

Järnvägsutredning inklusive  
miljökonsekvensbeskrivning (MKB)

# Västlänken

en tågtunnel under Göteborg

## Underlagsrapporter

- |                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 03 Byggskedet                 | 13 Mark, vatten och resursanvändning |
| 04 Gestaltning                | 14 Park- och naturmiljö              |
| 05 Grundvatten                | 15 Samhällsekonomisk bedömning       |
| 06 Kapacitet                  | 16 Samrådsredogörelse, utökat samråd |
| 07 Kostnadskalkyl och byggtid | 17 Sociala konsekvenser              |
| 08 Kulturmiljö                | 18 Stationslägen och stadsutveckling |
| 09 Linjsträckningar           | 19 Säkerhet och robusthet            |
| 10 Ljud och vibrationer       | 20 Teknik                            |
| 11 Luftmiljö                  | 21 Trafikering och resanalys         |
| 12 Magnetfält                 |                                      |



Banverket Västra banregionen  
Box 1014  
405 21 GÖTEBORG  
e-post: vastrabanregionen@banverket.se  
www.banverket.se

Västlänken Underlagsrapport Magnetfält



Underlagsrapport  
Magnetfält

Obs! En del mindre justeringar i materialet har gjorts efter det att denna underlagsrapport godkänts. Där det finns skillnader gentemot huvudrapporten gäller vad som sägs i den.

Författare:	Yngve Hamnerius	YHAB
Projektledare:	Peter Jönsson	WSP
Handläggare:	Veronica Frisk	WSP
Uppdragsledare miljö:	Anna Samuelsson	WSP
Foto omslag:	X2-tåg. Fotograf, Nicklas Sahlberg	

**INNEHÅLL**

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>5</b>
Jämförelse mellan alternativen.....	5
<b>1 Inledning.....</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrund och syfte .....	8
1.2 Metod/tillvägagångssätt .....	9
1.3 Fordonsbeskrivning.....	9
<b>2 Allmänt om EMF.....</b>	<b>11</b>
2.1 Elektriska fält.....	11
2.2 Magnetiska fält.....	12
2.3 Magnetiska fält från elektriska tåg.....	12
2.4 Vagabonderande strömmar .....	13
<b>3 Målsättning för Västlänken - Riktvärden .....</b>	<b>14</b>
3.1 Rekommendationer.....	14
3.2 Banverkets policy .....	16
3.3 Målsättning för magnetiska fält från Västlänken .....	16
<b>4 Förutsättningar .....</b>	<b>18</b>
4.1 Uppmätning av befintliga magnetiska fält, underlag .....	19
4.2 Mätningar av magnetfält för Nollalternativet.....	21
<b>5 Hälsoeffekter samt påverkan på teknisk utrustning.....</b>	<b>24</b>
5.1 Effekter av starka fält .....	24
5.2 Effekter av svaga fält.....	24
5.3 Internationell bedömning.....	27
5.4 Påverkan på teknisk utrustning.....	28
<b>6 Alternativ utformning .....</b>	<b>29</b>
<b>7 Beräkningar av magnetiska fält.....</b>	<b>30</b>
7.1 Nollalternativet .....	34
7.2 Utbyggnadsalternativen .....	34
7.3 Haga – Chalmers via Älvstranden.....	34
7.4 Haga – Chalmers via Stora Hamnkanalen.....	34
7.5 Haga – Korsvägen via Älvstranden.....	35
7.6 Haga – Korsvägen via Stora Hamnkanalen .....	35
7.7 Korsvägen via Johanne-bergsgatan .....	36

7.8	Korsvägen via Skånegatan .....	36
7.9	Förstärkningsalternativet.....	37
7.10	Andra källor till magnetfält i tunnlarna .....	37
<b>8</b>	<b>Åtgärder, vad kan göras? .....</b>	<b>39</b>
8.1	Kostnader.....	39
<b>9</b>	<b>Jämförelse av alternativ, diskussion .....</b>	<b>40</b>
9.1	Nollalternativet .....	41
9.2	Haga – Chalmers via Älvstranden.....	41
9.3	Haga – Chalmers via St. Hamnkanalen .....	41
9.4	Haga – Korsvägen via Älvstranden.....	41
9.5	Haga – Korsvägen via St. Hamnkanalen .....	41
9.6	Korsvägen via Johannebergsgatan.....	41
9.7	Korsvägen via Skånegatan .....	42
9.8	Förstärkningsalternativet.....	42
9.9	Slutsatser .....	42
<b>10</b>	<b>Fortsatt arbete, järnvägsplan .....</b>	<b>43</b>
<b>11</b>	<b>Begreppsförklaringar .....</b>	<b>44</b>
<b>12</b>	<b>Källförteckning.....</b>	<b>45</b>

bilagor:

Bilaga 1, Beräkningsunderlag

Bilaga 2, Beräkningar

## Sammanfattning

Denna rapport behandlar den miljöpåverkan som Västlänken innebär avseende elektromagnetiska fält. Elektrisk tågtrafik medför emission (strålning) av elektriska och magnetiska fält kring järnvägen. De elektriska fälten skärmas effektivt av berget över tunneln medan de magnetiska fälten går igenom berget om inte tunneln är utförd med speciellt magnetfältskärmande material. Detta medför att det är magnetfältet som kan ge problem utanför tunneln.

Mycket starka magnetfält kan ge akuta hälsoeffekter. För att skydda mot dessa har Statens strålskyddsinstitut givit ut ”allmänna råd” 2002. Exponeringarna från tågtrafiken i Västlänken är 100-1000 gånger under dessa värden.

Det finns forskning som tyder på att det även skulle kunna finnas långsiktiga hälsoeffekter som barnleukemi, av magnetfält. För att skydda mot dessa eventuella effekter utarbetade fem svenska myndigheter under 1996 ”Myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält - en vägledning för beslutsfattare”. Mot bakgrund av denna försiktighetsprincip har följande målsättning antagits för Västlänken:

Förutsättningen i det här projektet är att årsmedelvärdet av magnetfältet, om det är ekonomiskt rimligt och tekniskt genomförbart, på platser inne i byggnader där personer vistas under längre tid, som bostäder och stadigvarande arbetsplatser:

- bör vara under  $0,2 \mu\text{T}$
- ska vara maximalt  $0,4 \mu\text{T}$ .

Detta är inte den enda begränsningen på magnetfältet, i vissa byggnader finns teknisk apparatur som kan störas av magnetfält. I detta fall handlar det inte om magnetfältets årsmedelvärde utan toppvärdet (det högsta värde som förekommer vid en tågpassage).

De känsligaste utrustningarna som framkommit i inventeringen är de i MC2-huset på Chalmersområdet, där det finns apparatur som störs vid nivåer över  $0,1 \mu\text{T}$ , vilket är en mycket låg nivå.



Bilden visar elektronstrålelitografer i MC2-huset på Chalmersområdet.

På andra ställen längs sträckningarna där tunneln ligger nära byggnader kan TV-apparater och bildskärmar av katodstråletyp störas kortvarigt av höga toppvärden som inträffar när tågen passerar. Dessa störningar är inte skadliga för utrustningen men kan upplevas som störande av användaren när tågen går i högtrafik.

I utredningen har magnetfältens årsmedelvärden och toppvärden beräknats vid de byggnader som ligger närmast tågtunneln för de olika sträckningarna. Beräkningarna baseras på fyrsparstation vid Göteborg C och övriga stationer i tvåspårsutförande.

För att uppskatta årsmedelvärdet av magnetfältsexponeringen har en prognos från Banverket för år 2020 använts. Man beräknar att trafikmängden kommer att uppgå till 341 tåg/dygn sammanlagt i båda riktningarna år 2020.

Då Västlänken kommer att gå rakt igenom centrala Göteborg kommer avstånden till de närmaste husen att vara så små att magnetfältsmålsättningen inte kan uppfyllas med ett standardutförande av järnvägens elmatning. För att minska magnetfältens årsmedelvärden föreslås att elmatningen utförs med kortare sektioner än vad som är standard.

### Jämförelse mellan alternativen

Ett nollalternativ samt fyra olika sträckningar har undersökts avseende magnetfältsnivåer i närliggande byggnader.



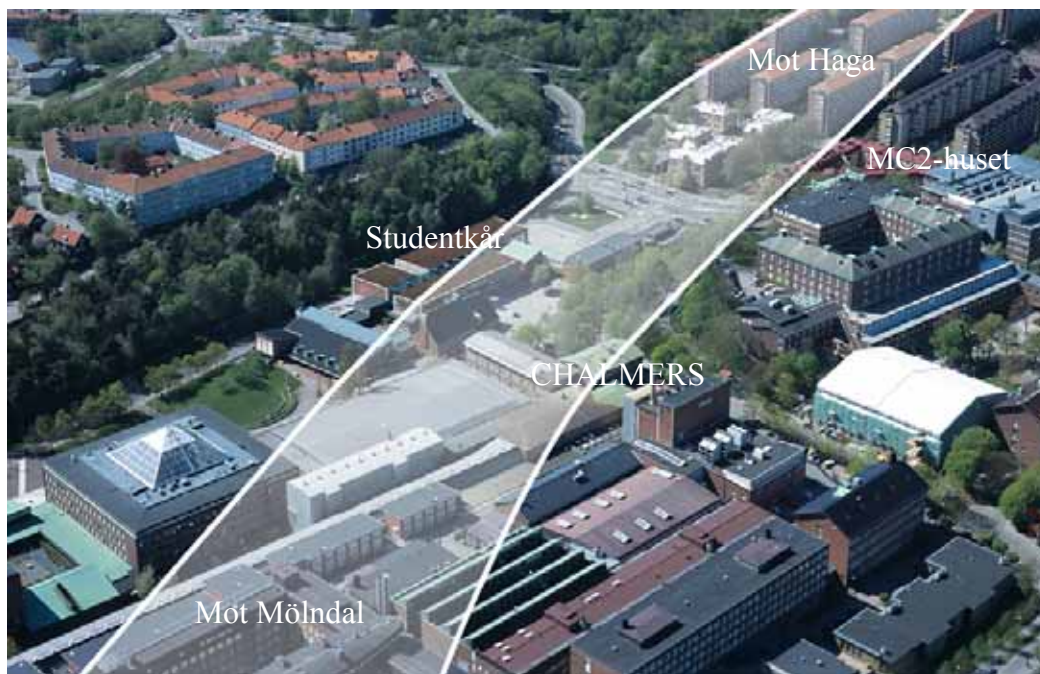
**Nollalternativet**

Detta alternativ innebär att ingen utbyggnad sker utan att den aktuella trafiken fortsätter att gå i Gårdatunneln. Uppmätningar har visat att börkravet  $0,2 \mu\text{T}$  inte klaras i en mät punkt, Lisebergstationen. Detta är dock ingen bostad men möjligen en arbetsplats. Mätningarna visar att magnetfältet sträcker sig längre ut än vad järnvägsströmmarna motiverar vilket tyder på vagabonderande strömmar i omgivningen. Vagabonderande strömmar är strömmar som går tillbaka till strömkällan på annan väg än vad som är tänkt.

**Haga-Chalmers**

Tunneln går antingen via Lilla Bommen längs Göta älv eller via Drottningtorget/Stora hamnkanalen. Detta alternativ innehåller tre stationer. Station Haga ligger nära universiteten och city.

Beräkningarna tyder på att samtliga närliggande hus klarar börkravet  $0,2 \mu\text{T}$  för årsmedelvärdet med mycket god marginal. Det hårda kravet på maxvärdet  $0,1 \mu\text{T}$  vid Chalmers MC2-hus klaras också med mycket god marginal. Detta är en ur magnetfältssynpunkt bra sträckning.



Bilden visar alternativ Haga-Chalmers, sträckning under Chalmers inkl. arbetsområde. Alternativet ligger i bergtunnel på ca 45-60 meters djup under området.

Baserat från beräkningar från andra alternativ är det tveksamt att börkravet för del av gamla

posthuset och del av centralstationen kommer att innehållas p.g.a. samverkande magnetfält från de befintliga spåren vid Göteborg C. Gäller alternativ via Stora Hamnkanalen.

**Haga-Korsvägen**

I den norra delen är sträckningen densamma som Haga-Chalmers, inkl stationsläget vid Haga. Denna sträckning innehåller också två stationer, utöver Haga även station vid Korsvägen.

Beräkningarna tyder på att samtliga närliggande hus klarar börkravet  $0,2 \mu\text{T}$  för årsmedelvärdet med god marginal. Även detta är en ur magnetfältssynpunkt acceptabel sträckning.

Baserat från beräkningar från andra alternativ är det tveksamt att börkravet för del av gamla posthuset och del av centralstationen kommer att innehållas p.g.a. samverkande magnetfält från de befintliga spåren vid Göteborg C. Gäller alternativ via Stora Hamnkanalen.

**Korsvägen**

Tunneln har två varianter på sträckan mellan Göteborgs C och Korsvägen, dels via Johannebergsgatan och dels via Skånegatan.

Bostäder vid gatan Polhemsplassen beräknas ha ett årsmedelvärde på  $0,17 \mu\text{T}$  från Västlänken men har sannolikt också fält från befintliga spår vid Göteborg C varför det är mycket tveksamt om börkravet kan klaras.

Bostäder vid Lundgrensgatan/Eklandagatan beräknas få  $0,1 \mu\text{T}$  från Västlänken vilket innebär att övriga fält inte får bidra med mer än  $0,1 \mu\text{T}$  till totalvärdet för att börkravet skall klaras. Sträckningen passerar nära bostadshus med

många boende. För denna sträckning finns också så höga toppvärden vid vissa hus. Detta är en ur magnetfältsynpunkt mindre bra sträckning.

#### ***Förstärkningsalternativet***

Befintlig järnväg byggs ut parallellt mellan Göteborgs C och Almedal. Det innebär en ny järnvägsbro vid sidan om den som finns idag i Olskroken, samt en ny tågtunnel bredvid den nuvarande s.k. Gårdatunneln. Nuvarande station Liseberg byggs ut och nyttjas.

Beräkningarna tyder på att samtliga närliggande hus klarar börkravet  $0,2 \mu\text{T}$  för årsmedelvärdet, men inte med god marginal. Detta är en ur magnetfältssynpunkt acceptabel sträckning.

#### **Sammanvägd bedömning av alternativen**

Om man väger de olika alternativen mot varandra ur magnetfältssynpunkt framstår dragningarna via Haga – Chalmers som de mest gynnsamma. Även sträckningarna Haga – Korsvägen och Förstärkningsalternativet är acceptabla ur magnetfältssynpunkt.

Däremot är sträckningarna Korsvägen via Johannebergsgatan och Korsvägen via Skånegatan mindre gynnsamma ur magnetfältssynpunkt. Dessa uppfyller troligen inte börkravet med föreslagen utformning av elmatningen. Även toppvärdena är högst längs dessa båda sträckningar.

Årsmedelvärdena kan dock reduceras ytterligare för dessa mindre gynnsamma sträckningar genom att minska sektionslängden. Detta innebär naturligtvis en högre kostnad. De högre toppvärdena reduceras ej av denna lösning.

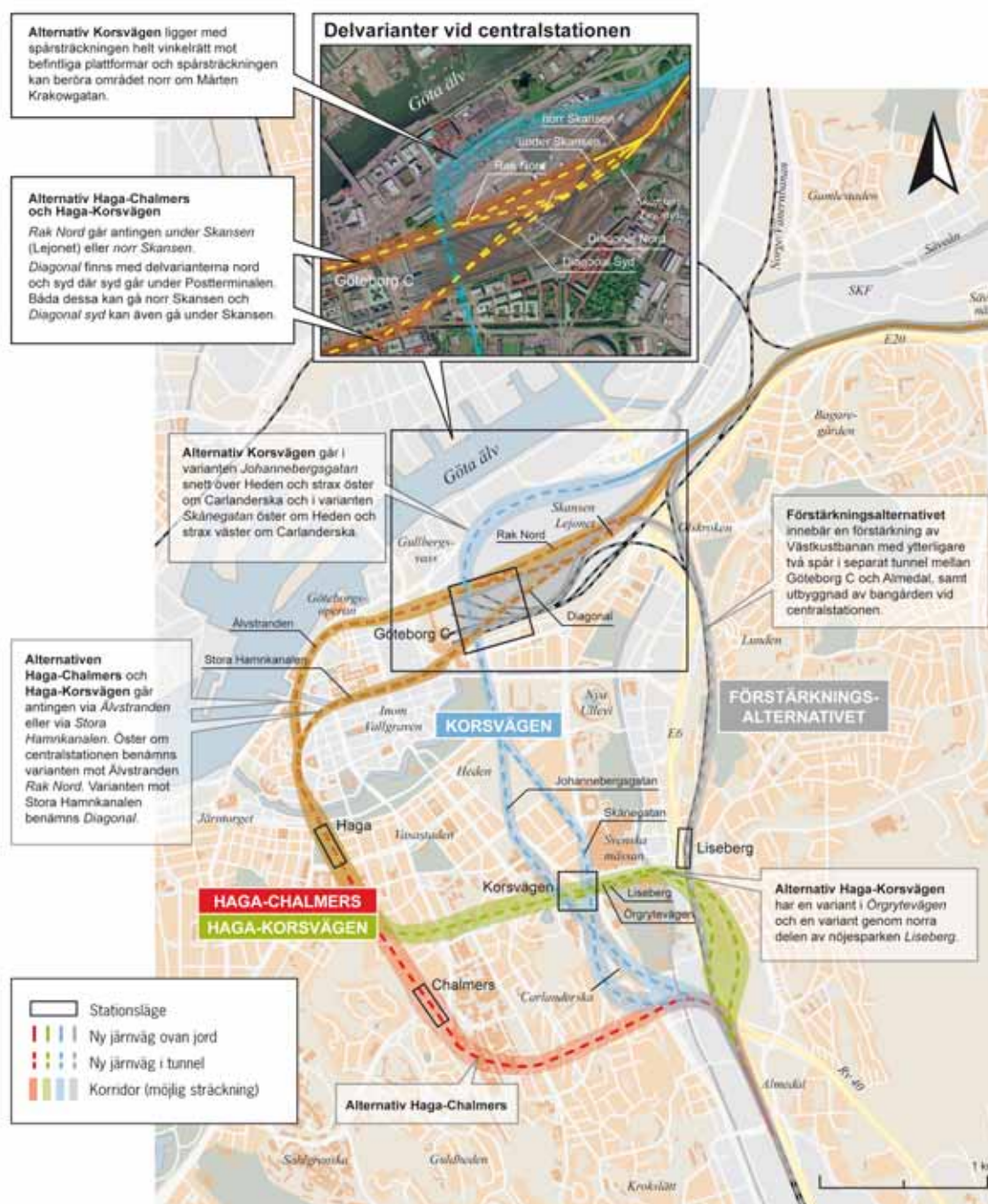
# 1 Inledning

En miljökonsekvensbeskrivning, MKB, beskriver ett projekts miljöpåverkan - effekt - konsekvens - eventuell åtgärd - kostnad. Denna rapport behandlar den miljöpåverkan som Västlänken innebär avseende elektromagnetiska fält. Effekter, konsekvenser och åtgärder för att reducera de lågfrekventa magnetfälten beskrivs, kostnader för åtgärder behandlas i andra rap-

porter.

