

**Förstudie reduktion av magnetiska fältet från tågtrafik nära  
Upplands Väsby station för projektet Optimus**



**Upplaga 1  
6 augusti 2020**

<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>3</b>
<b>2 MÖJLIGA ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA EXPONERINGEN.....</b>	<b>5</b>
<b>3 REDUCERING MED HJÄLP AV ÅTGÄRDER PÅ JÄRNVÄGEN .....</b>	<b>6</b>
3.1 Magnetfältreduktion med förbigångsmatning .....	10
3.2 Magnetfältreduktion med extra sugtransformatorer .....	11
3.3 Sammanfattning åtgärder på järnvägens elmatning.....	13
3.4 Åtgärder för att reducera magnetfält från tågvarme.....	13
<b>4 REDUKTION AV MAGNETFÄLT MED HJÄLP AV SKÄRMNING .....</b>	<b>15</b>
4.1 Passiv skärmning .....	15
4.2 Aktiv skärmning .....	16
<b>5 RIKTVÄRDEN OCH REKOMMENDATIONER FÖR HÄLSOEFFEKTER AV LÅGFREKVENTA FÄLT .....</b>	<b>19</b>
<b>6 DISKUSSION.....</b>	<b>23</b>

## 1. INLEDNING

För att få ett underlag för att bedöma vilka magnetfältsnivåer som kan bli aktuella i de hus som planeras byggas öster om järnvägen vid Upplands Väsby station, projekt Optimus, planeras dygnsmätningar genomförts på de avstånd som de mest närliggande husen kommer att ha, så snart trafiken återgått till det normala efter reducerad trafik under Coronapandemin.

Det hus som ligger närmast spåren har ett avstånd på ca 30 m från spårmittpå närmsta spår, se figur 1.1.



Figur 1.1 De planerade husen i projekt Optimus ligger som närmast ca 30 m från spårmittpå närmsta spår. Kryssen visar planerade mätpunkter.

En mätning av magnetfält genomfördes 2016 för projektet Väsby Entré. Öster om spåren, i två mätpunkter 35 m från närmaste spårmit, varierade i ena mätpunkten mellan 0,02 till 1,32  $\mu\text{T}$  med ett medelvärde över mätdygnet på 0,22  $\mu\text{T}$ . I den andra mätpunkten varierade mätvärdena mellan 0,03 till 1,75  $\mu\text{T}$  med ett medelvärde över mätdygnet på 0,28  $\mu\text{T}$ . I en mätpunkt 40 m från närmaste spår varierade mätvärdena mellan 0,03 till 1,75  $\mu\text{T}$  med ett medelvärde över mätdygnet på 0,28  $\mu\text{T}$ .

En mätning väster om spåren utfördes på avståndet 25 m från närmaste spårmit här varierade magnetfältet mellan 0,03 till 1,77  $\mu\text{T}$  med ett medelvärde över mätdygnet på 0,37  $\mu\text{T}$ . I denna mätpunkt fanns det bidrag, förutom från tågtrafiken, från en ännu ej bekräftad källa, troligen tågvarme.

Mätningen 2016 genomfördes där husen i projektet Väsby Entré planeras ligga, då järnvägsspårens lägen skiljer sig mellan Optimus och Väsby Entré kan mätvärdena för Väsby Entré inte direkt överföras till Optimus. Det är därför värdefullt med en mätning vid Optimus. Mätningarna 2016 kan dock ge en indikation på storleksordningen av magnetfälten 2016.

Upplands Väsby kommun har haft ett planeringsmål som innebar att vid planering av ny bostadsbebyggelse skulle inte medelvärdet 0,2  $\mu\text{T}$  överskridas. Man har nu ersatt detta mål med följande *"I ÖP finns ingen siffra alls nu utan man utgår från den allmänna försiktighetsprincipen. Det innebär att man får titta på praxis samt vad som är ekonomiskt och tekniskt rimligt att göra utifrån bedömda risker av människors hälsa"*.

Denna formulering gör att kommunens krav är något oklart. Ett medelvärde på 0,2  $\mu\text{T}$  torde fortfarande uppfylla målet, men jag tolkar det som, om kostnaderna är stora, kan man tillåta något högre medelvärde, kanske upp till 0,4  $\mu\text{T}$ , vilket tillämpas av Svenska Kraftnät. De epidemiologiska studierna indikerar att ett medelvärde på 0,4  $\mu\text{T}$  skulle kunna innebära en fördubblad risk för barnleukemi, så högre nivåer kan väl knappast vara i överensstämmelse med försiktighetsprincipen.

Vid en ökning av antalet tåg, så ökar årsmedelvärdet ungefär som trafikökningen om spåren inte ändras. I detta fall planerar man öka med två spår, för att få sex spår för genomgående trafik. De nya spåren läggs till väster om nuvarande spår, så de nya spåren kommer inte närmare husen på östra sidan än idag. Trots detta ger en bredare bangård normalt upphov till mer magnetfält. Anledningen till detta är att alla spårs S-räler är sammankopplade var 300:e meter. I ett tåg som matas via en kontaktledning leds strömmen åter via rälsen, men då alla S-räler är ihopkopplade med varandra kommer återgångsströmmen att fördela sig på alla S-räler.

Den ökade trafiken och nya spår kan innebära att årsmedelvärdena för magnetfält kan fördubblas år 2050 om inga åtgärder vidtas för att reducera magnetfälten.

För att kommunens planeringsmål för ny bebyggelse skall uppnås är det därför troligt att magnetfälten från tågtrafiken bör reduceras.

## 2 Möjliga åtgärder för att minska exponeringen

Medelexponeringen beror på hur starka magnetfälten är och under hur lång tid magnetfälten från varje tåg ger bidrag samt hur många tåg som passerar stationen.

Man planerar att bygga två nya huvudspår, för att tillåta fler tåg att trafikera banan. Man kan förvänta sig fler tåg i framtiden, vilket utan andra åtgärder, skulle leda till ökat magnetfält i de planerade husen.

Magnetfälten avtar med avståndet från järnvägen varför lägre magnetfält erhålls i husen, om det är möjligt att förlägga dem på större avstånd.

Om annan förläggning av byggnaderna inte är ett alternativ, bör årsmedelvärdena för magnetfälten minskas.

För att minska magnetfältens medelvärde måste antingen tiden varje tåg ger bidrag minskas, vilket kan ske med hjälp av åtgärder i järnvägens strömförsörjning eller så måste fältens styrka reduceras, vilket kan ske med skärmning.

### 3 Reducering med hjälp av åtgärder på järnvägen

På banan används sugtransformatorer. Detta är en teknik som regelmässigt används vid elektrisk tågtrafik i Sverige.

Den magnetiska källan kommer att variera beroende på var tåget befinner sig på spåret. Det magnetiska fältet är som störst, då ledaren och återledaren för strömmen är som mest separerade. När tåget passerar en punkt matas strömmen till tåget från kontaktledningen och tillbaka via rälsen, vi får en stor slinga. Vid järnvägstrafik går återgångsströmmen endast i rälsen i en sektion, som brukar vara ca 5 km, sedan matas den till en återledare, via en sugtransformator, som suger upp strömmen till en återledare. Återledaren sitter vanligtvis uppe i kontaktledningsstolpen varför avståndet mellan ledarna, och därmed även fältet, då blir mindre.

Detta innebär att magnetfälten blir höga när loket befinner sig i den sugtransformatorsektion som är nära byggnaden, för att sedan avta, när det kommer in på nästa sektion. En närmare redogörelse för detta problem ges i Ivarsson och Hasselgren (1993)\*.

Kontaktledningsströmmen går genom ena lindningen i sugtransformatorn, en återledare är kopplad till sugtransformatorns andra lindning. Då lika många lindningsvarv används på vardera lindningen kommer lika stor ström att gå i båda ledningarna. I figur 3.1 visas strömmens väg till och från loket, för fyra olika fall.

