

# Strömdelning på stamnätets ledningar

## Enkel teori och varför luftledning ungefär halva sträckan Överby-Beckomberga är nödvändigt

### 1 Inledning

Teorin bakom strömdelning beskriver varför och hur flödet av elektrisk ström genom ett elnät fördelar sig mellan de olika ledningarna. Denna text förklarar på ett förenklat sätt begreppet strömdelning och som ett praktiskt exempel används det aktuella 400 kV-ledningsprojektet mellan Överby och Beckomberga.

#### 1.1 Grundläggande definitioner

##### Förbindelse

En förbindelse är en elektrisk koppling mellan två punkter i ett elnät. Förbindelsen kan bestå av en luftledning och/eller en markkabel och drivas med växelström (AC) eller likström (DC). I denna text bortses dock från likströmstekniken. Teknikvalet påverkar då endast de elektriska storheterna hos förbindelsen.

##### Ström och Effekt

En elektrisk ström,  $i(t)$ , definieras som den mängd elektriska laddningar som per tidsenhet passerar genom ett tvärsnitt av en ledning. Enheten är **ampere** (A).

Strömstyrkan genom ett elnät är inte konstant utan varierar i storlek beroende av spänningsnivån. Strömmen kan istället uttryckas som ett konstant effektflöde som definieras av **Effekt = Spänning  $\times$  Ström** och har enheten (**VA**). Av formeln framgår att ju lägre spänningen är, desto högre blir strömmen.

##### Spänning

Spänningen i ett ledningsnät definieras som potentialskillnaden mellan två punkter. Det är spännings- eller vinkelskillnaden som driver strömmen. Enheten för potential och spänning är **volt** (V).

##### Förbindelsers elektriska storheter

Förbindelsers strömbegränsande egenskap benämns resistans (likström) eller impedans (växelström). Ännu mer förenklat pratar man om förbindelsers elektriska motstånd. Skillnaden mellan resistans och impedans är att i ett växelströmssystem så finns förutom resistansen ett ytterligare "motstånd", induktansen, som är beroende av systemfrekvensen.

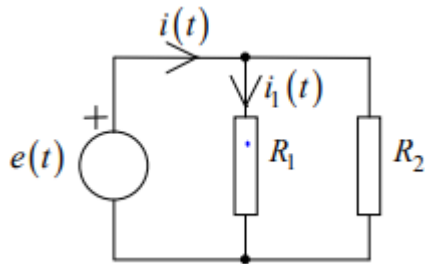
Resistansen i stamnätet är låg i förhållande induktansen. Enheten för resistans och induktans är **ohm** ( $\Omega$ ).

##### Strömdelning

Nedanstående enkla figur har en spänningskälla eller generator,  $e(t)$ , som genererar en ström  $i(t)$  som fördelar sig på två parallella "ben". Strömmen  $i_1(t)$  är omvänt proportionell mot förbindelsernas motstånd eller impedans.

$i_1(t)$  kan då skrivas som  $i_1(t) = i(t) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$  och

$$i_2(t) = i(t) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



## 1.2 Teknikval Överby - Beckomberga

Det framtida energibehovet i Stockholmsregionen kommer huvudsakligen att försörjas av två stycken 400 kV-förbindelser, en som löper mellan Överby – Beckomberga – Kolbotten och en mellan Hagby – Anneberg - Hall. Förbindelserna har olika elektriskt motstånd och olika uttag av effekt i stationer längs förbindelserna vilket innebär att de kommer att överföra olika mängder elektrisk effekt.

Det finns två tekniska alternativ för teknikvalet för förbindelsen mellan Överby och Beckomberga.

