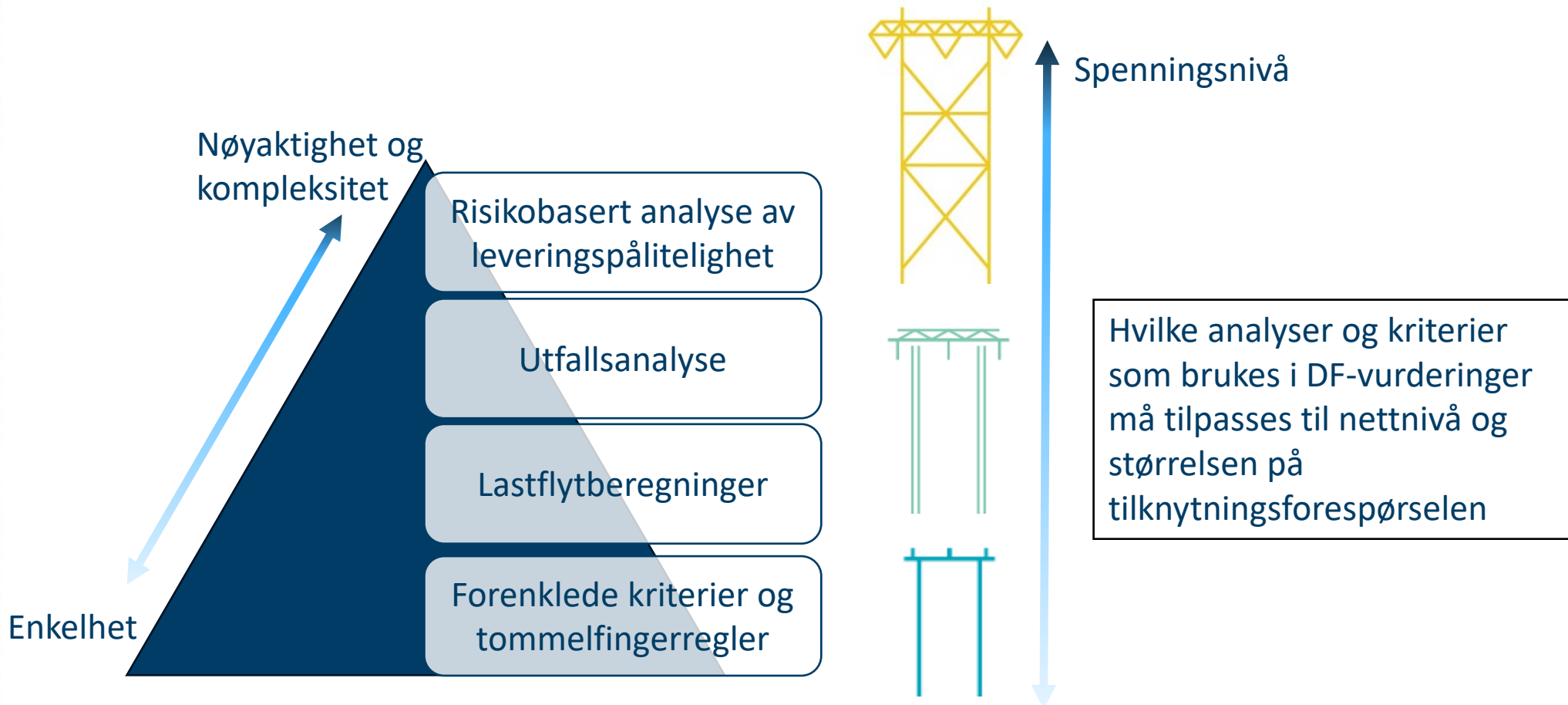
Kilde: NVE/RME



**Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet.**



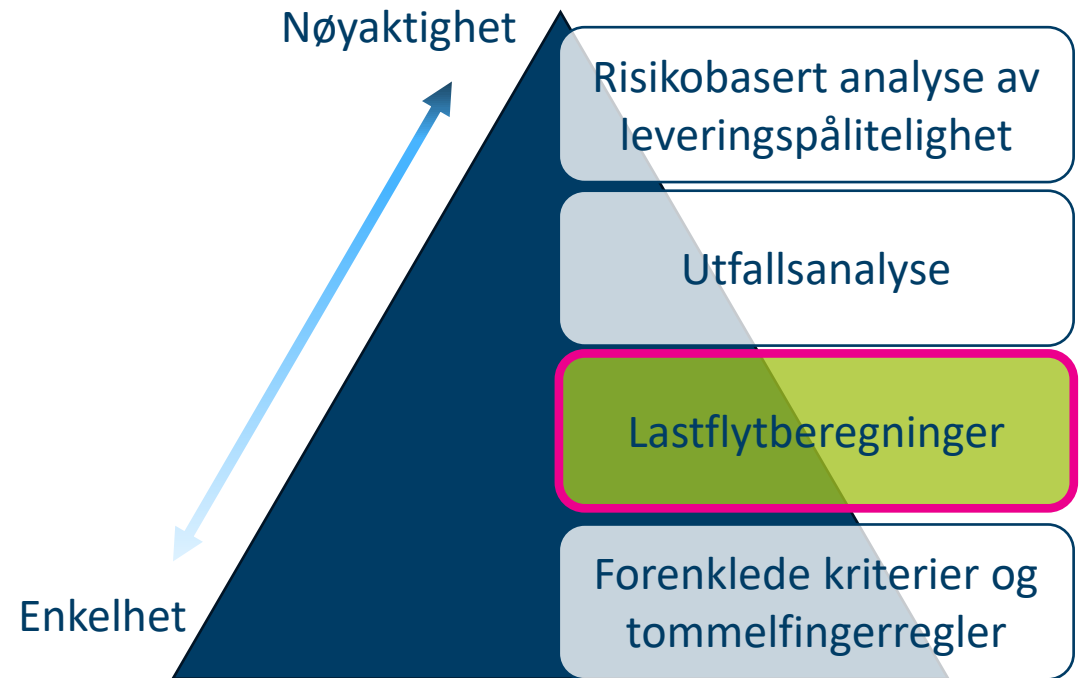
# Kriterier for Driftsmessig Forsvarlighet



# Valg av DF-definisjon

## For det aktuelle caset – Et 22kV radielt distribusjonsnett

- Nedre spenningsgrense 0.95 p.u.
- Overholde termiske grenser på komponenter
- Analysen baseres på AC-lastflytberegninger
- Analyserer **ikke** leveringspålidelighet, verken konsekvensbasert (e.g. N-1) eller risikobasert (e.g. forventet ikke-levert energi)