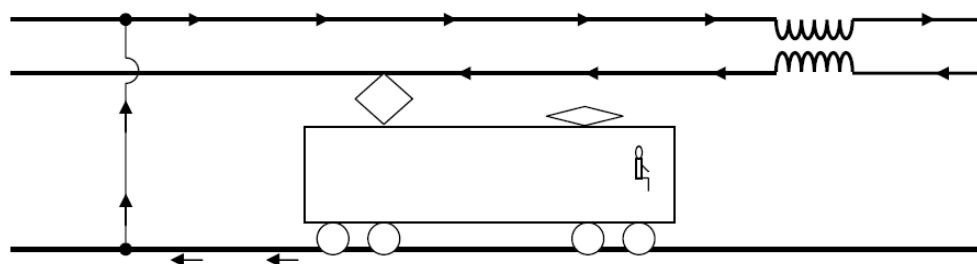
Det normala avståndet mellan sugtransformatorerna i det svenska järnvägsnätet är 5 km. Genom att minska avståndet mellan sugtransformatorerna minskas tiden som varje tågpassage alstrar magnetfält i en punkt, man kan på det viset sänka årsmedelvärdet av magnetfältet i en punkt.

Ett annat sätt att reducera tiden med högt magnetfält är att dela upp kontaktledningen i kortare sektioner som separatmatas (s.k. bangårdsmatning). Man kan också låta strömmen som matar tåg längre bort på banan matas via kablar för fram och returström (förbigångsmatning).

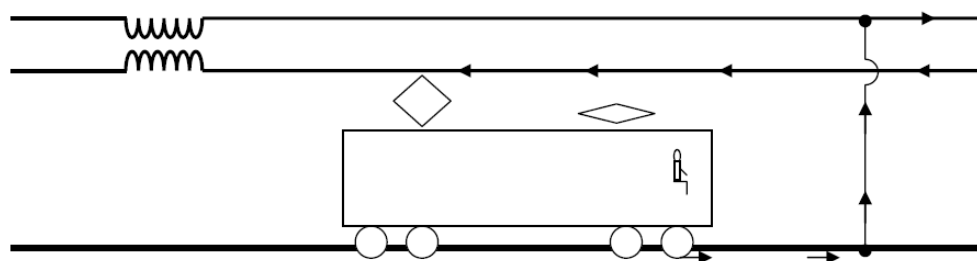
Utgående från elschema för järnvägen vid Upplands Väsby illustreras strömmarnas väg vid tågpassage i ett antal figurer. I figur 3.2 visas elschema för dagens elförsörjning söder om Upplands Väsby och fram till stationen. Det finns sugtransformatorer på km 22+000 m och ca km 27+000 m nära vägbro Älvsundavägen. Dvs avståndet mellan sugtransformatorerna är längre än normalt.

---

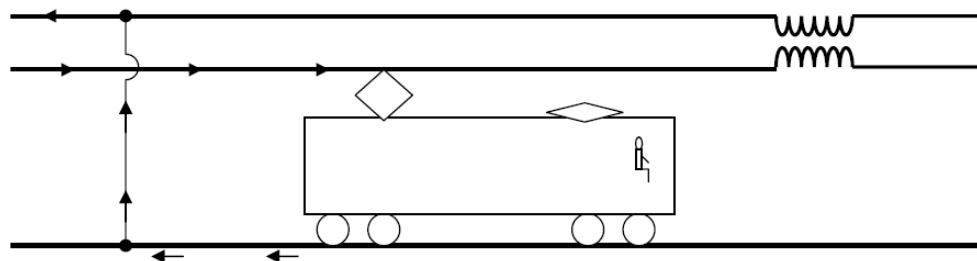
\* Ivarsson, O. & Hasselgren, L. (1993) "Mätningar och numeriska beräkningar av magnetfält i intilliggande fastigheter från elektriskt järnvägsspår" Rapport nr 4 Inst f mikrovågsteknik, CTH, Göteborg.



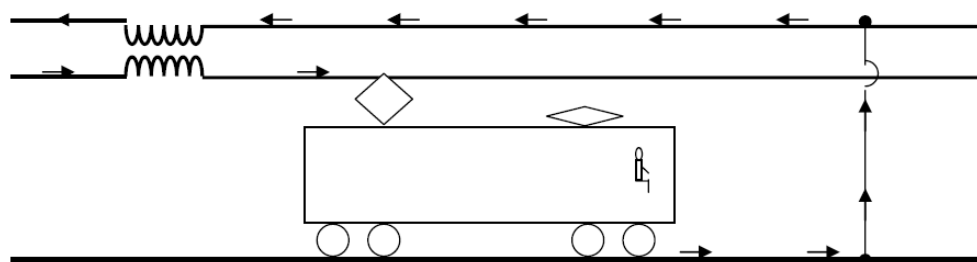
a) Strömmatning framifrån genom sugtransformator



b) Strömmatning framifrån genom jordförbindelse

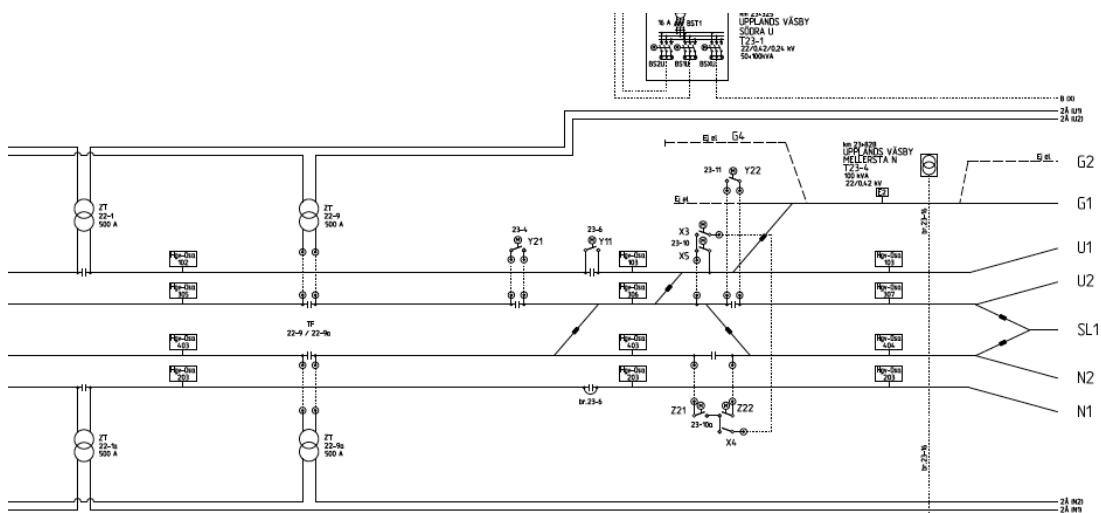


c) Strömmatning bakifrån genom jordförbindelse



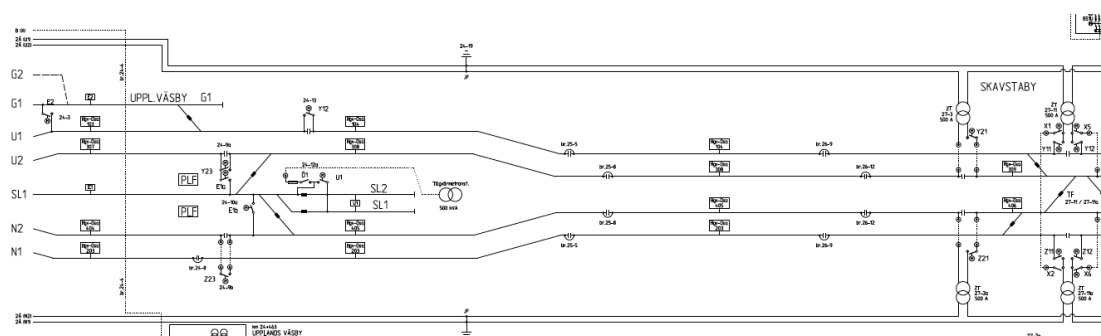
d) Strömmatning bakifrån genom sugtransformator

Figur 3.1 Strömmatning till lok när det befinner sig på olika positioner på banan, Strömmen mattas via kontaktledningen och genom loket till rälsen. Sugtransformatorn "suger upp" strömmen från rälsen via en jordförbindelse upp till en återledare, bild Bengt Johansson.



Figur 3.2 Utsnitt från Trafikverkets kopplingschema avsnittet km 22 till km 24.

I figur 3.3 visas följande avsnitt från km 24 till km 27+700 m. Intressant här är de fyra sugtransformatorerna i Skavstaby samt jordpunkten i bangårdens norra del. Här finns också en transformator för tågvarme inritad.

