

An aerial photograph of a lush green forest landscape. A winding road or path cuts through the trees, leading to a small, clear lake. Several high-voltage power lines stretch across the scene from the top left towards the bottom right. In the background, a large, open-pit mine is visible, showing a deep excavation with a white spoil bank. The sky is bright, suggesting a sunny day.

Webbseminarium om flödesbaserad marknadskoppling – principiella exempel

2020-11-24



Inledning och syfte med seminariet

Syfte

- > Genom praktiska exempel ge marknadsaktörerna en inblick i hur flödesbaserad marknadskoppling kan påverka det nordiska kraftsystemet

Innehåll

- > Inledning – Mårten Bergman
- > Kort repetition av flödesbaserad kapacitetsberäkning – Stefan Svensson
- > Tre principiella exempel baserat på verkliga situationer i kraftsystemet – Erik Lindholm
 - > Norrgående flöde i Västkustsnittet

PAUS 10 min, ca kl 14.00

- > Väst-östligt flöde SE4 samt höglast Malmö
- > Hantering av kapacitet Snitt 2 (SE2 => SE3)

PAUS 10 min, ca kl 14.55

- > Fördjupning av exemplet Västkustsnittet – Stefan Svensson
- > Marknadssimuleringar, ett urval av case – Mårten Bergman

-
- > Avslutning

Kort repetition av flödesbaserad kapacitetsberäkning

- > Exempel på kapacitetsberäkning enligt flödesbaserad metod
- > Egenskaper och skillnader mellan flödesbaserad metod och CNTC

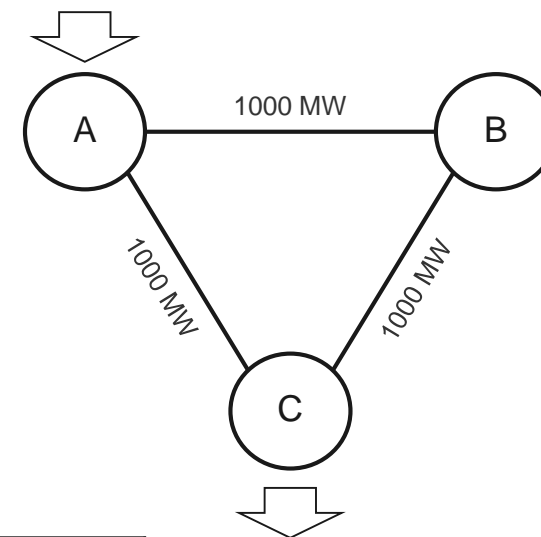
Flödesbaserad kapacitetsberäkning - exempel (1/4)

Exempel: Beräkna överföringskapacitet mellan budområdena (=säkerhetsdomänen för överföringssystemet)

- Ett överföringssystemet bestående av 3 elområden och tre identiska ledningar med en fysisk kapacitet på 1000 MW vardera
- A och B är produktionsområden
- C är ett förbrukningsområde

Antaganden:

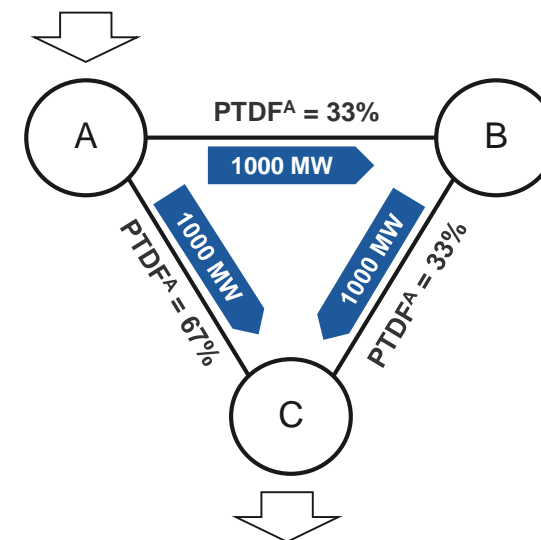
- ✓ De enda nätbegränsningar (CNE:er) som finns, är på elområdesgränserna (inga interna CNE:er)
- ✓ Inga marginaler för att ta hänsyn till felmodellering och fel i antaganden om systemet
- ✓ Inga oförutsedda händelser eller avhjälpande åtgärder



CNE
A→B (CNE 1)
B→C (CNE 2)
A→C (CNE 3)

Flödesbaserad kapacitetsberäkning - exempel (2/4)

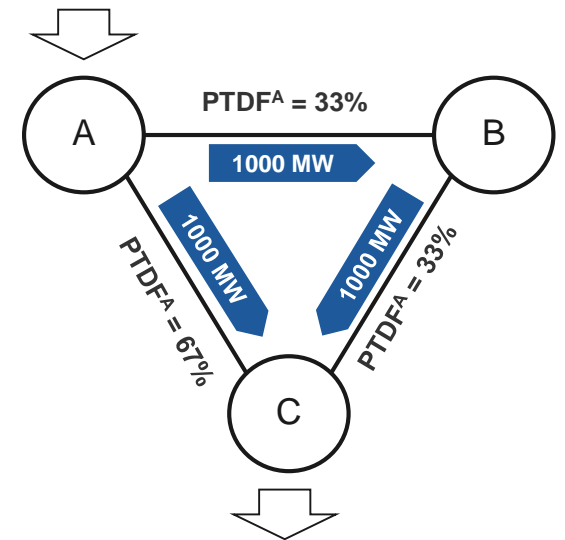
- > Resultatet av kapacitetsberäkningen uttrycks av PTDF:er och MW-gränser för CNE:erna (RAM)
 - > PTDF:erna beräknas utifrån modellen av det fysiska överföringssystemet
 - > RAM = maximala säkra fysiska överföringskapaciteten för CNE
- > Marknaden delges denna förenklade beskrivning av de verkliga fysiska begräsningarna i överföringssystemet



Flödesbaserad kapacitetsberäkning - exempel (3/4)

Överföringskapaciteter är beroende av varandra:

- ❑ Raderna i PTDF-matrisen beskriver varje CNE:s förhållande till respektive elområde
- ❑ Hela överföringskapaciteten (RAM) för varje rad kan tillhandahållas (1000 MW) till marknaden, men inte samtidigt
- ❑ PTDF är andelen av totala flödet som överförs på varje linje (CNE) vid en produktionsökning i A, B och C som konsumeras i C
- ❑ Varje budområde kommer att ha en unik PTDF för varje CNE i systemet



PTDF-matris:

Max kapacitet	CNE	Maxflöde (RAM)	PTDF elområde A	PTDF elområde B	PTDF elområde C
	A→B (CNE 1)	1000 MW	33 %	- 33 %	0
	B→C (CNE 2)	1000 MW	33 %	67 %	0
	A→C (CNE 3)	1000 MW	67 %	33 %	0

Flödesbaserad kapacitetsberäkning - exempel (4/4)

PTDF-matris:

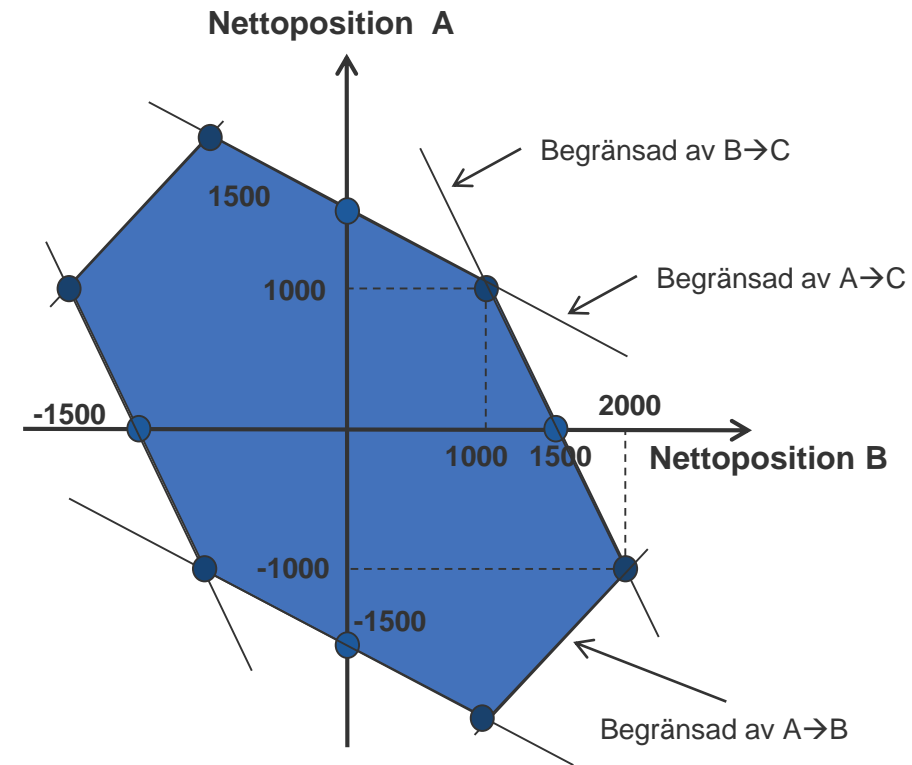
CNE	Maxflöde (RAM)	PTDF elområde A	PTDF elområde B	PTDF elområde C
A → B (CNE 1)	1000 MW	33 %	- 33 %	0
B → C (CNE 2)	1000 MW	33 %	67 %	0
A → C (CNE 3)	1000 MW	67 %	33 %	0

Max kapacitet

Sammanfattning av kapacitetsberäkningen för flödesbaserade marknadskopplingen:

- Säkerhetsdomänen tillhandahålls direkt till marknaden i form av PTDF matrisen och max flöde (RAM) för respektive CNE
- Säkerhetsdomänen definieras unikt utifrån nätmodellen (CGM)
- PTDF:erna beräknas utifrån CGM:n och beror således på impedanserna i nätet
- Den här sammanställningen benämns ofta som säkerhetsdomänen eller FB-domänen

Säkerhetsdomän



Nettoposition = summan av produktion och förbrukning

Egenskaper hos flödesbaserad marknadskoppling

- > Det ekonomiska överskottet maxieras genom optimerade flödena i hela systemet samtidigt.
- > Alla köp- och säljbud konkurrerar om all kapacitet
- > Tillåter prisskillnader även mellan elområden som det inte uppstår flaskhalsar emellan, om det är optimalt ur ett systemperspektiv
- > Ökar möjlighet att utnyttja all tillgänglig kapacitet
- > Marknadskopplingen tar höjd för alla fysiskt möjliga flöden som följer av en marknadsposition

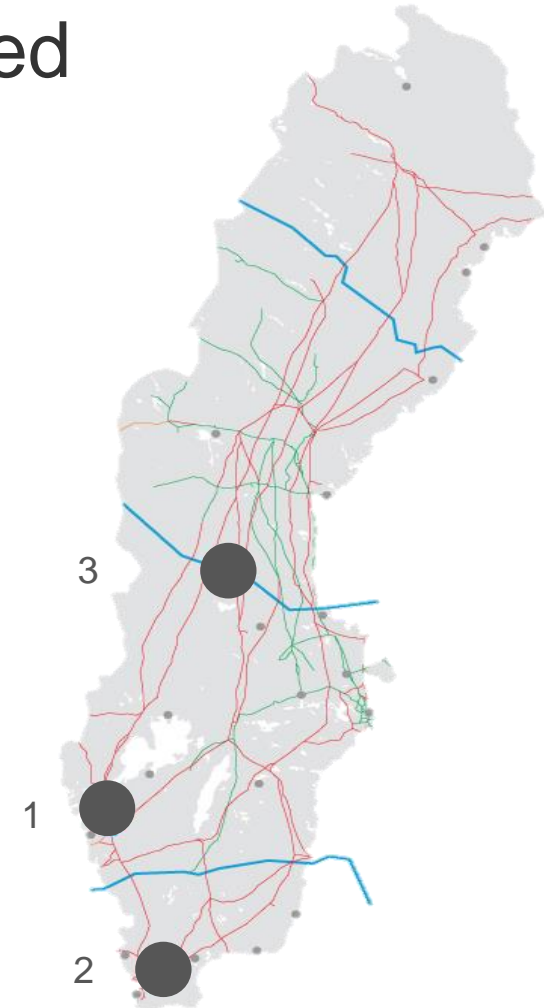
Skillnaden mellan flödesbaserad metod och CNTC

- > FB ökar marknadens möjlighet att utnyttja systemets fysiska överföringskapacitet
- > FB medför högre driftsäkerhet, TSO:n får bättre information om kommande flöden
- > FB ger mer information till marknadsaktörerna om det fysiska överföringssystemet
- > FB ger marknadsaktörerna inflytande beträffande hur överföringskapacitet används
 - > Ökad mängd information
 - > Ökad komplexitet

Tre principiella exempel baserat på verkliga situationer i kraftsystemet

Tre principiella exempel NTC -> Flow-Based

1. Norrgående flöde i Västkustsnittet
2. Väst-östligt flöde SE4 samt höglast Malmö
3. Hantering av kapacitet Snitt 2 (SE2 → SE3)