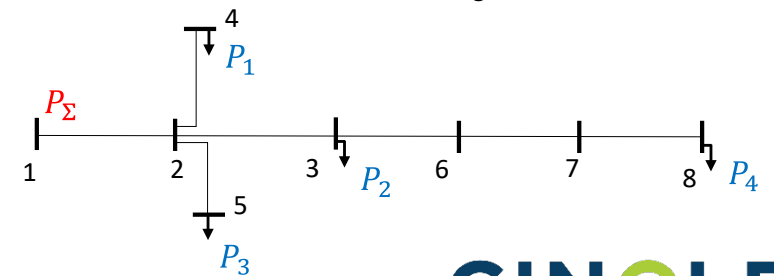
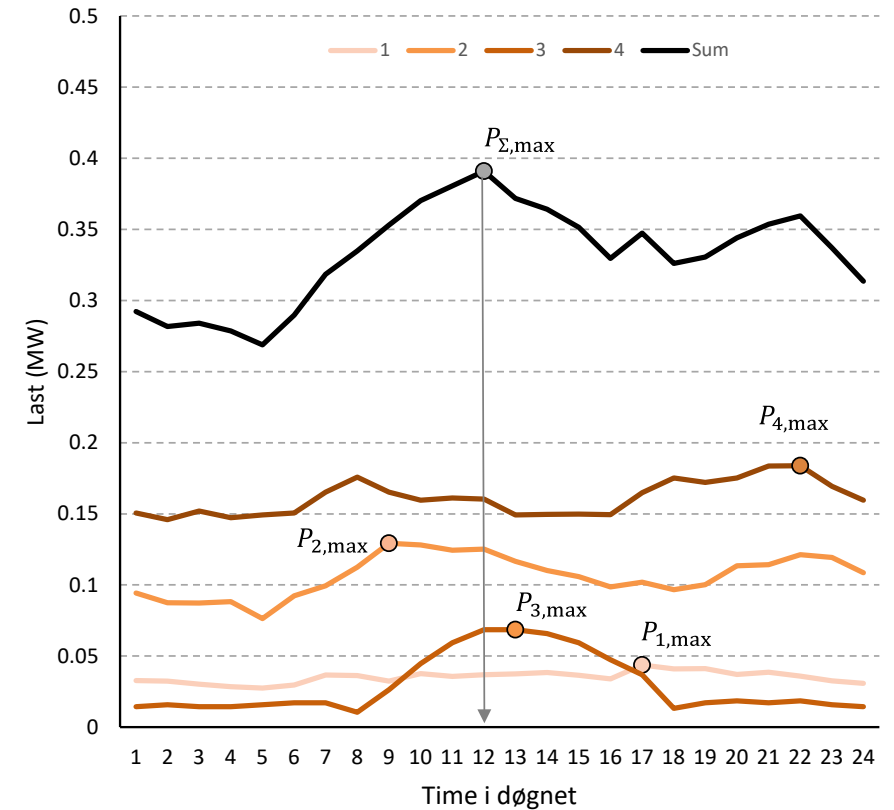
# Dimensjonerende Driftstilstand

- I tillegg til valgte DF-kriterier, baseres beregning av tilknytningskapasitet på en **dimensjonerende driftstilstand**
- Med driftstilstand menes en kombinasjon av last (og evt. Produksjon) på alle noder i nettet.
- Dimensjonerende driftstilstand er den driftstilstanden som gir maksimal belastning på systemet.
- Dimensjonerende driftstilstand er en **forventet fremtidig topplastsituasjon** innenfor en gitt tidsperiode.



# Samtidighet og Sammenlagring

- Antakelser om sammenlagring av last er avgjørende for å bestemme dimensjonerende driftstilstand
- Det har tidligere vært forvirring rundt begrepene *sammenlagringsfaktor* og *samtidighetsfaktor*



# Samtidighetsfaktor

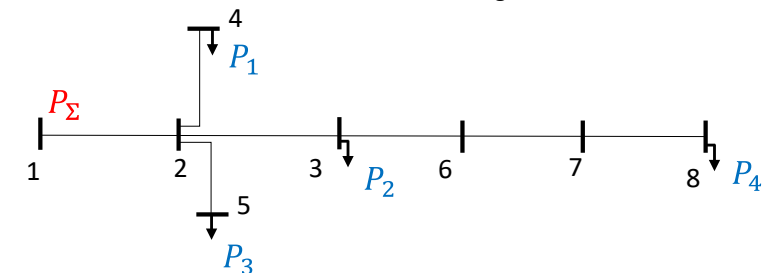
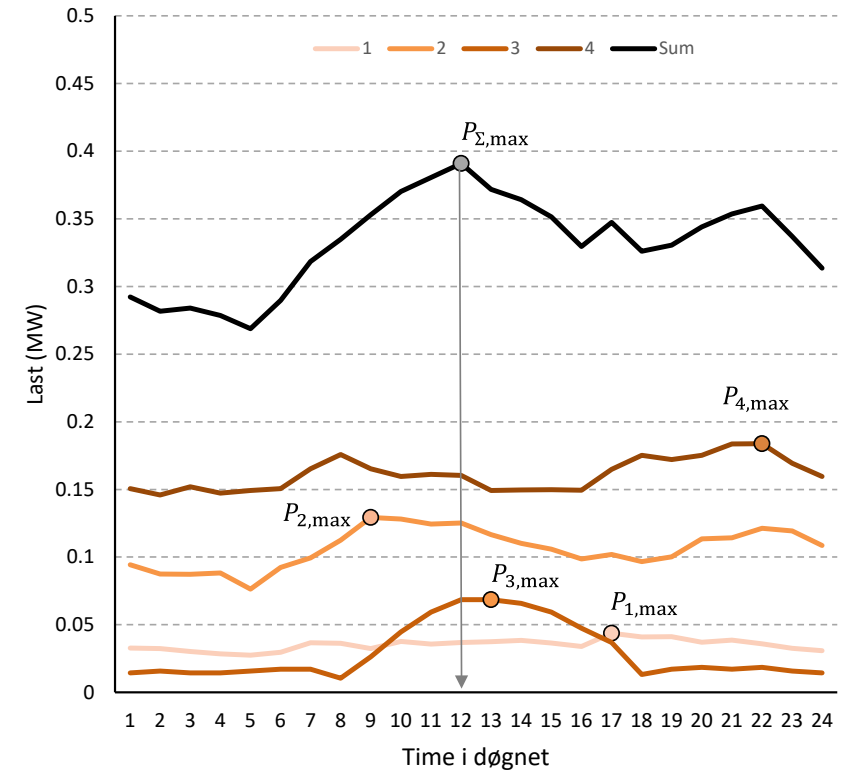
$$\alpha = \frac{\text{Maksimal belastning på et knutepunkt i nettet}}{\text{Summen av makslasten til de enkelte lastene som bidrar i knutepunktet}}$$

$$\alpha = \frac{P_{\Sigma, \max}}{\sum_i P_{i, \max}}$$

Gjelder for en gruppe med kunder/laster.