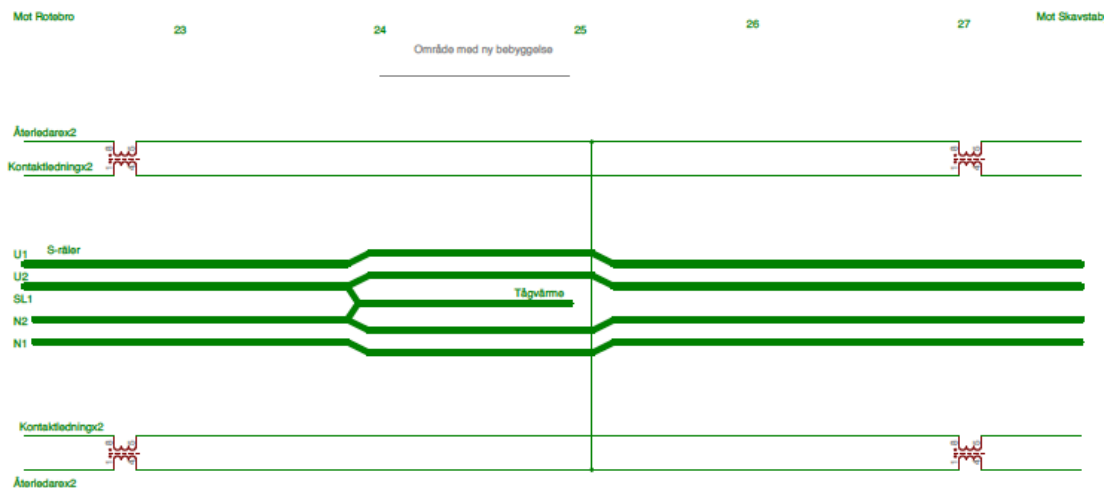


Figur 3.3 Utsnitt från Trafikverkets kopplingschema avsnittet km 24 till km 27+700 m.

För att förklara principen för elmatningen har vi tagit fram ett antal förenklade scheman. I figur 3.4 visas ett förenklat schema för dagens elmatning, endast elmatningen för ytterspår visas. Området med planerad bebyggelse ligger mellan km 24 och km 25. Tåg som befinner sig utanför bild kommer att dra ström i respektive kontaktledning. Denna ström kommer att passera en sugtransformator och sugas upp i en jordpunkt och gå vidare i en återledare. Det innebär att tåg utanför bild drar ström i kontaktledning och återledare. Kontaktledning och återledare bildar en slinga. Magnetfältet från denna ström beror på strömstyrka och slingarean. Slingarean bestäms av avståndet mellan kontaktledning och återledare. Av Trafikverkets kopplingschema kan man inte se var återledarna är placerade fysiskt. Vid en station med kontaktledningsbryggor brukar återledarna placeras någonstans på bryggan. Det är vanligt att avståndet mellan kontaktledning och återledare är flera meter vilket innebär en relativt stor slingarean och betydande magnetfält från tåg som befinner sig bortom stationen. Dessa

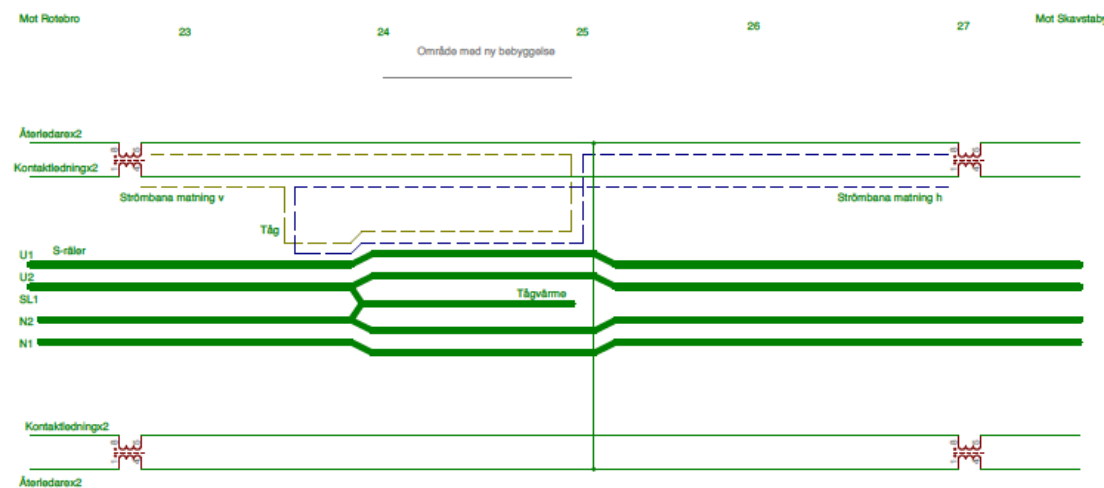


bidrag pågår under lång tid, så länge som tågen drar ström som passerar Upplands Väsby via kontaktledningen.



Figur 3.4 Förenklat schema över dagens elmatning där endast elmatningen för ytterspåret visas.

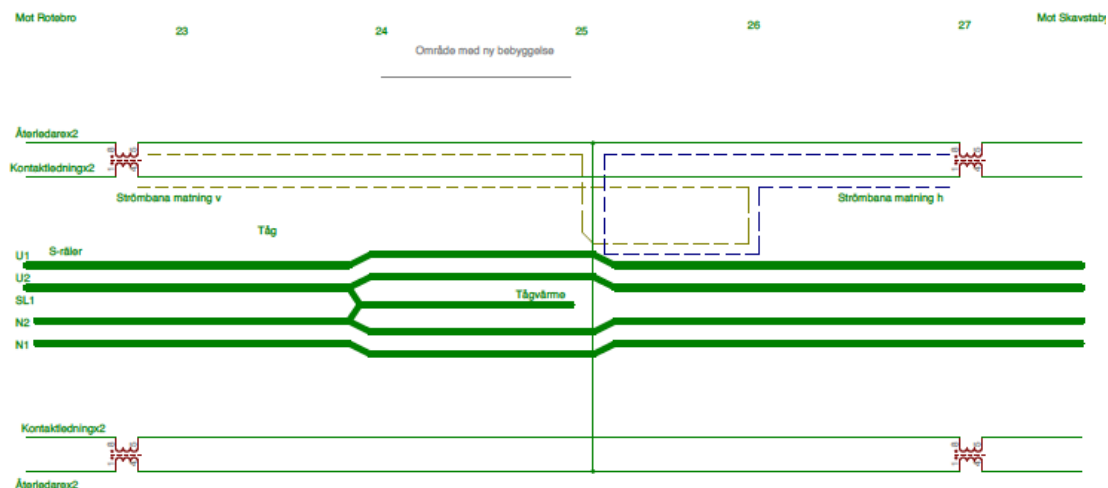
I figur 3.5 ser vi hur strömmarna går för ett tåg som befinner sig strax söder om bangården.



Figur 3.5 Strömmens väg för ett tåg som befinner sig på km 23 + 500 m för dagens elmatning.

Ström till tåget kommer via kontaktledningen både från söder och från norr (vi befinner oss mellan två omformarstationer så matningen kommer från två håll). Strömmen passerar genom tåget till spårets S-räl och fram till jordpunkten där det sugas upp till återledaren. S-rälerna på de olika spåren är förbundna var 300 m vilket innebär att återgångsströmmen sprids ut på samtliga spårs S-råler. Det innebär att vi får strömslingor mellan kontaktledningen och S-rälerna. På det spår tåget går blir avståndet från kontaktledning till S-räl 5,5 m och avståndet från tågets kontaktledning till de andra S-rälerna blir avsevärt större (vilket innebär ett stort bidrag under kort tid).

I figur 3.6 ser vi hur strömmarna går för ett tåg som befinner sig strax norr om bangården.