Norrgående flöde i Västkostsnittet - NTC

> Bakgrund: Norrgående transit genom Sverige

1. Identifiera begränsande objekt

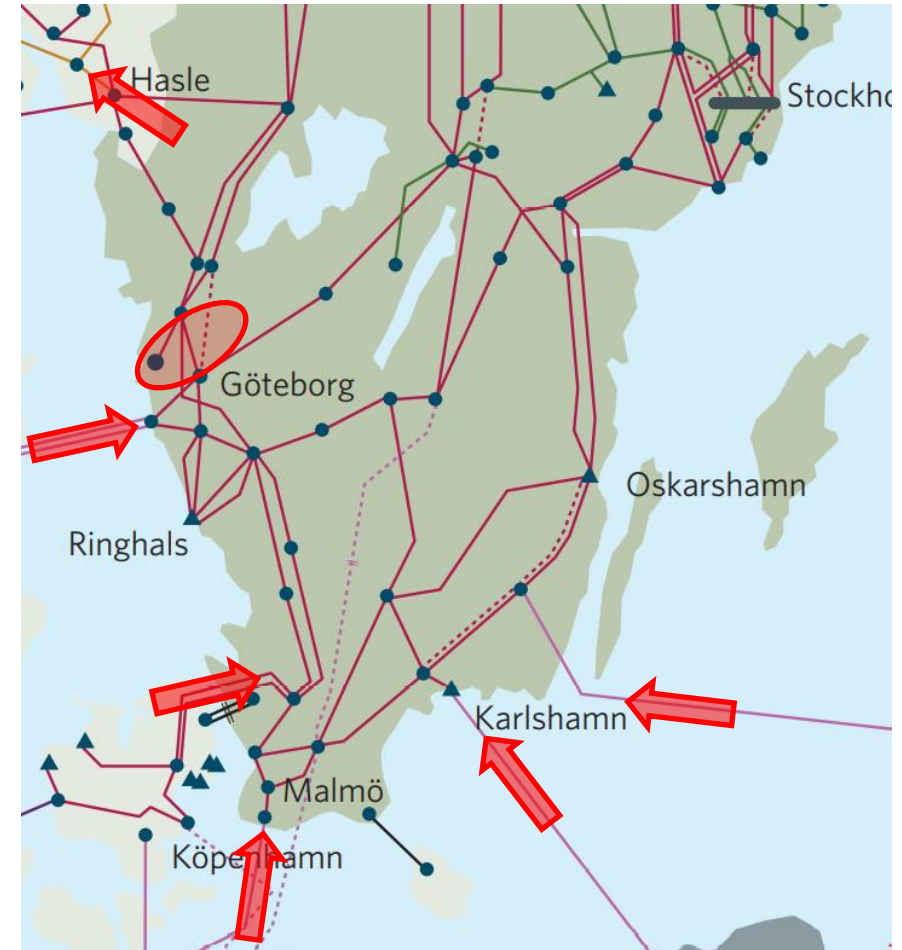
2. Identifiera belastande flöden

> Interna flöden (last/produktion)

> SE4 → SE3 (DK1/DE/PL/LT → SE4)

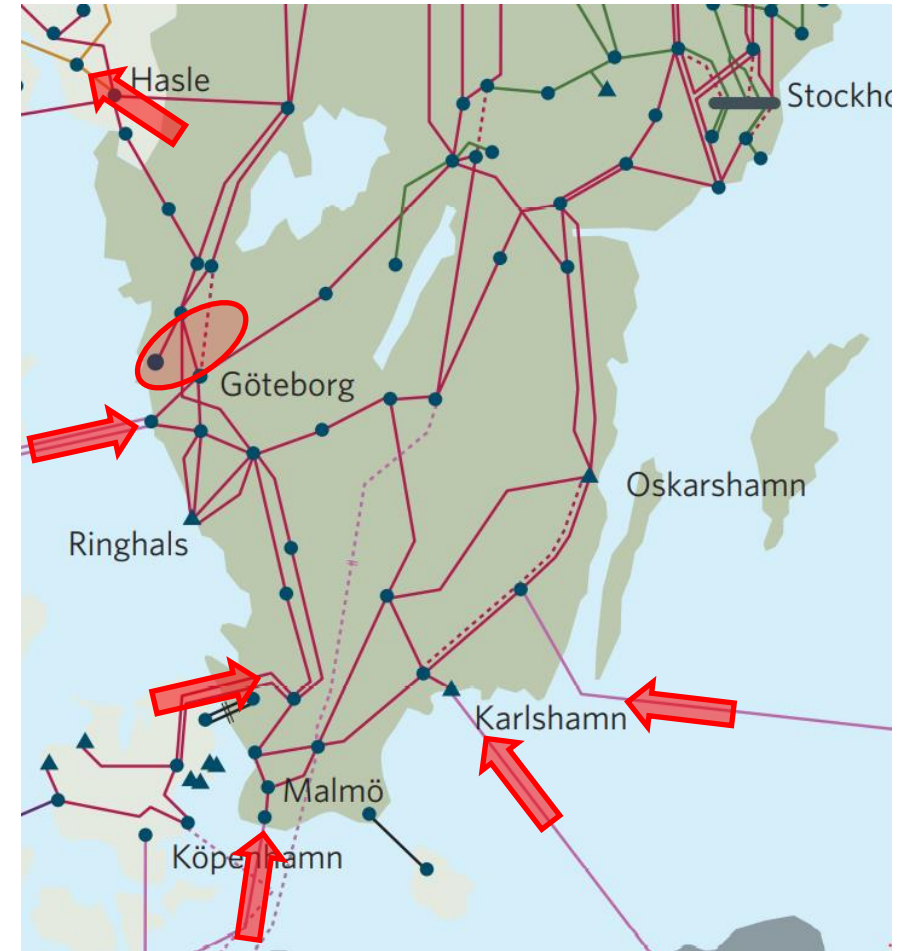
> DK1 → SE3

> SE3 → NO1



Norrgående flöde i Västkustsnittet - NTC

3. Antar kombination av belastande flöden och fördelar kapaciteten därefter för att upprätthålla driftsäkerheten
4. Släpp DA-kapaciteter



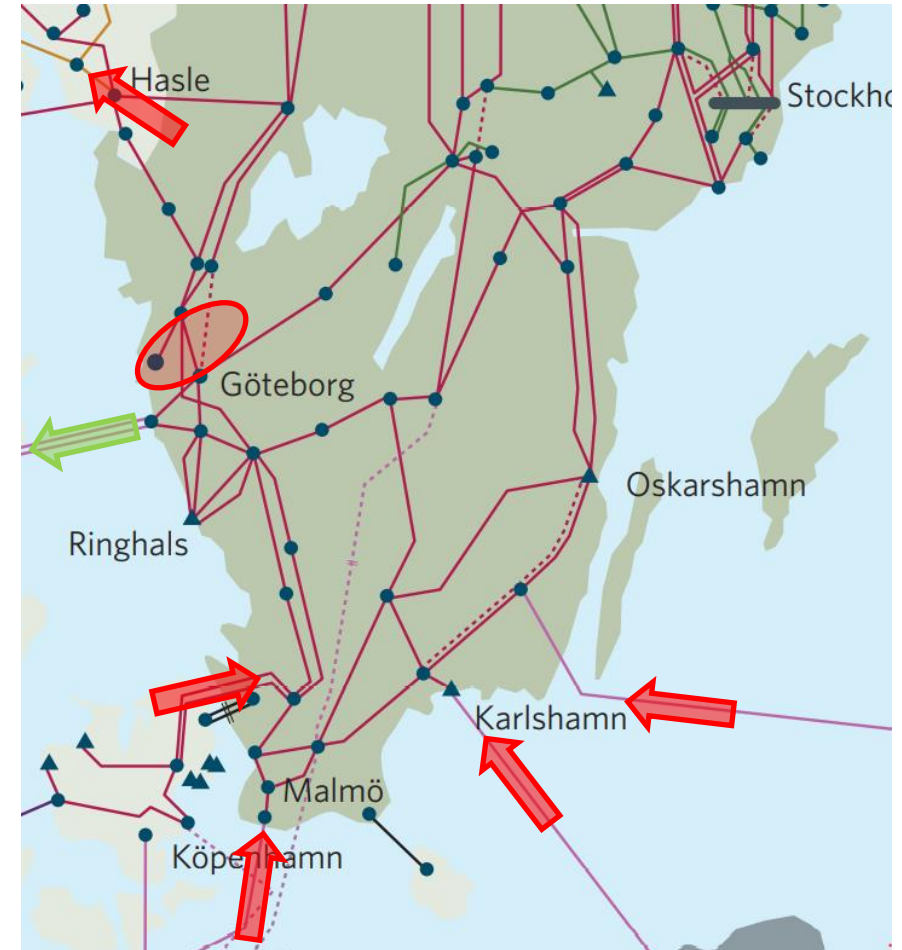
Norrgående flöde i Västkustsnittet - NTC

5. Kontrollerar marknadsutfall

> Utfallet SE3 → DK1 avlastar Västkustsnittet

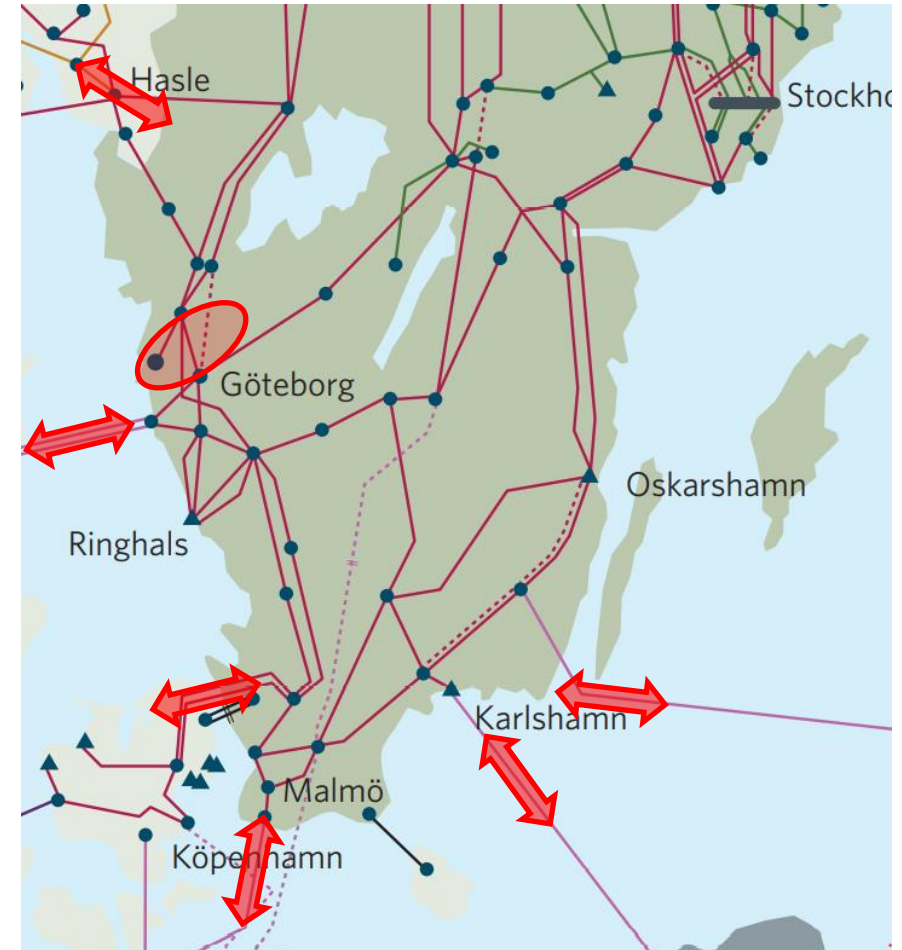
6. Släpper ev. upp ID-kapaciteter

> Kan då höja ID-kapaciteten för övriga
förbindelser

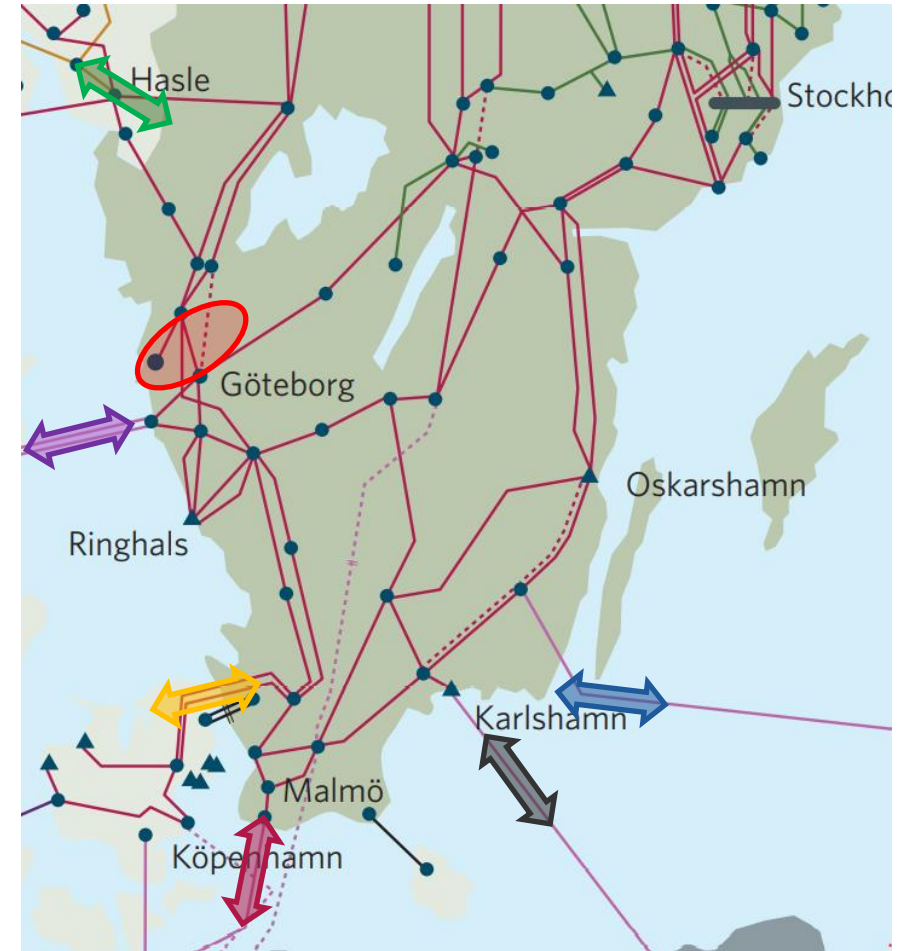
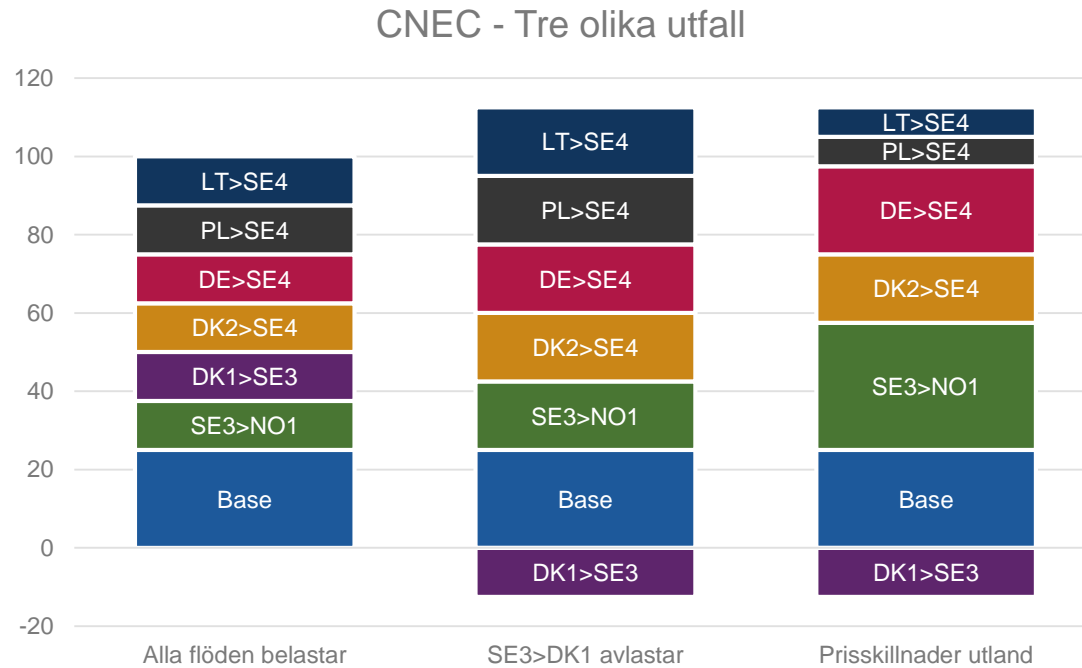