## Kilder

- 1) K. Byskov Lindberg, S. Krekling Lien, and A. J. Petersen, "Samtidighet og sammenlagring COFACTOR-rapport," 2022.
- 2) SINTEF Energy Research, "Fastlegging av belastninger ved analyser av lavspenningsnett," in *Planleggingsbok for kraftnett*, REN / SINTEF Energy Research, 2014.



# Sammenlagringsfaktor

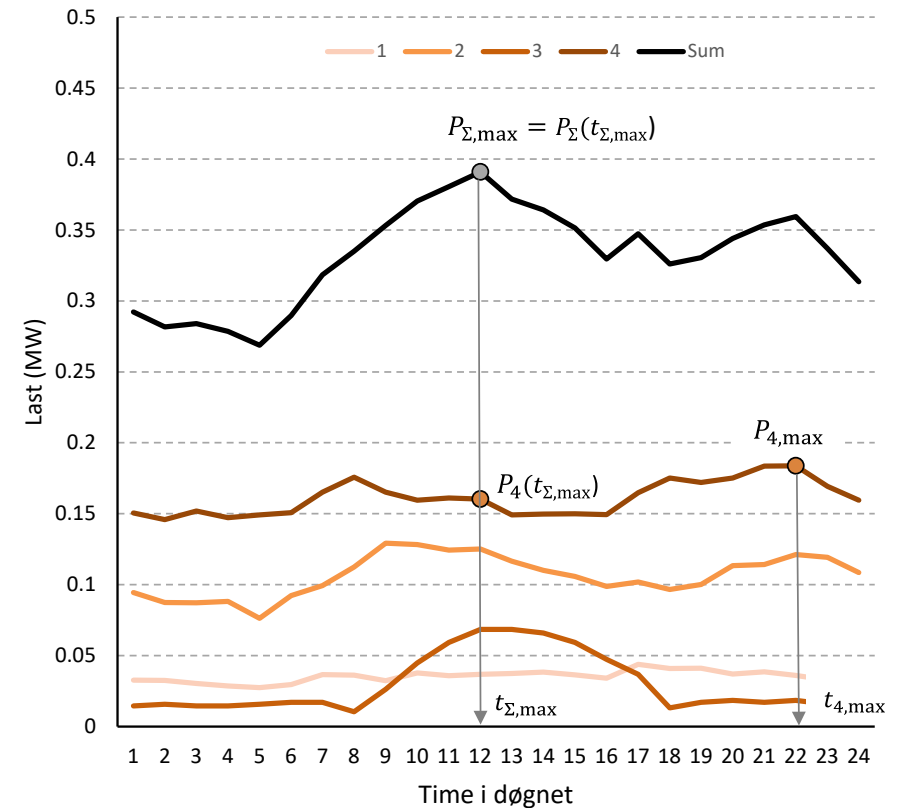
$$s_i = \frac{\text{Lastbidraget når makslasten til gruppen inntreffer}}{\text{Makslasten til det individuelle lastbidraget}}$$

$$s_i = \frac{P_i(t = t_{\Sigma, \max})}{P_{i, \max}}$$

Gjelder for en enkelt last/kunde

## Kilder

- 1) K. Byskov Lindberg, S. Krekling Lien, and A. J. Petersen, "Samtidighet og sammenlagring COFACTOR-rapport," 2022.
- 2) SINTEF Energy Research, "Fastlegging av belastninger ved analyser av lavspenningsnett," in *Planleggingsbok for kraftnett*, REN / SINTEF Energy Research, 2014.