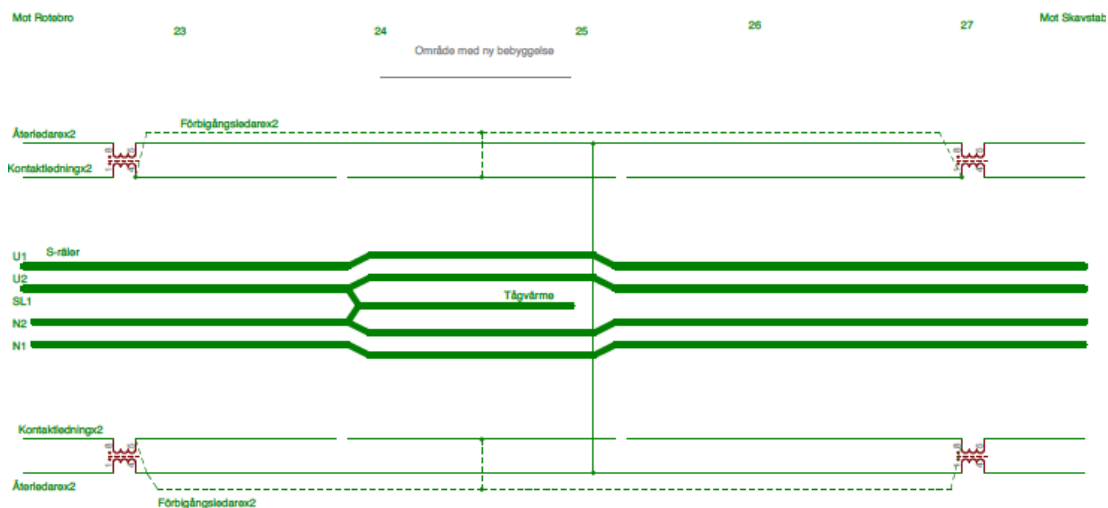


Figur 3.6 Strömmens väg för ett tåg som befinner sig på km 25 för dagens elmatning.

Strömmens väg går på liknande sett som i föregående bild. Intressant att notera är att de största magnetfältsbidragen (när strömmen går i kontaktledning och åter via S-räler) berör inte området för ny byggnation. För detta tågfall går strömmen förbi nybyggnationen i kontaktledning och återledare på samma sätt som när tågen är utanför bild. Vi ser därför att de starkaste magnetfälten vid området för nybyggnation alstras för tåg som befinner sig mellan sugtransformatorerna söder om stationen och fram till jordpunkten.

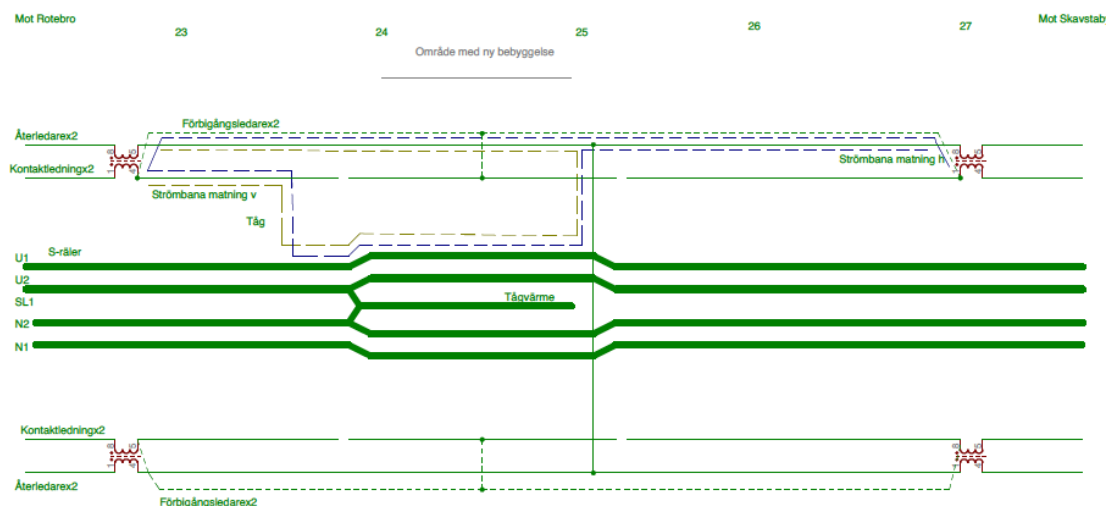
### 3.1 Magnetfältsreduktion med förbigångsmatning

Om man inför ett eller flera avbrott i kontaktledningen och låter strömmen som skall gå förbi stationen gå i förbigångsledare kan man få en stor reduktion av magnetfälten från tåg som befinner sig utanför våra bilder. Om förbigångsledaren läggs tätt ihop med återgångsledningen blir slingarean mycket liten och magnetfälten från dessa strömmar kan nästan elimineras helt. Denna lösning kallas förbigångsmatning. I figur 3.7 visas principen för en förbigångsmatning,



Figur 3.7 Förenklat schema visande förbigångsmatning och bangårdsmatning.

som kombinerats med så kallad bangårdsmatning. I figur 3.8 ser vi hur strömmarna går för ett tåg som befinner sig strax söder om bangården.



Figur 3.8 Strömmens väg för ett tåg som befinner sig på km 23 + 500 m med förbigångsmatning.

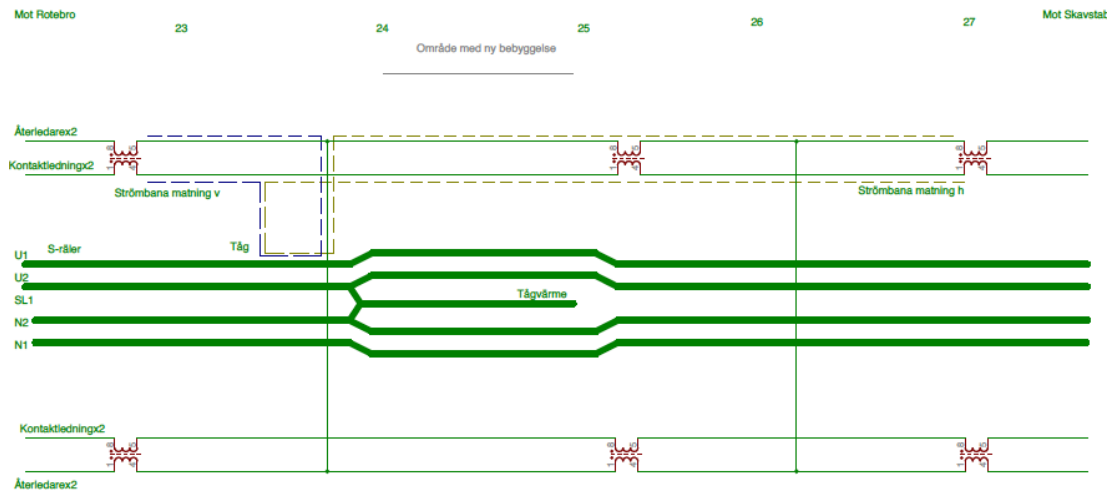
Strömbilden liknar den i figur 3.5 med lika lång sträcka i de olika S-rälerna, däremot passerar inte strömmen kontaktledningen, utan går i förbimättningsledningen, förbi området med planerad bebyggelse. Om förbimättningsledningen placeras i mark skulle slingan kunna reduceras något, men inte så mycket då ström kommer att gå i samtliga S-räler.

Vi ser att förbigångsmatning effektivt reducerar magnetfälten när tågen befinner sig på ett avstånd från stationen men att endast en mindre reduktion erhålls när tågen befinner sig nära stationen. När det är långt till banans inmatningspunkter kommer det att gå ström i förbigångsmatningen under lång tid för varje tåg. Vid Upplands Väsby är kort avstånd till inmatningspunkterna, 8 km till Häggvik i syd och 18 km till Odensala norrut.