Norrgående flöde i Västkuistsnittet – Flow-Based

1. Identifiera begränsande objekt = CNEC
2. Identifiera NP:s påverkan = PTDF
3. Publicera data till marknaden
 - > Gör **inget** antagande om kombination av belastande flöden
 - > CNEC, RAM, PTDF
4. Elbörser beräknar marknadsutfall

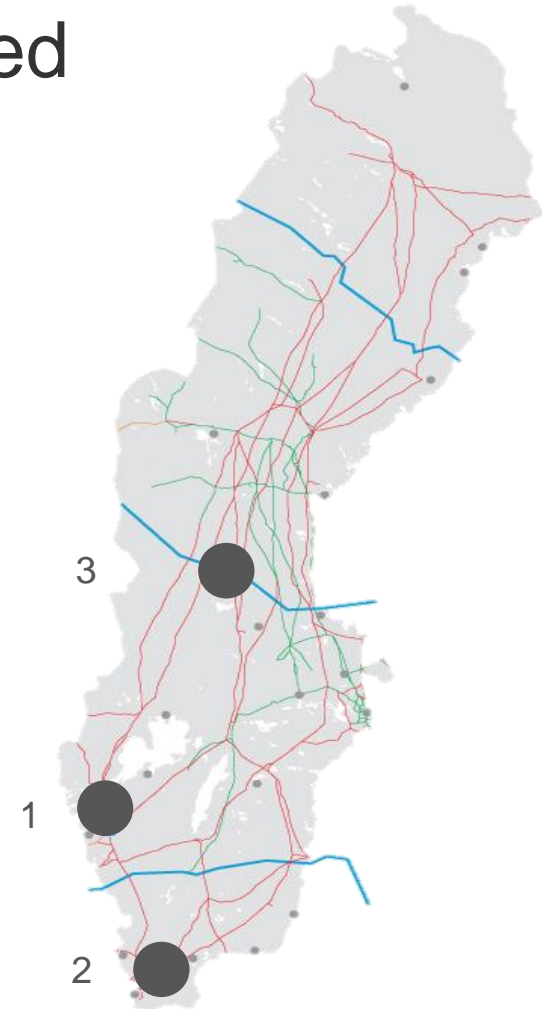


Norrgående flöde i Västkuistsnittet – Flow-Based



Tre principiella exempel NTC -> Flow-Based

1. Norrgående flöde i Västkustsnittet
2. Väst-östligt flöde SE4 samt höglast Malmö
3. Hantering av kapacitet Snitt 2 (SE2 → SE3)



Väst-östligt flöde SE4 samt höglast Malmö - NTC

> Bakgrund:

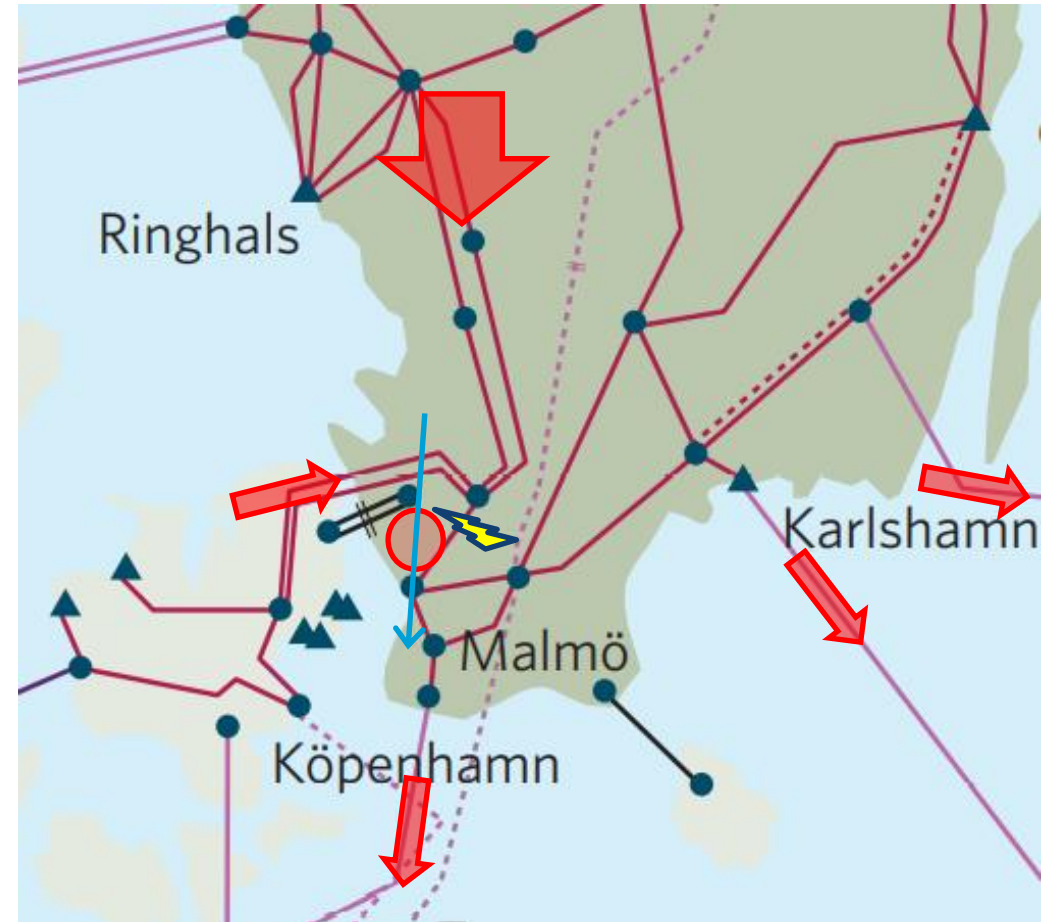
- > Avbrott i stamnätet. Höglast i Malmö
- > Transit genom SE4

> Identifiera begränsande objekt

- > Fel på stamnätsledning → transit regionnät

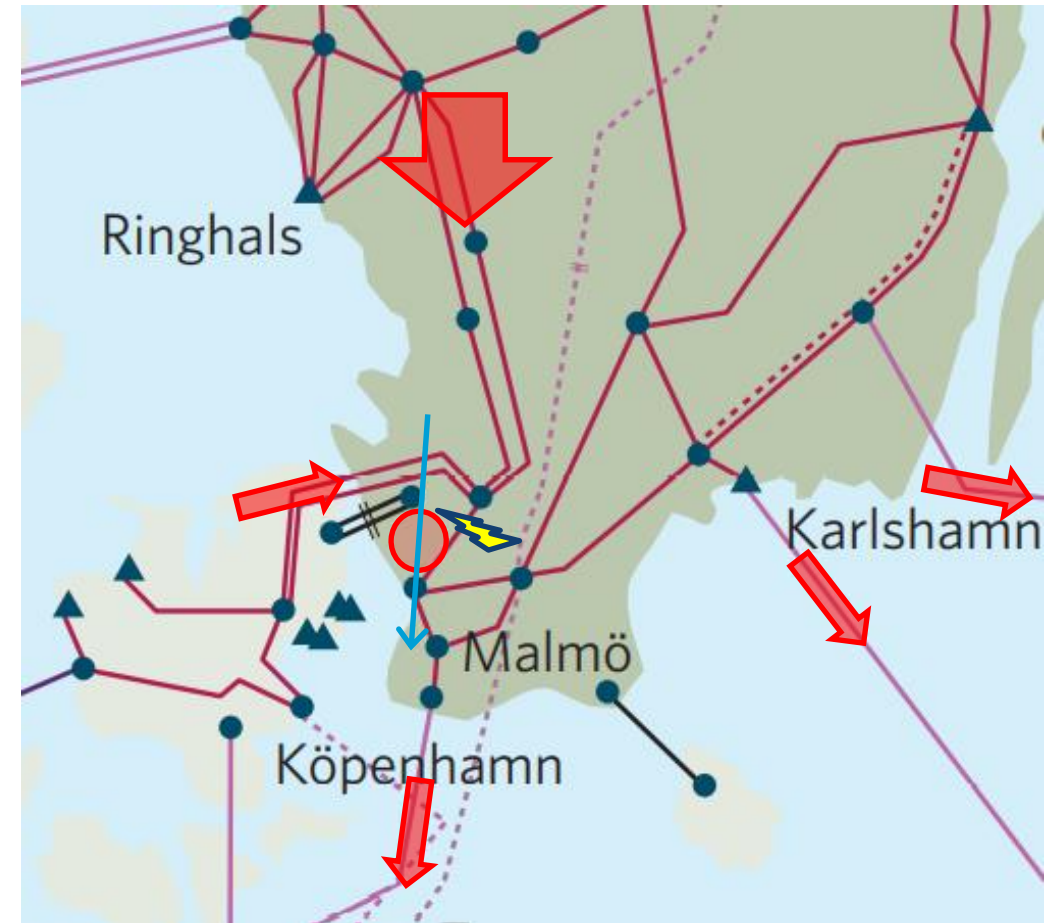
> Belastande flöden:

- > SE3 → SE4
- > DK2 → SE4
- > SE4 → DE/PL/LT



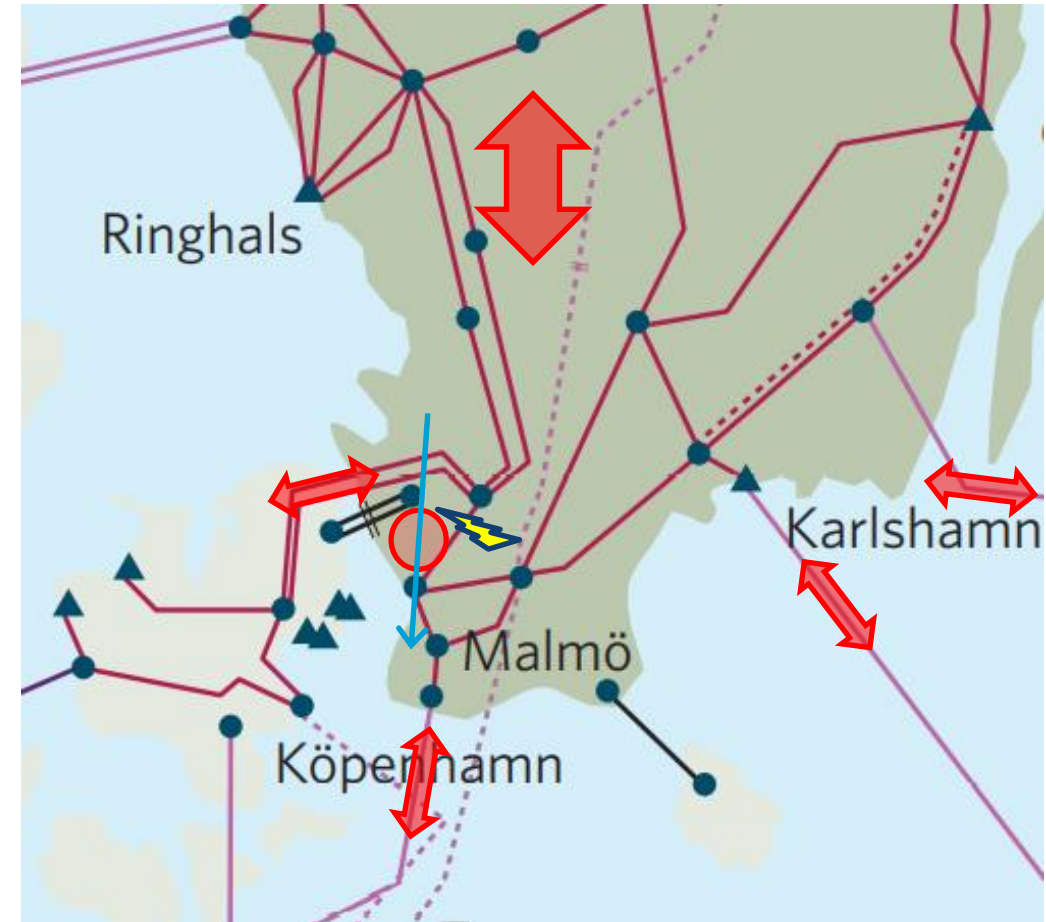
Väst-östligt flöde SE4 samt höglast Malmö - NTC

- > Antar kombination av belastande flöden
- > Tar hänsyn till last/produktion i SE4
- > Släpper NTC-kapaciteter