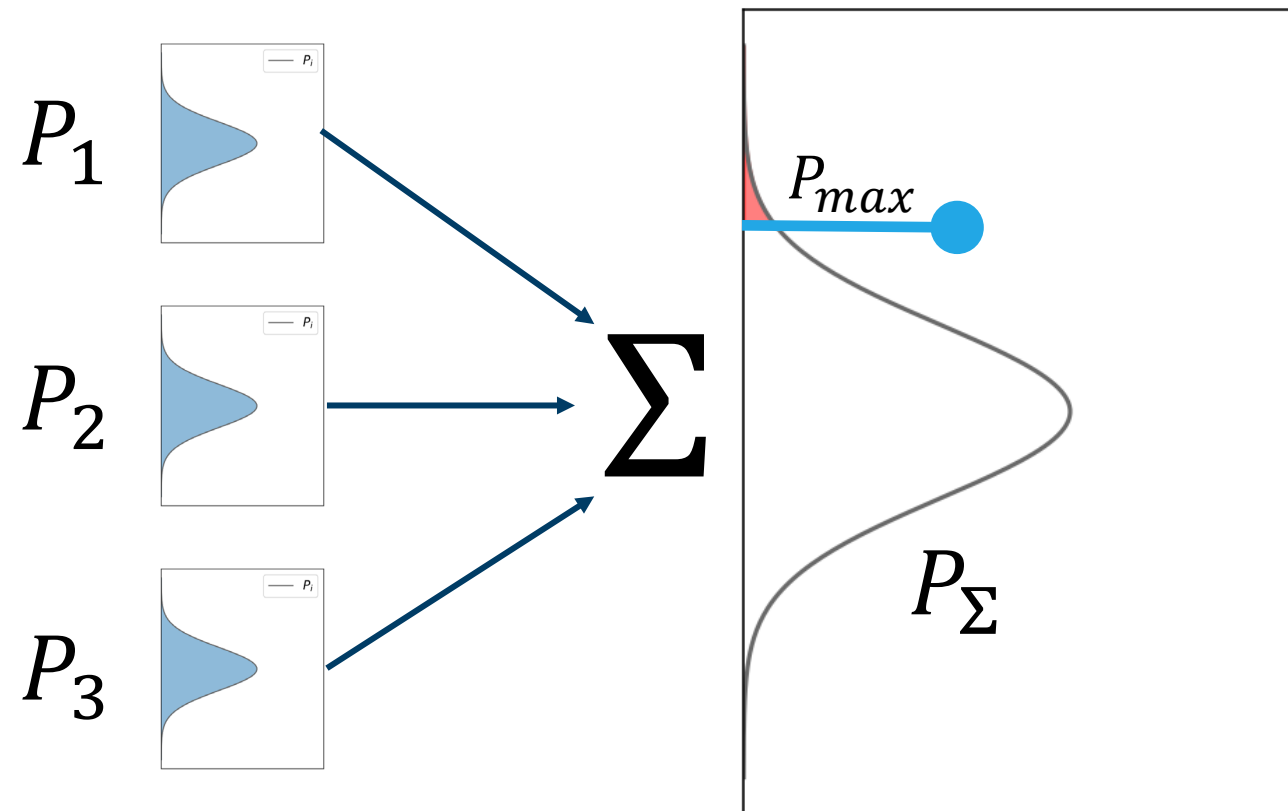




# Velanders Formel for Beregning av Maksimal Belastning

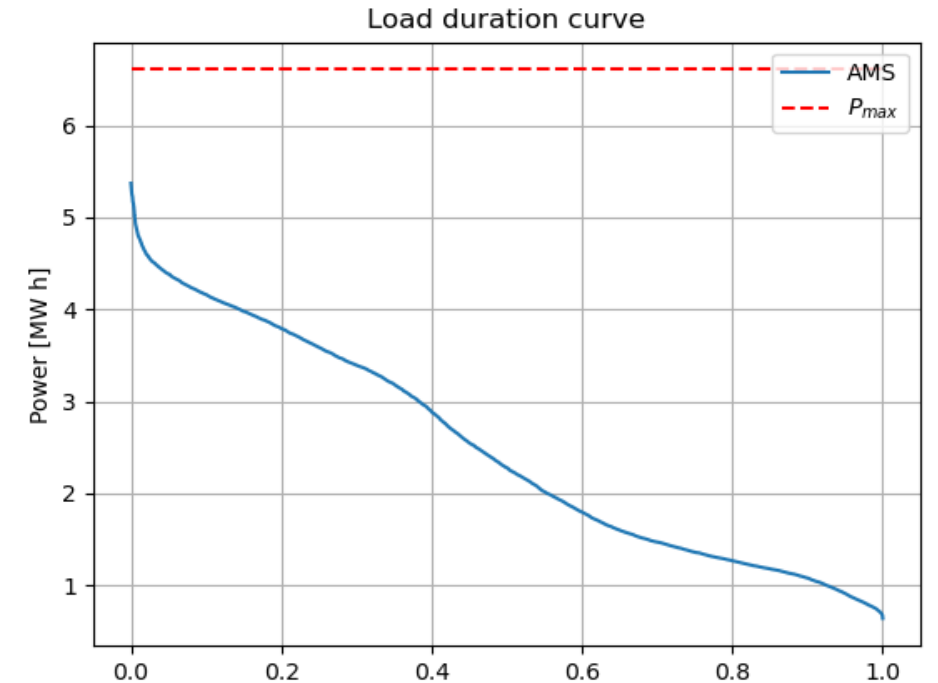
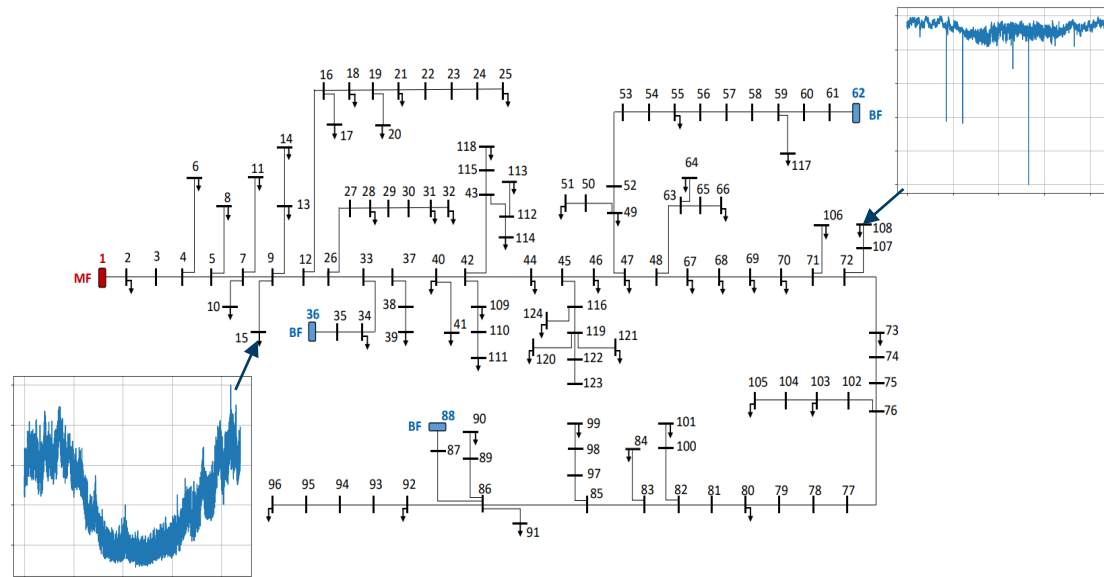
$$P_{max} = k_1 W + k_2 \sqrt{W}$$

- Velanders formel er en metode for å beregne maksimal belastning for en kundegruppe som tar hensyn til sammenlagring på en forenklet måte.
- Antar at totallasten er en sum av uavhengige normalfordelte enkeltlaster. Maksimalbelastningen bestemmes ved å regne ut en øvre persentil e.g. 99% fra totallastens fordeling.
- Fungerer kun for ensartede kundegrupper.
- Trenger årlig energiforbruk til kundene, og «Velanderkoeffisienter».
- Resultatene er sterkt avhengige av Velanderkoeffisientene, og referanseverdier for disse er utdaterte.





# Last og AMS-Data i Referansenettet

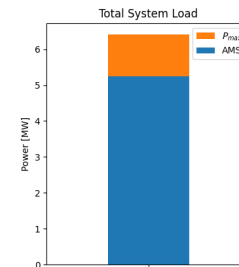
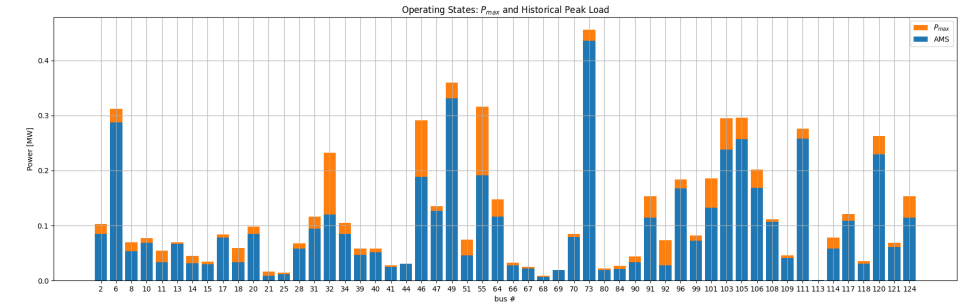