## 1.1 Bakgrund och syfte

Västlänken är en tågtunnel under centrala Göteborg som gör det möjligt att åka med genomgående tåg. Det finns fyra alternativa sträckningar med tillhörande nya stationer vid Haga, Chalmers och Korsvägen, se figur 1.1.



Figur 1.1 Kartan visar de olika alternativ som utreds i Västlänken. Alternativen är Haga-Chalmers, Haga-Korsvägen, Korsvägen och Förstärkningsalternativet.



## 1.2 Metod/tillvägagångssätt

Elektrisk tågtrafik medför emission av elektriska och magnetiska fält kring järnvägen. De elektriska fälten skärmas effektivt av berget över tunneln medan de magnetiska fälten går igenom berget om inte tunneln är utförd med speciellt magnetfältskärmande material. Detta medför att det är magnetfältet som kan ge problem utanför tunneln. Magnetfälten har vanligen en betydande tidsvariation, ofta finns en klar dygnsvariation.

För att beräkna magnetfälten noggrant måste järnvägens elprojektering ha fastlagt hur spåren ligger inklusive alla ledare för ström som kontaktledning, återledare, jordledare, eventuella förbimättningsledare, jordade strukturer som kan föra ström som handledare etc. Vidare måste positionerna för sugtransformatorer, jordpunkter, förbimättningssektioner, avbrott i kontaktledning, samlingsjordförbindelser mm. vara kända. Preliminära uppgifter på elanläggningens utformning har erhållits. Dessa uppgifter ligger till grund för beräkningarna.

Magnetfältets toppvärde bestäms av tågströmmen, spårgeometrin, och avståndet. De största strömmarna uppstår vid full acceleration vilket innebär att om den elektriska sektionen innefattar ett tågstopp, som exempelvis en station, så är sannolikheten för höga strömmar stor. Ett enkelt persontågsätt har typiskt en maxström på 180 – 190 A. Dubbel- och trippeltågsätt kan dra två respektive tre gånger så stor ström.

När det gäller kraven på årsmedelvärden i närliggande hus så är det naturligtvis i de hus som ligger närmast tunneln, som man kan förvänta sig de högsta värdena. En inventering har genomförts som visar att de närmaste husen ligger på ett avstånd av ca 14 m.

I avsnitt 7 redovisas beräknade topp- och årsmedelvärden av magnetfältet vid fastigheter som ligger nära tunneln i de olika sträckningarna. Som nämnts tidigare är den exakta utformningen av elsystemet ej helt fastlagd vid denna tidpunkt, varför beräkningarna har genomförts under vissa antaganden. Detta medför att det finns en osäkerhet i de beräknade nivåerna. De viktigaste antagandena rör val avbrotts- och matningspunkter för sektionering av strömmat-

ningen i sektioner. Beräkningarna är baserade på preliminära uppgifter. I ett senare skede, när mer precisa indata finns tillgängliga, bör beräkningarna kontrolleras för kritiska lägen.

## 1.3 Fordonsbeskrivning

De tågströmmar som beräkningarna är baserade på uppgifter från Banverket angående vilka tåg som är mest troliga att trafikera Västlänken år 2020. Nedan följer en kort beskrivning av vardera tågtyp. Både X31 och X51 kan vara dubbel- och trippelkopplade medan X60 endast kan vara dubbelkopplat utöver enkla tågsätt.

### X31 Öresundståget



Figur 1.2 Bilden visar ett X31 tåg s.k. Öresundståg, denna kommer i Västlänken att vara ett fjärrtåg.  
Foto: Nicklas Sahlberg

X31 är en tredelad elmotorvagn som är ca 80 m lång och väger ca 156 ton. Se figur 1.2. Motoreffekten är på 2300 kW och maxhastigheten uppgår till 180 km/h. Tillverkare är Bombardier.

## X51 Regina



Figur 1.3 Bilden visar ett X51 tåg, Regina som i Västlänken är ett regionaltåg. Foto: Nicklas Sahlberg

X51 är en två- eller tre-delad elmotorvagn. Det två-delade tågsättet har en längd av 54 m och väger 120 ton. Se figur 1.3. Motoreffekten uppgår till 1590 kW och tåget har en maxhastighet av 180 km/h. Tillverkare är Bombardier.

## X60



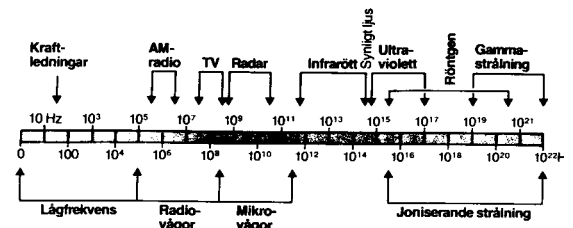
Figur 1.4 Bilden visar ett X60 tåg som är ett pendeltåg. Foto: Banverket

X60 är sex-delat tågsätt som är 107 m långt. Motoreffekten uppgår till 3000 kW och maxhastigheten till 160 km/h. Se figur 1.4. Tillverkare är Alstom.

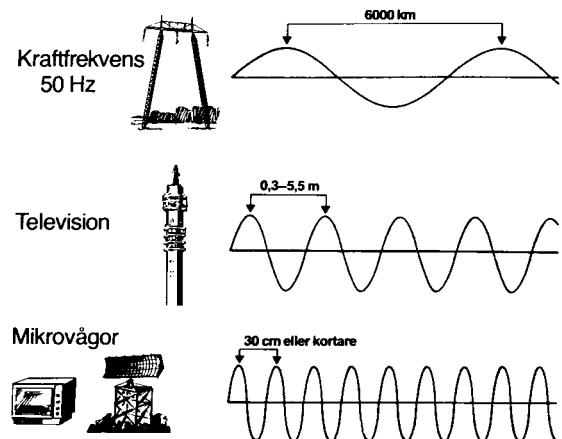
## 2 Allmänt om EMF

Så länge som människan har existerat så har vi varit utsatta för elektromagnetiska fält. Men det var inte förrän 1820 som sambandet mellan elektricitet och magnetism upptäcktes av Hans Christian Ørsted (1722-1851). På den tiden var elektricitet ett sällsynt fenomen, men under det senaste seklet så har vi sett en explosionsartad "elektrifiering" av det moderna samhället: kraftledningar, elektrisk uppvärmning, elektriska verktyg och motorer, radiokommunikation, TV, radar, mikrovågsugnar etc. Ökningen av emissionen av elektromagnetiska fält gör det intressant att studera om dessa har biologisk inverkan på människor. Det elektromagnetiska spektrumet innefattar ett stort frekvensomfång. Merparten av de fält som finns i vår närmiljö är av relativt låg intensitet och låg frekvens.

Elektriska och magnetiska fält kan karaktäriseras av sin styrka och frekvens. Frekvensen anges i hertz (Hz), som anger hur många fältstyrkemaxima fältet har per sekund i en punkt. I figur 2.1 visas det elektromagnetiska spektrumet som sträcker sig från låga frekvenser, som nätfrekvensen 50 Hz via radiofrekvens och mikrovågsfrekvens, infrarött, synligt och ultraviolett ljus upptill röntgen och gammastrålning. Synligt ljus intar en särställning då vi kan se elektromagnetiska fält av dessa frekvenser, övriga delar av spektrumet är osynligt. Det finns dock mätinstrument för samtliga delar av spektret.



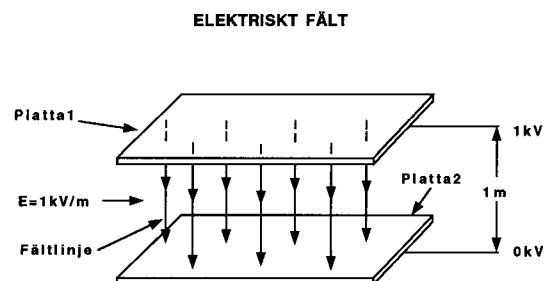
Frekvens och våglängd



Figur 2.1 Det elektromagnetiska spektrumet (källa Svenska Elverksföreningen).

### 2.1 Elektriska fält

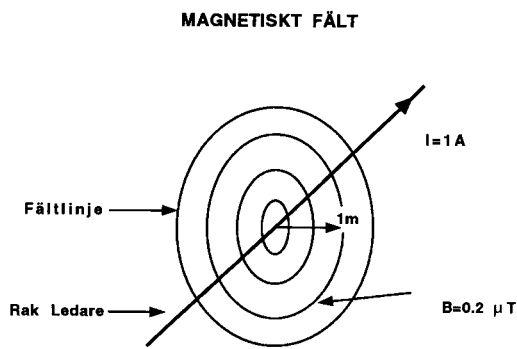
Elektriska fält beror på spänningar; fältet går från en spänning till en annan. Styrkan på det elektriska fältet anges i volt/meter (V/m). Om man har två plåtar som i figur 2.2 och den ena har spänningen 0 V och den andra 1 kV (kilovolt = 1000 V) så blir den elektriska fältstyrkan,  $E$ , lika med spänningsskillnaden,  $U$  ( $= 1 \text{ kV}$ ) dividerat med avståndet,  $d$  ( $= 1 \text{ m}$ ), dvs.  $1 \text{ kV/m}$ . Detta innebär att alla spänningssatta föremål alstrar elektriska fält.



Figur 2.2 Ett elektriskt fält uppstår mellan föremål som har olika spänning. Den elektriska fältstyrkan ( $E$ ) är lika med spänningsskillnaden delat med avståndet mellan föremålen.

## 2.2 Magnetiska fält

Elektriska fält alstras av spänningar, de magnetiska fälten alstras däremot av strömmar. Vi tar ett enkelt exempel, en rak ledning som det går en ström  $i$ , se figur 2.3. Runt ledningen skapas ett magnetiskt fält. De elektriska fältlinjerna går från en spänning till en annan, de magnetiska fältlinjerna bildar däremot alltid slutna banor runt om de strömmar som alstrar dem. Styrkan på de magnetiska fälten, den magnetiska flödestätheten, mäts i tesla (T). 1 tesla är en mycket stor enhet. När det gäller normal miljö får vi ta till mikrotesla ( $\mu\text{T}$ ), miljondels tesla och nanotesla (nT), miljarddels tesla.



Figur 2.3 Magnetiska fält bildar slutna fältlinjer kring strömförande ledare. Den magnetiska flödestätheten ( $B$ ) uppgår till  $0,2 \mu\text{T}$  en meter från en ledare som för strömmen ( $I$ ) 1 A.

Om vi låter en ström,  $I$ , gå genom ledaren i figur 2.3, får vi en magnetisk fältstyrka,  $H$ , på avståndet,  $r$ .

$$H = \frac{I}{2\pi \cdot r} \quad (\text{A/m})$$

Den magnetiska flödestätheten  $B$  är,

$$B = \mu \cdot H \quad (\text{T})$$

där  $\mu$  är en materialkonstant, permeabiliteten ( $\text{Vs}/\text{Am}$ ). Permeabiliteten för vakuum brukar betecknas  $\mu_0$ , den har värdet  $4\pi \cdot 10^{-7} \text{Vs}/\text{Am}$ . Nästan alla material har en permeabilitet med värde mycket nära  $\mu_0$ . Detta gäller för normala byggnadsmaterial, biologisk vävnad och de flesta metaller. Endast magnetiska material som järn har en permeabilitet som avviker kraftigt från  $\mu_0$ . För material med permeabilitet  $\mu_0$  blir flödestätheten från ledaren i figur 2.3:

$$B = \mu_0 \cdot H = \frac{2 \cdot 10^{-7} I}{r} \quad (\text{T})$$

Om det går en ström på 1 A i figurens ledare får vi en magnetisk flödestäthet på  $0,2 \mu\text{T}$  en meter ut från ledaren. Vi ser att för normala strömstyrkor blir flödestätheten mycket mindre än 1 T. Är strömmen en likström bildas ett statiskt fält, är det en växelström bildas ett magnetiskt växelfält.

## 2.3 Magnetiska fält från elektriska tåg

De magnetiska fälten bildas av de strömmar som matas till loket. Även de elektriska apparaterna inne i loket som motorer etc. ger upphov till fält. Dessa källor inne i loket avtar dock snabbt med avståndet (tredjepotensen på avståndet) varför det framförallt är lokföraren som utsätts för dessa fält. I hus som ligger nära ledningen har lokets fält avtagit så att det är den matande strömmen i kontaktledningen samt återgångsströmmen i räl, eller återledare, som alstrar det dominerande magnetfältet. Detta innebär att det bildas magnetfält vid spåret, inte endast när tåget passerar, utan också under den tid som tåget matas via kontaktledningen. Spårets strömmatning är normalt sektionerad med s.k. sugtransformatorer på ca var 5:e km. Detta innebär att strömmen går i rälen till sugtransformatorn och sug sedan upp till en stolp- eller bergväggsförlagd återledarkabel. Det är under tiden tåget går inom denna sektion som det alstras starkast magnetfält vid spåret. Det innebär att detta magnetfält typiskt får en varaktighet på några minuter. Praktiska mätningar som genomförts visar att så är fallet, se Ivarsson och Hasselgren (1993). När tåget har lämnat denna sugtransformatorsektion går framströmmen i kontaktledningen och returströmmen i återledaren.

Då Västlänken går genom centrala Göteborg kommer tunneln med nödvändighet att på många platser ha ett begränsat avstånd till byggnader. För att minska exponeringen av dessa byggnader planeras Västlänken byggas med matning som är sektionerad med 1000 m långa sektioner. Att minska sektioneringen från ca 5000 m till ca 1000 m ger uppskattningsvis en tredubbling av kostnaden för kontaktledningsanläggningen. Varje sektion har avbrott för kontaktledningen i sektionssluten. Varje

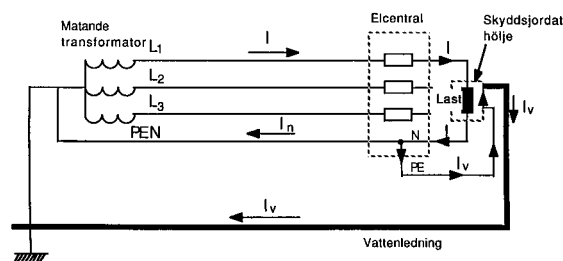


sektion matas på mitten av sektionen via en förbimättningsledning och en sugtransformator. Mitt i sektionen finns en jordpunkt för återledningen.

Det största magnetfältet uppstår när tågströmmen går via kontaktledning och åter via S-räl. Med denna utformning utsätts ingen byggnad för denna situation för mer än 500 m av ett tågs väg. Genom att sektionera matningen begränsas tiden som varje tåg ger betydande magnetfältsbidrag vid en byggnad, vilket begränsar årsmedelvärdet av magnetfältet.

## 2.4 Vagabonderande strömmar

Källan till förhöjda magnetfält i stadsmiljö, är i de flesta fall, vagabonderande strömmar. Dessa strömmar beror på att vi i Sverige vanligen har ett elsystem med fyra ledare, i servisledningen fram till huset. Figur 2.4 visar ett fyrledarsystem. Servisledningen består av tre fasledare  $L_1$ ,  $L_2$  och  $L_3$ , samt en kombinerad skyddsjord och neutralledare, så kallad PEN-ledare (PE = Protective Earth, N = Neutral). Efter elcentralen finns separata skyddsjordledare och neutralledare. Dessa är förbundna med varandra i elcentralen.



Figur 2.4 Bild av ett 4-ledarsystem. Återgångsströmmen från fasledarna kan gå två vägar från elcentralen eftersom skyddsjordledaren är sammankopplad med neutralledaren. Dels via den gemensamma PEN-ledaren dels via andra metalliska ledare som är förbundna med skyddsjord som vattenledningen.

Strömmen  $I$ , som uppkommer då man ansluter en enfaslast, har två vägar att gå tillbaka från elcentralen till den matande transformatorns jordpunkt. Om det finns en metallisk förbindelse, t.ex. en vatten eller fjärrvärmeledning kan återgångsströmmen dels gå via PEN-ledaren  $I_n$ , som det är tänkt, dels via skyddsjorden  $I_v$  och vattenledningen och åter till transformatorns jordpunkt. Om det går ström i vattenledningen,

alstras det ett magnetfält kring den, men även kring elledningen, då det felar återgångsström varför magnetfälten från elledningen inte längre tar ut varandra.

Hur mycket av återgångsströmmen som går i PEN-ledaren och hur mycket som går i vattenledningen, bestäms av motståndet i PEN-ledaren, respektive i den alternativa strömvägens ledare. Vi får en strömdelning, där störst ström går den väg som har minst motstånd, enligt Kirchoffs lag.

Vattenledningen har ofta en större metallarea, än PEN-ledaren, varför motståndet kan vara lägre i vattenledningen, då kommer störst ström att gå den vägen. De rör som används för fjärrvärme har ofta stora areor varför dessa är utmärkta ledare. Då återgångsströmmarna ofta rör sig om tiotals ampere är det inte ovanligt att finna vagabonderande strömmar av denna storleksordning. Vattnet i ledningen har betydligt större motstånd än metallen varför nästan ingen ström går i vattnet. Det innebär att det inte går några vagabonderande strömmar i rörsystem av plast.

Strömmen i PEN-ledaren bestäms av den totala strömmen i de tre faserna. I ett idealt trefasystem kommer strömmarna i de tre faserna att ta ut varandra, om de är lika stora. I PEN-ledaren och vattenledningen kommer endast att gå en ström som beror på skillnaden i fasbelastning. Varje enfaslast som slås till eller från, ändrar återgångsströmmen och den vagabonderande strömmen och därmed magnetfältet. Därför varierar ofta magnetfältet kraftigt med tiden i hus med vagabonderande strömmar.

### 3 Målsättning för Västlänken - Riktvärden

Riksdagen (1997) har beslutat om 15 miljökvalitetsmål. Intressant för denna fråga är miljökvalitetsmålet säker strålmiljö.

”Människors hälsa och den biologiska mångfalden skall skyddas mot skadliga effekter av strålning i den yttre miljön”

”Riskerna med elektromagnetiska fält ska kontinuerligt kartläggas och nödvändiga åtgärder ska vidtas i takt med att sådana eventuella risker identifieras. (detta skall ske löpande)”

I Sverige finns för närvarande inga tvingande gränsvärden för lågfrekventa elektriska och magnetiska fält. Däremot finns flera rekommendationer, dessa har tagits som utgångspunkt för den målsättning för Västlänken som använts.

#### 3.1 Rekommendationer

Statens strålskyddsinstitut har under år 2002, givit ut ”allmänna råd” 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, SSI (2002). De nivåer som SSI rekommenderar är de som ICNIRP (International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection, 1998) har givit ut riktlinjer för exponeringen för elektromagnetiska fält inom frekvensområdet 0 - 300 GHz. 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 yt-

terligare säkerhetsfaktor på 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 lågfrekventa fält innebär de grundläggande begränsningarna, att den inducerade strömtätheten i centrala nervsystemet, medelvärdesbildad över  $1 \text{ cm}^2$ , är  $10 \text{ mA/m}^2$  för yrkesexponering och  $2 \text{ mA/m}^2$  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 tågfrekvensen  $16 \frac{2}{3} \text{ Hz}$  är referensvärdet för magnetiska fält  $1500 \mu\text{T}$  för arbetsexponering och  $300 \mu\text{T}$  för allmänhetens exponering.

Exponeringarna från tågtrafiken ligger med betydande marginal, under dessa värden, varför det inte är något problem att uppfylla SSI och ICNIRPs krav.