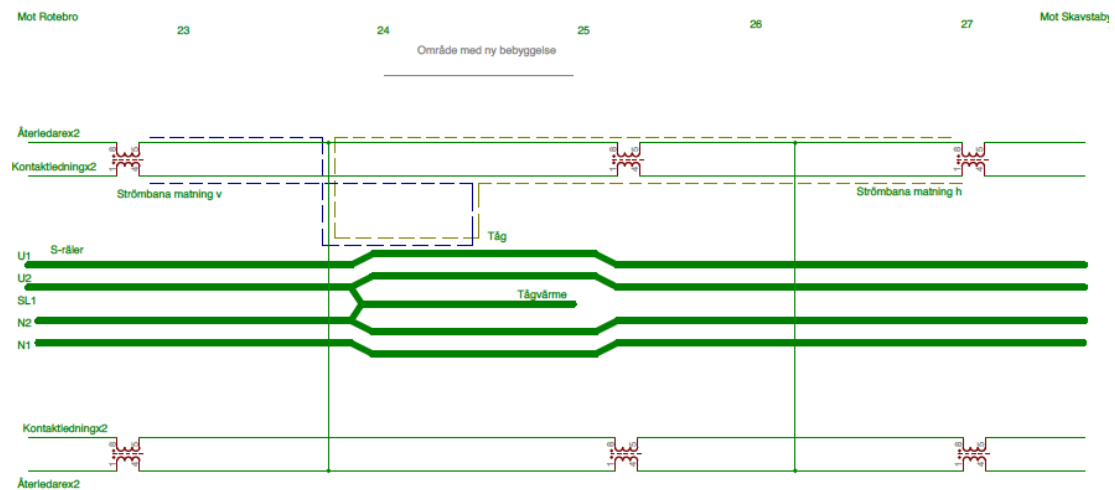
### 3.2 Magnetfältsreduktion med extra sugtransformatorer

Genom att införa extra sugtransformatorer kan man minska tiden för den största magnetfältstörningen då strömmen går i kontaktledning och åter i S-rälerna. I figur 3.9 visas strömmens väg för ett tåg söder om bangården. Observera de extra sugtransformatorerna och nya jordpunkterna. Det värsta fallet (kontaktledning – S-räler) kommer här att begränsas fram till den nya jordpunkten och kommer därför inte att beröra området med planerad byggnation.

I figur 3.10 följer vi tåget när det kommit lite längre mot norr. Här är tåget mitt för området med den planerade bebyggelsen och där tåget är, måste strömmen gå kontaktledning till S-räl, varför styrkan på magnetfältet är den samma som i fallet utan åtgärder. Vinsten med de extra sugtransformatorerna är att vi har halverat tiden vi får det högsta magnetfältet. Extra sugtransformatorer minskar tiden med högst magnetfältet, däremot reduceras inte fälten för tåg på avstånd.

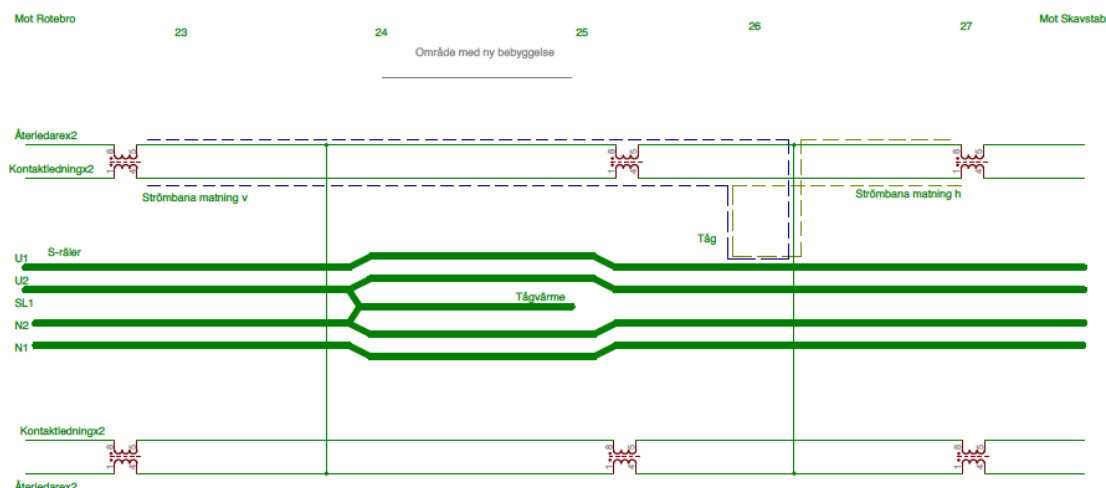


Figur 3.9 Strömmens väg för ett tåg som befinner sig på km 23 + 500 m med extra sugtransformatorer.



Figur 3.10 Strömmens väg för ett tåg som befinner sig på km 24 + 500 m med extra sugtransformatorer.

I figur 3.11 har tåget passerat bangården och befinner sig norr om stationen. Vi får även här en reduktion av tiden för högst magnetfält där tåget är. Detta fallet ger inte högst magnetfält vid den planerade bebyggelsen.



Figur 3.11 Strömmens väg för ett tåg som befinner sig på km 25 + 800 m med extra sugtransformatorer.

### 3.3 Sammanfattning åtgärder på järnvägens elmatning

Vi ser att åtgärder på järnvägens elmatning är effektiva för att reducera magnetfälten. I och med att åtgärderna går direkt på källan för magnetfältet erhålls en reduktion på båda sidor av järnvägen. Med hjälp av en förbigångsmatning kan magnetfälten från tåg på avstånd (bortom närmaste sugtransformator) i stort sett elimineras. Med hjälp av extra sugtransformatorer kan tiden för de högsta magnetfälten ungefär halveras.

Bäst verkan erhålls om dessa två åtgärder kombineras. Här får man värdera kostnader mot resultat och se hur mycket åtgärd som är lämpligt att genomföra.

En viss "mängdrabatt" erhålls om åtgärderna kombineras eftersom förbigångsmatningsledningens längd kan halveras (den går ju till nästa sugtransformator).

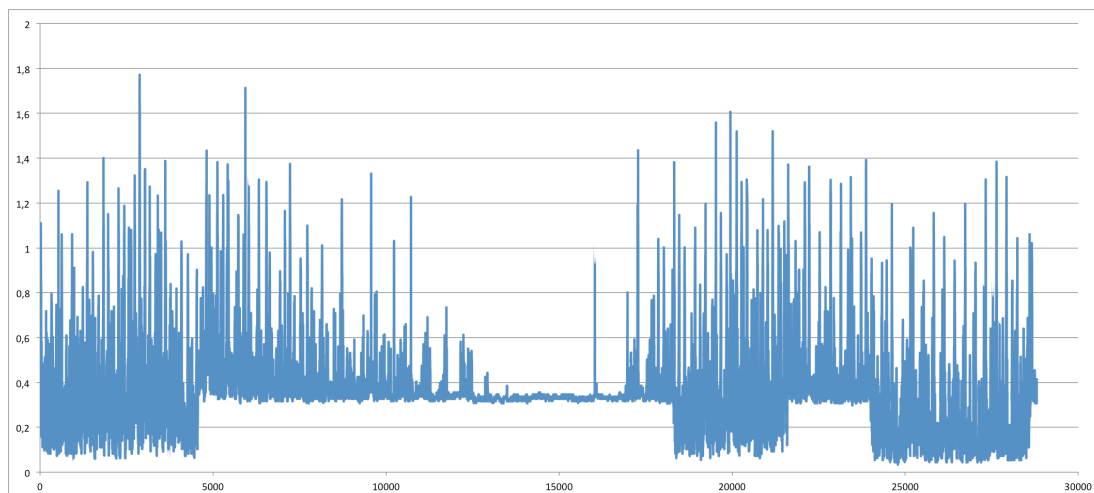
De diskuterade åtgärderna ger magnetfältsreduktion vid båda projekten Optimus och Väsby Entré.

### 3.4 Åtgärder för att reducera magnetfält från tågvärme

I registreringen av uppmätt magnetfält på västra sidan av järnvägen ser man att vissa tider på dygnet finns det ett konstant magnetfält där tågens magnetfält ligger överlagrade. Källan till detta konstanta magnetfält är inte ännu helt fastställt. Det kan finnas många orsaker till ett sådant magnetfält. Vi har träffat på liknande fenomen vid andra mätningar på bangårdar. Vid en mätning på Göteborg C var orsaken tågvärme från tåg som var uppställda över natten. Vid en mätning vid Stockholm C visade sig orsaken vara ett avbrott i en neutralledare i Trafikverkets elanläggning.

Vid Upplands Väsby station används tågvärme. Tågvärmens strömförsörjs av tågvärmestransformatorer som ger en spänning på 1 kV. Från transformatorn går en kabel till en tågvärmepost. Det tåg som skall värmas kopplas in med kabel till tågvärmeposten. Strömmen går igenom elementen i tåget och sedan via

tåghjulen till S-rälen. S-rälerna är sedan i någon punkt förbundna med tågvarmetransformatorn.



*Figur 3.12 Uppmätt magnetfält i mikrottesla med mätinstrument EnviroMentor BMM-3000, i mät-punkten väster om stationen. Mätningen startade 160322 kl. 14.30 och avslutades 160323 kl. 14.30*

En typisk strömstyrka för tågvarmen är 200 A dvs av samma storleksordning som tågströmmarna i kontaktledningen. Då strömmen från tågvarmen leds tillbaka till tågvarmetransformatorn via S-rälerna kan strömslingor uppstå.