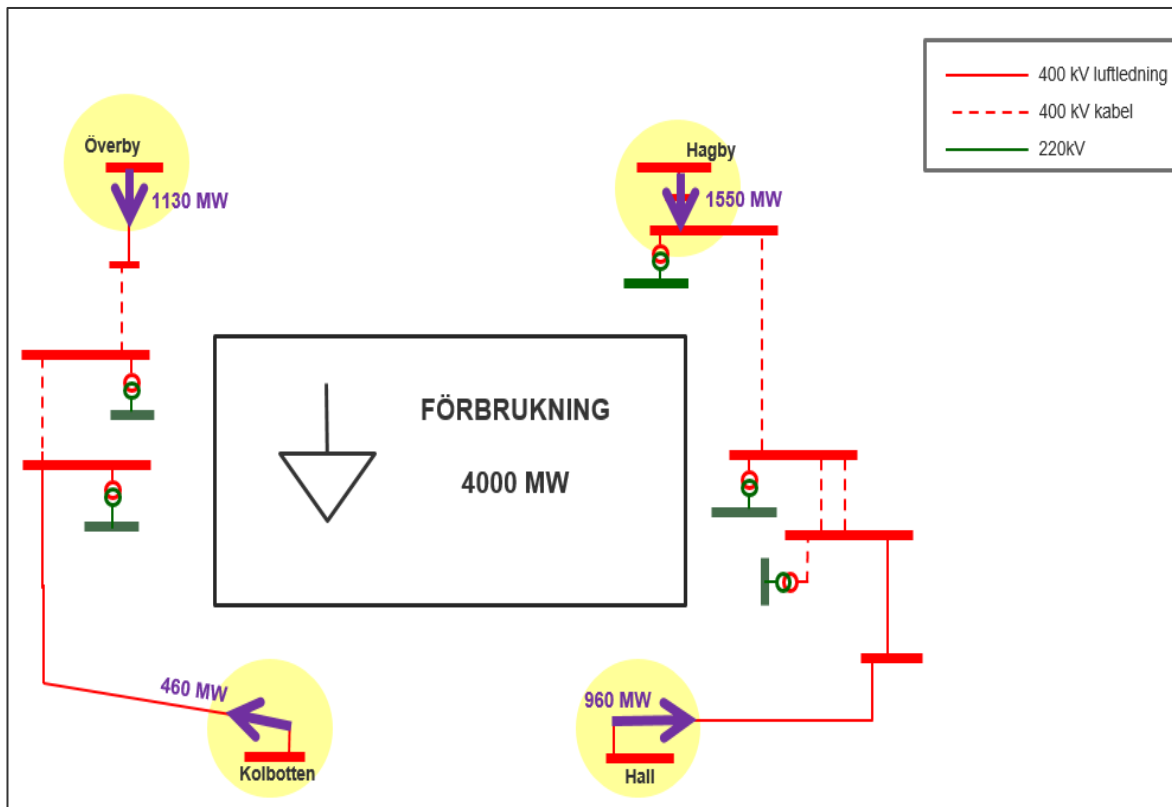
1. Ungefär hälften av förbindelsen byggs som luftledning och den andra hälften som markförlagd kabel.
2. Hela förbindelsen byggs som markförlagd kabel.

En markförlagd kabel har ett lägre elektriskt motstånd än en luftledning vilket medför att om ett teknikval enligt alternativ 2 väljs så kommer förbindelsen att transportera mer effekt än om ett teknikval enligt alternativ 1 (strömdelning) väljs.