SSI:s rekommendationer ger ett tak för kortvariga exponeringar för att undvika akuta hälsoeffekter.

Det finns forskning som tyder på att det även skulle kunna finnas långsiktiga hälsoeffekter som barnleukemi, detta beskrivs närmare i avsnitt 5.

För att skydda mot dessa eventuella effekter utarbetade fem myndigheter under 1996 “Myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält - en vägledning för beslutsfattare“. De fem myndigheterna var Arbetarskyddsstyrelsen, Boverket, Elsäkerhetsverket, Socialstyrelsen och Statens strålskyddsinstitut.

“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.“

Följande förklaring av vad som menas med normal magnetfältnivå ges i Myndigheternas försiktighetsprincip “Medianvärdet för bostäder och daghem i större städer är cirka 0,1  $\mu T$ . I mindre städer och på landsbygden är värdena ungefär hälften. I storstadsområdena har cirka 10 procent av bostäderna minst ett rum med ett magnetfält över 0,2  $\mu T$ . Nära kraftledningar och transformatorstationer är magnetfälten högre. Mitt under en kraftledning kan det vara ungefär 10  $\mu T$ . Man beräknar att cirka 0,5 procent av bostadsbeståndet har ett magnetfält över 0,2  $\mu T$  på grund av närhet till elektriska ledningar av olika typer. Mätningar har gjorts för ett stort antal yrkeskategorier på deras arbetsplatser. Medianvärdet för dessa var cirka 0,2  $\mu T$ . I många industrimiljöer varierar naturligt nog värdena avsevärt. Det högsta dagsmedelvärdet 1,1  $\mu T$  mättes för yrkesgruppen svetsare.“

Socialstyrelsen gav år 2005 ut ett meddelandeblad “Elektromagnetiska fält från kraftledningar”. Meddelandebladet har tagits fram i samråd med Boverket, Elsäkerhetsverket och Statens strålskyddsinstitut. Syftet är att förse beslutsfattare med ett uppdaterat bedömningsunderlag. Man skriver

”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 gjordes en omfattande genomgång av de epidemiologiska forskningsrapporter som då fanns (Ahlbom m.fl. 2001). 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.”

Man säger vidare krav på försiktighet finns definierade i miljöbalkens andra kapitel:

3§ ”alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. I samma syfte skall vid yrkesmässig verksamhet användas bästa möjliga teknik. Dessa försiktighetsmått skall vidtas så snart det finns skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön”.

7§ ”kraven på hänsyn enligt 2 - 6§§ gäller i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla dem. Vid denna bedömning skall särskilt beaktas nyttan av skyddsåtgärder och andra försiktighetsmått jämfört med kostnaderna för sådana åtgärder...”

Dessa skrivningar innebär att risker för människors hälsa ska undvikas så långt som det kan anses ekonomiskt rimligt. De stämmer väl överens med det som fördes fram i

*”Myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält”.*

*Principerna för riskhantering är således de samma idag som tidigare.”*

### 3.2 Banverkets policy

Banverkets har en policy avseende magnetfält (Banverket 2004):

Ny järnväg anläggs normalt minst 25 meter från bebyggelse för att minimera störningar från till exempel buller och vibrationer. Vid detta avstånd är magnetfältet från järnvägen normalt svagare än de som i medeltal förekommer i svenska bostäder.

Banverket har formulerat följande riktlinjer för arbetet med elektromagnetiska fält:

”Banverket ska följa forskningsutvecklingen och ansvariga myndigheters rekommendationer/anvisningar”

- Arbetsmiljöverket, Boverket, Elsäkerhetsverket, Socialstyrelsen och Statens Strålskyddsinstitut är myndigheter med ansvar för hälsofrågor kring magnetfält. Dessa myndigheter stöder forskning inom området och samverkar för att på bästa sätt samla kunskap och vidta de åtgärder som krävs.
- Eftersom vi idag inte vet om eller hur magnetfält påverkar oss människor behövs ytterligare forskning innan slutgiltiga bedömningar kan göras.

Banverket ska tillämpa försiktighetsprincipen:

- I avvaktan på forskningsresultat rekommenderar ansvariga myndigheter att försiktighetsprincipen tillämpas. Detta innebär att Banverket ska planera, projektera och bygga statens spåransläggningar så att magnetfälten begränsas.
- Om åtgärder som minskar exponeringen kan vidtas till rimliga kostnader ska Banverket sträva efter att reducera fält som avviker starkt från vad som kan

anses som normalt i den aktuella miljön.

- Vad gäller nya elektriska anläggningar ska Banverket redan vid planering sträva efter att utforma och placera dessa så att exponeringen begränsas.

Banverket ska öka kunskapen samt driva på utvecklingen av nya järnvägslösningar som reducerar magnetfälten:

- Banverket ska kontinuerligt öka kunskapen om magnetfälten kring järnvägen genom att utföra mätningar och beräkningar.
- Banverket ska driva på utvecklingen av nya tekniska lösningar och nya sätt att utforma järnvägsanläggningen som leder till att ytterligare minska exponeringen av magnetfält från järnvägen”.

Som framgår av ovanstående ansluter sig Banverket till Myndigheternas försiktighetsprincip. Man har liksom i Myndigheternas försiktighetsprincip inte fastslagit någon absolut nivå. Olika fall måste bedömas ur sina förutsättningar. Åtgärder för att reducera fälten måste vägas mot nivåerna och kostnaderna för åtgärderna. Liksom i försiktighetsprincipen är ambitionsnivån vid nybyggnation högre än för befintliga anläggningar. Detta är rimligt då en åtgärd som planeras redan vid projekteringen normalt är mer effektiv och kan genomföras till en lägre kostnad.

### 3.3 Målsättning för magnetiska fält från Västlänken

Som framgår av Banverkets policy för magnetfält byggs nya järnvägar normalt med ett avstånd på minst 25 m till intilliggande bebyggelse. För Västlänken är detta minimiavstånd inte möjligt att upprätthålla överallt, då banan skall dras genom Göteborgs stadskärna, med en mängd befintlig bebyggelse. Banan kommer huvudsakligen att förläggas i tunnel. På grund av de bitvis mycket svåra grundförhållandena med lera, kommer tunneln i dessa sträckningar att förläggas med en marktäckning på endast några meter. Då magnetfälten avtar med kvadraten på avståndet, innebär ett mindre avstånd starkare fält.



Medelexponeringen från banan beror förutom på avståndet också på trafikintensiteten, vilken kommer att bli hög.

### **Krav på årsmedelvärden**

Banverkets målsättning för magnetfältsexponering från Västlänken är hög. Förutsättningen för järnvägsutredningen är att årsmedelvärdet av magnetfältet, om det är ekonomiskt rimligt och tekniskt genomförbart, på platser inne i byggnader där personer vistas under längre tid, som bostäder och stadigvarande arbetsplatser:

- bör vara under  $0,2 \mu\text{T}$
- ska vara maximalt  $0,4 \mu\text{T}$ .

Bakgrunden till att målsättningen har formulerats som ett årsmedelvärde är att skattade årsmedelvärden över  $0,4 \mu\text{T}$  har visat ett statistiskt samband med barnleukemi (Ahlbom m.fl. 2000). I brist på känd växelverkansmekanism väljer vi att begränsa årsmedelvärdet för att i försiktighetsprincipens anda minska en exponering som möjligen kan ha ett samband med leukemi.

Inventeringen som genomförts i järnvägsutredningen visar att det finns betydande magnetfält från andra källor, främst kraftnätets bidrag. Huvudorsaken till detta är så kallade vagabonderande strömmar som beror på att av elsystemet mestadels är förlagt som ett fyrledarsystem, vilket tillåter att returströmmarna kan gå i diverse ledande strukturer som fjärrvärme- och vattenledningsrör. Dessa vagabonderande strömmar är okompenserade och ger därför upphov till magnetfält.

Meningen med försiktighetsprincipen är att det totala lågfrekventa magnetfältet, oavsett källa, skall begränsas. En bedömning av det totala magnetfältet måste därför göras. Om magnetfältet från andra källor redan ligger på eller nära gränsen, är det inte rimligt att bidraget från banan i så fall skall vara noll eller nästan noll. En sådan tillämpning skulle leda till orimliga kostnader, vilket strider mot försiktighetsprincipen.

Det rimligaste ur samhällsekonomisk synpunkt, i ett sådant fall, är att man även undersöker möjliga åtgärder för att reducera magnetfälten från andra källor. Man bör därefter genomföra de åtgärder som ger den bästa reduktionen till lägst kostnad. Vagabonderande strömmar kan

oftast reduceras effektivt med så kallade sugtransformator kärnor. En sådan åtgärd är i allmänhet enkel att utföra och kostnaden är rimlig.

### **Krav på begränsning av toppvärden**

I vissa byggnader finns teknisk apparatur som kan störas av magnetfält. I detta fall handlar det om magnetfältets toppvärde.



Figur 3.1 I Chalmers MC2-hus finns elektronstrålel-tografer som inte får utsättas för mer än  $0,1 \mu\text{T}$  magnetfältvariation.

De känsligaste utrustningarna som framkommit i inventeringen är de i MC2-huset på Chalmersområdet, där det finns apparatur som störs vid nivåer över  $0,1 \mu\text{T}$ , se figur 3.1. I alternativet Haga – Chalmers planeras en station ca 125 m väst om MC2-huset. Lyckligtvis är bergtäckningen god här, rälsöverkant (rök) ligger ca 64 m under mark där MC2-huset står.

När det gäller magnetresonansutrustning som, bland annat används för att avbilda människokroppen, används denna inom sjukvården och Chalmers. Denna utrustning är även känslig för elektromagnetiska fält.

TV-apparater och bildskärmar av katodstråletyp kan störas kortvarigt av värden över ca  $1,0 \mu\text{T}$  som inträffar när tågen passerar. Dessa störningar är inte skadliga för utrustningen men kan upplevas som störande av användaren vid hög trafikintensitet.

## 4 Förutsättningar

Den aktuella utredningen baseras på fyrspårsstation vid Göteborg C och övriga stationer i tvåspårsutförande.

För att uppskatta årsmedelvärdet av magnetfältsexponeringen har vi använt prognosen i tabell 4.1 för år 2020 från Banverket. Man beräknar att trafikmängden kommer att uppgå till 341 tåg/dygn sammanlagt i båda riktningarna år 2020. Under en dag består trafiken av 200 pendeltåg, 112 regionaltåg och 29 fjärrtåg. Antal tåg gäller båda riktningar, t.ex. Pendeltåg högtrafik 8+8=16.

I tabell 4.2 redovisas hur många av dessa tåg som är dubbel eller trippelkopplade.

För att kunna uppskatta årsmedelvärdet av magnetfältet, måste vi ansätta vilken strömförbrukning tågen har, på den aktuella sträckan. Strömförbrukningen kan skilja från tåg till tåg, även för likadana tågtyper, beroende på den enskilde lokförarens körstil. Det är därför omöjligt att exakt förutsäga vilken strömförbrukning enskilda tåg kommer att ha. Strömmarna är baserade på strömkurvor från tågleverantör och kompletterande beräkningar i projektet. De olika tågtyperna med respektive maximal strömförbrukning framgår av tabell 4.3.

Strömförbrukningen beror på acceleration, retardation, lutning och hastighet, data för tågen X31/X31K, X51 och X60 anges i tabell 4.4.

Magnetfältets toppvärde bestäms av tågströmmen, spårgeometrin och avståndet. De största strömmarna uppstår vid full acceleration vilket innebär att om den elektriska sektionen innefattar ett tågstopp, som exempelvis en station, så är sannolikheten för höga strömmar stor. Ett enkelt persontåg har typiskt en maxström på 180 – 190 A. Dubbel- och trippeltåg kan dra två respektive tre gånger så stor ström.

Tåg per timme i Västlänken (UA 2020)				
Tid	Trafiktyp	Tågtyp		
		Pendel	Regional	Fjärr
00-01	låg	2 Enkel	2 Enkel	1 Enkel
01-02	tom	0	0	0
02-03	tom	0	0	0
03-04	tom	0	0	0
04-05	hög	16 Dubbel	8 Trippel	2 Trippel
05-06	hög	16 Dubbel	8 Trippel	2 Trippel
06-07	hög	16 Dubbel	8 Trippel	2 Trippel
07-08	hög	16 Dubbel	8 Dubbel	2 Dubbel
08-09	normal	8 Dubbel	4 Dubbel	1 Dubbel
09-10	normal	8 Dubbel	4 Dubbel	1 Dubbel
10-11	normal	8 Dubbel	4 Dubbel	1 Dubbel
11-12	normal	8 Dubbel	4 Dubbel	1 Dubbel
12-13	normal	8 Dubbel	4 Dubbel	1 Dubbel
13-14	normal	8 Enkel	4 Enkel	1 Enkel
14-15	normal	8 Enkel	4 Enkel	1 Enkel
15-16	hög	16 Dubbel	8 Trippel	2 Trippel
16-17	hög	16 Dubbel	8 Trippel	2 Trippel
17-18	hög	16 Dubbel	8 Trippel	2 Trippel
18-19	hög	16 Dubbel	8 Dubbel	2 Dubbel
19-20	låg	4 Enkel	4 Enkel	1 Enkel
20-21	låg	4 Enkel	4 Enkel	1 Enkel
21-22	låg	2 Enkel	4 Enkel	1 Enkel
22-23	låg	2 Enkel	4 Enkel	1 Enkel
23-00	låg	2 Enkel	2 Enkel	1 Enkel
Per dygn:		200	112	29

Tabell 4.1 Prognos för trafikering per timme år 2020 i Västlänken.

Antal tågtyper/dygn	Enkel	Dubbel	Trippel	Summa enkeltåg
Pendel, X60	32	168		368
Regional, X51	28	36	48	244
Fjärr, X31	8	9	12	62

Tabell 4.2 I tabellen redovisas hur många av de olika tågtyperna som är enkel-, dubbel- eller trippelkopplade. I kolumnen "Summa enkeltåg" anges totala antalet enkeltåg där ett dubbeltåg räknats som två enkeltåg och så vidare.

Tågtyper			Maxström, I, rms [A]
Pendel	Regional	Fjärr	
X12			82
X14			82
X51			101
X60			se Tabell 4.4, nedan
	X31K		se Tabell 4.4, nedan
	X40		153
	X51 (Regina)		se Tabell 4.4, nedan
		X2	208-416
		X31	se Tabell 4.4, nedan
		RC6 (4-10 vagnar)	230
		Bombardier BR185 (4-10 vagnar)	357

Tabell 4.3 Prognos tågtyper och maxströmmar för enkeltåg, troligaste tågtyp är skriven i fet stil.

Ström X31/X31K / X51 (A)	Acc. 0 - 30‰	Ret. 0 - 30 ‰	Fortva- righet 0 ‰	Fortva- righet 30 ‰	Fortva- righet 20 ‰	Fortva- righet 10 ‰
Enkel- fordon	180	125	20	115	80	45
Dubbel- fordon	360	250	30	225	160	90
Trippel- fordon	540	375	60	335	240	135
<b>Ström X60 (A)</b>						
Enkel- fordon	190	150	20	130	95	60
Dubbel- fordon	380	300	40	260	190	120

Tabell 4.4 Strömförbrukning i ampere (A) vid olika driftsfall.

I Västlänken planeras användning av X31 och X51 trippeltågsätt, dessa kan dra en maxström på 540 A. När det gäller spårgeometrin är avståndet mellan spåren en faktor som påverkar magnetfältet. Återgångsströmmen från tågen går i S-rälerna. S-rälerna är förbundna med varandra ca var 250 m vilket innebär att återgångsströmmen från ett tåg sprids ut över befintliga S-räl. När återgångsströmmen sprids ut relativt matningsströmmen i kontaktledningen, bildas större strömslingor och därmed högre magnetfält.

#### 4.1 Uppmätning av befintliga magnetiska fält, underlag

Yngve Hamnerius har vid Chalmers tidigare låtit genomföra ett flertal mätningar av magnet-

fält i Göteborg. I en studie genomfördes en 24 timmars loggning av magnetfältet i 67 lägenheter i flerbostadshus i Göteborg. Vidare har elever genomfört punktmätningar längs trottoarerna i delar av Göteborgs innerstad. Stora delar av dessa mätningar är aktuella för de planerade linjesträckningarna för Västlänken. Dessa mätningar ger en ganska god bild av hur de befintliga magnetfälten fördelar sig i Göteborgs innerstad.

I detta projekt har det genomförts mätningar med loggning i hus längs Nollalternativet (Gårdatunneln). I dessa hus är extra intressant att genomföra frekvensselektiva magnetfältsmätningar. På så vis kan separera mätvärdena från tågens 16 2/3 Hz magnetfält, från övriga källor som huvudsakligen är på frekvensen 50 Hz.

##### 4.1.1 Mätningar av befintliga magnetfält utomhus i centrala Göteborg

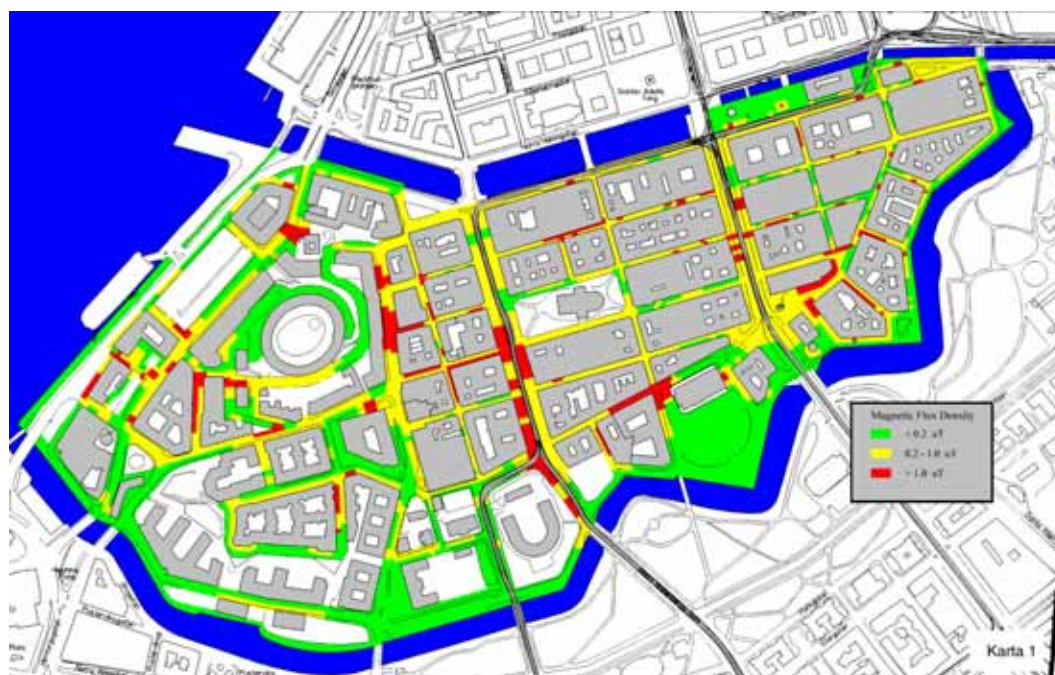
Två typer av mätningar har utförts, dels en kartläggning av magnetfält utomhus i centrala Göteborg, dels en mätning av magnetfält i bostäder. Den första mätningen redovisar momentanvärden av magnetfältet, uppmätt 1 m över mark på trottoarerna längs gator i centrala staden. I den andra mätningen har man försökt uppskatta ett dygnsmedelvärde av exponeringen i bostadslägenheter i flerbostadshus.