Varighetskurve for total systemlast



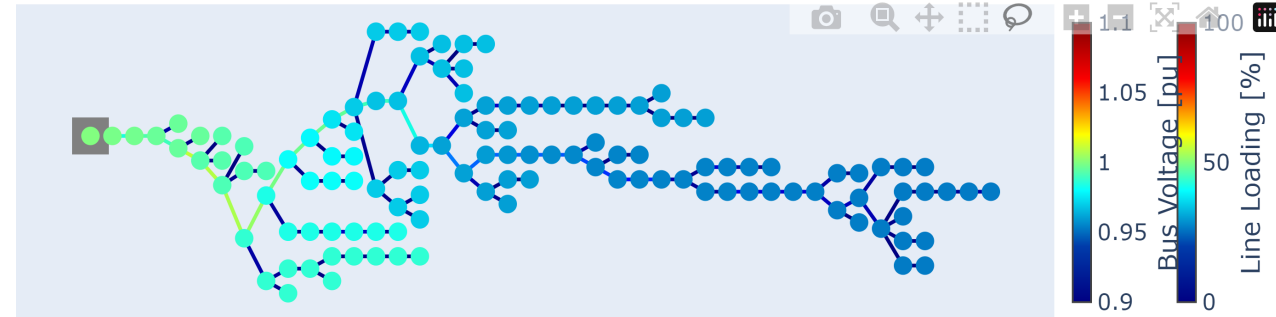
# Last og AMS-Data i Referansenettet

- Basert på lastdata defineres to ulike dimensjonerende driftstilstander
- Den første driftstilstanden tar ikke hensyn til sammenlagring, og er gitt ved makslasten til de individuelle lastpunktene
  - Denne representerer et konservativt valg, og hvordan maksimal belastning ble fastsatt før AMS-data var tilgjengelig
- Den andre driftstilstanden er gitt ved maksimal historisk last fra AMS-data og tar hensyn til sammenlagring.
- Historisk høyeste last fra AMS er 5.23MW, uten sammenlagring blir makslasten 6.41MW. Dette gir en samtidighetsfaktor på 0.82.



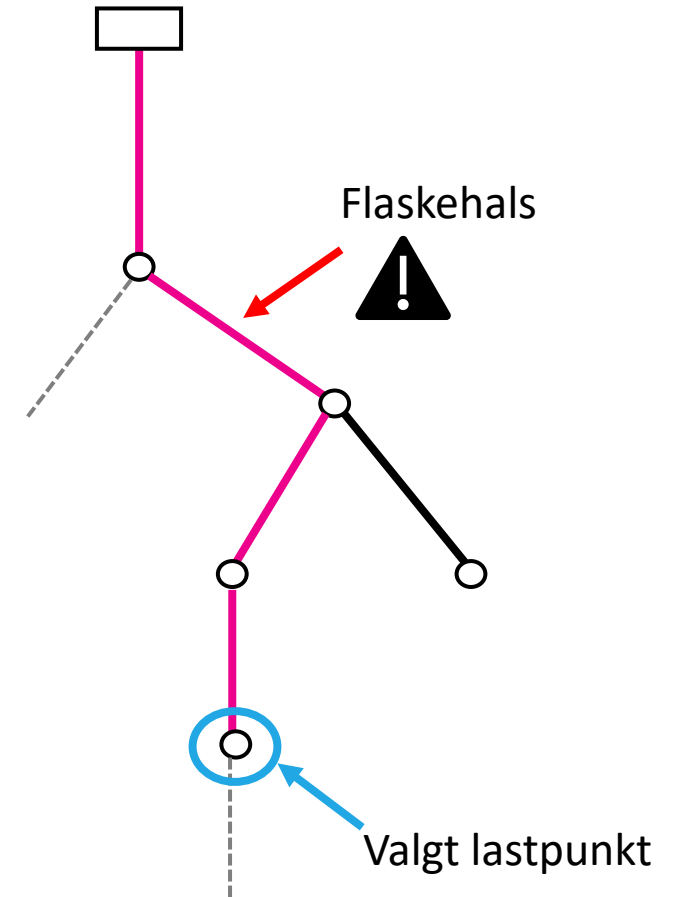
# Metode for Beregning av Ledig Tilknytningskapasitet

- Finner den maksimale lasten på et lastpunkt som kan tillates uten at det oppstår overlast eller spenningsproblem noe sted i nettet i den dimensjonerende driftstilstanden.
- En automatisert metode som kombinerer AC lastflytberegninger med en iterativ numerisk løser.
- Fungerer for radielle nett



# Metode for Beregning av Ledig Tilknytningskapasitet

- Finner først alle komponentene på stien som leder til hovedtransformatoren i nettet.
- Finner så flaskehalskomponenten langs stien som har lavest ledig overføringskapasitet.
- Øker lasten i punktet tilsvarende den ledige overføringskapasiteten i flaskehalsen
  - På grunn av elektriske tap fører dette til overlast
- Dette gir et løsningsintervall for den ledige kapasiteten og en numerisk metode brukes for å finne løsningen på dette intervallet.
- Dersom løsningen gir spenningsproblem repeteres prosessen, men finner spenningsbegrenset kapasitet.