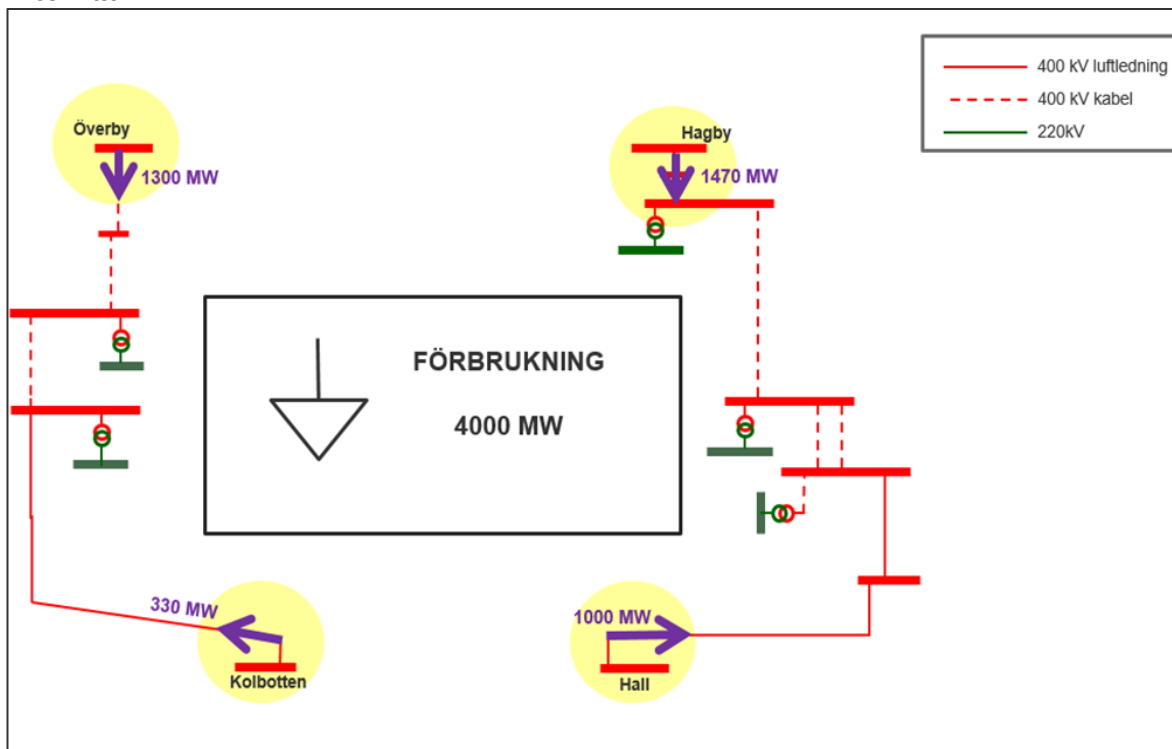
I figur 1 nedan visas hur effekten fördelas mellan de två förbindelserna när effektbehovet i regionen förväntas vara ca 4 000 MW (år 2020).