Utomhusmätningarna genomfördes under 1996 och 1997 av teknologer på elektrotekniklinjen vid Chalmers som läste kursen inledande elektroteknik, Lindgren m.fl. (1997, 2001). Mätningarna utfördes på trottoarer i centrala Göteborg under kontorstid. Alla mätpunkter har tagits 1 m över marken. De insamlade mätvärdena är momentanvärden som registrerats när personen som mätt har gått längs gatan. Instrumentet som använts var en handburen magnetfältslogger Radians Innova ML-1. Instrumentet mäter magnetisk fältstyrka i frekvensområdet 30-2000 Hz. Instrumentet mäter samtidigt i tre vinkelräta polarisationer. De redovisade mätvärdena ger effektivvärdet av den totala magnetfälts-vektorns storlek.

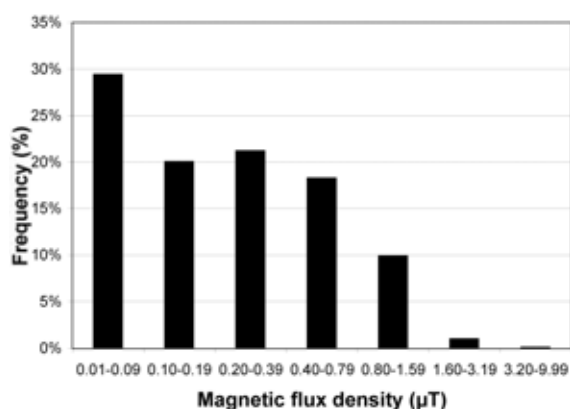
Mätresultaten har sammanställts i kartorna 1-4, Karta 1 redovisas i figur 4.1 övriga redovisas i Bilaga 2.

Karta 1 redovisar mätningar utförda i stadsdelarna inom Vallgraven. Karta 2 redovisar mätningar i kvarteren kring Kungssportsavenyn (Lorenberg). Karta 3 redovisar mätningar i Västra Nordstan inklusive Packhuskajen och Göteborgsoperan. Karta 4 redovisar slutligen mätningar på Drottningtorget, Nils Erikssonplatsen, Östra Nordstan samt området kring Hamntorget.

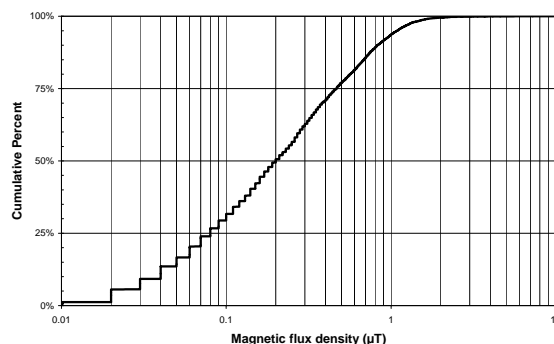
Mätningarna täcker ca 12 km trottoarlängd. Resultaten har analyserats närmare i Lindgren m.fl. (2001). Medelvärdet av magnetfältet för alla uppmätta gator har beräknats till 0,34  $\mu\text{T}$  och standardavvikelsen till 0,40  $\mu\text{T}$ . Medianvärdet var 0,20  $\mu\text{T}$ , se figur 4.2 och 4.3. Man har konstaterat att magnetfältstyrkor över 1,0  $\mu\text{T}$  fanns i närheten av till exempel nätstationer, eldistributionsskåp och butikslarvbågar.



Figur 4.1 Uppmätt momentanvärde av magnetfält 1 m över mark i stadsdelen innanför Vallgraven. Alternativa linjesträckningar för Västlänken anges med svarta linjer.



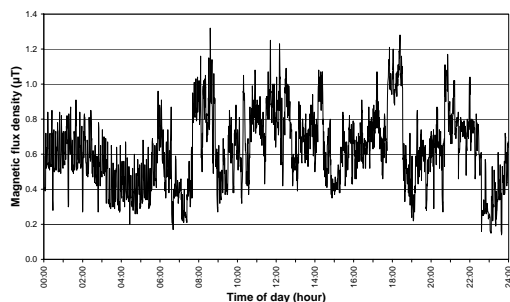
Figur 4.2 Histogram över magnetisk flödestäthet på de uppmätta gatorna (6106 mätpunkter).



Figur 4.3 Kumulativ frekvensfördelning av magnetisk flödestäthet på de uppmätta gatorna. Medianvärde = 0,2  $\mu\text{T}$ ; övre kvartil = 0,47  $\mu\text{T}$ ; undre kvartil = 0,08  $\mu\text{T}$ ; 95:e percentil = 1,08  $\mu\text{T}$ .



Vid kartläggningen ovan är varje registrerat mätvärde ett ögonblicksvärde. För att undersöka variationen under längre tid har ett antal 24 timmarsmätningar utförts. Mätinstrumentet har då legat stilla på samma plats under hela mätningen och registrerat värdena med ett bestämt samplingsintervall, t.ex. 40 s. Figur 4.4 visar ett mätresultat i en punkt där magnetfältet varierade kraftigt med tiden.



Figur 4.4 En 24-timmars mätning av magnetisk flödestäthet. Mätpunkter tagna var 40:e sekund. Av figuren framgår att högre värden har registrerats under kontorstid. Aritmetiskt medelvärde =  $0,62 \mu\text{T}$ ; Standardavvikelse =  $0,21 \mu\text{T}$ .

#### 4.1.2 Mätning av magnetfält i bostadsmiljö

Mätningar av magnetfält har utförts i 67 lägenheter i Göteborgs kommun, Carlander och Moberg (1992). Mätningarna utfördes med hjälp av en handburen magnetfältslogger Radians Innova ML-1. Instrumentet mäter magnetisk fältstyrka i frekvensområdet 30-2000 Hz. Instrumentet placerades i ett sovrum under sängen och magnetfältet loggades över 1 dygn. Kompletterande korttidsmätningar har utförts i sovrum, kök, vardagsrum och ett övrigt rum i lägenheter som hade dessa rum. I varje rum har fem mätpunkter tagits, samtliga 1 m över golv. För att få ett relevant mätvärde, som kunde motsvara de boendes exponering, på lägenheternas magnetfält har mätvärdena viktats med avseende på trolig vistelsetid i olika rum.

Mätningarna gav följande resultat:

medelvärde för  $B_{\text{viktad}}$ :  $0,12 \mu\text{T}$

medianvärde för  $B_{\text{viktad}}$ :  $0,07 \mu\text{T}$

standardavvikelse för  $B_{\text{viktad}}$ :  $0,05 \mu\text{T}$

I de lägenheter där vagabonderande strömmar är den dominerande magnetfältskällan har fältet oftast en kraftig tidsvariation, vilket ger en stor standardavvikelse.

#### 4.2 Mätningar av magnetfält för Nollalternativet

Som det nämndes i inledningen har magnetfälten kring Nollalternativet uppmäts. Vi valde att specifikt titta på de magnetfält som tågen alstrade vid  $16 \frac{2}{3} \text{ Hz}$  i kombination med fälten i området 30-2000 Hz. Magnetfälten kring Nollalternativet är mycket intressanta att kunna bestämma, dels genom mätningar av nuläget (2004) dels genom en trafikprognos för Nollalternativet (år 2020). Den ungefär två kilometer långa dubbelspåriga Gårdatunneln är del av Nollalternativet och är den delen av sträckan som vi valt att mäta kring. Vi har på så vis kunnat mäta direkt ovanför spåren såväl som i tunnelns sidled vid olika positioner. Mätpunkterna ligger utspridda på båda sidor om spåren, vid tunnelmynningarna och ungefär på mitten av tunneln. Tunneln har en svag S-form. Figureerna 4.5 – 4.7 redovisar mätpunkterna.



Figur 4.5 Den streckade svarta linjen indikerar Gårdatunnelns läge. Två mätpunkter valdes i det så kallade Turionhuset (fastighet 46:9) och en mätpunkt valdes i källaren på adressen Femkampsgatan 5C (fastighet 51:1).



Figur 4.6 Den streckade svarta linjen indikerar Gårdatunnelns läge kring Lisebergsmotet. Pilarna till vänster i bild indikerar mätningar gjorda under mark vid Liseberg station. Till höger om dessa visar två pilar mätpunkter vid Örgryte gamla kyrkas västliga och östliga sida. Något längre norr valde vi två mätpunkter på Överåsgatan (fastigheterna 70:5 och 71:4). Ett kryss uppe till höger i bild indikerar en mätpunkt där det uppmättes oväntat höga magnetfältsnivåer vid frekvensen 16 2/3 Hz. Mätpunkten ligger på 200 m avstånd från närmaste järnvägsspår.



Figur 4.7 Bilden visar tunnelns södra del och två mätpunkter i Hemtjänsts lokaler på Påskbergsgatan (fastighet 33:10) samt två mätpunkter nästan rakt ovanför tunneln med enstaka meter bergtäckning - invid gångvägen strax öster om Nellickevägen (fastighet 750:759).

Med hjälp av mätinstrumenten BMM-3000 och BMM-3 från Enviromentor samt dataloggern Hobo H8 har vi mätt och loggat den magnetiska flödestäthetens effektivvärden i 3-sekunders intervaller över 1 dygn. För varje mätpunkt redovisas magnetfältens maximalvärden (rms) under 1-dygnspannet samt magnetfältens 1-dygnmedelvärde (rms).

Avståndet mellan mätpunkt och tunnelns origo, vilket definieras som mitt mellan dubbelspår

samt mitt mellan räls överkant (rök) och kontaktledning. Magnetfältet som genereras av tågen och dess strömmatning redovisas i tabell 4.5. Resultaten är rangordnade efter avstånd till tunneln.

Adress	Mätpunkt	Avstånd [m]	$B_{medel}$ [ $\mu T$ ]	$B_{max}$ [ $\mu T$ ]
Liseberg station	I trapphus för nödutg. vid dörr	9,8	0,26	13,0
Nellickevägen, gångväg	15 m n. om ing., östlig sida	13,1	0,16	8,28
Nellickevägen, gångväg	10 m n. om ing., östlig sida	15,1	0,11	5,80
Liseberg station	Trapphus nödutg, en avsats upp	15,2	0,10	5,19
Påskbergsgatan 12	1 meter från västlig fasad, insidan	26,0	0,07	3,23
Påskbergsgatan 12	13 meter fr. västlig fasad, insidan	36,3	0,04	2,00
Örgryte gamla kyrka	Ingång, västlig sida	37,7	0,05	1,68
S Gubberogatan, Turionhuset	Lunchrum mot östlig vägg	41,4	0,08	2,17
Överåsgatan 5	Källare, arb.rum	55,0	0,04	1,48
S Gubberogatan, Turionhuset	Rum mot västlig vägg	55,7	0,05	1,30
Örgryte gamla kyrka	Vid baksidan, östlig sida	64,2	0,03	0,97
Femkampsgatan 5C	Källare, sydvästligt hörn	73,3	0,04	0,95
Överåsgatan 12	Källare, västlig sida	79,5	0,01	0,46

Tabell 4.5 Uppmätta magnetfältsnivåer för 16 2/3 Hz på olika adresser kring Gårdatunneln.  $B_{medel}$  avser magnetfältets dygnmedelvärde och  $B_{max}$  avser det maximala rms-värdet som registrerats under dygnet.

Magnetfält i frekvensområdet 30-2000 Hz loggades i 40-sekunders intervaller över ett dygn med hjälp av magnetfältslloggern ML-1 från Enviromentor. Datainsamlingen från dessa mätningar visade att inga av de uppmätta husen hade magnetfältsnivåer i källarvåningen som översteg 0,10  $\mu T$ .

Det passerade ca 250 tåg per dygn genom Gårdatunneln i den aktuella mätperioden under början av oktober 2004.

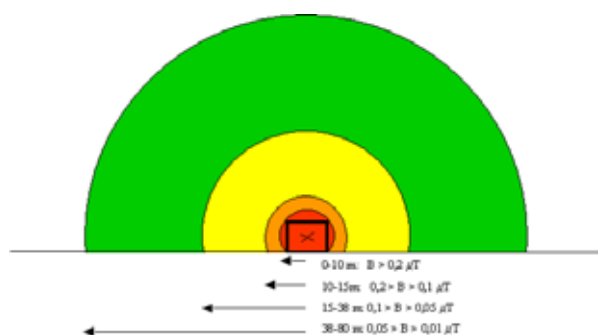
De uppmätta magnetfältens avståndsberoende

Strömmatningen till tågen bygger på principen om att strömmen bildar en krets där strömmen till tåget matas från sugtransformatorerna fram till tåget via kontaktledningen. Strömmen tar därefter vägen genom tågets motorer för att sedan att ta sig ned i S-räl och åter till sugtrans-

formatorerna. Om strömkretsen fungerar som just beskrivits så kommer magnetfältet minska med ett över avståndet i kvadrat om man rör sig vinkelrätt bort från spåret.

När mätresultaten plottas, både maximalvärden och medelvärden, så visar det sig att på avstånd större än ca 15 meter så avtar fältet i stället med ett över avståndet. Detta tyder på att delar av återgångsströmmen vagabonderar i metallstrukturer utanför tunneln. I en mätpunkt ca 200 m från tunneln där bidraget från järnvägen borde varit försumbart, uppmättes signifikanta tågfrekventa fält vilket också tyder på vagabonderande strömmar.

I figur 4.8 sammanfattas medelmagnetfältets avståndsberoende utgående från mätningarna vid Gårdatunneln.



Figur 4.8 En sammanställning av mätresultaten kring Gårdatunneln visar dygnsmedelvärdet magnetisk flödestäthet  $B$ , loggade under en 1-dygnsperiod. Figuren visar ett tvärsnitt av tunnelröret där man ser utbredelsen av magnetfält alstrade av tågtrafiken.

Anledningen till de vagabonderande strömmarna är sannolikt att Gårdatunneln är byggd med ett konventionellt elsystem med ca 5 km mellan sugtransformatorerna och ingen sektionerad matning. I de beräkningar som redovisas här för Västlänken förutsätts 1 km sektionerad matning vilket gör att problemen med vagabonderande strömmar bör vara betydligt mindre. Detta bygger dock på att det inte finns några andra källor till vagabonderande strömmar. En Västlänkstunnel kommer att vara elektriskt förbunden med båda ändarna av Gårdatunneln vilket innebär att vagabonderande strömmar från Gårdatunneln kan gå i Västlänkstunneln. De beräkningar som redovisas här bygger på ideala sugtransformatorer och inga vagabonderande strömmar från Gårdatunneln.

Det är därför sannolikt att Gårdatunnelns elsystem måste modifieras så att det blir likvärdigt det planerade i Västlänken, för att magnetfältsmålen skall uppnås.

## 5 Hälsoeffekter samt påverkan på teknisk utrustning

Det elektromagnetiska spektrumet innefattar ett stort frekvensomfång, och en biologisk inverkan från mikrovågor behöver inte ha samma verkan som magnetfält från en kraftledning. Vi kan därför inte behandla inverkan från alla elektromagnetiska fält i en studie.

I detta avsnitt går vi först igenom de allmänt erkända hälsoeffekterna av riktigt starka lågfrekventa fält, för att senare komma in på forskningen om biologiska effekter av svaga magnetfält och frågan om dessa biologiska effekter kan innebära några hälsorisker.

### 5.1 Effekter av starka fält

Det är sedan länge känt, att det finns hälsorisker vid direktkontakt med spänningsförande föremål. Om man vid kontakt med en elektrisk strömkrets får ström genom kroppen kan strömmen excitera nervsignaler. Detta kan i värsta fall leda till hjärtstillestånd. Om man tar om ett ledande föremål och ström går genom armen och vidare genom kroppen, kan man inte släppa föremålet, om strömstyrkan ligger över en viss nivå. Detta beror på att handens grip-muskler styrs av strömmen och de elektriska signaler som kommer från hjärnan ”överröstas” av strömmen. För en vuxen man ligger denna nivå på ca 15 mA, något lägre för kvinnor och för små barn kan den ligga så lågt som 5 mA.

Vid kontakt med högspänningsledningar kan strömstyrkan bli så stor, att den inte endast exciterar nervsignaler, utan kan även ge upphov till brännskador. Det har genom åren skett ett antal olyckor. Personer har klättrat upp på järnvägsvagnstak och kommit nära kontaktledningen. Ett överslag har skett och personen har förutom nervpåverkan fått brännskador, som inte sällan lett till döden. För att i möjligaste mån minimera antalet elolycksfall, kringgärdas såväl vanliga elinstallationer, som järnvägens installationer, av en rad säkerhetsbestämmelser.

Dessa exempel handlade om direktkontakt med elektriska ledare, hur är det då med exponering av elektromagnetiska fält?

Det råder stor enighet om att riktigt starka lågfrekventa elektriska och magnetiska fält kan ge upphov till hälsoskadliga effekter. Elektriska och magnetiska växelvärd alstrar inducerade strömmar i människokroppen. Blir dessa strömmar tillräckligt stora, kan de, precis som för ledningsströmmar, excitera nervsignaler.

Den inducerade strömtätheten är proportionell mot fältets styrka och mot fältets frekvens. Tåg-fält har den mycket låga frekvensen 16 2/3 Hz vilket innebär att det krävs mycket starka fält, för att excitera nervsignaler. Om vi koncentrerar oss på fält utanför tunneln, så ligger magnetfältet på nivåer, upp till ett tiotal  $\mu\text{T}$ . Dessa nivåer ligger mer än tiotusen gånger lägre, än de nivåer, som krävs för att excitera nervsignaler. Det är därför ingen risk att magnetfältet från tågtrafiken kan leda till excitering av nervsignaler.

### 5.2 Effekter av svaga fält

Synen på om svaga elektriska och magnetiska fält har någon hälsoskadlig inverkan, har ändrats de senaste åren. De svaga fält man exponeras för i hem och kontorsmiljö, inducerar svaga strömmar i kroppen. Styrkan på dessa strömmar är ej större än de strömmar som finns naturligt i kroppen av t.ex. hjärtats aktivitet. Med anledning av detta, bedömde forskarna allmänt, att hälsorisker av dessa fält var mycket osannolika.

Ett första tecken på att denna bedömning kanske var felaktig, kom 1979, då en studie publicerades, där man funnit en korrelation mellan barncancer och magnetfält i hemmen, Wertheimer och Leeper (1979). När denna rapport kom, möttes den av en utbredd misstrohet. Den ledde dock till att flera liknande studier genomfördes. När resultaten från de flesta av de fortsatta studierna också gav resultat som tydde på ett samband mellan magnetfält och barncancer, började en omprövning att göras.

### Cancer och påverkan på nervsystemet

År 1992 presenterades två svenska studier, dels den s.k. närboendestudien, dels en studie av cancer och yrkesexponering för magnetfält. I

närboendestudien undersöktes alla barncancerfall, vuxenleukemier och hjärntumörer för den del av befolkningen som bor mindre än 300 m från 220 och 400 kV-ledningar. Resultaten var att man fann ett dos-responssamband mellan beräknad magnetfältsexponering och barnleukemier. Signifikant förhöjda barnleukemirisker observerades vid exponering över 0,2  $\mu\text{T}$  (Feychting och Ahlbom 1992, 1993). I deras rapport finner man ingen korrelation mellan vuxenexponering i bostäder och leukemi eller hjärntumörer. Forskargruppen har gått vidare och förfinat sitt exponeringsmått till beräknad magnetfältdos under en tioårsperiod före diagnostillfället. Med denna metod finner man en ökad risk för en form av vuxenleukemi, för dem vars beräknade dos överstiger 2  $\mu\text{T}\cdot\text{år}$ .