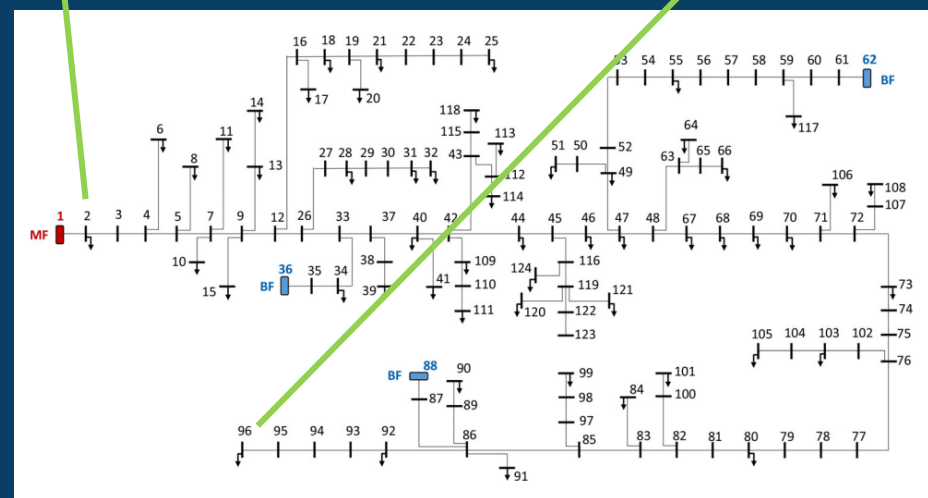
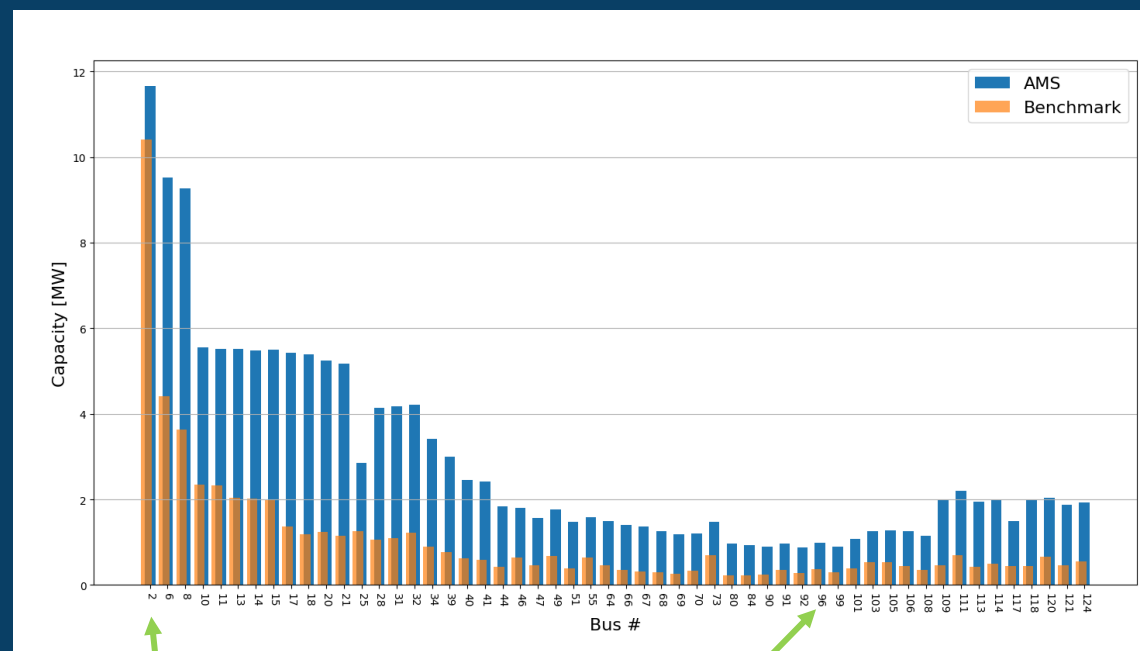
# Inngangsdata

Datatype	Beskrivelse
Topologi	Datastrukturer som nummererer alle komponenter i nettet: linjer, transformatorer, samleskinner og laster. Og den topologiske tilknytningen til disse komponentene.
Impedans	Resistans og reaktans for linjer og transformatorer.
Termiske grenser	Termiske grenser for transformatorer og komponenter. Enten gitt i effekt, eller strøm.
Spenningsgrenser	Maksimum og minimum spenningsgrenser i nettet.
Dimensjonerende driftstilstand	Aktiv og reaktiv effekt på alle noder i den dimensjonerende driftstilstanden, alternativt aktiv effekt og effektfaktor.



# Resultater

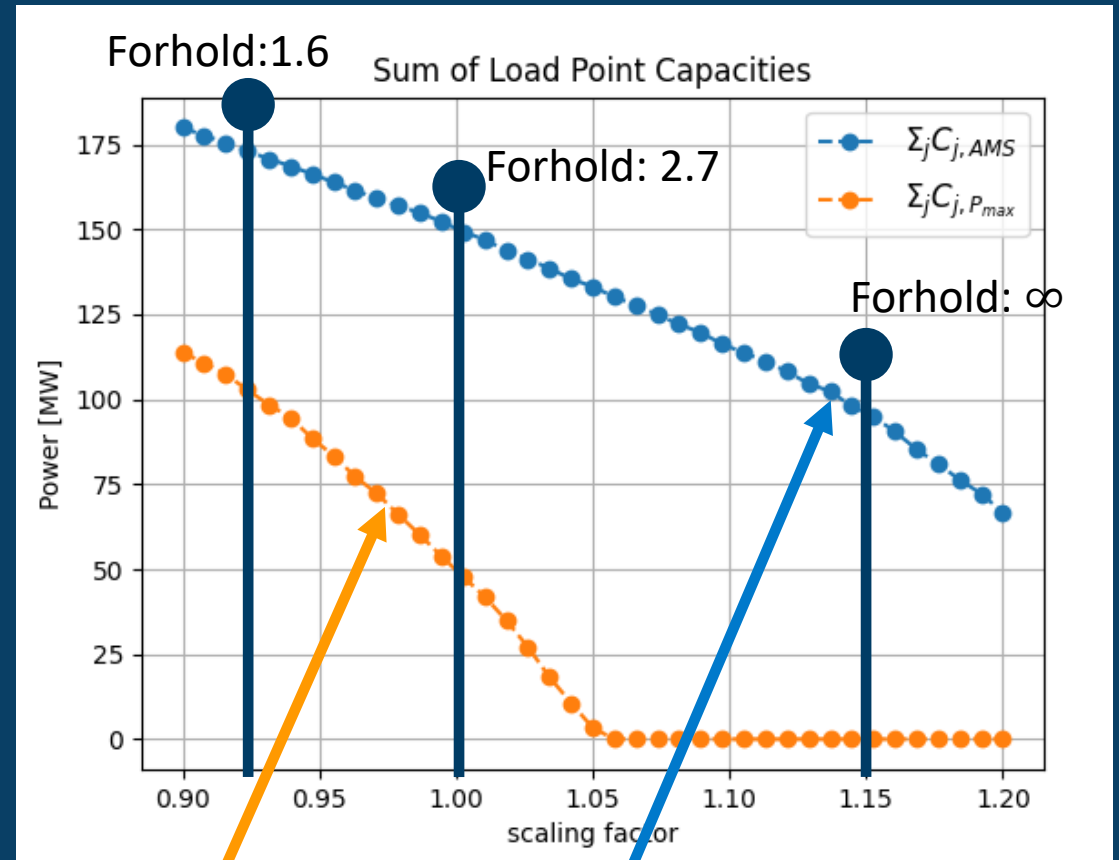
- Dimensjonerende driftstilstand fra AMS gir konsekvent større ledig tilknytningskapasitet enn benchmark uten sammenlagring.
- For samleskinne 2 er tilknytningskapasitet begrenset av termisk kapasitet på linja til hovedtransformatoren. For alle andre lastpunkt er spenningsgrensen på 0.95p.u. den begrensende faktoren.
- Kapasiteten avtar betraktelig lengst ute på radialene hvor den elektriske distansen er stor.
- I dette eksempelet blir beregnet tilknytningskapasitet gjennomsnittlig 2.7 ganger større på lastpunktene hvis dimensjonerende driftstilstand bestemmes fra AMS.