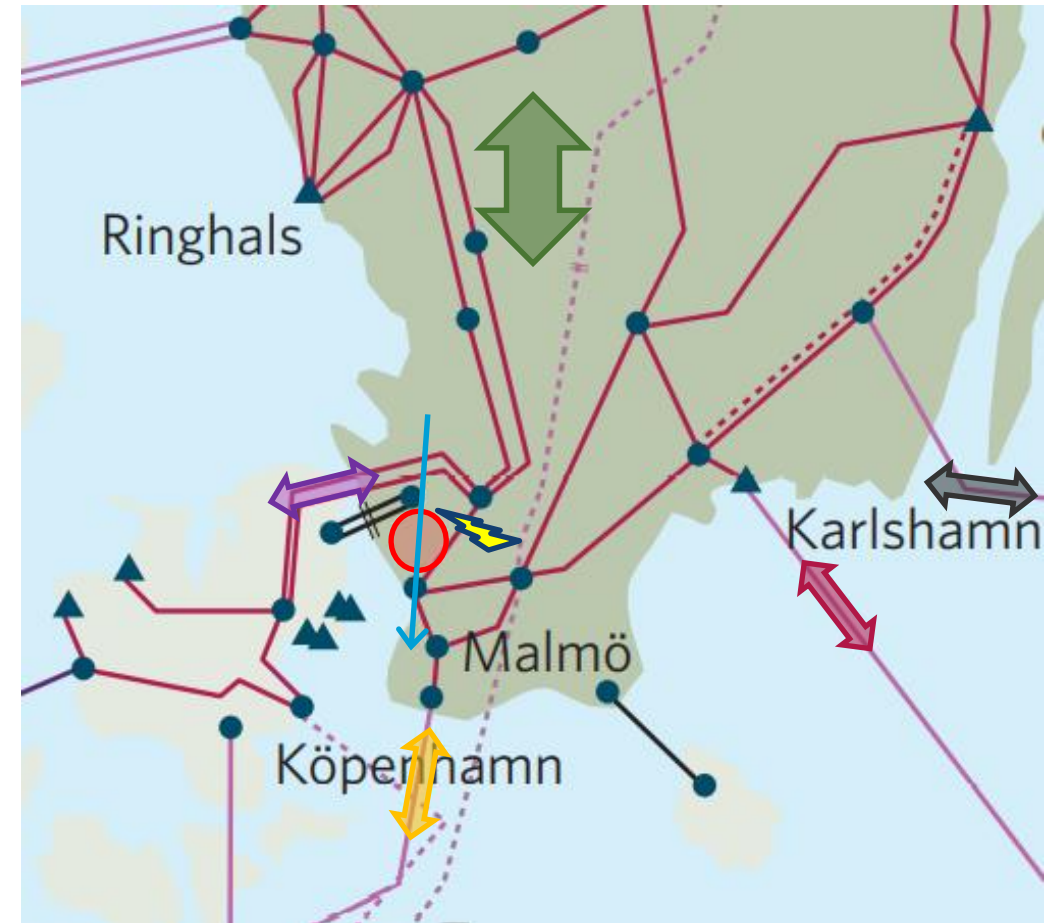
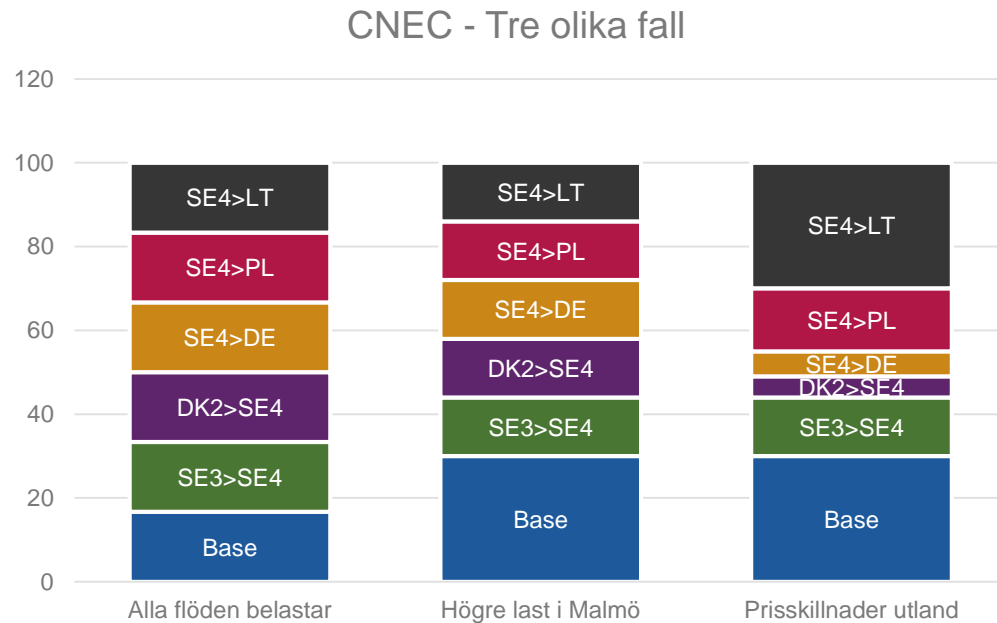


Väst-östligt flöde SE4 samt höglast Malmö – Flow-Based

- > Identifiera begränsande objekt = CNEC
- > Identifiera NP:s påverkan = PTDF
- > Publicera data till marknaden
 - > CNEC, RAM, PTDF
- > Elbörser beräknar marknadsutfall

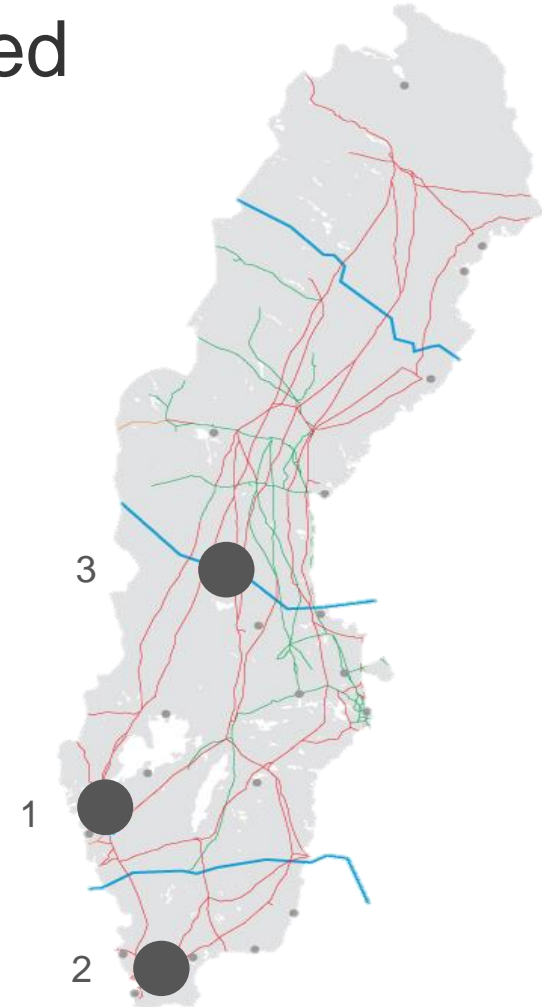


Väst-östligt flöde SE4 samt höglast Malmö – Flow-Based



Tre principiella exempel NTC -> Flow-Based

1. Norrgående flöde i Västkustsnittet
2. Väst-östligt flöde SE4 samt höglast Malmö
3. Hantering av kapacitet Snitt 2 (SE2 → SE3)

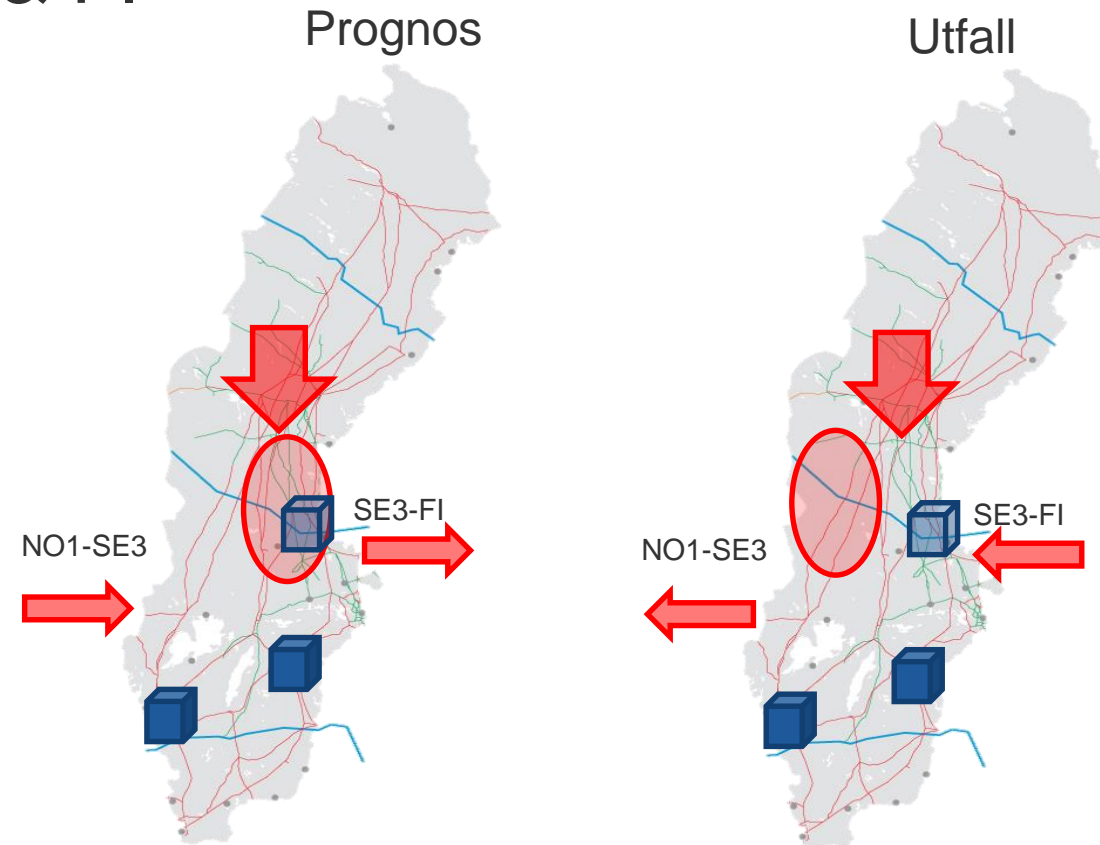


Hantering av kapacitet Snitt 2 (SE2 → SE3)

- Import/export NO1 & FI

NTC

- > Snitt 2 begränsas med hänsyn till prognos av flöden och produktion



Hantering av kapacitet Snitt 2 (SE2 → SE3)

- Import/export NO1 & FI

Flow-Based

> Elbörserna ser till att inte överlasta CNEC:ar

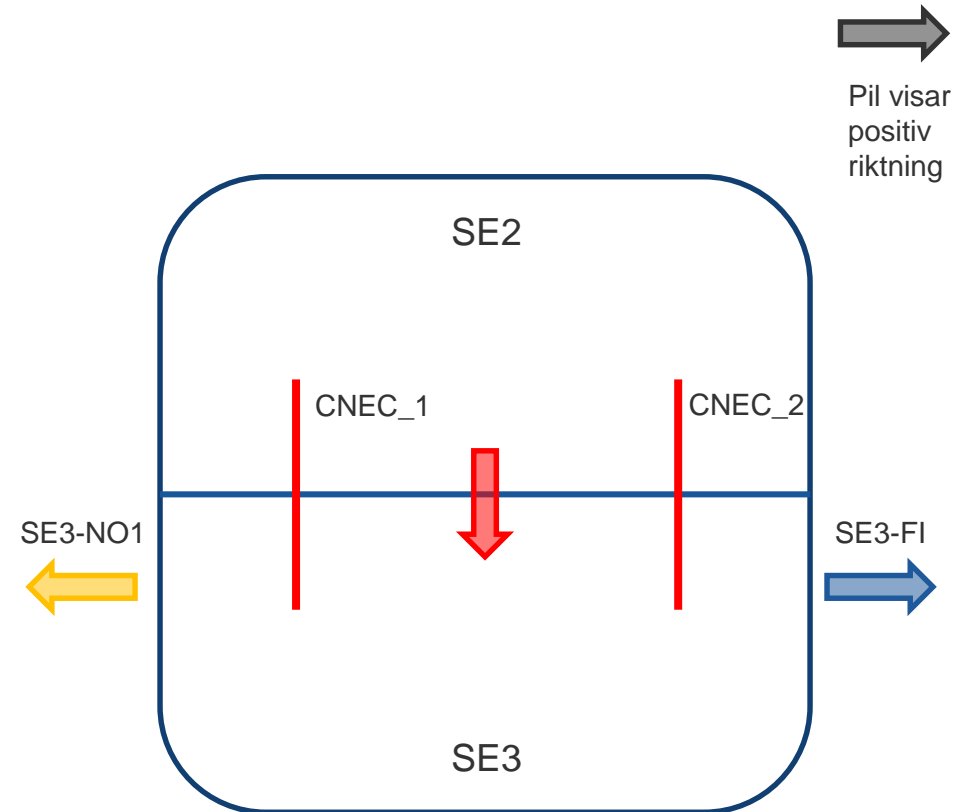
> CNEC_1*:

$$> 0,5 \times P_{SE2 \rightarrow SE3} + 0,4 \times P_{SE3 \rightarrow NO1} + 0,1 \times P_{SE3 \rightarrow FI} \leq RAM_{CNEC_1}$$

> Exempel (Där $RAM_{CNEC_1} = 1000$ MW)

$$1. 0,5 \times 1000 + 0,4 \times 1000 + 0,1 \times 1000 = 500 + 400 + 100 = 1000$$

$$2. 0,5 \times 3000 + 0,4 \times (-1000) + 0,1 \times (-1000) = 1500 - 400 - 100 = 1000$$



*Detta är endast fiktiva värden på ett förenklat exempel för att tydliggöra konceptet. Exemplet är även förenklat genom att visa påverkan från handelsutbytet mellan budområden istället för nettopositionernas påverkan

Summering NTC -> Flow-Based

> NTC

- > Merparten av informationen hanteras internt hos TSO:n
- > TSO:n gör antaganden om flöden på övriga förbindelser vid kapacitetstilldelning för en förbindelse

> Flow-Based

- > Mer information om kraftnätet delges marknaden
- > Elbörserna har tillgång till buden när kapaciteter tilldelas samt tilldelar alla kapaciteter samtidigt
 - > Möjliggör högre och mer optimerad kapacitetstilldelning

Fördjupning av exemplet Västkuſtsnittet

- > Verklig situation som begränsar Västkuſtsnittet

Verklig situation som begränsar Väst kust snittet: Konsumtion i NO1 och produktion söder om Väst kustsnittet