Studien av yrkesexponering av män och cancer har genomförts av Birgitta Floderus m.fl. (1992, 1993). I undersökningen har man med hjälp av dosimetrar mätt exponeringen över en arbetsdag för fall och kontroller. I denna studie ser man statistiska samband mellan yrkesexponering för magnetfält och leukemier samt ett något svagare samband för hjärntumörer. De nivåer där man ser riskökningar ligger vid 0,2 – 0,3  $\mu\text{T}$ .

Två danska studier har genomförts med liknade uppläggning, Olsen (1993), Johansen (1998). Resultaten i dessa studier pekar åt samma håll som de svenska studierna, men resultaten är inte statistiskt säkerställda.

Den senaste barncancerstudien, Draper m.fl. (2005) bekräftar i och för sig det statistiska sambandet mellan barncancer och kraftledning- ar. Det som komplicerar bilden är att man ser överrisker ända ut till 500 m från kraftledningen, ett avstånd på vilket magnetfältet avklingat till mycket låga värden.

Vid studier av vuxencancer och magnetfältsexponering i hemmiljön har man i de flesta studierna inte funnit något samband. Det finns numera ett stort antal studier av personer som yrkesmässigt exponeras för elektromagnetiska fält. Studierna bygger i allmänhet på information om yrkestitlar som telegraf och radiooperatörer, aluminiumsmältverksarbetare, spårvagns- och lokförare, ställverks- och linjearbetare etc. I endast ett fåtal av studierna har man genom mätningar försökt fastställa den egentliga expo-

neringen som individen alternativt yrkesgruppen utsatts för. Data om exponering för andra faktorer i arbetsmiljön som kan vara cancerframkallande saknas också i flertalet av dessa studier. Det är framförallt leukemi och hjärntumörer som undersökts i dessa studier. Leukemiundersökningarna kan delas upp i studier av leukemi som dödsorsak respektive sjukdomsorsak. Majoriteten av studierna av leukemi som dödsorsak visar ej korrelation till yrkesexponering, medan man däremot finner en sådan korrelation i flera av studierna av leukemi som sjukdomsorsak. Resultaten från hjärntumörundersökningarna visar en något mer spridd bild, men även här ser man en korrelation med yrke i flera studier.

I flera av yrkesstudierna har man även observerat överrisker för manlig bröstcancer, se t ex. Matanoski m.fl. (1991). Då detta är en ytterst sällsynt sjukdom har antalet fall varit mycket begränsat, varför inga säkra slutsatser kan dras. En naturlig fråga i sammanhanget är om det finns motsvarande överrisker för den betydligt vanligare kvinnliga bröstcancern. I de flesta studier av exponerade yrkesgrupper har andelen kvinnor varit så låg att några riskuppskattningar ej kunnat göras. Den största undersökningen som gjorts, har genomförts av Lomis och medarbetare (1994). De studerade dödlighet i kvinnlig bröstcancer i 24 av USA:s delstater. Av 27882 kvinnor som hade avlidit av bröstcancer, hade endast 68 elektriska yrken. Dessa kvinnor, i elektriska yrken, visade en överrisk för dödlighet i bröstcancer på 38 %. Författarna menar, att man måste vara försiktig med att dra slutsatser, om ett eventuellt samband mellan bröstcancer och yrkesexponering. Tynes (1996) har studerat kvinnliga radiotelegrafister i den norska handelsflottan och sett tendenser till förhöjd brösttumörförekomst för denna grupp.

Man har fått störst samstämmighet i resultaten från studier av magnetfältsexponering och barnleukemi. Trots detta kan resultaten från även dessa studier tolkas på olika sätt, då flertalet, i och för sig, finner ökade barnleukemirisker, men i många fall är dessa riskökningar ej statistiskt säkerställda. En möjlig förklaring till att många resultat ej är statistiskt säkerställda, är att det är få barnleukemifall i varje studie varför siffrorna blir osäkra. Att det är få barnleukemi-



fall beror på att barnleukemi, tack och lov är en mycket sällsynt sjukdom.

För att få ett säkrare bedömningsunderlag, samarbetade författarna till nio barncancerstudier, varvid de lade samman sina rådata, till en sammanslagen (pooled) analys, Ahlbom m.fl. (2000). I denna sammanslagna analys, ser man en statistiskt säkerställd, drygt fördubblad barnleukemirisk, vid medalexponeringar över 0,4  $\mu\text{T}$ . Man ser inga riskökningar under nivån 0,4  $\mu\text{T}$ . Materialet är så stort, att författarna menar att det inte är sannolikt att riskökningen skulle kunna bero på slumpen. Men de påpekar samtidigt att det aldrig är möjligt att bevisa ett orsakssamband, med hjälp av epidemiologiska undersökningar, varför det är ej möjligt att utesluta, att en annan faktor, skulle kunna ligga bakom riskökningen.

En hypotes som framförts av bl.a. Stevens (1987) är att magnetfältets eventuella cancerverkan skulle ske via påverkan på tallkottkörtelns utsöndring av hormonet melatonin. Melatonin är den starkaste kända antioxidanten och har därför en skyddande inverkan på cellerna mot skador. Vissa djurförsök (Löscher m.fl. 1994) och även försök på människa, har visat att magnetfältsexponering kan sänka den nattliga utsöndringen av melatonin. Enligt hypotesen skulle denna sänkning av melatoninhalten kunna innebära en ökad bröstcancerrisk. Det har också publicerats studier, där man inte sett någon påverkan på melatoninnivåerna, av magnetfält, varför hypotesen måste ses som obevisad hittills.

1994 presenterades en finsk-amerikansk studie i vilken man fann ett statistiskt samband mellan demenssjukdomen Alzheimer och elektriska yrken, Sobel m.fl. (1994). Denna studie har följts upp med fler undersökningar där liknande tendenser funnits.

Epidemiologiska studier kan aldrig **bevisa** ett orsakssamband mellan en faktor och en sjukdom, för detta behövs djurförsök. I en översiktsartikel skriver Löscher och Mevissen (1994) att det samlats allt mer bevis för att det i försöksdjur som exponerats för kraftfrekventa magnetfält erhålls en cancerpåverkan. Men att bevisen fortfarande är för svaga för att fastlägga ett orsak-verkansamband. Flera av djurförsöken tyder på att magnetfält skulle kunna vara en bi-

dragande faktor för brösttumörutveckling, se t.ex. Löscher m.fl. (1994). Löschers grupp har därefter arbetat vidare med djurförsök och i dessa sett en ökad cancerfrekvens hos magnetfältsexponerade djur, Baum m.fl. (1995). Vid upprepningsstudier vid Batellelaboratoriet i USA, har man ej lyckats upprepa dessa resultat, Anderson m.fl. (1999).

### Fosterutveckling

En rad studier har genomförts för att se om bildskärmsarbete medför risk för fosterpåverkan. Resultaten från dessa studier har inte varit entydiga varför man från bl.a. Arbetarskyddsstyrelsen såg frågan som "avförd från dagordningen". En svaghet i de tidigare studierna var att man inte har genomfört några exponeringsmätningar för magnetfält. Endast tid bildskärmsarbete per vecka har använts som exponeringsmått. Eftersom fälten från olika bildskärmsmodeller kan variera med en faktor 100 är detta inget bra mått på magnetfältsexponeringen. Några studier där man mätt de magnetiska fälten har publicerats. I en amerikansk studie jämfördes bildskärmsarbetare som arbetade med konventionella bildskärmar med dem som arbetade vid lysdiodskärmar, Schnorr m.fl. (1991). De bildfrekventa magnetfälten vid fostrets position, från dessa skärmar, var ungefär lika starka oavsett teknik. Man såg inte heller någon skillnad i graviditetsutfallet för dessa grupper. Arbetarskyddsstyrelsen i Finland (Lindbohm m.fl. 1992) studerade missfall och fann en signifikant överrisk för dem som hade bildskärmar som gav magnetfält över 0,9  $\mu\text{T}$  topp till toppvärde. Detta motsvarar ett RMS-värde av ca 0,3  $\mu\text{T}$ .

I en annan finsk studie (Juutilainen m.fl. 1993), på icke bildskärmsarbetare, fann man en femdubblad risk för tidiga missfall om magnetfältet i hemmet (mätt vid ytterdörren) var över 0,6  $\mu\text{T}$ . Detta innebär att de eventuella missfallsriskerna bör studeras ytterligare för att klarhet skall nås.

I en studie från Kalifornien har man också studerat magnetfältets eventuella påverkan på graviditeter och missfall, De-Kun Li m.fl. (2002a, 2002b). I denna studie ser man inga samband med medalexponeringen, men däremot ökade risker, för dem vars magnetfältsexponering ligger över ett visst värde för maximalt momen-

tanvärde. Studien är omdiskuterad och flera kommentarer, bland annat av David Savitz (2002a, 2002b) har publicerats.

Man har även undersökt magnetfältens inverkan på fosterutvecklingen i djurförsöksstudier. Inte heller dessa studier har givit några entydiga resultat. Vid försök på Karolinska institutet, Tribukait m.fl. (1986), fann man en ökad risk för missbildningar hos möss som utsatts för sågtandsformade 20 kHz magnetfält med en styrka på 15  $\mu\text{T}$  topp-till-topp (ca 4  $\mu\text{T}$  RMS-värde). Frölen m.fl. (1993) vid Lantbruksuniversitetet i Uppsala upprepade studien på en annan musstam och såg då en effekt på resorptioner (vilket är motsvarigheten till missfall för möss) men ej på missbildningar. Gruppen har upprepat sina försök och resultatet har stått sig om exponeringen påbörjas före sjunde graviditetsdagen. En kanadensisk forskargrupp, Stuchly m.fl. (1988) har i en upprepningsstudie ej sett någon påverkan vid försök på ytterligare en annan musstam.

### Elöverkänslighet

För elöverkänslighet är kunskapsläget mycket bristfälligt. En rad hypoteser om orsakerna till elöverkänslighet har framlagts, bl.a. har elektriska och magnetiska fält angivits som möjliga orsaker. Ett visst stöd för denna hypotes ges i en fall-kontrollstudie av hudproblem och fysikaliska arbetsmiljöfaktorer, som har genomförts i Västerbotten, Sandström m.fl. (1991). Resultatet av studien är att den relativa risken för hudproblem är tre gånger så hög för dem som sitter i en elektrisk fältstyrka över 30 V/m, jämfört med dem som har under 10 V/m. Motsvarande risk är 2,7 gånger för dem som har en bildskärm med bildfrekvent magnetfält över 0,3  $\mu\text{T}$ , jämfört med dem som hade bildskärmar som gav mindre än 0,15  $\mu\text{T}$ . Man finner även samband med vissa psykosociala faktorer, som relationen till chefen. Flera dubbelblinda provokationsstudier, där elöverkänsliga utsatts för elektriska och magnetiska fält, har genomförts, bl.a. av Yngve Hamnerius forskargrupp vid Chalmers i samarbete med professor Gun Agrup, Lunds universitet (Hamnerius m.fl. 1993). I dessa provokationsstudier har man inte kunnat visa några signifikanta samband mellan symptom och exponering. En studie med liknade resultat har genomförts av en forskargrupp

på Arbetsmiljöinstitutet i Solna under ledning av professor Arne Wennberg.

Sammanfattningsvis ser vi att ett flertal studier pekar mot ett samband mellan cancer och magnetfältsexponering. Starkast är bevisen för ett samband mellan bostadsexponering och barnleukemi. En viss samstämmighet finns också i yrkesstudierna avseende leukemi och hjärntumörer. För andra sjukdomar som brösttumörer och Alzheimers sjukdom, fosterutveckling och elöverkänslighet är läget fortfarande mycket osäkert. Det som gör forskningsläget osäkert är avsaknaden av en känd växelverksmekanism som skulle kunna förklara ett eventuellt samband molekylärbiologiskt.

### 5.3 Internationell bedömning

WHO koordinerar arbetet med bedömning av hälsorisker av elektromagnetiska fält vid kontoret i Geneve, under "the WHO International EMF Project". WHO-organet International Agency for Research on Cancer (IARC), utreder cancerrisker. IARC klassificerar olika agens cancerrisker, enligt en strikt procedur. Denna klassning är indelad enligt Tabell 5.1.

Under 2002 studerade en expertgrupp vid IARC forskningen om cancerrisker av statistiska och extremt lågfrekventa elektromagnetiska fält. Arbetet finns dokumenterat i en bok, som sammanställer och kommenterar en betydande del av forskningen på området, IARC (2002).

Enligt IARC är:

- Bevisen begränsade för att det skulle finnas ett samband mellan ELF-magnetfält och barnleukemi.
- Bevisen otillräckliga för att det skulle finnas ett samband mellan ELF-magnetfält och alla andra cancerformer.
- Bevisen otillräckliga för ett samband mellan magnetfält och cancer i försöksdjur.

Klass	Benämning	Bevis för cancer
1	Är cancerframkallande	Tillräckliga bevis
2A	Troligen cancerframkallande	Begränsade bevis
2B	Möjlig cancerframkallande	Mer begränsade bevis
3	Kan inte klassas som cancerframkallande	Otillräckliga bevis
4	Troligen inte cancerframkallande	Bevis saknas

Tabell 5.1 Sammanställning av IARCs klassning av cancer.

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.

#### 5.4 Påverkan på teknisk utrustning

Det är framförallt apparatur med elektronstrålar som påverkas av magnetfält som till exempel katodstrålerörsskärmar, elektronmikroskop, elektronstrålelitografer men även annan utrustning som magnetresonanstomografer. Vanligast förekommande är katodstråleskärmar som ofta används i bildskärmar och TV-apparater. I de känsligaste bildskärmarna kan man detektera bildstörningar vid 0,5  $\mu\text{T}$ , bildpåverkan upplevs ofta störande vid nivåer över 1  $\mu\text{T}$ .

Platta bildskärmar och TV-apparater av plasma eller LCD-typ störs ej av magnetfält. Den tekniska utvecklingen går emot plasma- och LCD-skärmar vilket på sikt kommer att minska problemen med bildstörningar. Majoriteten av de bildskärmar som säljs idag är av LCD eller plasmatyp. För TV-skärmar är en liknande utveckling på väg. Detta innebär att när Västlänken tas i drift kommer bildstörningar i katodstrålerörsskärmar att vara ett begränsat problem.

Utrustning som elektronmikroskop, elektronstrålelitografer och magnetresonanstomografer är inte så vanligt förekommande men finns på Chalmersområdet.

Vissa typer av ljudanläggningar som använder sig av magnetfält för signalöverföring kan störas. Exempel på sådan system är hörselslingar och elgitarrer.

## 6 Alternativ utformning

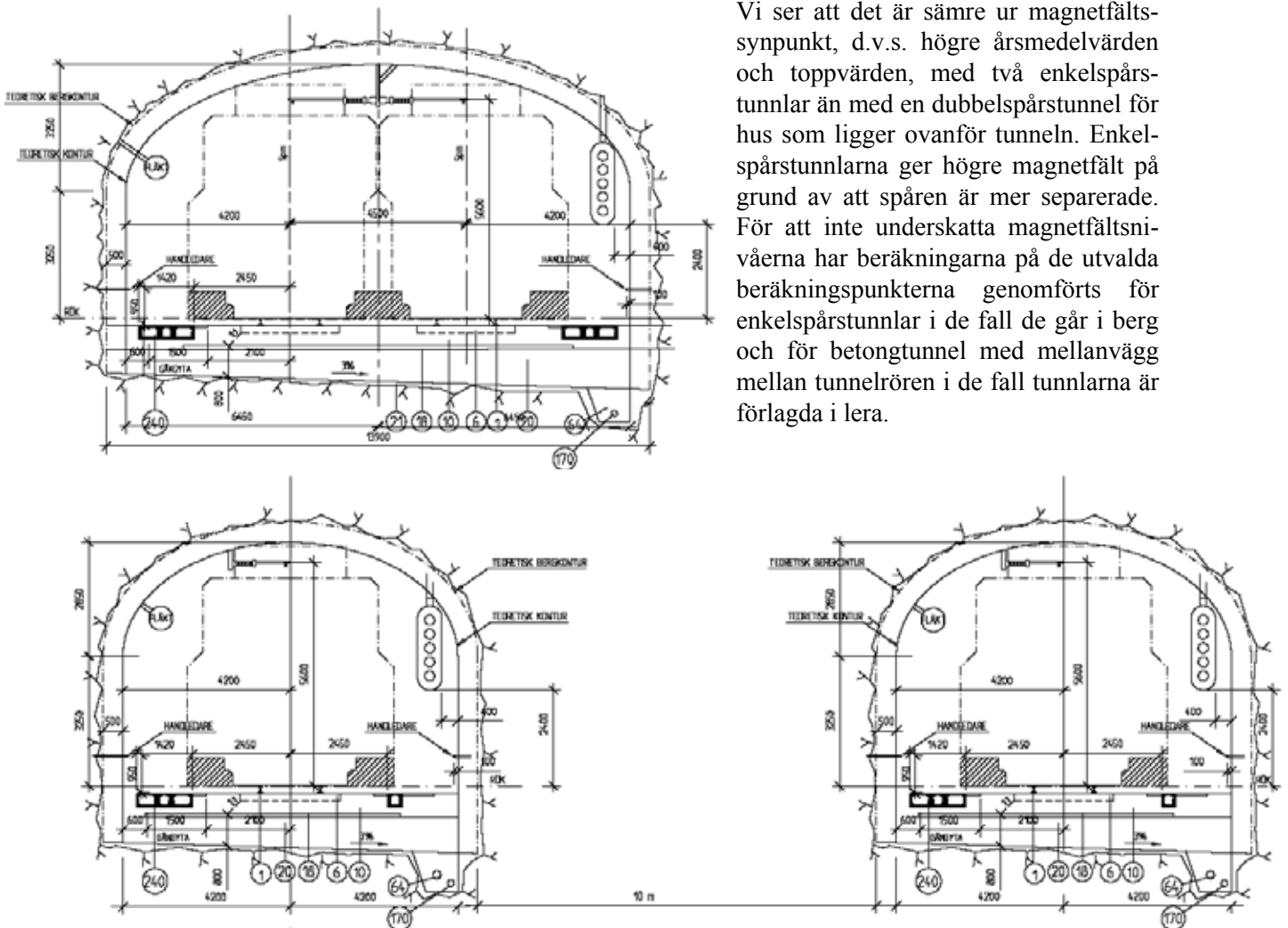
Järnvägen kan förläggas i två enkelspårstunnlar eller en dubbelspårstunnel, se figur 6.1. Det är vid denna tidpunkt inte beslutat vilken lösning som skall väljas. Valet av tunneltyp påverkar en mängd faktorer som t.ex. säkerhet, utrymning, kostnader men även magnetfält. I detta avsnitt studeras inverkan av tunneltyp på magnetfält.