För att reducera magnetfältet från dessa slingor är det viktigt att returströmmen återvänder till tågvarmeposten och sedan går tillbaka till tågvarmetransformatorn i en kabel som ligger tätt ihop med matningskabeln. Om tågvarmetransformatorn matar flera tågvarmeposter kan man behöva placera så kallade MFR-kärnor (EnviroMentor AB) på varje par av matnings- och återledarkabel för att säkerställa att lika stora strömmar går fram och åter i kabelparen..

## 4 Reduktion av magnetfält med hjälp av skärmning

Magnetfältens styrka kan reduceras med hjälp av skärmning. Skärmning är möjlig med ferromagnetiska material och med material som är goda ledare.

Erfarenheter från tidigare projekt visar att användning av goda ledare är den bästa lösningen.

Skärmverkan är beroende på frekvensen där högre frekvens ger mer skärmning. Vid skärmning av 50 Hz magnetfält, från t.ex. nätstationer, är ofta en 5 mm aluminiumplåt tillräcklig. På grund av att tågfrekvensen endast är 16,7 Hz behövs 3 gånger så tjock plåt vid denna frekvens för att få samma skärmverkan som vid 50 Hz. En skärmning kan antingen göras på byggnaderna eller någonstans mellan spåren och byggnaderna.

### 4.1 Passiv skärmning

En möjlighet är att sätta en aluminiumskärm i den fasad som vetter mot järnvägen. En ledande skärm fungerar genom att det induceras strömmar i plåten, som i sin tur alstrar ett magnetiskt motfält, varvid magnetfältet reduceras. De inducerade strömmarna i plåten skall bilda en spegelkälla till strömmarna i kontaktledning och räls. Idealt skulle dessa spegelströmmar fortsätta längs rälsen, men det är inte möjligt, där plåten tar slut. Här kan inte strömmarna fortsätta utan måste vända. Därför kommer det alstrade motmagnetfältet inte att matcha järnvägens fält där plåtarna tar slut. För att få bästa skärmverkan bör därför plåtarna sträcka sig några m utanför huset så att området med dålig matchning inte inträffar inne i huset.

Vi har designat en passiv skärmning för byggnader som byggts direkt över spåren vid Kungsbron vid Stockholm C, se figur 4.1.

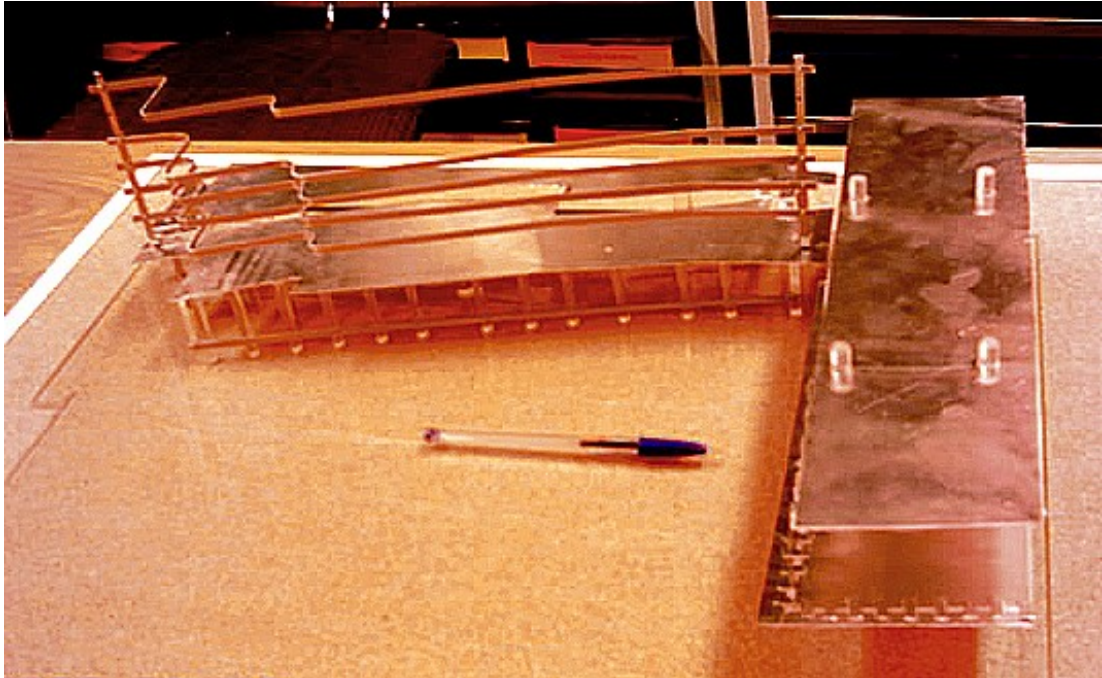


Figur 4.1. Huset som ligger över spåren samt det sammanbyggda huset längs med spåren har magnetfältreduktion med passiv skärmning.



Då byggnaden vid Kungsbron ligger direkt över spåren var magnetfälten betydligt högre här, än i det aktuella projektet i Upplands Väsby. För Kungsbroprojektet var målsättningen ett årsmedelvärde  $< 0,2 \mu\text{T}$ . Detta uppnåddes i stort sett i hela byggnaden med undantag för ett område närmast en yttervägg, pga. av att det inte var möjligt att fortsätta plåten utanför huset vid denna vägg.

Skärmningsåtgärderna var omfattande och kostsamma, i figur 4.2 visas en modell av skärmningen.



Figur 4.2. Modell som visar den skärmning som användes vid projektet vid Kungsbron.

#### 4.2 Aktiv skärmning

En skärm mellan byggnaderna och spåren kunde bestå av vertikala och horisontella skärmslingor.

Dessa slingor kan antingen vara rent passiva eller aktiva med ett reglersystem och förstärkare. Den inducerade strömmen i en slinga är proportionell mot frekvensen och då tågfrekvensen är låga 16,7 Hz, blir den inducerade strömmen så låg att passiva slingor fungerar dåligt.

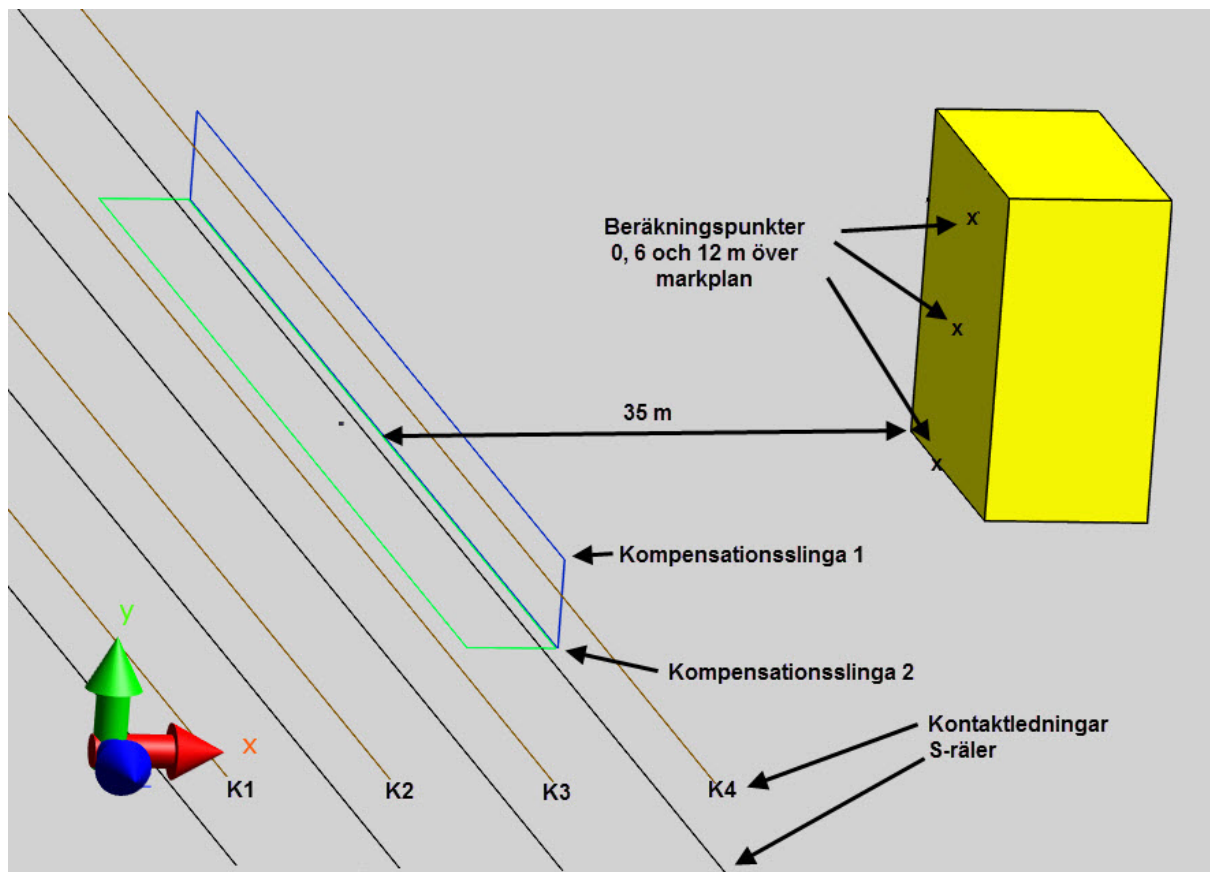
För att se vilken reduktion som kan erhållas med aktiva skärmslingor har vi genomfört en simulering.