- > Situationen uppstår oftast under nätter vid:
 - > Låg vattenkraft produktion i Norge
 - > Minskad last i västra Sverige
 - > Bibehållen produktion i Ringhals
 - > Stor vindkraftsproduktion i Danmark och Tyskland
- > Situationen leder ofta till begränsningar för att förhindra överlast i Väst kustsnittet

Beskrivning av situationen görs i en förenklad modell av systemet på nästa slide

Exemplet på Västkustsnittets (VK) inverkan på transmissionssystemet

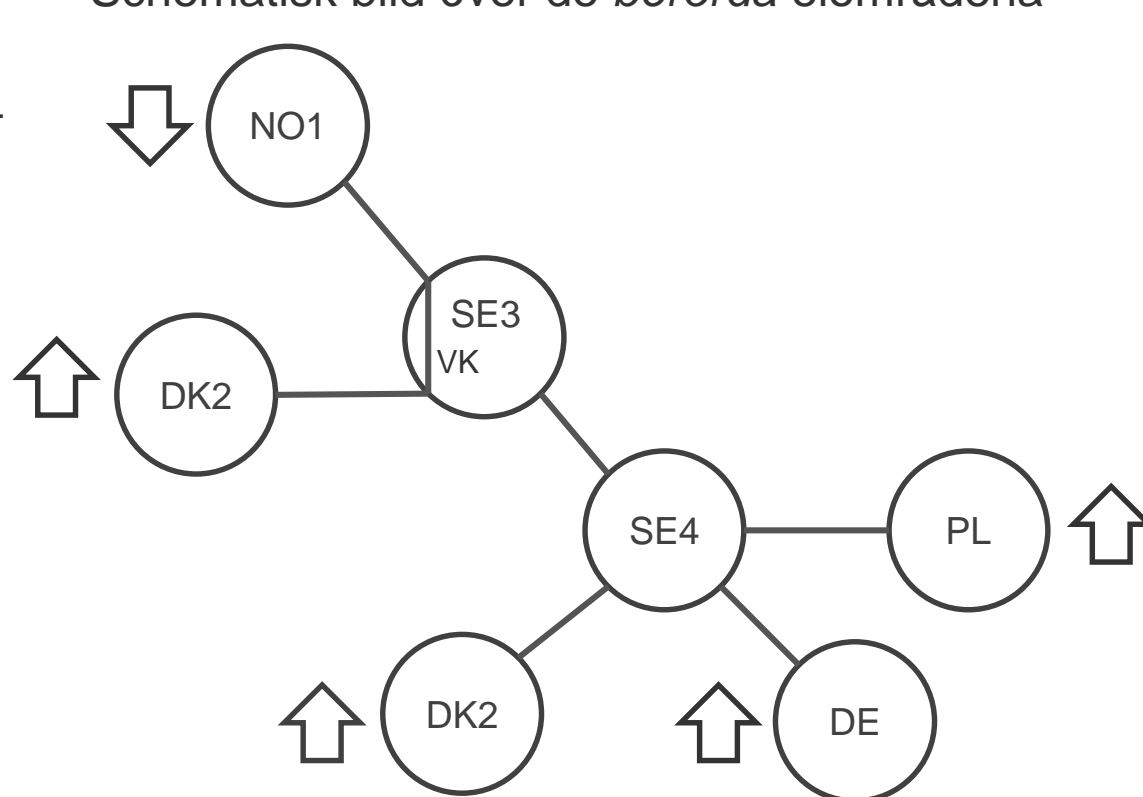
Situationen i transmissions nätet:

- Konsumtionsöverskott i NO1
- Förväntat produktion i DE, DK1, DK2, PL

För att illustrera skillnaden mellan NTC och FB parametrar kommer exemplet visa:

- Fysiskt flöde i nätet
- NTC kapaciteter och handel
- FB kapaciteter och handel

Schematisk bild över de *berörda* elområdena



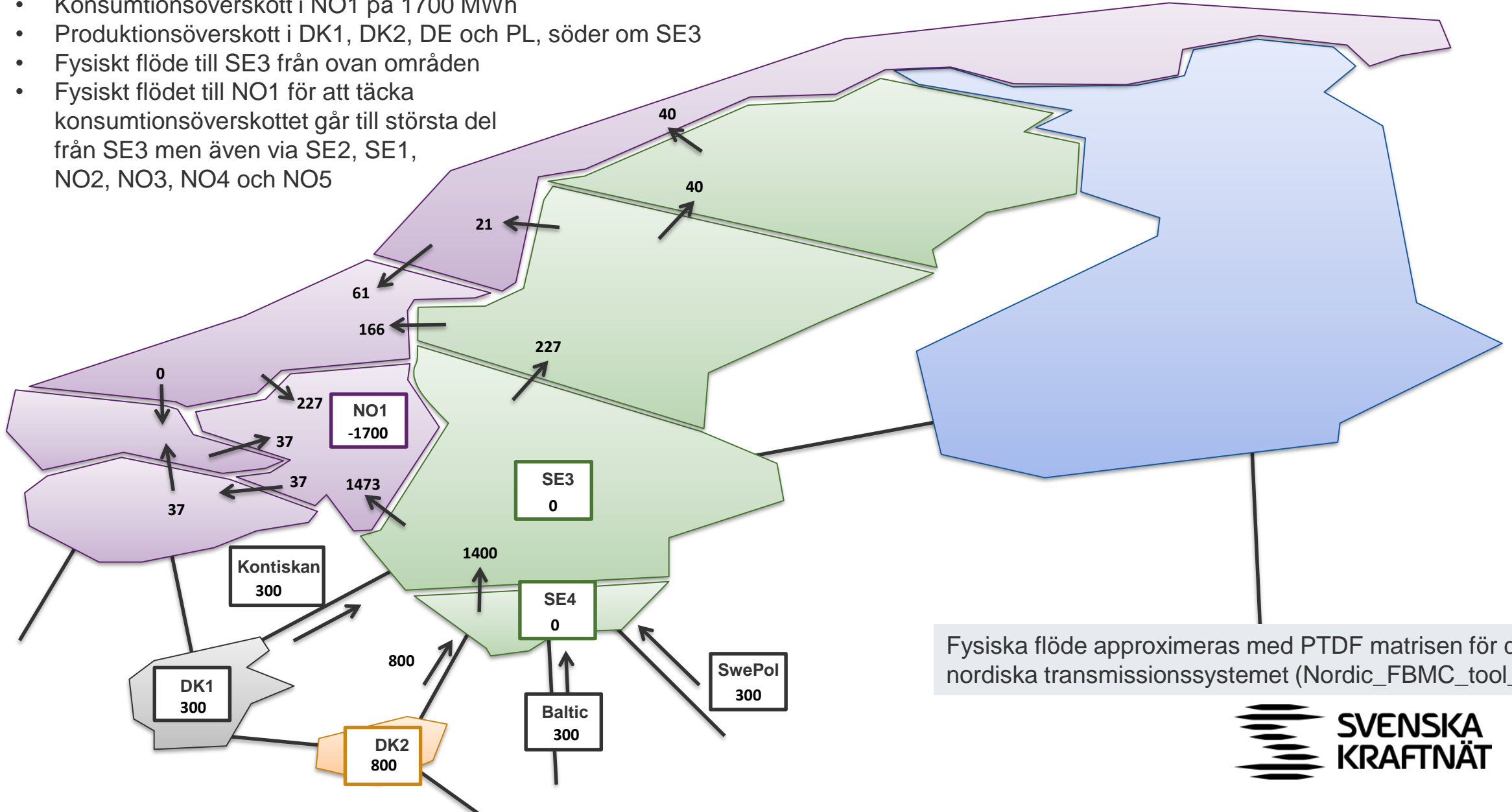
Produktionsöverskott
Positiv nettoposition ↑

Konsumtionsöverskott
Negativ nettoposition ↓

Det fysiska flödet approximeras med FB, se nästa sida

Fysiskt flöde vid Västkustsnitts situationen

- Konsumtionsöverskott i NO1 på 1700 MWh
- Produktionsöverskott i DK1, DK2, DE och PL, söder om SE3
- Fysiskt flöde till SE3 från ovan områden
- Fysiskt flödet till NO1 för att täcka konsumtionsöverskottet går till största del från SE3 men även via SE2, SE1, NO2, NO3, NO4 och NO5



Fysiska flöde approximeras med PTFD matrisen för det nordiska transmissionssystemet (Nordic_FBMC_tool_V2)

Handelskapacitet med NTC i Västkuistsnittet exemplet

Situationen i transmissions nätet:

- Förväntat konsumtionsöverskott i NO1
 - Förväntat produktion i DE, DK1, DK2, PL
- Västkuist situation

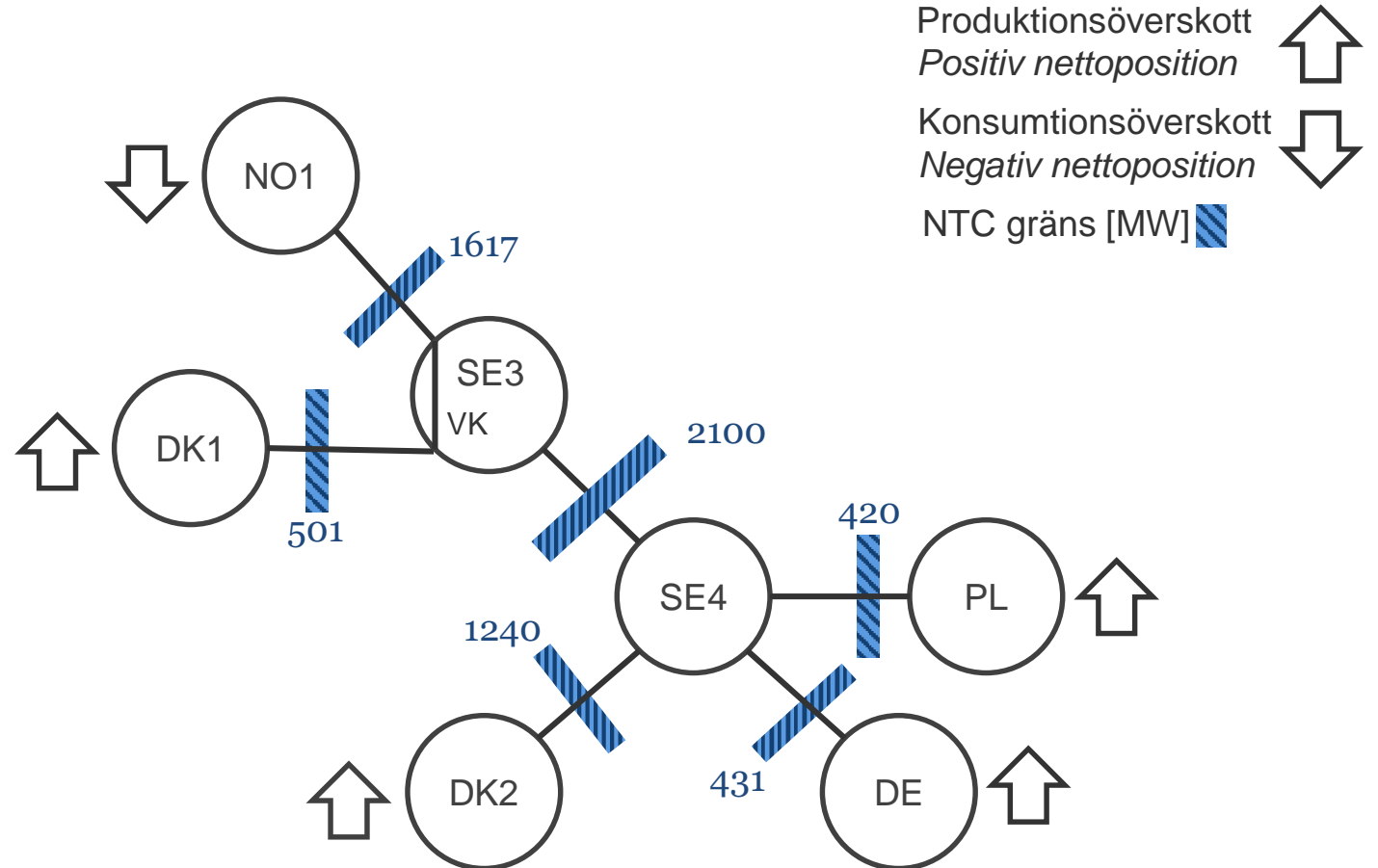
NTC gränser

Historisk hantering av VK med NTC:

- NTC → 0 för DE, DK1, DK2, PL, NO1 då driftsäkerheten riskeras om VK överlastas
- Historiska kapaciteter vid den situation används i detta exempel, NTC för kl. 02 2020-02-10, se figur

Tidigare* presenterad jämförelse mellan FB och NTC

2016-12-26 23:00	NTC (för aktuell drifttimme)	FB (MW gräns)
DK2>SE4	61 (1700)	1700
SE3>NO1	171 (2095)	2095
DK1>SE3	27 (740)	740
PL>SE4	22 (600)	600
LT>SE4	25 (700)	700
GE>SE4	23(615)	615
Mest begränsande VK-ledning	∞	1890