Vid en jämförelse av magnetfält från dubbel och enkelspårstunnlar har magnetfälten studerats vid ett tänkt närliggande hus direkt 23 m över rök. Simuleringar av magnetfälten vid 100 A strömförbrukning i tågen, för 8 olika tågpositioner har beräknats för en dubbelspårs-

tunnel samt för två enkelspårstunnlar med c/c-avståndet 18 m.

Beräkningen har genomförts med en ansatt sektionlängd på 1 km, med inmatning och jordpunkt för sugtransformator mitt i sektionen. Huset antas ligga nära inmatningspunkten vilket innebär att det exponeras för de starkare magnetfälten maximalt under 500 m av tågets färd genom sektionen. Med dessa antaganden har årsmedelvärdet av magnetfältet i huset beräknats, för en ansatt medeltågström på 100 A per tåg. För detta tänkta fall uppskattas årsmedelvärdet från tågtrafiken till  $0,07 \mu\text{T}$  för dubbelspårstunneln och  $0,11 \mu\text{T}$  för de två enkelspårstunnlarna. På motsvarande sätt erhålles också lägre toppvärden för en dubbelspårstunnel jämfört med två enkelspårstunnlar.

Vi ser att det är sämre ur magnetfältsynpunkt, d.v.s. högre årsmedelvärden och toppvärden, med två enkelspårstunnlar än med en dubbelspårstunnel för hus som ligger ovanför tunneln. Enkelspårstunnlarna ger högre magnetfält på grund av att spåren är mer separerade. För att inte underskatta magnetfältsnivåerna har beräkningarna på de utvalda beräkningpunkterna genomförts för enkelspårstunnlar i de fall de går i berg och för betongtunnel med mellanvägg mellan tunnelrören i de fall tunnlar är förlagda i lera.



Figur 6.1 Bilderna visar skillnaden mellan dubbel- och två enkelspårstunnlar i berg. Överst dubbelspårstunnel i berg, nederst två enkelspårstunnlar i berg

## 7 Beräkningar av magnetiska fält

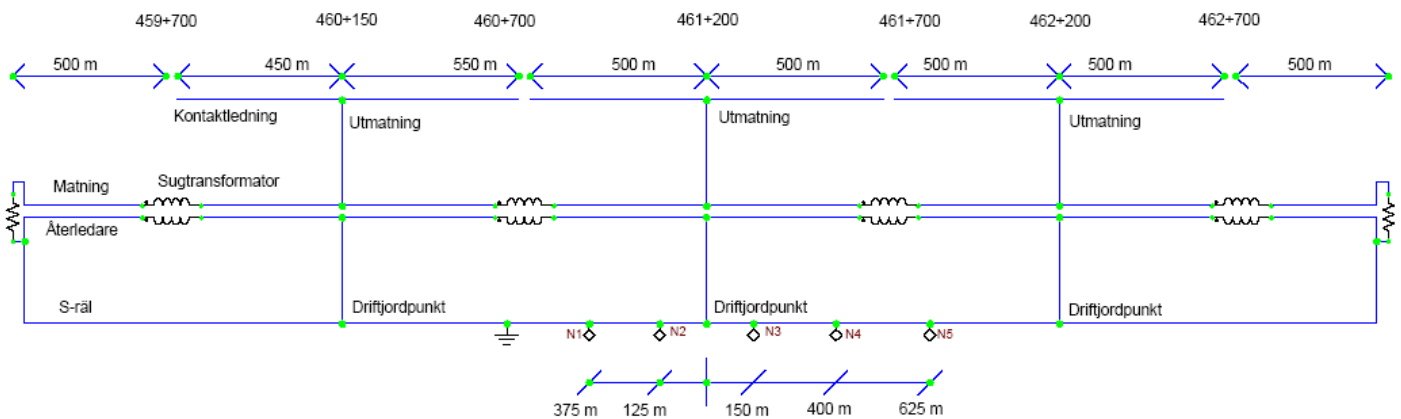
För att kunna beräkna magnetfältet från tågen måste strömmarnas fördelning i kontaktledning, återledare, jordledare, matningsledning och S-råler beräknas. När tåget rör sig får vi en komplex strömbild i de olika ledarna. För att i detalj studera denna strömbild har vid simuleringarna skapats en kretsmodell, som beskriver alla impedanser. I denna kretsmodell läggs de olika tågerna in som strömkällor och kretsens strömmar, i samtliga ledare, beräknas med hjälp av ett kretssimuleringsprogram av P-spicetyp.

Som nämnts är ej elprojekteringen ännu klar för Västlänken. Med utgångspunkt från en tänkt typsektion på 1 km har kretsmodellen skapats. Kretsmodellen och använda tågpositioner visas schematiskt i figur 7.1, För en detaljerad redovisning, se bilaga 1.

Simuleringarna har utförts för enkelspårstunnlar i berg respektive betongtunnlar med mellan-

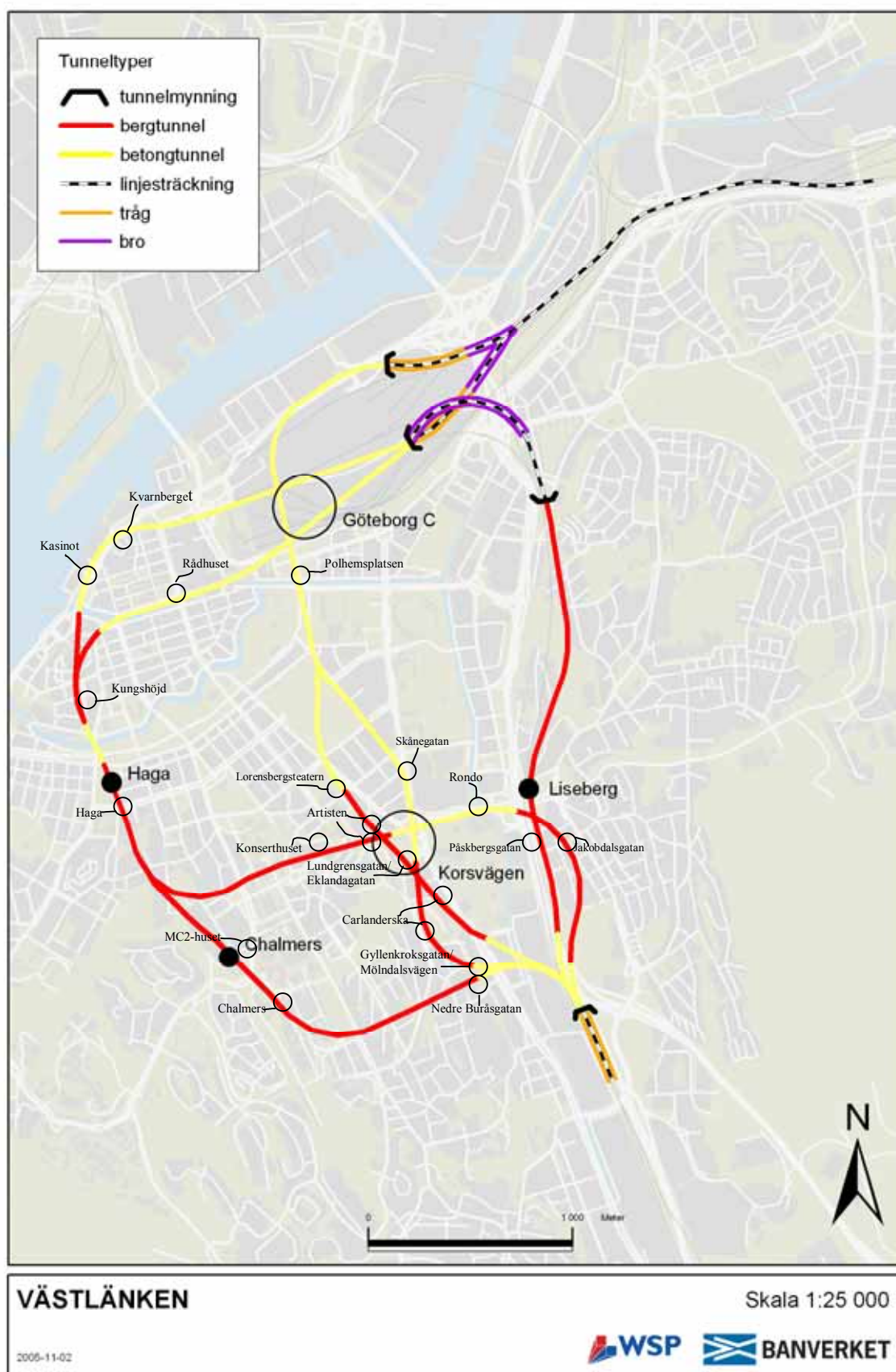
vägg. I dessa simuleringar har strömmarna i tunnarna beräknats för varje tåg och sedan superponerats. Med superponering innebär att man adderar värden med hänsyn till storlek, riktning och fasläge. Härvid har hänsyn tagits till strömmens riktning i respektive ledare. Strömmarnas effektivvärden har adderats. Detta förfarande gäller för 16 2/3 Hz sinusformad tidsvariation hos strömmarna. Detta är inte helt fallet, för strömmarna till tågerna, men då strömmens kurvform inte är känd för enskilda tåg, i ett givet tidsögonblick, får denna approximation anses som den bästa för detta fall.

När strömmen i kontaktledningarna, respektive matningsledningarna går genom sugtransformatorer sugas en lika stor ström upp i återledarna. Vi har vid denna beräkning antagit ideala sugtransformatorer, dvs. att lika stor ström går i kontaktledning och återledare, vid sugtransformatorerna.



Figur 7.1 Schematisk bild av utmatningar, kontaktledningsavbrott, sugtransformatorer och tågpositioner N1 – N5 i kretssimuleringen. Det beräkningsnitt som använts vid simuleringarna är vid avståndet km 461+250.



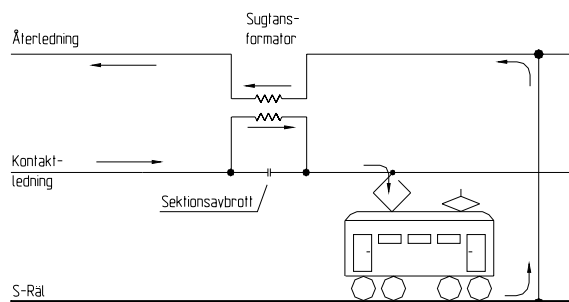


Figur 7.2 Karta som visar de punkter där beräkning av magnetfält har skett längs de olika sträckningarna.

**Strömmar i räl och jordledare**

För båda berg- och betongtunnlar har antagits att förbimättningsledningar är förlagda i vardera tunnelröret. Matningsledningarna har en skärm som förbinds med S-räl var 500:e m. I vardera tunnelröret finns 2 samlingsjordledare 50 mm<sup>2</sup> i topp och 70 mm<sup>2</sup> Cu på vägg, samt dubbla jordade handledare, en på var sida i röret.

I tunneln har antagits att samlingsjordledare och handledare är förbundna med S-rälen, var 250:e m. Jordledare och S-räl i de två rören antas även förbundna i dessa punkter. Detta innebär att när ett tåg, i tunneln, drar ström via kontaktledningen till S-rälen, så kommer denna ström att dela upp sig på S-räl, jordledare, handledare och skärm för *båda* spåren.



Figur 7.3 Schematisk bild av strömmatning till tåg via kontaktledning, sugtransformator, S-räl och återledare.

I Banverkets projekterade tunnel vid Trollhättan är förbimätningen planerad att ske med ett kabelpar per spår, där kablarna ligger tätt ihop. Samma antagande har gjorts i denna beräkning. I tunneln går 4 stycken 500 mm<sup>2</sup> aluminiumkablar för förbimätning genom tunneln, två framledare med 80 mm<sup>2</sup> Cu-skärm och två återledare med 50 mm<sup>2</sup> Cu-skärm. Dessa skärmar är anslutna till S-räl i båda ändar, samt vid matningspunkten så att återgångsströmmar kommer att gå i dessa också. Samtliga förbimättningskablar ligger i kabelrännor vid sidan av spåren.

Vid fyrspårsstation antas en 50 mm<sup>2</sup> Cu samlingsjordledare för varje spår förlagda i konsoler för kontaktledningssskena på tunneltak. Vidare in i tunneln antas två samlingsjordledare 50 + 70 mm<sup>2</sup> per spår.

Samtliga strömmar från vart och ett av tågen, från P-spiceberäkningarna, redovisas i tabell 7.1 för bergtunnel och 7.2 för betongtunnel.

Simuleringarna har genomförts för ett tåg i taget. Detta har gjorts för att illustrera verkan av varje enskilt tåg. För magnetfältsberäkningen tas strömmarna i detta snitt från beräkningen. De i tabellerna angivna tågpositionerna 1, 2 etc. representerar tåg i olika positioner så att både punkter före och efter beräkningssnittet samt samtliga spår representeras. Kretsschema med beräknade strömmar redovisas för varje tågposition i bilaga 2.

Tågposition	1	2	3	4	5
Matningsledn. n	0	0	0	0	100
Kontaktledn. n	0	0	100	100	0
Återledning n	0	0	0	0	-100
Skärm matn.ledn. n	-0,2	-0,1	-1,0	-2,8	-0,2
Skärm återledn. n	-0,3	-0,2	-1,7	-4,6	-0,4
Toppjordlina n	-0,3	-0,1	-2,1	-3,8	-0,1
Handledare n	-0,1	-0,1	-0,8	-1,6	0
Jordledare n	-0,4	-0,2	-2,9	-5,3	-0,1
S-räl n	-3,4	-1,5	-73,7	-43,6	-1,0
S-räl u	3,4	1,5	-12,7	-26,8	1,0
Jordledare u	0,4	0,2	-1,6	-3,3	0,1
Handledare u	0,1	0,1	-0,5	-1,0	0
Toppjordlina u	0,3	0,1	-1,1	-2,4	0,1
Skärm återledn. u	0,2	0,2	-1,2	-3,1	0,4
Skärm matn.ledn. u	0,3	0,1	-0,7	-1,9	0,2
Återledning u	0	0	0	0	0
Kontaktledn u	0	0	0	0	0
Matningsledn. u	0	0	0	0	0

Tabell 7.1 Strömfördelning i ampere (A) för två enkelspårstunneln i berg för tågpositionerna 1 – 5, vid beräkningssnittet km 461+250. (n = nedspårstunnel, u = uppspårstunnel).

Tågposition	1	2	3	4	5
Matningsledn. n	0	0	0	0	100
Kontaktledn. n	0	0	100	100	0
Återledning n	0	0	0	0	-100
Skärm matn.ledn. n	-0,1	-0,1	-1,0	-2,6	-0,1
Skärm återledn. n	-0,2	-0,1	-1,6	-4,2	-0,2
Toppjordlina n	-0,2	-0,1	-1,9	-3,5	0
Handledare n	-0,1	0	-0,8	-1,4	0
Jordledare n	-0,3	-0,1	-2,6	-4,9	0
S-räl n	-2,2	-1,0	-71,2	-40,1	-0,4
S-räl u	2,2	1,0	-14,8	-30,3	0,4
Jordledare u	0,3	0,1	-1,8	-3,7	0
Handledare u	0,1	0	-0,5	-1,1	0
Toppjordlina u	0,2	0,1	-1,3	-2,7	0
Skärm återledn. u	0,2	0,1	-1,3	-3,4	0,2
Skärm matn.ledn. u	0,1	0,1	-0,8	-2,1	0,1
Återledning u	0	0	0	0	0
Kontaktledn u	0	0	0	0	0
Matningsledn. u	0	0	0	0	0

Tabell 7.2 Strömfördelning i ampere (A) för betongdubbelspårstunnel med mellanvägg för tågpositionerna 1 – 5, vid beräkningssnittet km 461+250. (n = nedspårstunnel, u = uppspårstunnel).

Samtliga i tabell 7.1 och 7.2 redovisade tågpositioner ligger på nedspår, motsvarande positioner

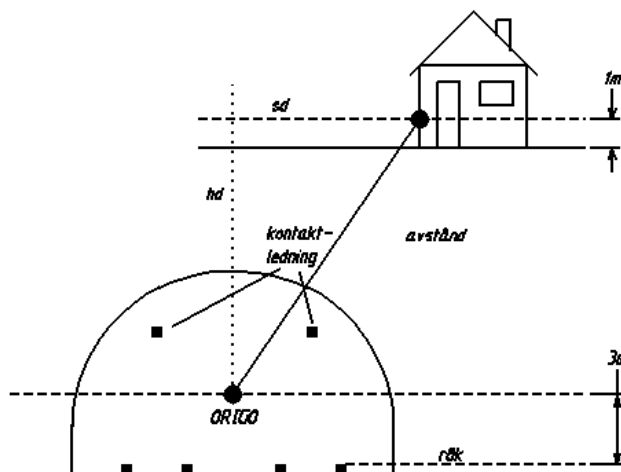
ner på uppspår erhålls genom spegling på grund av modellens symmetri.

Utgående från de beräknade strömmarna har de magnetiska fälten från tågtrafik i tunnelarna beräknats. Beräkningarna har genomförts i de positioner där hus ligger nära tunneln för de olika sträckningarna, se figur 7.2. Fälten avtar med avståndet både uppåt och åt sidorna. De hus som ligger närmast spåret i tunneln är de som ligger rakt ovanför tunneln, där tunneln ligger som grundast. Beroende på var i tunneln vi befinner oss och var lok befinner sig får vi ett stort antal olika belastningsfall.

Beräkningarna har genomförts i en tvådimensionell modell som byggts upp i programmet Matlab. Strömmarna i samtliga ledare i beräkningssnittet ansätts enligt de tidigare redovisade strömberäkningarna och magnetfältsvektorer från samtliga ledare i beräkningssnittet, beräknas genom vektorsummering i varje punkt längs beräkningslinjen. För uppbyggnad av modellen för bergtunnel har sektion enligt sida 29 använts. För betongtunnlar har motsvarande sektion för betongtunnlar använts.

I följande avsnitt redovisas beräkningar av magnetfält vid utvalda hus som ligger nära tunneln. Det är dels bostäder där kraven på årsmedelvärden skall uppfyllas, dels byggnader med känsliga verksamheter som skulle kunna störas av magnetfälten. För de senare är det främst toppvärdena som är begränsande.

En inventering har genomförts där de hus som ligger närmast tunneln i de olika sträckningarna har sammanställts, se figur 7.2. I vardera avsnitt 7.3-7.9 finns tabeller som redovisar hur husen ligger i förhållande till tunneln inkl. beräknade resultat. Avstånden är uppmätta med origo som referenspunkt. Origo är mittemellan spåren, samt mittemellan rök och kontaktledning, dvs. ca 3 m ovanför rök, se figur 7.4. De aktuella husen ligger rakt över eller med ett avstånd i sidled relativt mittemellan spåren. Hus med potentiellt känsliga verksamheter har inkluderats även om de inte i samtliga fall ligger riktigt nära spåren. På flera av sträckningarna går tunneln parallellt på ungefär samma avstånd från ett flertal hus. I dessa fall har det eller de hus som ligger närmast valts ut.



Figur 7.4 Förtydligande av origo mittemellan spår samt mittemellan rök och kontaktledning. Även princip för mätning av avstånd redovisas.