Figur 1 Strömdelning mellan Överby – Kolbotten och Hagby – Hall år 2020

## Alternativ 1



## Alternativ 2

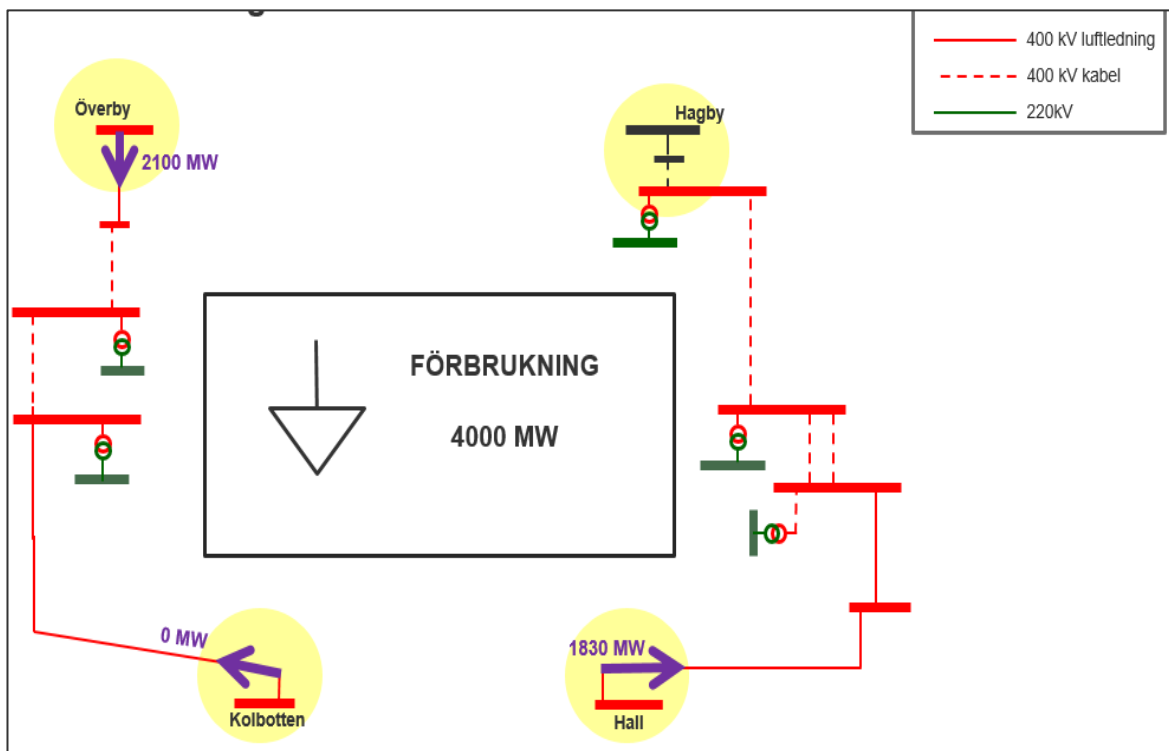


I figur 1 ovan ser vi att effekttransporten på Överby – Beckomberga ökar från 1 130 MW till 1 300 MW om hela förbindelsen kabelförläggs (alternativ 2) vid ett effektbehov på 4000 MW i Stockholmsregionen.

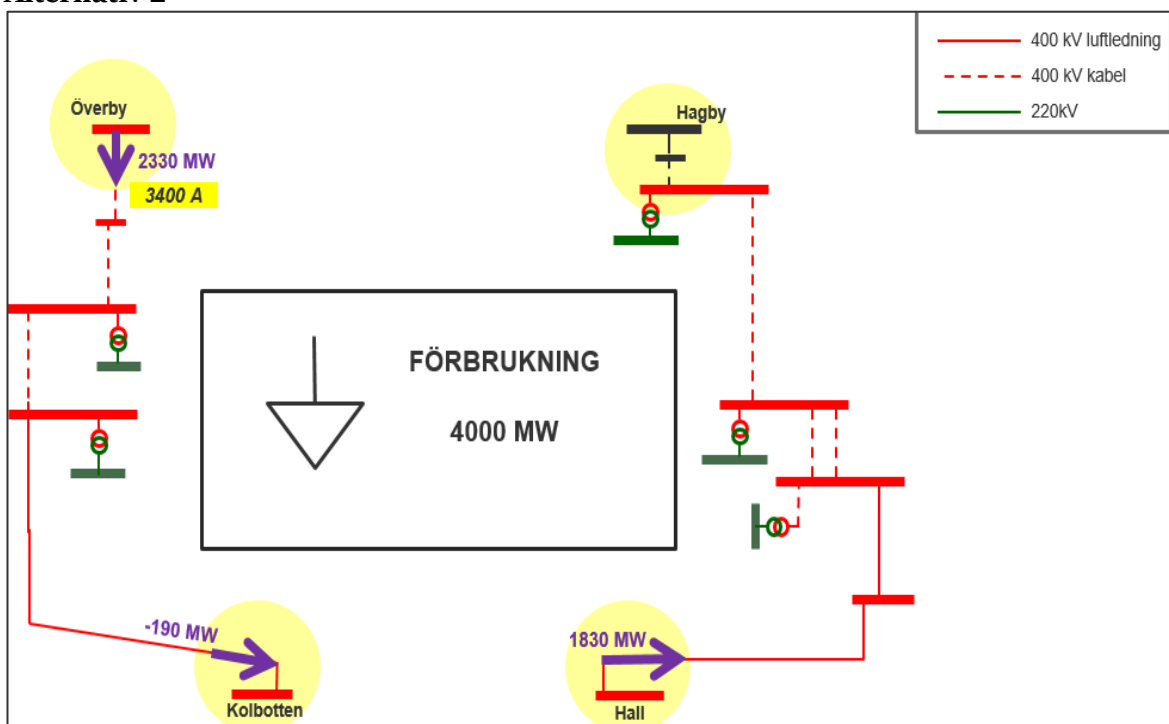
Hur mycket effekt som kan överföras till Stockholm via de två förbindelserna bestäms av situationen efter att det värsta (dimensionerande) felet har inträffat. I figur 2 nedan visas effektflödet på Överby – Beckomberga efter fel på Hagby – Anneberg för de två olika utbyggnadsalternativen.