# Resultater

- Resultatene er sterkt avhengige av hvor hardt nettet er presset i utgangspunktet
- Dette kan illustreres ved å skalere den totale systemlasten for begge driftstilstander
- Forholdstallet i ledig kapasitet øker når den totale systemlasten øker



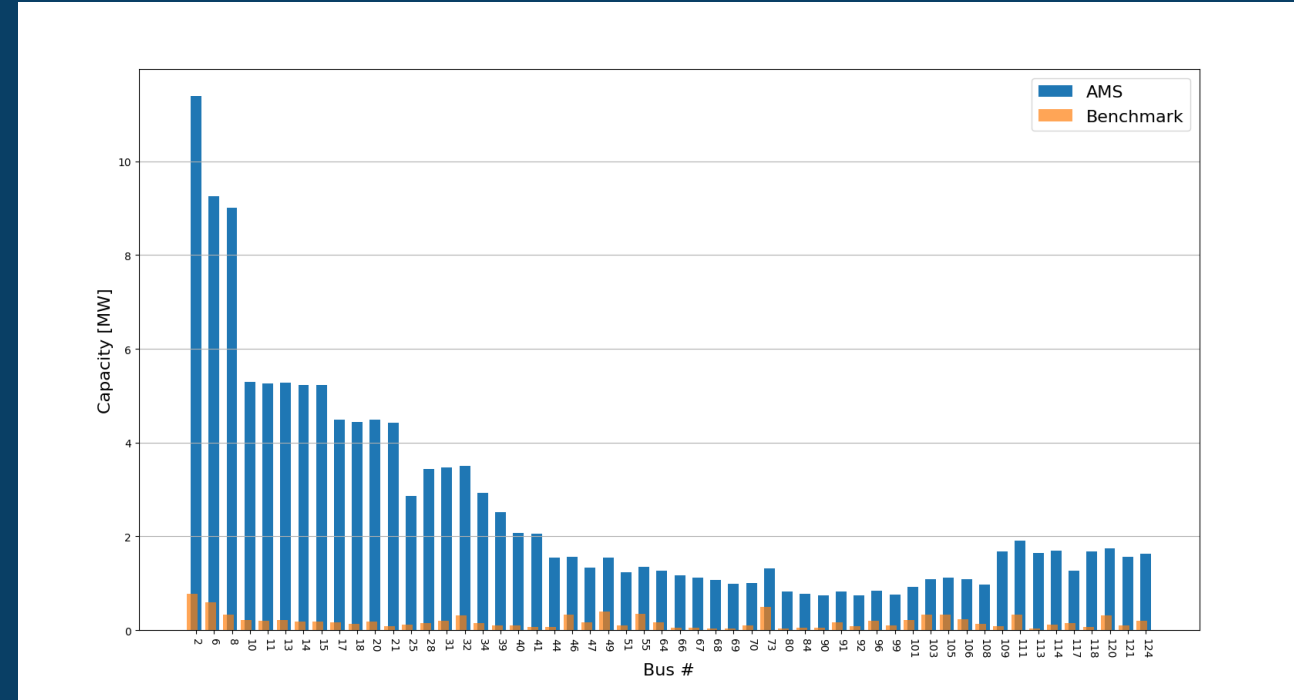
Benchmark

AMS



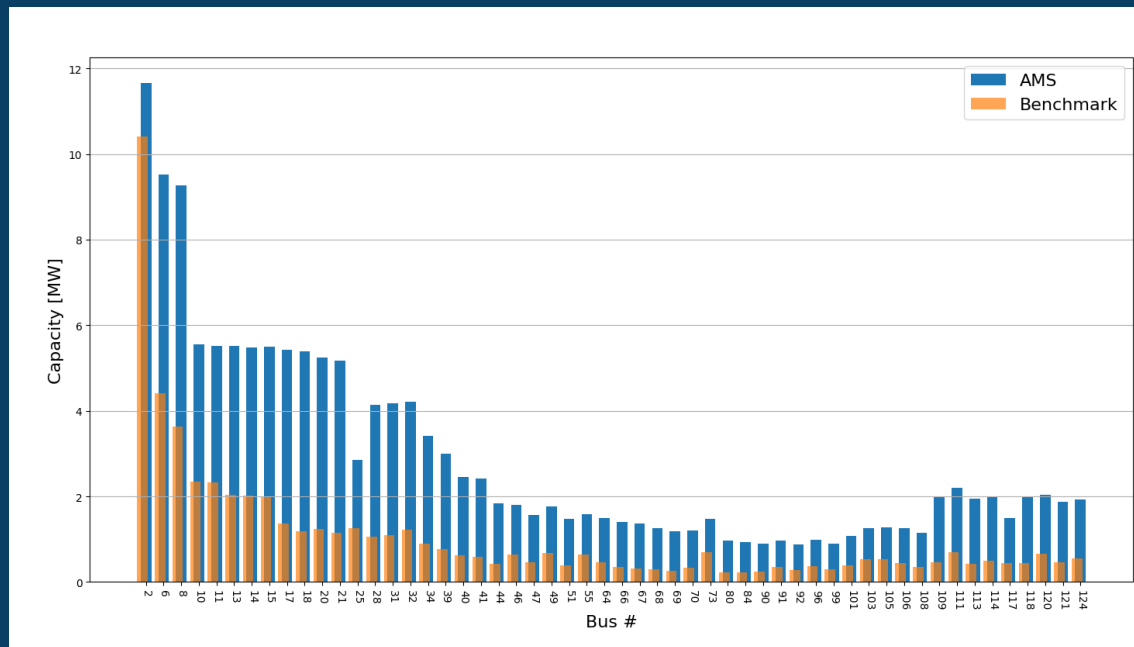
# Alminnelig Forbruksøkning

- Tar høyde for alminnelig forbruksøkning på 5% i den aktuelle tidsperioden
- Med 5% økning i totalbelastning er det lite ledig tilknytningskapasitet i nettet dersom man bruker «benchmark» driftstilstand
- Med dimensjonerende driftstilstand fra AMS er det fortsatt en del ledig kapasitet