Avsikten med denna beräkning är att undersöka hur väl man kan reducera magnetfältet från en järnvägslinje med flera parallella spår med hjälp av aktiva kompensationsringor.

Järnvägslinjen modellerades som 4 spår med 10 m avstånd. De fyra s-rälerna antas vara sammankopplade så att strömmen fördelas lika mellan dem.



Magnetfälten beräknas 35 m från yttersta spårets mittlinje, på tre höjder 0, 6 och 12 m över markplan. Detta är platsen för en planerad byggnad.



Figur 4.3. Beräkningsmodell för aktiv skärmning med hjälp av en vertikal och en horisontell kompensationsring. Kontaktledningarna för de fyra närmaste spåren är märkta med K1 – K4. Det planerade husets läge symboliseras med en gul kloss.

Kontaktledningsströmmen har satts till 630 A vilket ger en fältstyrka på  $1 \mu\text{T}$  i markplan vid huset när strömmen går i närmaste kontaktledning, K4.

Eftersom magnetfältets riktning varierar med höjden behövs två vinkelräta kompensations slingor. Storleken är  $5,5 \times 100$  m och de är placerade vid kontaktledning 4. Den vertikala tänks vara upphängd på kontaktledningsstolparna 2 m till höger om kontaktledning. Den horisontella nedgrävd i marken under spår 4.

Beräkningarna visar att det går att få en betydande reduktion vid husets läge på 0, 6 och 12 m höjd, se tabell 4.1.

Tabell 4.1. Beräkning av magnetfält vid det planerade huset, när tåg drar en ström på 630 A på kontaktledning K1 till K4 samt samtidig ström på alla fyra kontaktledningarna. Beräkningarna visar magnetfältet på tre höjder i huset med och utan aktiv kompensationsringa.

Beräknat magnetfält (uT)						
Aktiv kontaktledning	Höjd = 0 m		Höjd = 6 m		Höjd = 12 m	
	utan komp	med komp	utan komp	med komp	utan komp	med komp
K4	1,0	0,17	1,0	0,08	1,0	0,31
K3	0,34	0,10	0,37	0,10	0,37	0,11
K2	0,47	0,10	0,48	0,19	0,47	0,28
K1	0,78	0,14	0,78	0,24	0,75	0,39
Alla	1,3	0,41	1,3	0,46	1,3	0,50

Med en optimering av kompensationsringornas storlek och placering kan man troligen uppnå ett jämnare resultat. Strömmarna i kompensationsringorna varierar mellan 100 A och 1200 A för fallen ovan.

## 5 Riktvärden och rekommendationer för hälsoeffekter av lågfrekventa fält

Det finns svenska gränsvärden som begränsar lågfrekventa magnetfält på arbetsplatser. När det gäller allmänhetens exponering finns det försiktighetsprinciper och rekommendationer. Det finns klara bevis för att starka fält kan ge hälsoeffekter, men även misstankar att långvarig exponering för kraftfrekventa fält innebär en ökad risk för barnleukemi.

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har givit ut "allmänna råd"<sup>†</sup> för allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält, som bygger på Europarådets rekommendation från den 12 juli 1999, om allmänhetens exponering för fält med frekvenser mellan 0 och 300 GHz.

Europarådets rekommendation har tagits fram av ett antal aktörer, såsom ICNIRP (The International Committee of Non Ionizing Radiation Protection), SCC (The Scientific Steering Committee) och Europeiska Kommissionen. Denna rekommendation utgår från ICNIRP's<sup>‡</sup> 1998 publicerade guideline.

ICNIRP:s riktlinjer bygger på två allmänt accepterade hälsoeffekter.

- 1) Lågfrekventa fält kan inducera ström, som om den är tillräckligt stark, kan excitera nervsignaler.
- 2) Högfrekventa fält kan alstra en skadlig uppvärmning av vävnader i kroppen.

Utgående från dessa akuta hälsoeffekter, har ICNIRP satt upp grundläggande begränsningar som, för arbetsexponering ligger 10 gånger under den nivå, där effekten dokumenterats. För allmänhetens exponering har man lagt till en säkerhetsfaktor på ytterligare 5 gånger, för att täcka in variationer i känslighet för barn, gamla och sjuka. De grundläggande begränsningarna säkerställer att elektriska och magnetiska fenomen som kan uppträda i kroppen, inte stör funktioner i nervsystemet eller ger upphov till skadlig värmeutveckling.

För kraftfrekventa fält innebär de grundläggande begränsningarna, att den inducerade strömtätheten i centrala nervsystemet, medelvärdesbildad över 1 cm<sup>2</sup>, är mindre än 2 mA/m<sup>2</sup> för allmänhetens exponering. Då dessa grundläggande begränsningar är svåra att mäta, i en praktisk situation, har ICNIRP infört något man kallar referensvärden. Referensvärdena anges i storheter som kan mätas utanför kroppen och är härledda ur de grundläggande begränsningarna och säkerställer att dessa inte överskrids. Om referensvärdet överskrids innebär det inte nödvändigtvis att de grundläggande begränsningarna överskrids. Om ett referensvärde överskrids ska man istället göra en grundligare utredning för att undersöka om de grundläggande begränsningarna överskrids eller ej. Referensvärden varierar med frekvensen, för 50 Hz är referensvärdet för mag-

---

<sup>†</sup> Strålsäkerhetsmyndighetens allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält; beslutade den 19 december 2008, SSMFS 2008:18.

<sup>‡</sup> ICNIRP "Guidelines on limits of exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics, April 1998, Volume 74, 494-522.

netiska fält 100  $\mu\text{T}$  för allmänhetens exponering, vid 16,7 Hz är referensvärdet för magnetiska fält 300  $\mu\text{T}$ .

ICNIRP uppdaterade rekommendationerna för elektriska och magnetiska fält i frekvensområdet 1 Hz – 100 kHz år 2010<sup>§</sup>. I de nya rekommendationerna bygger den grundläggande begränsningen på den inducerade elektriska fältstyrkan i kroppen, istället för den inducerade strömtätheten. Detta får till följd att vissa referensvärden ändras. Dessa ändringar innebär att referensvärdena i vissa fall är högre än i 1998 år utgåva. Då varken EU eller SSM har ändrat sina rekommendationer, bygger jag den fortsatta skrivningen på de tidigare (strängare) ICNIRP rekommendationen.

EU beslutade 2004 om ett direktiv för att begränsa exponering för elektromagnetiska fält i arbetslivet, vilket innebär tvingande gränsvärden<sup>\*\*</sup>. Direktivet skulle trätt i kraft år 2008 i alla EU:s medlemsstater, men direktivet omarbetades och ikraftträdandet uppsköts till 2016. Gränsvärdena finns i EU's direktiv 2013/35/EU<sup>††</sup> (EMF-direktivet).