**Figur 2** Effektransport mellan Överby – Kolbotten efter fel på Hagby – Hall. Förbrukning 4 000 MW.

### Alternativ 1



### Alternativ 2

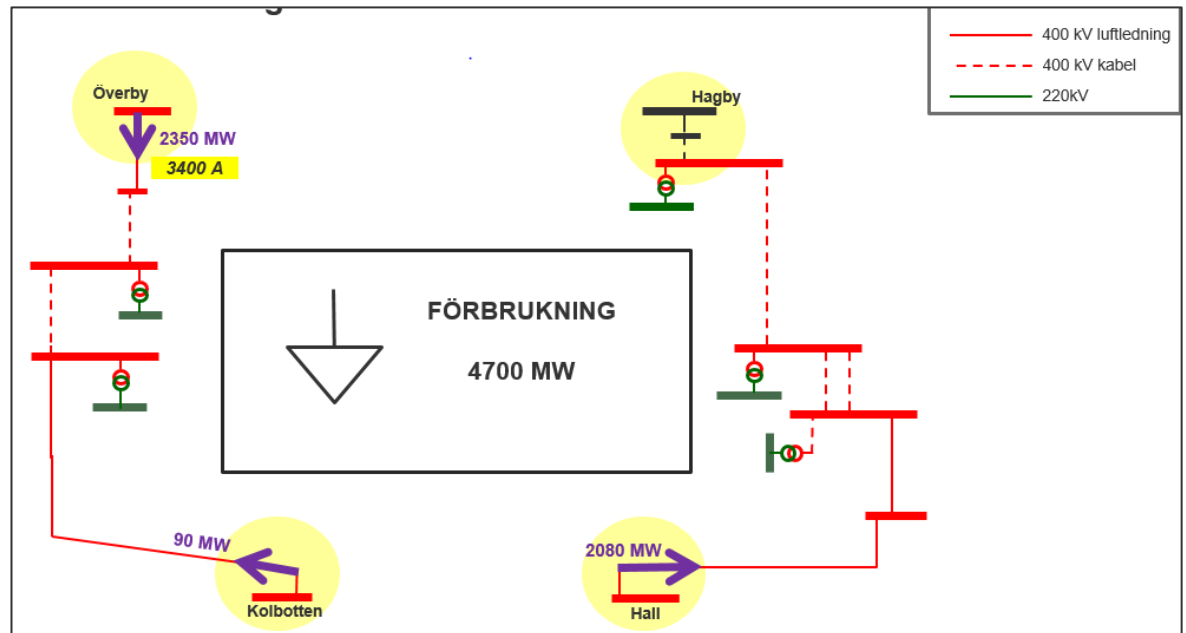


Förbindelsen mellan Överby – Beckomberga har en maximal kapacitet på 2 330 MW eller 3 400 A. Figur 2 visar att den maximala kapaciteten uppnås efter ett fel på Hagby - Anneberg när förbrukningen i regionen är 4 000 MW och hela sträckan är byggd som markförlagd kabel.

Ökas impedansen genom att halva sträckan byggs som luftledning så kan förbrukningen i stockholmsregionen ökas till 4 700 MW innan förbindelsen överbelastas, vilket visas i figur 3 nedan.

**Figur 3 Effektransport mellan Överby – Kolbotten efter fel på Hagby – Hall. Förbrukning 4 700 MW.**

### Alternativ 1



Slutsatsen är då att om ungefär halva förbindelsen byggs som luftledning så ökar försörjningsgraden av Stockholmsregionen med 700 MW vilket motsvarar en Malmö och Lunds energibehov eller mindre kärnkraftsreaktor. Det betyder att en förbindelse med enbart markkabel långsiktigt inte löser Stockholms kapacitetsbehov.