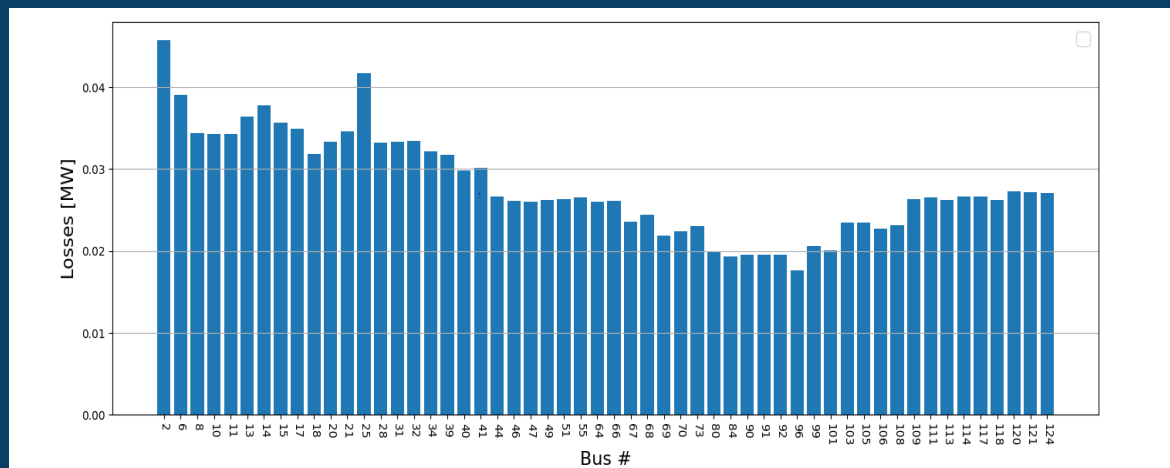


# Tapsberegninger

- AC lastflyt gir også tall på elektriske tap
- Med “benchmark” driftstilstand er de totale elektriske tapene 3% av 6.4MW, altså 0.19MW
- Med dimensjonerende driftstilstand fra AMS er de totale elektriske tapene 2.4% av 5.2MW, altså 0.13MW
- Har beregnet tapsøkningen som ville medfulgt ved å utnytte ledig kapasitet på de enkelte lastpunktene
- Forskjellen i tapsøkning er liten for de to ulike driftstilstandene
- Tar ikke hensyn til tap i overliggende nett



Ledig tilknytningskapasitet



Økte tap som følge av utnyttelse av ledig tilknytningskapasitet (kun for “benchmark”)

# Ideer til videre arbeid

- Håndtere en kø av tilknytningsforespørsler. Per nå bestemmes tilknytningskapasiteten kun for et lastpunkt om gangen.
- Bestemme dimensjonerende driftstilstand med statistiske metoder anvendt på AMS-data. Nå settes driftstilstanden lik den som gir historisk høyeste last, og tar ikke hensyn til årlig variasjon.
- Hensynta kapasitet i overliggende regionalnett.
- Ta hensyn til sammenlagringsfaktor mellom eksisterende forbruk og ny last
- Undersøke om oppdeling av nettet kan gi bedre kapasitetsutnyttelse

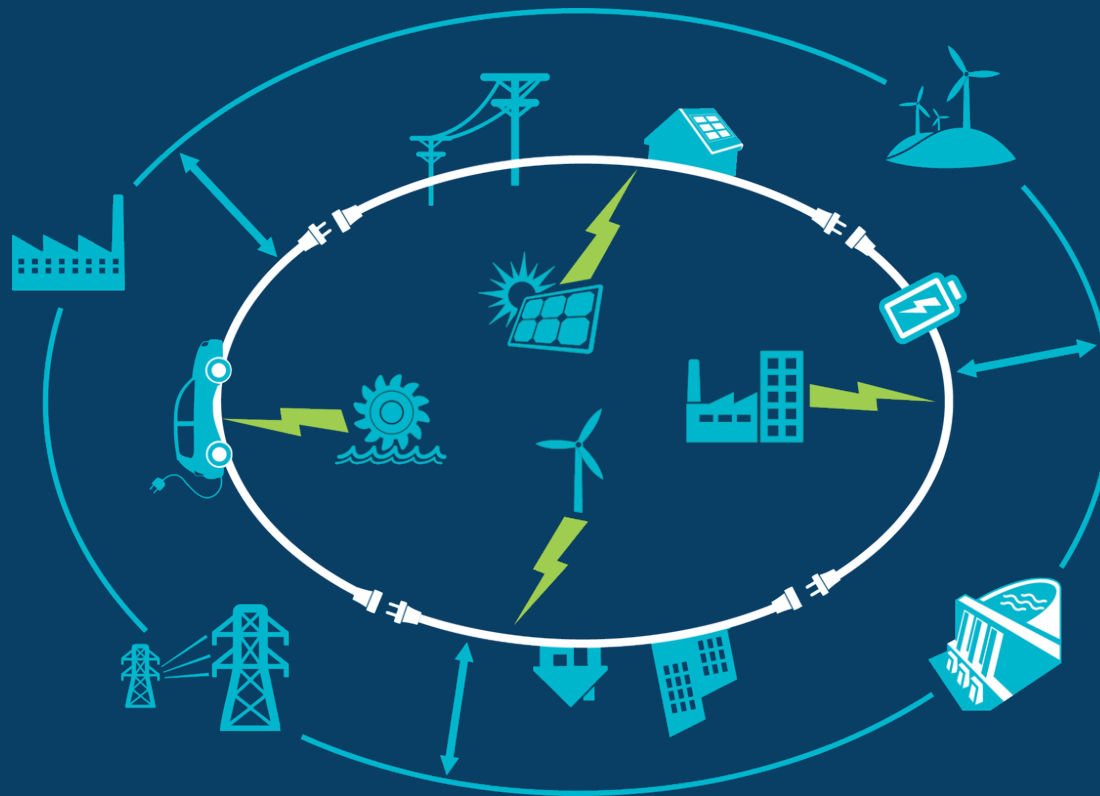


# CINELDI

Centre for intelligent electricity distribution  
- to empower the future Smart Grid



Norwegian Centre for  
Environment-friendly  
Energy Research



This work is funded by CINELDI - Centre for intelligent electricity distribution, an 8 year Research Centre under the FME-scheme (Centre for Environment-friendly Energy Research, 257626/E20). The authors gratefully acknowledge the financial support from the Research Council of Norway and the CINELDI partners.



[cineldi.no](http://cineldi.no)



[CINELDI\\_FME](https://twitter.com/CINELDI_FME)



[blog.sintef.com/](http://blog.sintef.com/)



[linkedin.com/company/cineldi/](https://www.linkedin.com/company/cineldi/)