Direktivet anger två typer av gränsvärden, dels gränsvärden för exponering (ELV), dels insatsvärden (AL). ELV avser den inducerade fältstyrkan inne i kroppen och är det egentliga gränsvärdet som inte får överskridas. Inducerad fältstyrka i kroppen kan inte mätas utan endast indirekt beräknas via datorsimuleringar. Det är därför svårt att tillämpa ELV. Insatsvärdena, AL, avser det yttre magnetfältet som går att mäta direkt med lämpliga instrument. Principen är att om AL inte överskrids, överskrids inte heller ELV.

Det är tillåtet att överskrida AL om man kan visa att ELV inte överskrids.

Direktivet liksom SSM:s rekommendationer och ICNIRPs guidelines bygger på bevisade hälsoeffekter. Forskningen på området visar att det finns biologiska effekter även under dessa föreslagna nivåer. Den intressanta frågan är då om dessa biologiska effekter kan innebära negativa hälsoeffekter. Den mest omfattande forskningen har studerat frågan om lågfrekventa fält kan ge upphov till cancer.

WHO:s cancerforskningsorgan IARC (2002) har behandlat denna fråga. IARC klassificerar cancerrisker i fyra nivåer:

Grupp 1: ämnen som vetenskapen **med säkerhet** vet är cancerframkallande, till exempel asbest, radon och tobak.

Grupp 2A: ämnen och faktorer som **troligtvis** är cancerframkallande, till exempel formaldehyd, dieselavgaser och solarieanvändande.

Grupp 2B: **möjlig** cancerframkallande agens som DDT, bly, diesel, bensin, svetsrök och lågfrekventa magnetiska fält.

---

<sup>§</sup> ICNIRP "Statement - Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)", International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics, December 2010, Volume 99, 818-836.

<sup>\*\*</sup> Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/40/EG om minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med fysikaliska agens (elektromagnetiska fält) i arbetet.

<sup>††</sup> Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC

Grupp 3: ämnen eller agens där det **inte finns tillräckligt underlag** för bedömning; exempelvis lysrörsbelysning, koffein och kvicksilver.

Grupp 4: ämnen som **troligtvis inte** är cancerframkallande.

IARC's bedömning när det gäller **statiska** elektriska och magnetiska fält samt lågfrekventa **elektriska** fält är att nuvarande data inte räcker för att man skall kunna bedöma om de är cancerframkallande eller inte (grupp 3).

För **lågfrekventa magnetfält** görs bedömning att de **möjligen** skulle kunna vara cancerframkallande, grupp 2B. Expertgruppen gjorde bedömningen att barncancerstudierna utgjorde ett begränsat bevis (limited evidence) för en överrisk för cancer, medan bedömningen av studier på vuxna blev att bevisningen var ofullständig (inadequate evidence). IARC ställningstagande bygger framförallt på epidemiologiska studier av barncancer och magnetfältsexponering. Man skriver i pressmeddelande då man presenterade klassningen:

"En kombinerad (pooled) analys av data från ett antal väl utförda studier visar ett ganska konsistent statistiskt samband mellan barnleukemi och exponering i hemmet för kraftfrekventa magnetiska fält med fältstyrkor över 0,4  $\mu$ T, med en ungefär fördubblad risk. Det är osannolikt att detta beror på slumpen, men resultatet skulle kunna ha påverkats av selektionsbias".

I WHO: s Environmental Health Criteria<sup>##</sup>, 2007, har en förnyad bedömning av IARC:s klassificering gjorts. Utfallet av WHO:s bedömning är densamma som IARC:s, även mot bakgrund av studier som publicerats sedan 2002.

Redan år 1996 beslutade Arbetsmiljöverket, Socialstyrelsen, Statens strålskyddsinstitut, Elsäkerhetsverket och Boverket att en försiktighetsprincip ska gälla för lågfrekventa elektriska och magnetiska fält<sup>§§</sup>.

I försiktighetsprincipen nämns ingen explicit magnetfältsnivå. Man skriver "Myndigheterna rekommenderar gemensamt följande försiktighetsprincip: **Om åtgärder, som generellt minskar exponeringen, kan vidtas till rimliga kostnader och konsekvenser i övrigt bör man sträva efter att reducera fält som avviker starkt från vad som kan anses normalt i den aktuella miljön. När det gäller nya elanläggningar och byggnader bör man redan vid planeringen sträva efter att utforma och placera dessa så att exponeringen begränsas.** Det övergripande syftet med försiktighetsprincipen är att på sikt reducera exponeringen för magnetfält i vår omgivning för att minska risken att människor eventuellt kan skadas."

Socialstyrelsen gav i samverkan med Statens strålskyddsinstitut, Elsäkerhetsverket och Boverket ut en uppdatering till försiktighetsprincipen 2005<sup>\*\*\*</sup>. I denna sägs:

---

<sup>##</sup> WHO: *Extremely Low Frequency Fields* Environmental Health Criteria Monograph No.238, 2007.

<sup>§§</sup> Arbetarskyddsstyrelsen, Boverket, Elsäkerhetsverket, Socialstyrelsen och Statens strålskyddsinstitut "Myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält - en vägledning för beslutsfattare" 1996.

<sup>\*\*\*</sup> Socialstyrelsen, Elektromagnetiska fält från kraftledningar, Meddelandeblad juni 2005.

”Sambandet mellan exponering för elektromagnetiska fält från kraftledningar och vissa andra elinstallationer och ökad risk för leukemi hos barn har diskuterats under många år.

Under 2001<sup>†††</sup> gjordes en omfattande genomgång av de epidemiologiska<sup>‡‡‡</sup> forskningsrapporter som då fanns. Resultaten från genomgången tyder på att man kan se en viss ökning av leukemirisken hos befolkningsgrupper som exponeras för magnetiska fält på 0,4  $\mu$ T eller mer (avser långvarig exponering för 50 Hz magnetfält i bostäder). Däremot ser man ingen riskökning under 0,4  $\mu$ T. Det finns inte någon känd mekanism som skulle kunna förklara hur exponering för så svaga och lågfrekventa fält skulle kunna påverka risken för sjukdom.

Det vetenskapliga underlaget anses fortfarande inte tillräckligt gediget för att man ska kunna sätta ett gränsvärde. Det beror bland annat på att det saknas en biologisk förklaringsmodell för påverkan på cancerrisken.

Ellagstiftningen liksom miljöbalkens regler om försiktighet är tillämpliga på den här typen av exponeringar. De innebär att risker för människors hälsa ska undvikas så långt som det kan anses ekonomiskt rimligt”.

---

<sup>†††</sup> Ahlbom et al: Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health, Environmental Health Perspectives, Volume 109, Supplement 6, December 2001.

<sup>‡‡‡</sup> ”Epidemiologisk forskning undersöker förekomsten av olika sjukdomar i en population, eller studerar om det finns samband mellan en viss exponering och någon sjukdom eller tillstånd. Gemensamt för epidemiologins olika användningsområden är en teoretisk och metodologisk grund. Den omfattar verktyg för att definiera frågeställningar, designa studier, samt tolka resultat från studier. En förutsättning för en högkvalitativ epidemiologisk forskning är att den baseras på statistiska analysmetoder anpassade för epidemiologiska data. Ovanpå detta krävs kunskap som är speciellt inriktad mot det aktuella forskningsområdet” (Socialstyrelsens fotnot).

## 6 Diskussion

Samtliga föreslagna metoder kan användas för att reducera magnetfälten. Vid val av reduceringsmetod får man undersöka vilken som är mest kostnadseffektiv. Oavsett vilken metod som väljs handlar det om betydande kostnader. Ovan föreslagna reduktionsåtgärder måste analyseras före man kan göra ett val.

Ur ren reduktionssynpunkt är ändring av tågens strömförsörjning den mest attraktiva metoden eftersom man då reducerar källan till fälten och får en fältreduktion på båda sidor av spårområdet. Då det handlar om flera hus på båda sidor av spåren förefaller åtgärder på tågens strömförsörjning som den riktiga åtgärden. Den första åtgärd som bör göras är att åtgärda källan som tidvis gav konstanta fält (troligen tågvarme).

Åtgärderna med passiv eller aktiv skärmning kan vara attraktivt om ett hus behöver åtgärdas. I Upplands Väsby handlar det om ett flertal hus varav vissa med betydande höjd och då blir sannolikt skärmningen ett dyrare och sämre alternativ än åtgärder på järnvägens strömförsörjning.

Yngve Hamnerius, prof. em.