För att beräkna årsmedelvärdena av magnetfälten har medelströmförbrukningen för olika tågtyper simulerats för en sektion på 1000 m vid de aktuella husen. Utgångspunkten för simuleringarna är att tågen minimerar gångtiden genom att accelerera upp till stationärhastigheten för den aktuella sträckan så snabbt som möjligt. De simulerade strömmarna och tiderna redovisas i bilaga. Gångtiden för att passera 1000 m sektionen har också beräknats. Tid för eventuellt stopp vid stationer är inte medräknat.

Vid beräkningarna av årsmedelvärdena har beräkningarna utförts för kortast körtid, vilket naturligtvis leder till en eventuell överskattning av strömförbrukningen. Körtiden har därför eventuellt underskattats. Det innebär att dosen uttryckt i  $\mu\text{T}$ s, bör bli ganska rätt då en för hög medelström kombineras med en för kort körtid.

Sektionsavbrottens lägen är inte helt fastlagda i projekteringen. För att kunna göra beräkningarna har lägen för sektionsavbrott fått ansättas, dessa lägen dokumenteras i bilaga 1. Denna sektionering har använts för att beräkna tågström och hastighet för norr respektive södergående X60- och X31/X51-tåg i respektive sektion.

Dubbel och trippelkopplade tåg medför att strömmen fördubblas eller tripplas medan körtiden är oförändrad. I en magnetfältsdosberäkning kan därför dubbel och trippeltåg behandlas som två respektive tre enkeltåg. För varje tågtyp kan värdena i kolumnen "Summa enkeltåg" i tabell 4.2 användas.

För att täcka in "värsta fall" genomförs dessa beräkningar för två enkelspårstunntar (c/c 19,4

m) när bergförläggning är aktuell och för fallet dubbelspår betongtunnlar med mellanvägg i mitten (c/c 9,2 m) när förläggning i lera är aktuell. Alla stationer utom Göteborg C beräknas för två spår.

Vid beräkning av årsmedelvärde av magnetfält har ”värsta fall” avseende fältens varaktighet antagits, detta innebär att husens läge har beräknats som om de ligger vid en matningspunkt. Om huset ligger vid matningspunkten kommer den sektionerade matningen att utsätta huset för det högsta magnetfältet under maximalt 500 m (vid 1000 m sektionering) av ett tågs färd. Om huset däremot ligger nära en sektionsavbrottspunkt kommer det högsta magnetfältet att uppstå under endast några meter av tågets färd.

### 7.1 Nollalternativet

Nollalternativet innebär att endast Gårdatunneln används och att Västlänken inte byggs ut. För Gårdatunneln har omfattande mätningar utförts, dessa redovisades i tabell 4.5. Den mätning som låg närmast tunneln var i ett trapphus i Lisebergsstationen. Här uppmättes de högsta värdena med ett medelvärde på 0,26  $\mu\text{T}$  och ett toppvärde på 13  $\mu\text{T}$ . Denna punkt överstiger målsättningen att årsmedelvärdet bör vara under 0,2  $\mu\text{T}$  men det är varken någon bostad, stadigvarande arbetsplats eller känslig utrustning i detta trapphus. Övriga mätningar har medelvärden som klarar börkravet.

Toppvärdena är relativt höga i flera av mätningarna. Vid inventeringen uppmärksammades att en person som bodde nära Gårdatunneln, söder om St. Sigfrids plan, upplevde bildskärmsstörningar.

Orsaken till de relativt höga toppvärdena torde vara vagabonderande tågströmmar.

Konsekvenser av att inte bygga ut Västlänken innebär att förhållandena avseende magnetfält blir i stort sett likvärdiga med idag. Dock kan man förvänta sig en ökad tågtrafik år 2020 vilket bör innebära något högre medelvärden än de som registrerats i mätningen 2004. Tågtrafiken kan dock inte öka i den omfattning som anges i prognosen år 2020 för Västlänken (tabell 4.1) då kapaciteten i Gårdatunneln inte räcker till för denna trafik då prognosen förutsätter tra-

fik både i Västlänken och Gårdatunneln, den senare främst för godstrafik.

### 7.2 Utbyggnadsalternativen

För de olika Västlänksalternativen har inventeringar av de mest närliggande husen för varje sträckning genomförts. Inventeringen ligger till grund för de beräkningar av medel- och toppvärden av magnetfält som genomförts. Resultaten sammanfattas i avsnitt 7.3-7.9. En detaljerad redovisning finns i bilaga 1.

### 7.3 Haga – Chalmers via Älvstranden

Beräkningarna för Haga – Chalmers via Älvstranden sammanfattas i tabell 7.1.

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärdet med mycket god marginal. Det hårda kravet på maxvärdet 0,1  $\mu\text{T}$  vid Chalmers MC2-hus klaras också med mycket god marginal. Maxvärdet för det hus på Chalmers som ligger närmast beräknas till 0,47  $\mu\text{T}$  vilket är en nivå som ej ger upphov till besvär vid bildskärmsarbete.

Plats	Typ	Höjd (m)	Sidled (m)	$B_{medel}$ ( $\mu\text{T}$ )	$B_{max}$ ( $\mu\text{T}$ )
Kasinot	G	10,9	16	0,06	2,4
MC2-huset	B	61,7	125	0,003	0,04
Chalmers	B	44,7	0	0,03	0,47
N. Buråsgatan	G	18,8	0	0,05	2,0

Tabell 7.1 Beräknat medel- ( $B_{medel}$ ) och maxvärde ( $B_{max}$ ) för magnetfält. Tunneltyp G=grävd, B=berg. Höjd och sidled avser avstånd mellan beräkningspunkt och tunnelns origo vilket definieras som mitt mellan dubbelspåret samt mitt mellan räls överkant (rök) och kontaktledning.

Högst maxvärde 2,4  $\mu\text{T}$  beräknas för Kasinot. I dagsläget finns det en stor mängd katodstråleskärmar i spelautomater och inom övervakningssystemet. Det finns bostadshus på Kvarnberget, adress Mätaregatan. Dessa ligger på höjden 17,6 m och sidledsavståndet 23 m på samma sektion som Kasinot. Då detta hus har större avstånd än Kasinot blir värdet lägre för detta hus, men det kan fortfarande finnas risk för bildskärmsstörningar.

### 7.4 Haga – Chalmers via Stora Hamnkanalen

Beräkningarna för Haga – Chalmers via Stora Hamnkanalen sammanfattas i tabell 7.2. Då

sträckningen till stora delar sammanfaller med sträckningen Haga – Chalmers via Älvstranden är de flesta hus gemensamma för dessa båda sträckningar.

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärde med mycket god marginal. Det hårda kravet på maxvärdet 0,1  $\mu\text{T}$  vid Chalmers MC2-hus klaras också med mycket god marginal. Maxvärdet för det hus på Chalmers som ligger närmast beräknas till 0,47  $\mu\text{T}$  vilket är en nivå som ej ger upphov till besvär vid bildskärmsarbete.

Plats	Typ	Höjd (m)	Sidled (m)	$B_{\text{medel}}$ ( $\mu\text{T}$ )	$B_{\text{max}}$ ( $\mu\text{T}$ )
Rådhuset	G	11,3	19	0,06	1,1
MC2-huset	B	61,7	125	0,003	0,04
Chalmers	B	44,7	0	0,03	0,47
N. Buråsgatan	G	18,8	0	0,05	2,0

*Tabell 7.2 Beräknat medel- ( $B_{\text{medel}}$ ) och maxvärde ( $B_{\text{max}}$ ) för magnetfält. Tunneltyp G=grävd, B=berg. Höjd och sidled avser avstånd mellan beräkningspunkt och tunnelns origo vilket definieras som mitt mellan dubbelspåret samt mitt mellan räls överkant (rök) och kontaktledning.*

Högst maxvärde, 2,0  $\mu\text{T}$ , beräknas för Nedre Buråsgatan vilket kan ge störningar på bildskärmar av katodstråletyp.

Baserat från beräkningar från andra alternativ är det tveksamt att börkravet för del av gamla posthuset och del av centralstationen kommer att innehållas p.g.a. samverkande magnetfält från de befintliga spåren vid Göteborg C. Gällande alternativ via Stora Hamnkanalen.

## 7.5 Haga – Korsvägen via Älvstranden

Beräkningarna för Haga – Korsvägen via Älvstranden sammanfattas i tabell 7.3. Då sträckningen till en mindre del sammanfaller med sträckningen Haga – Chalmers via Älvstranden är några hus gemensamma för dessa båda sträckningar.

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärde med god marginal.

Plats	Typ	Höjd (m)	Sidled (m)	$B_{\text{medel}}$ ( $\mu\text{T}$ )	$B_{\text{max}}$ ( $\mu\text{T}$ )
Kasinot	G	10,9	16	0,06	2,4
Kungshöjd	B	31,3	0	0,04	0,7
Artisten	B	23,4	0	0,09	1,8
Jakobsdalsgatan	B	26,0	0	0,03	1,7

*Tabell 7.3 Beräknat medel- ( $B_{\text{medel}}$ ) och maxvärde ( $B_{\text{max}}$ ) för magnetfält. Tunneltyp G=grävd, B=berg. Höjd och sidled avser avstånd mellan beräkningspunkt och tunnelns origo vilket definieras som mitt mellan dubbelspåret samt mitt mellan räls överkant (rök) och kontaktledning.*

Högst maxvärde 2,4  $\mu\text{T}$  beräknas för Kasinot. Det finns bostadshus på Kvarnberget, adress Mätaregatan. Dessa ligger på höjden 17,6 m och sidledsavståndet 23 m på samma sektion som Kasinot. Då detta hus har större avstånd än Kasinot blir det beräknade värdet lägre för detta hus.

Närmaste bostadshus i Haga ligger över tunneln på höjden 31,7 m vilket är nästan identiskt med husen i Kungshöjd. Konserthuset ligger på samma höjd som Artisten men 47 m i sidled varför fälten blir avsevärt lägre här. Rondo ligger på höjden 13,4 m och 14 m i sidled med grävd betongtunnel. Detta är ungefär samma avstånd som till Rådhuset i sträckningen via Stora Hamnkanalen varför även denna bedöms klara börkravet. Inom Artisten, Rondo och Kasinot kan det förekomma ljudanläggningar som störs av höga toppvärden.

## 7.6 Haga – Korsvägen via Stora Hamnkanalen

Beräkningarna för Haga – Korsvägen via Stora Hamnkanalen sammanfattas i tabell 7.4. Då sträckningen till en stor del sammanfaller med sträckningen Haga – Korsvägen via Älvstranden och till en mindre del sammanfaller med sträckningen Haga – Chalmers via Älvstranden är samtliga hus gemensamma för dessa sträckningar.

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärde med god marginal.



Plats	Typ	Höjd (m)	Sidled (m)	$B_{medel}$ ( $\mu T$ )	$B_{max}$ ( $\mu T$ )
Rådhuset	G	11,3	19	0,06	1,1
Kungshöjd	B	31,3	0	0,04	0,7
Artisten	B	23,4	0	0,09	1,8
Jakobsdalsgatan	B	26,0	0	0,03	1,7

Tabell 7.4 Beräknat medel- ( $B_{medel}$ ) och maxvärde ( $B_{max}$ ) för magnetfält. Tunneltyp G=grävd, B=berg. Höjd och sidled avser avstånd mellan beräkningspunkt och tunnelns origo vilket definieras som mitt mellan dubbelspåret samt mitt mellan räls överkant (rök) och kontaktledning.

Högst maxvärde 1,8  $\mu T$  beräknas för Artisten. Närmaste bostadshus i Haga ligger över tunneln på höjden 31,7 m vilket är nästan identiskt med husen i Kungshöjd. Konserthuset ligger på samma höjd som Artisten men 47 m i sidled varför fälten blir avsevärt lägre här. Rondo ligger på höjden 13,4 m och 14 m i sidled med grävd betongtunnel. Detta är ungefär samma avstånd som till Rådhuset i sträckningen via Stora Hamnkanalen varför även denna bedöms klara börkravet. Inom Artisten och Rondo kan det förekomma ljudanläggningar som störs av höga toppvärden.

Baserat från beräkningar från andra alternativ är det tveksamt att börkravet för del av gamla posthuset och del av centralstationen kommer att innehållas p.g.a. samverkande magnetfält från de befintliga spåren vid Göteborg C. Gällande alternativ via Stora Hamnkanalen.

### 7.7 Korsvägen via Johannebergsgatan

Beräkningarna för Korsvägen via Johannebergsgatan sammanfattas i tabell 7.5.

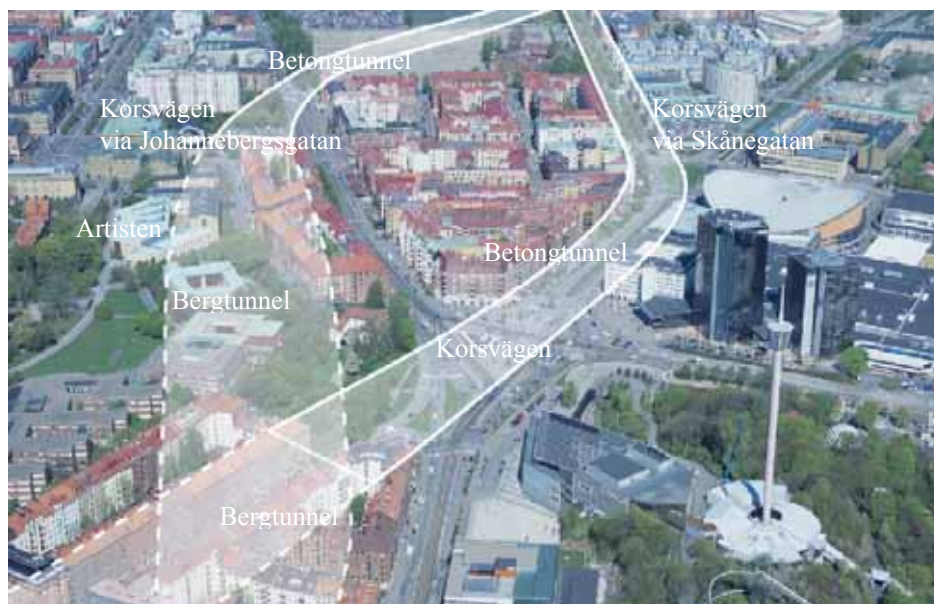
Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu T$  för årsmedelvärdet, men med liten marginal. Bostäder vid Polhemsplatsen beräknas ha ett årsmedelvärde på 0,17  $\mu T$  från Västlänken men har sannolikt också fält från befintliga spår vid Göteborg C varför det är mycket tveksamt om börkravet kan klaras. Bostäder vid Lundgrens-

gatan/Eklandagatan beräknas få 0,1  $\mu T$  från Västlänken vilket innebär att övriga fält inte får bidra med mer än 0,1  $\mu T$  till totalvärdet för att börkravet skall klaras.

Plats	Typ	Höjd (m)	Sidled (m)	$B_{medel}$ ( $\mu T$ )	$B_{max}$ ( $\mu T$ )
Polhemsplatsen	G	14,2	0	0,17	3,6
Carlanderska	B	31,3	0	0,05	1,0
Lorensbergsteat.	G	19,7	19	0,05	1,0
Lundgrensgatan/Eklandagatan	B	21,7	0	0,10	2,1

Tabell 7.5 Beräknat medel- ( $B_{medel}$ ) och maxvärde ( $B_{max}$ ) för magnetfält. Tunneltyp G=grävd, B=berg. Höjd och sidled avser avstånd mellan beräkningspunkt och tunnelns origo vilket definieras som mitt mellan dubbelspåret samt mitt mellan räls överkant (rök) och kontaktledning.

Högst maxvärden 3,6  $\mu T$  respektive 2,1  $\mu T$  beräknas för Polhemsplatsen och Lundgrensgatan/Eklandagatan, en sådan nivå kan ge betydande bildskärmsstörningar för bildrörsskärmar. Inom Artisten, Stadsteatern och Lotrensbergsteatern kan det förekomma ljudanläggningar som störs av höga toppvärden. Risken för störningar är beroende på var spåren placeras i den reserverade korridoren.



Figur 7.5 Sträckning inkl. arbetsområde för alternativ Korsvägen via Johannebergsgatan resp. Skånegatan.

### 7.8 Korsvägen via Skånegatan

Beräkningarna för Korsvägen via Skånegatan sammanfattas i tabell 7.6. Då sträckningen till

stora delar sammanfaller med sträckningen Korsvägen via Johannebergsgatan är de flesta hus gemensamma för dessa båda sträckningar.

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärdet, men med liten marginal. Bostäder vid Polhemsplatsen beräknas ha ett årsmedelvärde på 0,17  $\mu\text{T}$  från Västlänken men har sannolikt också fält från befintliga spår vid Göteborg C varför det är mycket tveksamt om börkravet kan klaras. Bostäder vid Skånegatan beräknas få 0,12  $\mu\text{T}$  från Västlänken vilket innebär att övriga fält inte får bidra med mer än 0,08  $\mu\text{T}$  till totalvärdet för att börkravet skall klaras.

Plats	Typ	Höjd (m)	Sidled (m)	$B_{\text{medel}}$ ( $\mu\text{T}$ )	$B_{\text{max}}$ ( $\mu\text{T}$ )
Polhemsplatsen	G	14,2	0	0,17	3,6
Skånegatan	G	15,5	11	0,12	2,6
Gyllenkroksgatan/Mölnsdalsvägen	B	14,7	0	0,05	4,3

Tabell 7.6 Beräknat medel- ( $B_{\text{medel}}$ ) och maxvärde ( $B_{\text{max}}$ ) för magnetfält. Tunneltyp G=grävd, B=berg. Höjd och sidled avser avstånd mellan beräkningspunkt och tunnelns origo vilket definieras som mitt mellan dubbelspåren samt mitt mellan räls överkant (rök) och kontaktledning.

Högst maxvärden 4,3  $\mu\text{T}$  respektive 3,6  $\mu\text{T}$  beräknas för Gyllenkroksgatan/Mölnsdalsvägen och Polhemsplatsen, en sådan nivå kan ge betydande bildskärmsstörningar för bildrörsskärmar. Detta gäller också för Skånegatan där vi har ett maxvärde av 2,6  $\mu\text{T}$ . Carlanderska ligger på höjden 34,4 m och 59 m i sidled varför fälten blir lägre för Carlanderska i denna sträckning än i sträckningen Korsvägen via Johannebergsgatan.

## 7.9 Förstärkningsalternativet

I detta utredningsalternativ byggs en ny Västlänkstunnel parallellt med den befintliga Gårdatunneln. I de övriga utredningsalternativen går godstrafiken i Gårdatunneln och persontrafiken i Västlänkstunneln. I Förstärkningsalternativet är det tvärtom, godstrafiken går i den nya tunneln och persontrafiken i Gårdatunneln.

Beräkningarna för Förstärkningsalternativet sammanfattas i tabell 7.7. Det mest närliggande huset vid Påskbergsgatan klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärdet, men med liten marginal. Huset vid Påskbergsgatan beräknas få 0,11  $\mu\text{T}$  från Gårdatunneln och Västlänken vilket inne-

bär att övriga fält inte får bidra med mer än 0,09  $\mu\text{T}$  till totalvärdet för att börkravet skall klaras.