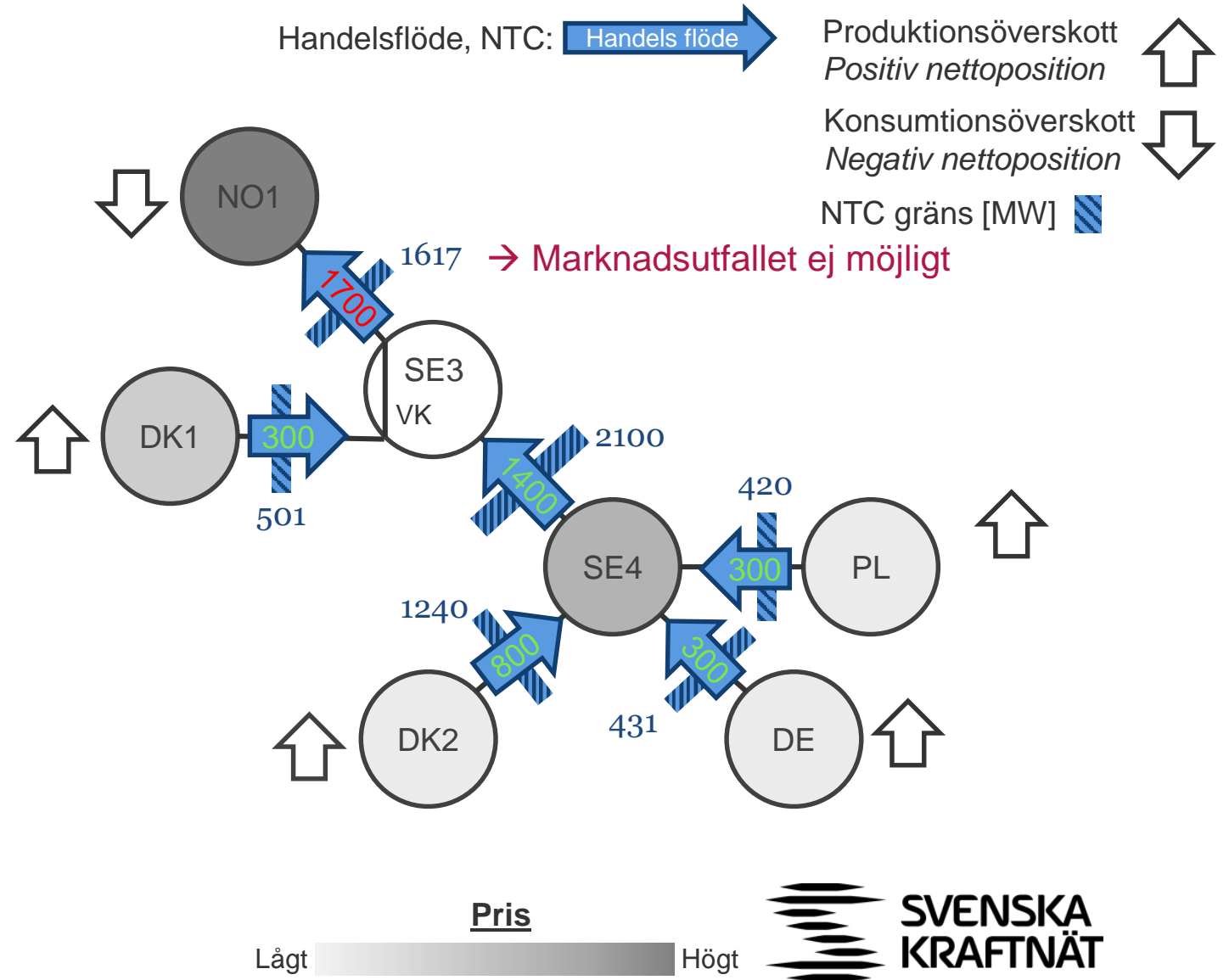
Handelsflöde med NTC i Västkuستنittet exemplet

Situationen i transmissions nätet:

- Konsumtionsöverskott i NO1
- Produktion i DE, DK1, DK2, PL
- NTC för en Västkustsituation

Handelsflöde med NTC-gränser

- Handelsflöde mot stigande pris
- Summan av handelsflödet mellan elområden < NTC



Handelskapacitet med FB i Västkuistsnittet exemplet

Situationen i transmissions nätet:

- Förväntat konsumtionsöverskott i NO1
 - Förväntat produktion i DE, DK1, DK2, PL
- Västkuist situation

Tidigare* presenterad jämförelse mellan FB och NTC

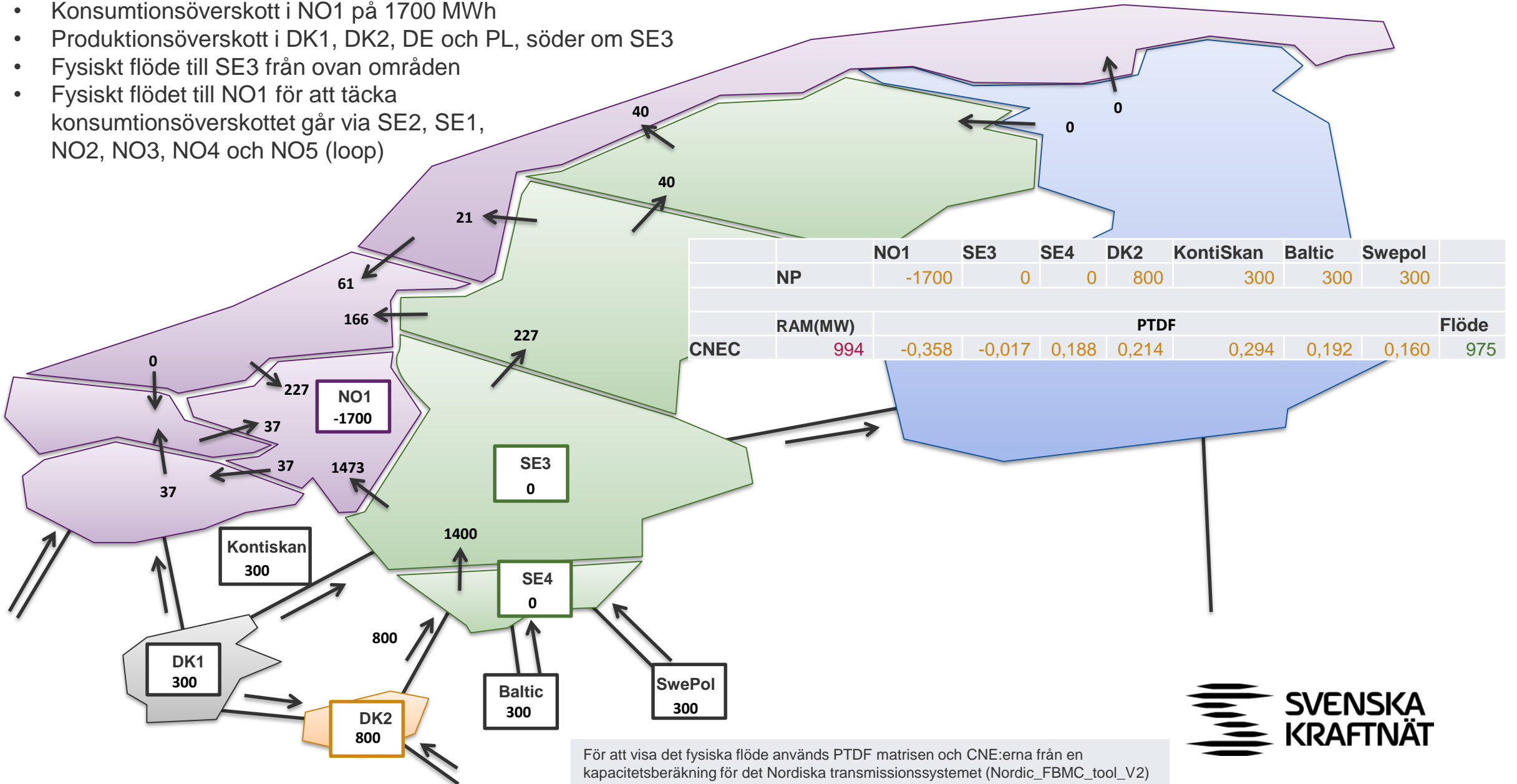
2016-12-26 23:00	NTC (för aktuell driftimme)	FB (MW gräns)
DK2>SE4	61 (1700)	1700
SE3>NO1	171 (2095)	2095
DK1>SE3	27 (740)	740
PL>SE4	22 (600)	600
LT>SE4	25 (700)	700
GE>SE4	23(615)	615
Mest begränsande VK-ledning	∞	1890

FB-parametrar

- All CNE(C):er skulle kunna var begränsande
- PTDF matrisen beskriver flödet på en CNE(C)
 - FB parametrarna se Nordic_FBMC_tool_V2
- Historisk handelskapaciteter ger en indikation
- Tidigare har det fysiska flödet visats
 - De fysiska flödena genererades av NP och PTDF matrisen i Nordic_FBMC_tool_V2
 - Se nästa slide

Handel med FB i Västkustsnittet exemplet

- Konsumtionsöverskott i NO1 på 1700 MWh
- Produktionsöverskott i DK1, DK2, DE och PL, söder om SE3
- Fysiskt flöde till SE3 från ovan områden
- Fysiskt flödet till NO1 för att täcka konsumtionsöverskottet går via SE2, SE1, NO2, NO3, NO4 och NO5 (loop)

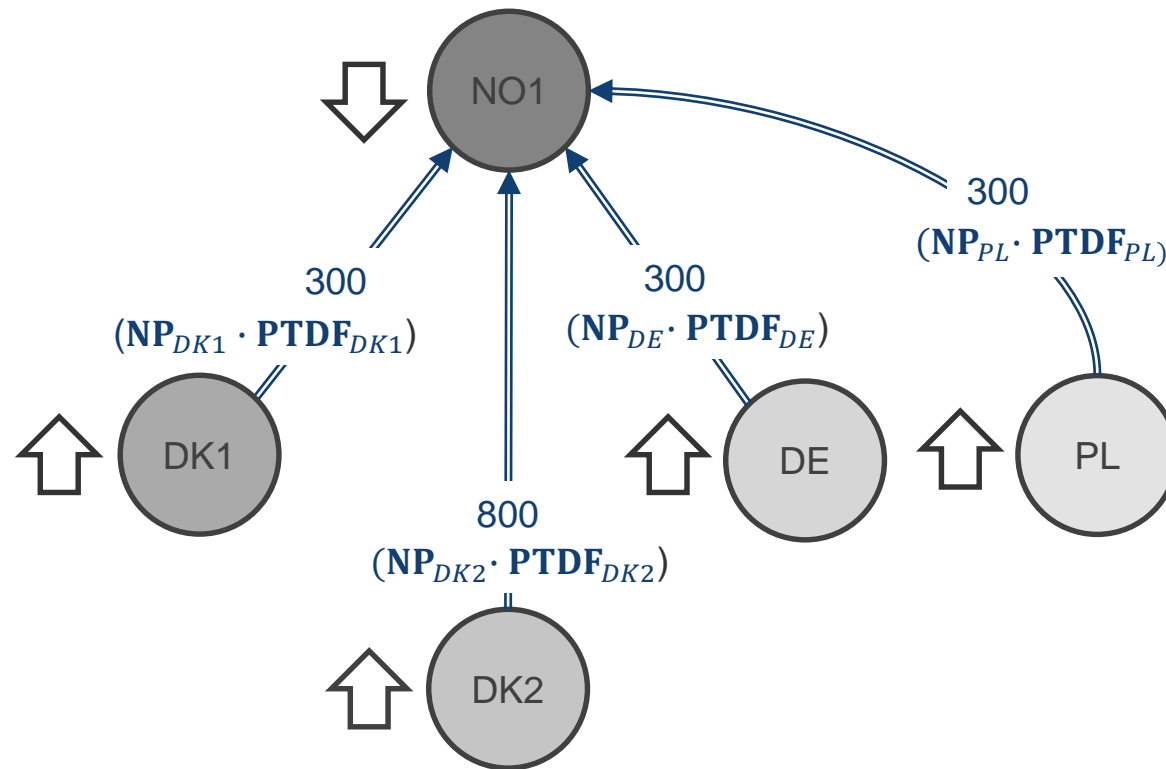


För att visa det fysiska flöde används PTDf matrisen och CNE:erna från en kapacitetsberäkning för det Nordiska transmissionssystemet (Nordic_FBMC_tool_V2)

Handel med FB i Västkuistsnittet exemplet

Handelsflödet i FB bestäms utifrån:

- Buden i alla budområden tävlar om att få använda kapaciteten på CNE(C):erna.
- De flöden som marknadskopplingen resulterar i är de som ger störst ekonomiskt överskott.
- Hur stor andel av CNE(C)s kapacitet som används bestäms av NP i ett elområde multiplicerat med PTDF värdena för det elområdet.
- PTDF kombination med elområdespriset optimerar utnyttjandet av kapaciteten för att ge störst ekonomiska överskott.



Tillgänglig handelskapacitet:
 $NP \cdot PTDF \leq RAM$

Ytterligare beskrivning om handel mellan elområden och priser ges i nästa presentation.

Produktionsöverskott
 Positiv nettoposition



Konsumtionsöverskott
 Negativ nettoposition



Pris

Lågt



Högt

Handelsflöde, FB:



**SVENSKA
 KRAFTNÄT**

Marknadssimuleringar – ett urval av case

- > Fundamentala prissättningsprinciper i den flödesbaserade metoden
- > Simuleringsexempel ett urval av intressanta timmar

Fundamentala prissättningsprinciper i den flödesbaserade metoden

- > Jämviktsvillkor (Equilibrium condition) i optimeringen
 - > Marginalpris Elområde A – Marginalpris Elområde B = $(PTDF_B - PTDF_A) \times \text{Shadow price/Skuggpris}$
 - > En optimal lösning måste leva upp till detta
- > Olika priser i den flödesbaserade metoden uppstår om de har olika påverkan (PTDF=hur mycket av den begränsade kapaciteten de använder) på den begränsade ledningen
- > Stora prisskillnader uppstår i den flödesbaserade metoden uppstår om:
 - a) Överföringen mellan B till A tar stor mängd av kapaciteten på den begränsade ledningen (CNEC) (och/eller)
 - b) Högt skuggpris \rightarrow stort värde att överföra en ytterligare 1 MW på ledningen (CNEC)
- > Samma priser i den flödesbaserade metoden uppstår om
 - > Inga överföringsbegränsningar \rightarrow Skuggpris är noll (och/eller)
 - > Samma påverkan på den begränsade ledningen (CNEC) (användning av marginal) \rightarrow samma PTDF-värde

INNEHÅLL

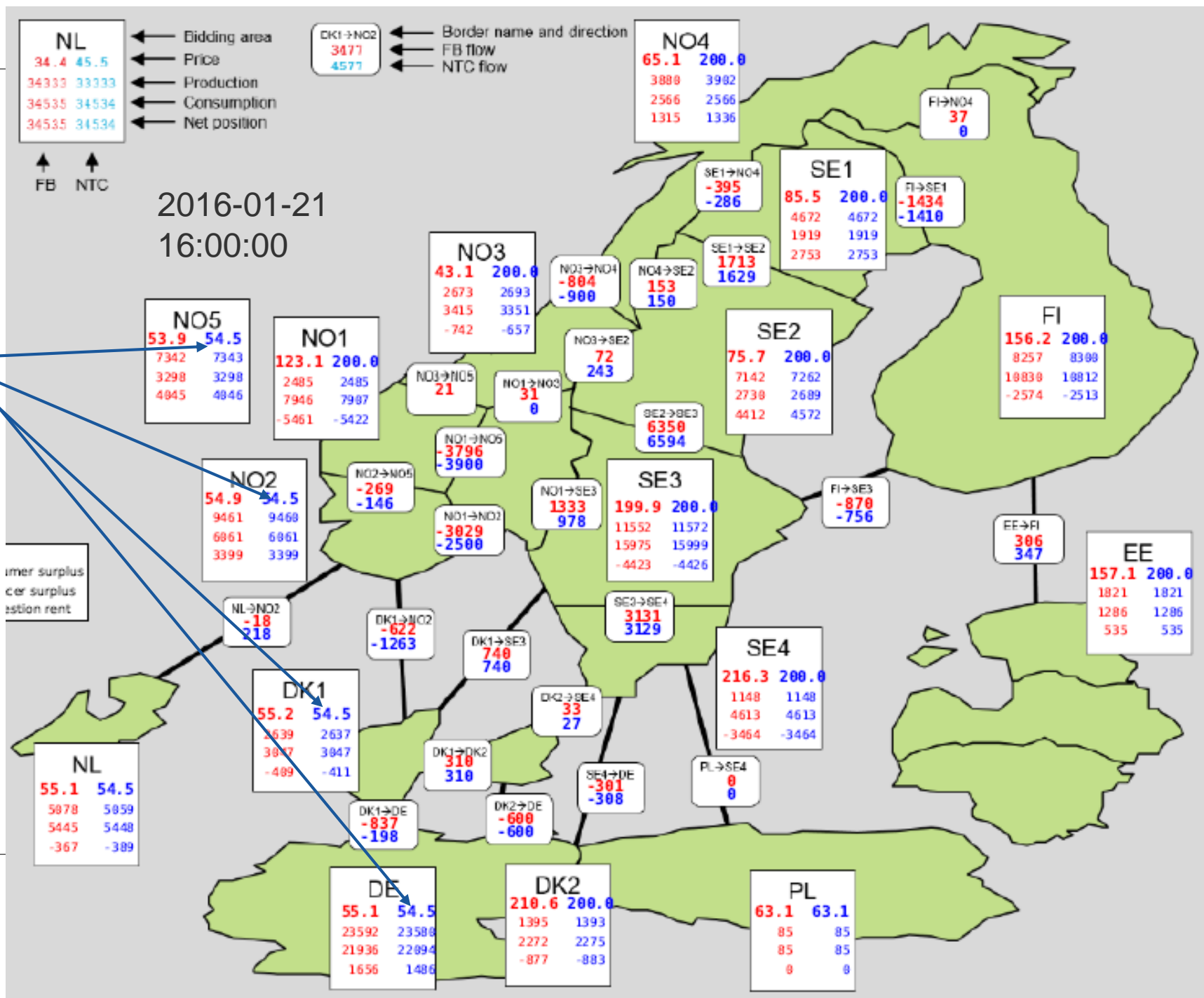
- > Fundamentala prissättningsprinciper i den flödesbaserade metoden
- > Simuleringsexempel ett urval av intressanta timmar

Exempel: 21 Januari 2016 16:00-17:00 Summering

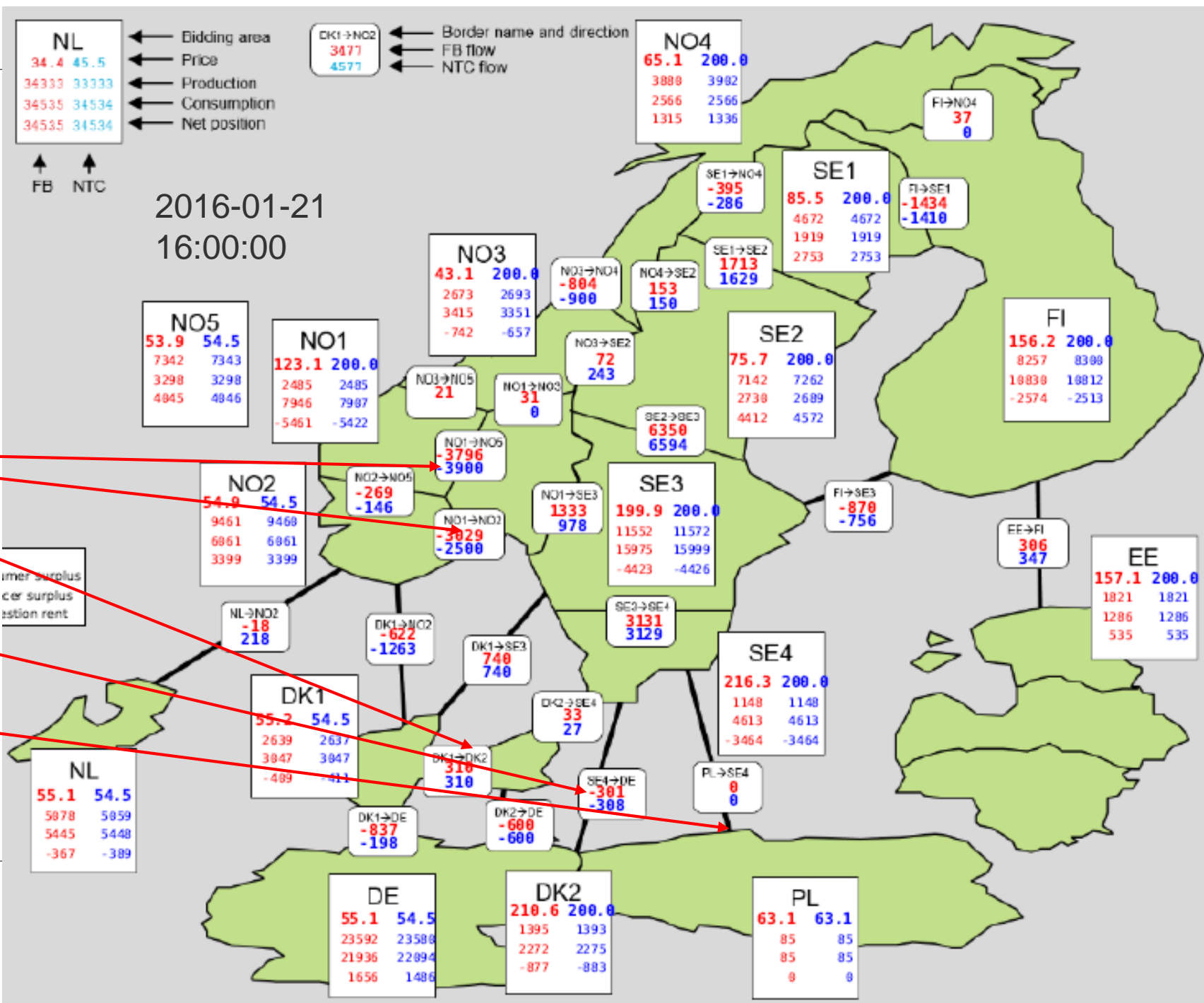
Generella observationer	NTC resultat	FB resultat
<ul style="list-style-type: none">> Hög konsumtion i Norden (68 GW)> Låg vindproduktion 618 MW SE, 347 MW DK	<ul style="list-style-type: none">> EE, DK2, FI, NO1, NO3, NO4, SE1-4 utgör ett högprisområde> NO2, NO5 och DK1 utgör ett lågprisområde	<ul style="list-style-type: none">> Högre ekonomiskt överskott (Producentöverskott + Konsumentöverskott + Kapacitetsavgifter)> Olika priser i alla nordiska elområden (Olika PTDF)> Mer import till Norden> Höga skuggpriser på några ledningar (CNECs)

NTC

- > Billig kraft instångd i DK1, DE, NO2 och NO5 → pris 54,5 euro/MWh
- > Flaskhalsar NO2, NO5 till NO1
- > Begränsningar och flaskhalsar på Stora bält
- > Begränsningar och flaskhalsar Baltic Cable
- > Begränsningar SwePol (kapacitet satt till 0)



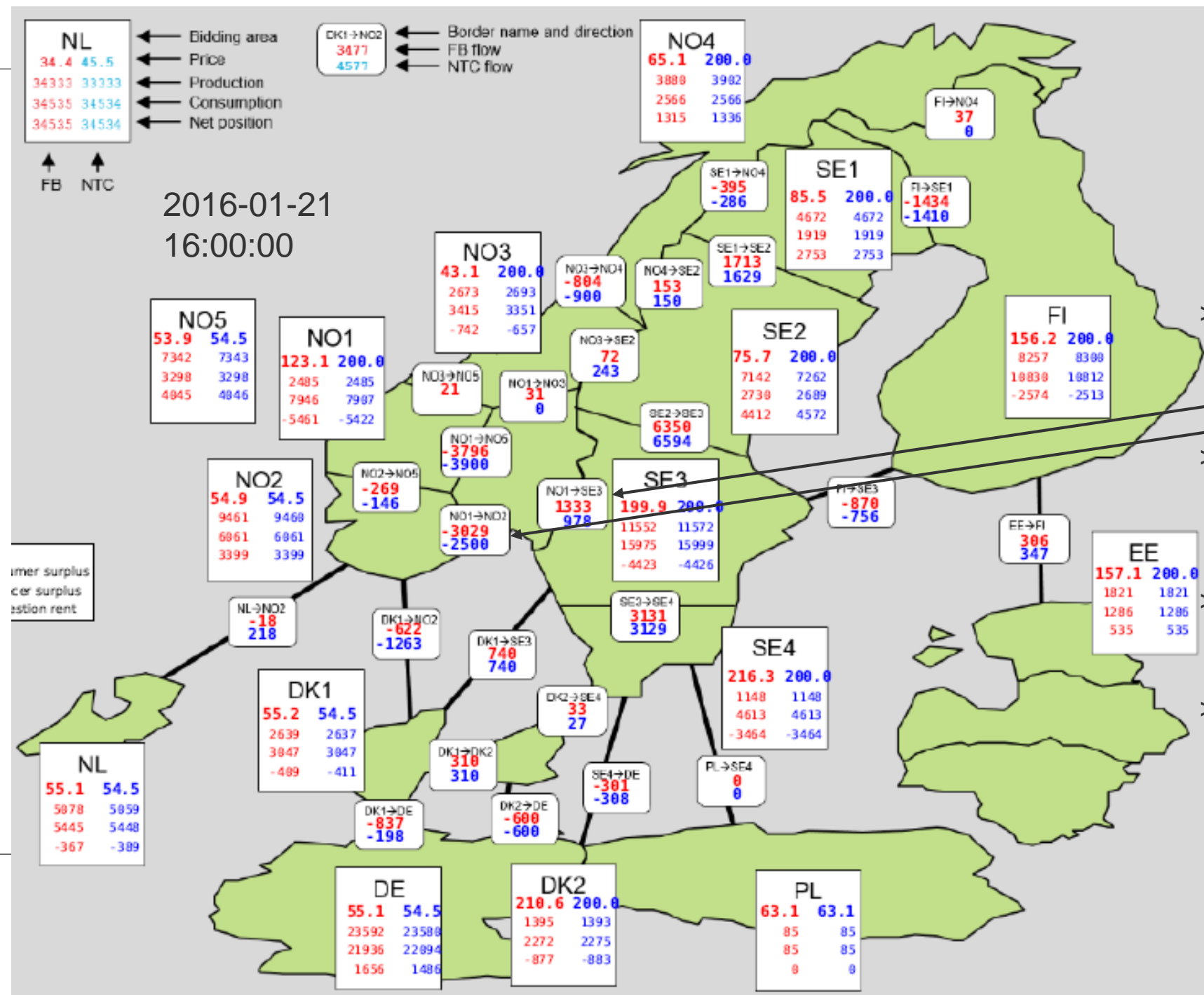
NTC



- > Billig kraft instängd i DK1, DE, NO2 och NO5 → pris 54,5 euro/MWh
- > Flaskhalsar NO2, NO5 till NO1
- > Begränsningar och flaskhalsar på Stora bält
- > Begränsningar och flaskhalsar Baltic Cable
- > Begränsningar SwePol (kapacitet satt till 0)

NTC

- > Billig kraft instängd i DK1, DE, NO2 och NO5 → pris 54,5 euro/MWh
- > Flaskhalsar NO2, NO5 till NO1
- > Begränsningar och flaskhalsar på Stora bält
- > Begränsningar och flaskhalsar Baltic Cable
- > Begränsningar SwePol (kapacitet satt till 0)



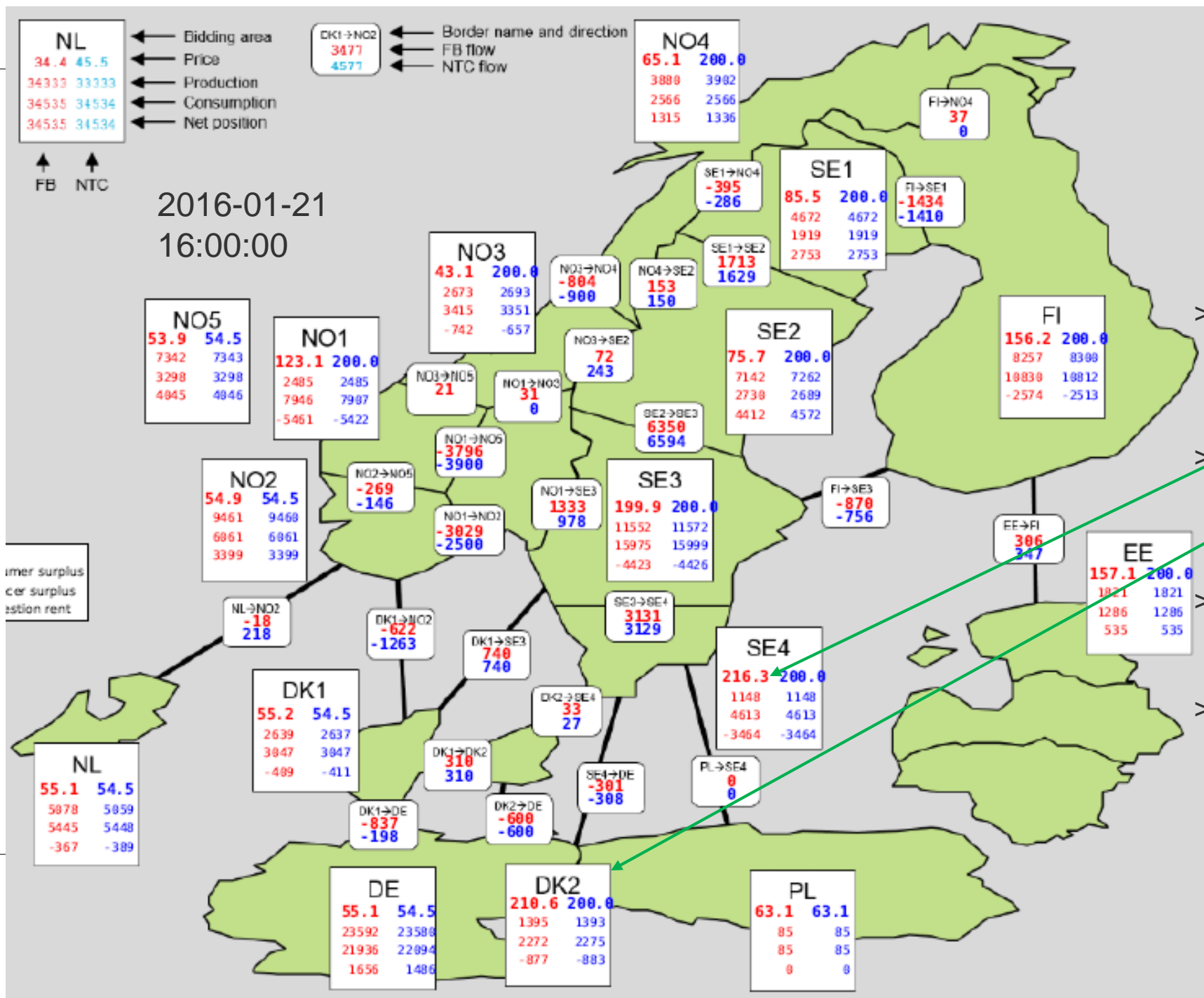
FB

- > Mer kraft kan överföras från NO2 → NO1 → SE3
- > Lägre priser i de flesta elområden utom SE4 och DK2
- > Kraft kan tas in från kontinenten till DK1
- > Minskat flöde från Norge till Danmark

ENSKA AFTNÄT

NTC

- > Billig kraft instängd i DK1, DE, NO2 och NO5 → pris 54,5 euro/MWh
- > Flaskhalsar NO2, NO5 till NO1
- > Begränsningar och flaskhalsar på Stora bält
- > Begränsningar och flaskhalsar Baltic Cable
- > Begränsningar SwePol (kapacitet satt till 0)



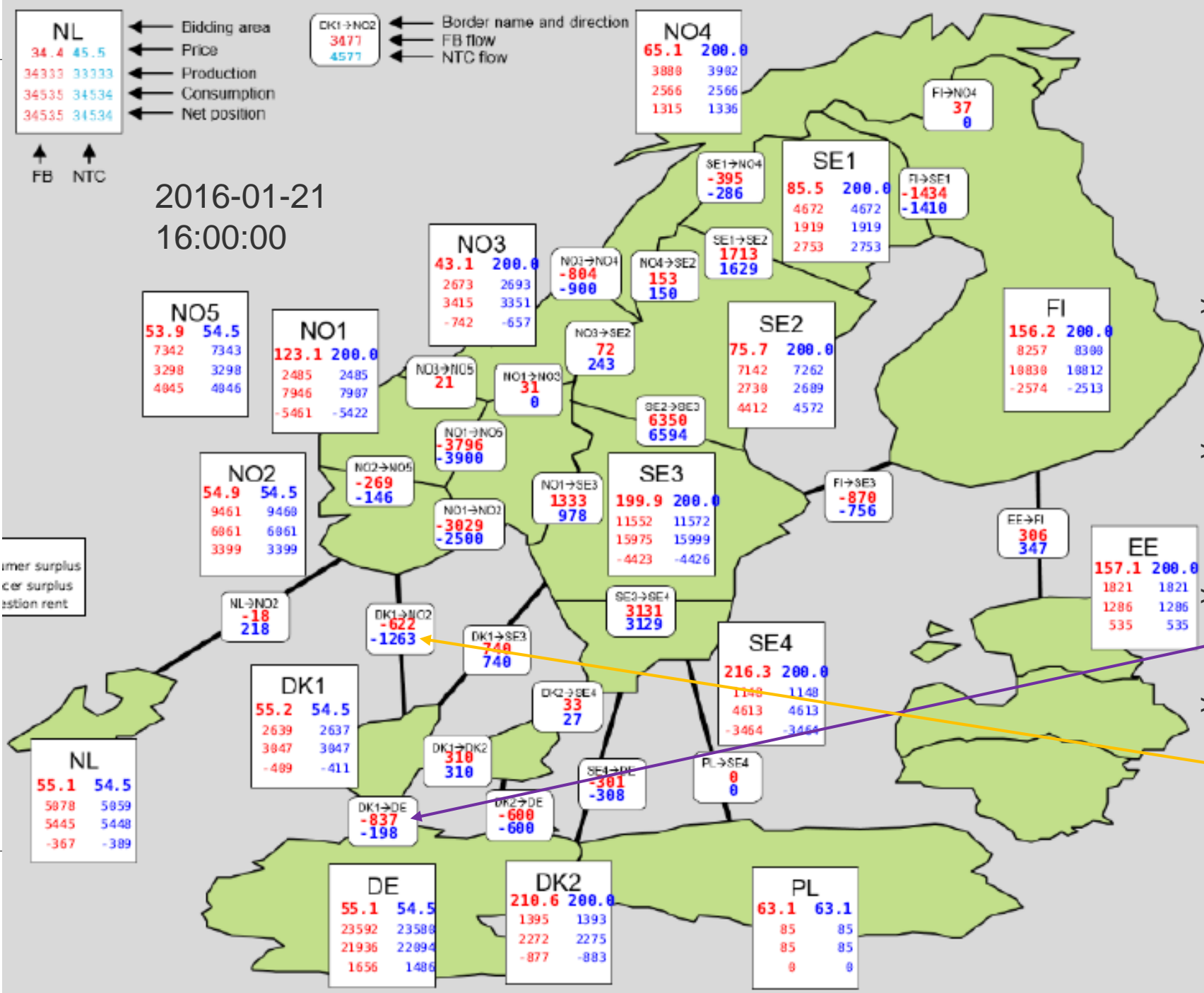
FB

- > Mer kraft kan överföras från NO2 → NO1 → SE3
- > Lägre priser i de flesta elområden utom SE4 och DK2
- > Kraft kan tas in från kontinenten till DK1
- > Minskat flöde från Norge till Danmark

ENSKA AFTNÄT

NTC

- > Billig kraft instängd i DK1, DE, NO2 och NO5 → pris 54,5 euro/MWh
- > Flaskhalsar NO2, NO5 till NO1
- > Begränsningar och flaskhalsar på Stora bält
- > Begränsningar och flaskhalsar Baltic Cable
- > Begränsningar SwePol (kapacitet satt till 0)



FB

- > Mer kraft kan överföras från NO2 → NO1 → SE3
- > Lägre priser i de flesta elområden utom SE4 och DK2
- > Kraft kan tas in från kontinenten till DK1
- > Minskat flöde från Norge till Danmark

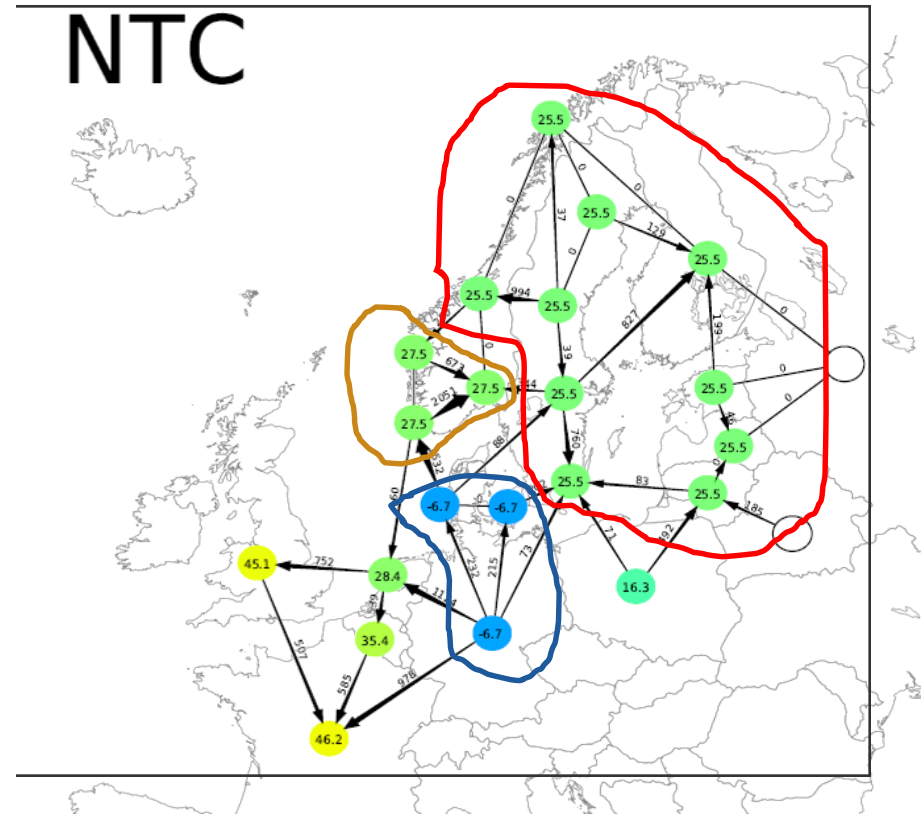
ENSKA AFTNÄT

Exempel: 4 Januari 2017 03:00 Summering

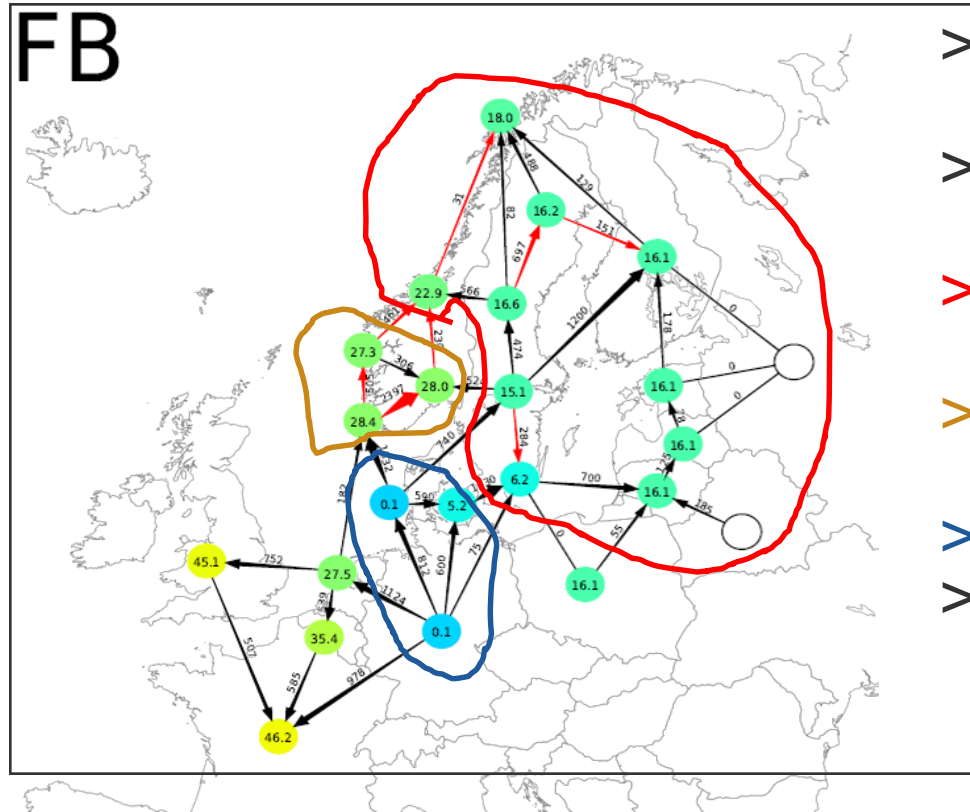
Generella observationer	NTC resultat	FB resultat
<ul style="list-style-type: none">> Hög vindproduktion i Tyskland och Danmark> Västkustsnittsnittet begränsande	<ul style="list-style-type: none">> Begränsningar på förbindelser:<ul style="list-style-type: none">> DK1->SE3> DK2->SE4> Hasle (SE3 → NO1)> NordBalt> SwePollink> Baltic Cable (även i FB)	<ul style="list-style-type: none">> Kapacitetsallokeringen i marknaden tar direkt hänsyn till Västkustsnittet utan behov av begränsningar> Större import från Danmark till Sverige jmf NTC> Fortfarande begränsningar på Baltic Cable och Swepollink> Export till Litauen på NordBalt

Exempel: 4 Januari 2017, 03.00: En blåsig natt

- > Västkustsnittsbegränsningar:
 - > DK1->SE3
 - > DK2->SE4
 - > Hasle (SE3 → NO1)
 - > NordBalt
 - > SwePollink
 - > Baltic Cable (även i FB)
- > Sverige, Norra Norge, Finland, Baltikum utgör ett prisområde
- > Västra och Södra Norge utgör ett högprisområde
- > Danmark och Tyskland utgör ett lågprisområde



Exempel: 4 Januari 2017, 03.00: En blåsig natt



- > Större import från Danmark till Sverige jmf NTC
- > Fortfarande begränsningar på Baltic Cable och Swepollink
- > **Lägre priser i Sverige, Norra Norge, Finland, Baltikum**
- > **Högre priser i södra och västra Norge**
- > **Högre priser i Danmark och Tyskland**
- > Export till Litauen på NordBalt

Avslutning

Feedback från webbseminariet kan skickas till:
ulrika.formgren@svk.se

Tack för att ni deltog!