Plats	Typ	Höjd (m)	Sidled (m)	$B_{\text{medel}}$ ( $\mu\text{T}$ )	$B_{\text{max}}$ ( $\mu\text{T}$ )
Påskbergsgatan från Västlänken	B	20,1	0	0,02	2,0
Påskbergsgatan från Gårdatunneln	B	16,8	4	0,11	2,2
Påskbergsgatan från Gårdatunneln och Västlänken	B	-	-	0,11	2,2

Tabell 7.7 Beräknat medel- ( $B_{\text{medel}}$ ) och maxvärde ( $B_{\text{max}}$ ) för magnetfält. Tunneltyp G=grävd, B=berg. Höjd och sidled avser avstånd mellan beräkningspunkt och tunnelns origo vilket definieras som mitt mellan dubbelspåren samt mitt mellan räls överkant (rök) och kontaktledning.

Högst maxvärde 2,2  $\mu\text{T}$  beräknas från Gårdatunneln. Möjligen kan högre maxvärden än det beräknade 2,0  $\mu\text{T}$  erhållas från ett dubbelt RC-lok med fullt pådrag.

## 7.10 Andra källor till magnetfält i tunnelarna

I tunneln kommer det att finnas kraftanläggningar för 50 Hz spänning för matning av fläktar belysning m.m. Det är möjligt att det kan placeras högspänningsställverk i tvärtunneln. Även dessa komponenter ger upphov till magnetfält. Dels ger de olika komponenterna som ställverk och fläktmotorer lokala bidrag, dessa avtar snabbt med avståndet och brukar ej ge några markanta bidrag på mer än fem meters avstånd. Då dessa komponenter ligger nere i tunnelarna, kommer bidraget på marknivå att bli försumbart utom i fallet med betongtunneln med mycket liten marktäckning.

En potentiellt värre källa är vagabonderande strömmar i ledningsnätet, då magnetfältet från vagabonderande strömmar avtar långsamt med avståndet. För att undvika vagabonderande strömmar bör samtliga 50 Hz installationer utföras med femledarsystem och övervakning (gäller samtliga installationer i tunnelarna). Detta torde dock inte vara ett problem då det idag är praxis att använda femledarsystem vid nybyggnationer. I fungerande femledarsystem förekommer inte vagabonderande strömmar. Detta innebär att 50 Hz-kraftanläggningarna i tunnelarna ger magnetfältsbidrag på marknivå som är

försumbara i förhållande till tågtrafik eller andra befintliga kraftkällors bidrag på marknivå.

Vagabonderande strömmar kan även uppstå i järnvägens 16 2/3-Hz system. I beräkningarna har antagits ideala sugtransformatorer och att inga vagabonderande strömmar skall uppstå. Detta är en något förenklad bild av verkligheten. S-rälen är normalt jordad vid varje kontaktledningsstolpe för att säkerställa att ingen farlig beröringsspänning skall uppstå på rälsen. Detta innebär att en del av S-rälens ström kommer att gå i mark fram till sugpunkten. Mätningarna vid Gårdatunneln visar att vagabonderande strömmar kan finnas. Genom 1000 m sektionering, med sugtransformatorer var 1000 m borde problemet med jordströmmar vara betydligt mindre i Västlänken. Det är dock viktigt att det finns en vaksamhet på detta problem. Enligt elsäkerhetsbestämmelserna måste alla berörbara metallföremål i spårens närhet jordas i S-räl. Denna jordning innebär att en alternativ strömväg öppnas upp, vilket leder till förhöjda magnetfält.

En faktor som inte beaktats i dessa simuleringar är att vi kommer att ha två alternativa S-rälsförbindelser mellan Göteborg C och Väst-kustbanan, via Gårdatunneln och via Västlänken. Detta medför att trots att strömmarna av tågtrafik i Västlänken bör vara väl kontrollerade på grund av de tätt placerade sugtransformatorerna finns det risk att delar av återgångsströmmarna som skulle gått i Gårdatunnelns S-räl istället går i Västlänkens S-räler. Om detta skulle visa sig vara ett problem kan det vara behov av att ändra elmatningen i Gårdatunneln.

## 8 Åtgärder, vad kan göras?

I denna rapport redovisas simuleringar av magnetfält från tågtrafik i Västlänken. Resultaten skall ses som uppskattningar då elprojekteringen för tunneln ej är färdig. Beräkningarna har baserats på preliminära uppgifter.

För att reducera årsmedelvärdena har betydande anpassningar av elmatningen föreslagits jämfört med standardutförande. Den viktigaste förutsättningen är att matningen är sektionerad med 1000 m långa sektioner. Varje sektion har avbrott för kontaktledningen i båda sektionssluten. Varje sektion matas på mitten av sektionen via en förbimatningsledning och en sugtransformator. Mitt i sektionen finns en jordpunkt för återledningen.

Det största magnetfältet uppstår när tågströmmen går via kontaktledning och åter via S-räl. Med denna utformning utsätts ingen byggnad för denna situation för mer än 500 m av ett tågs väg. Genom att sektionera matningen begränsas tiden som varje tåg ger betydande magnetfältsbidrag vid en byggnad vilket begränsar årsmedelvärdet av magnetfältet.

Medelvärdena kan i princip reduceras till vilken nivå som helst genom att ändra sektionslängden. Med den valda sektionslängden 1 km, uppnås Västlänkens börkrav med marginal för flera av sträckningarna. För några sträckningar är det tveksamt om börkraven klaras i alla hus. Här kan en kortare sektionslängd sänka årsmedelvärdet.

Toppvärdena påverkas i stort sett inte av sektionslängden. Inventeringen identifierade endast ett hus med hårda krav på toppvärden, nämligen MC2-huset på Chalmers. Här har kravet på maxvärde innehållits genom att öka avståndet mellan tunneln och byggnaden med den känsliga verksamheten.

Toppvärdena kan ge upphov till störningar i katodstrålebildskärmar och TV-apparater i ett flertal av de mest närliggande husen. Här har inte vidtagits några specifika åtgärder då det bedömts att de flesta bildskärmar och TV-

apparater år 2020 kommer att vara ersatta av störningsokänsliga platta skärmar.

Toppvärden kan medföra störningar i vissa typer av ljudanläggningar som använder sig av överföring via magnetfält exempelvis hörselslingor och elgitarrer. I flertalet fall kan störningen minskas genom lokalt placerade högpassfilter.

Toppvärdena är möjliga att reducera genom skärmning av den störda utrustningen eller skärmning av tunneln. Skärmningen kan antingen utföras med metallplåtar eller med aktiv teknik där man alstrar ett motverkande magnetfält.

### 8.1 Kostnader

Genom den föreslagna sektioneringen ökar kostnaden för elmatningen då antalet sugtransformatorer ökar med fem gånger jämfört med standardutförande. Det blir även en extra kostnad för de kablar som behövs för förbimatningen.

Dessa extrakostnader får dock bedömas som rimliga jämfört med alternativet att skärma själva tunneln vilket leder till mycket stora extrakostnader. Om det är enstaka störda apparater bör man i första hand överväga byte till mindre störcänslig apparatur eller skärma rummet där apparaturen används.

## 9 Jämförelse av alternativ, diskussion

I inledningen i detta kapitel sammanställt förutsättningarna för beräkningarna som finns redovisade i tidigare kapitel.

I rapporten redovisas simuleringar av magnetfält från tågtrafik i Västlänken. Resultaten skall ses som uppskattningar då elprojekteringen för tunneln ej är färdig, varför en rad antaganden avseende elanläggningarna fått göras. Den viktigaste förutsättningen för dessa simuleringar är att matningen är sektionerad med 1000 m långa sektioner. Varje sektion har avbrott för kontaktledningen i båda sektionssluten. Varje sektion matas på mitten av sektionen via en förbimättningsledning och en sugtransformator. Mitt i sektionen finns en jordpunkt för återledningen.

Tågströmmarna har uppskattats med hänsyn till lutning, start stopp och accelerationer för de olika tågtyperna. Vidare har tvärförbindningar mellan S-räler samt positioner för de olika ledarna fått ansättas.

Syftet har varit att erhålla realistiska nivåer vid kritiska passager för de olika sträckningarna utan att göra anspråk på att ge de exakta värdena. Allt detta innebär att det finns osäkerheter i de beräknade värdena.

Simuleringar har genomförts där en dubbelspårstunnel har jämförts med två enkelspårstunnlar. Enkelspårstunnlarna ger högre magnetfält på grund av att spåren här är mer separerade. I simuleringarna för känsliga punkter, har samtliga beräkningar för bergtunnlar gjorts för enkelspårstunnlar.

Som nämnts tidigare innebär den sektionerade matningen att ett hus utsätts för det högsta magnetfältet under maximalt 500 m av ett tågs färd. Detta inträffar om huset ligger vid matningspunkten, om huset däremot ligger nära en sektionsavbrottspunkt kommer det högsta magnetfältet att uppstå under endast några meter av tågets färd. Då positionerna för sektionsavbrotten inte är fastlagda har beräkningarna av årsmedelvärdena i samtliga punkter utgått från

värsta fall, det vill säga att huset ligger vid en matningspunkt.

En förutsättning har varit att sugtransformatorerna är ideala och att inga vagabonderande strömmar från Gårdatunneln tar vägen via Västlänken. Mätningarna indikerar att det idag finns vagabonderande strömmar från Gårdatunneln. Dessa bör åtgärdas för att de här beräknade resultaten skall kunna uppnås.

I beräkningarna har ansatts tågströmmar efter förutsättningen att tågen körs för att minimera körtiderna med beaktande av hastighetsbegränsningar. Tågen körs av individuella förare varför det inte går att helt förutsäga den verkliga strömförbrukningen.

Toppvärdena har konsekvent beräknats för största kända tågström, 540 A, från ett trippelkopplat X31/X51 tågsätt. Det är naturligtvis inte säkert att tåget har maximalt pådrag när det är i aktuell sektion. Enligt prognosen för år 2020 kommer det att passera 50 trippelkopplade tågsätt per dygn genom tunneln, varför det inte är osannolikt att ett antal av dessa kan dra maxström, om sektionen innefattar en accelerationssträcka efter station.

Man skulle kunna tro att ett värre fall skulle vara när det finns två tåg i sektionen, ett på uppspår och ett på nedspår. Beräkningarna visar att detta fall inte är värre än ett tåg, inte ens om man antar att bägge tågen är trippelkopplade och drar maxström. På grund av att symmetrin är högre vid två tåg, blir magnetfältet oftast något lägre, trots att totala strömförbrukningen är den dubbla.

Beräkningarna av toppvärdena indikerar potentiella problem. Det hårdaste kravet kommer från MC2-huset på Chalmersområdet, där kravet är 0,1  $\mu\text{T}$  och det beräknade maxvärdet 0,04  $\mu\text{T}$ . Här uppfylls kravet med god marginal.

För övriga beräkningspunkter har inventeringen inte givit några klara kravvärden. Rent allmänt kan sägas att det endast är mycket speciell apparatur, som den som finns i MC2-huset, som störs av nivåer på någon tiondels  $\mu\text{T}$ . Normal teknisk apparatur tål 0,5  $\mu\text{T}$  utan problem, ofta upplevs inte bildstörningar på bildskärmar som besvärande förrän nivåerna kommer upp över 1  $\mu\text{T}$ . Det innebär att SSPA-huset, liksom



EDIT-huset på Chalmers som ligger på större avstånd, troligen inte har apparatur som störs. Likaså bör nivåerna vid Operan och Konserthuset inte innebära några problem.

Högst beräknat toppvärde, 4,3  $\mu\text{T}$  har beräknats för Gyllenkrokgatan/Mölnaldsvägen. Detta är nivåer som upplevs som klart störande på både bildskärmar och TV-apparater. Här finns också risk för störningar på ljudanläggningar och eventuella hörselslingor/hörapparater.

Även i flera av de beräknade bostäderna uppskattas relativt höga toppvärden, med nivåer på 2 – 3  $\mu\text{T}$ . Detta är nivåer som ofta ger bildstörningar. Platta bildskärmar och TV-apparater av plasma eller LCD-typ störs ej av magnetfält. Den tekniska utvecklingen går emot plasma- och LCD-skärmar vilket på sikt kommer att minska problemen med bildstörningar. Även om bildstörningarna kan elimineras med ny bildskärmsteknik, kan eventuellt vetskapen om de förhöjda toppvärdena leda till oro.

För Artisten beräknas ett toppvärde på 1,8  $\mu\text{T}$  vilket kräver en grundligare analys av vilken störkänslig utrustning som finns här för att kunna avgöra om magnetfältet innebär något problem. Motsvarande analyser bör göras för Kasinot och Rondo.

I detta avsnitt jämförs alternativen mot målsättningen avseende magnetfält. De slutsatser angående vilka alternativ som är bäst avser endast aspekten lågfrekventa magnetfält. För en total bedömning av alternativen måste naturligtvis alla aspekter vägas in.

### 9.1 Nollalternativet

Uppmätningarna visar att börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  inte klaras i en mätpunkt, Lisebergsstationen. Detta är dock ingen bostad men möjligen en arbetsplats. Mätningarna visar att magnetfältet sträcker sig längre ut än vad järnvägsströmmarna motiverar vilket tyder på vagabonderande strömmar i omgivningen. Dessa skulle minska om Gårdatunnelns elmatning byggs om på samma sätt som föreslås för Västlänken.

### 9.2 Haga – Chalmers via Älvstranden

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärdet med mycket god

marginal. Det hårda kravet på maxvärdet 0,1  $\mu\text{T}$  vid Chalmers MC2-hus klaras också med mycket god marginal. Maxvärdet för det hus på Chalmers som ligger närmast beräknas till 0,47  $\mu\text{T}$  vilket är en nivå som ej ger upphov till besvär vid bildskärmsarbete.

Detta är en ur magnetfältssynpunkt bra sträckning med reservation för vad som kan framkomma vid grundligare analys av Kasinot.

### 9.3 Haga – Chalmers via St. Hamnkanalen

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärdet med mycket god marginal. Det hårda kravet på maxvärdet 0,1  $\mu\text{T}$  vid Chalmers MC2-hus klaras också med mycket god marginal. Maxvärdet för det hus på Chalmers som ligger närmast beräknas till 0,47  $\mu\text{T}$  vilket är en nivå som ej ger upphov till besvär vid bildskärmsarbete.

Även detta är en ur magnetfältssynpunkt bra sträckning med reservation för samverkande magnetfält från befintliga spår vid centralstationen.

### 9.4 Haga – Korsvägen via Älvstranden

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärdet med god marginal. Även detta är en ur magnetfältssynpunkt acceptabel sträckning.

### 9.5 Haga – Korsvägen via St. Hamnkanalen

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärdet med god marginal. Även detta är en ur magnetfältssynpunkt acceptabel sträckning med reservation för samverkande magnetfält från befintliga spår vid centralstationen.

### 9.6 Korsvägen via Johannebergsgatan

Bostäder vid Polhemsplatsen beräknas ha ett årsmedelvärde på 0,17  $\mu\text{T}$  från Västlänken men har sannolikt också fält från befintliga spår vid Göteborg C varför det är mycket tveksamt om

börkravet kan klaras. Bostäder vid Lundgrensgatan/Eklandagatan beräknas få 0,1  $\mu\text{T}$  från Västlänken vilket innebär att övriga fält inte får bidra med mer än 0,1  $\mu\text{T}$  till totalvärdet för att börkravet skall klaras. Sträckningen passerar nära bostadshus med många boende. För denna sträckning finns också höga toppvärden vid vissa hus.

Detta är en ur magnetfältsynpunkt mindre bra sträckning.

### 9.7 Korsvägen via Skånegatan

Bostäder vid Polhemsplatsen beräknas ha ett årsmedelvärde på 0,17  $\mu\text{T}$  från Västlänken men har sannolikt också fält från befintliga spår vid Göteborg C varför det är mycket tveksamt om börkravet kan klaras. Bostäder vid Lundgrensgatan/Eklandagatan beräknas få 0,1  $\mu\text{T}$  från Västlänken vilket innebär att övriga fält inte får bidra med mer än 0,1  $\mu\text{T}$  till totalvärdet för att börkravet skall klaras. Sträckningen passerar nära bostadshus med många boende. För denna sträckning finns också höga toppvärden vid vissa hus.

Detta är en ur magnetfältsynpunkt mindre bra sträckning.

### 9.8 Förstärkningsalternativet

Samtliga närliggande hus klarar börkravet 0,2  $\mu\text{T}$  för årsmedelvärdet, men inte med god marginal. Detta är en ur magnetfältssynpunkt acceptabel sträckning.

### 9.9 Slutsatser

Om man väger de olika alternativen mot varandra ur magnetfältssynpunkt framstår dragningarna via Haga – Chalmers som de mest gynnsamma. Även sträckningarna Haga – Korsvägen och Förstärkningsalternativet är acceptabla ur magnetfältssynpunkt.

Däremot är sträckningarna Korsvägen via Johannebergsgatan och Korsvägen via Skånegatan mindre gynnsamma ur magnetfältssynpunkt. Dessa uppfyller troligen inte börkravet med föreslagen utformning av elmatningen. Även toppvärdena är högst längs dessa båda sträckningar.

Årsmedelvärdena kan dock reduceras ytterligare för dessa mindre gynnsamma sträckningar genom att minska sektionslängden. Detta innebär naturligtvis en högre kostnad. De högre toppvärdena reduceras ej av denna lösning.

## 10 Fortsatt arbete, järnvägsplan

---

De här redovisade beräkningarna gäller under en rad antaganden, vilket gör att de beräknade nivåerna innefattar osäkerheter.

Att spåren ligger i en tunnel innebär inte att situationen för de närmast belägna husen förvärras, snarare tvärtom. Om spåren legat direkt på marken skulle de hus som ligger på minimiavståndet, ligga närmare de strömförande ledningarna, och därför utsättas för högre magnetfält.

När det gäller toppvärdena så är bilden mer komplex. Där avstånden till byggnader är liten, som vid sträckningarna i betongtunnel, men även i bergtunnel där bergtäckningen är liten, blir nivåerna på toppvärdena sådana att vanligt förekommande apparatur som bildskärmar och TV-apparater får bildstörningar. Ny bildskärmsteknik störs ej varför problemet kommer att minska med tiden. Kanske är den mest kostnadseffektiva lösningen är att erbjuda de med störda bildskärmar m.m. byte till platta skärmar. Här finns dock en annan aspekt, vetenskapen om toppvärdena kan eventuellt leda till en oro som kanske inte avhjälps med att bildstörningen elimineras.

När dragningen och sektioneringspunkterna fastställts och elprojekteringen utförts kan noggrannare beräkningar av magnetfälten genomföras. De fortsatta utredningarna kan studera hur toppvärdena kan begränsas om dragning nära hus blir aktuella. Här kan man tänka sig olika typer av skärmning samt aktiv kompensering. En konduktiv aluminiumskärm som invändigt klär tunnelväggar och tak kan reducera magnetfälten avsevärt. En komplikation är att en sådan skärm, enligt elsäkerhetsbestämmelserna måste jordas i S-räl. En jordpunkt är inget problem, men så snart ytterligare en jordpunkt uppstår har man skapat en alternativ strömväg för tågets återgångsström. Vad detta innebär ur magnetfältssynpunkt bör utredas närmare.

## 11 Begreppsförklaringar

### Elektromagnetiska fält (EMF)

Stationära och rörliga elektriska laddade partiklar skapar krafter på andra stationära eller rörliga laddade partiklar. För att underlätta studierna av dessa krafter så har man skapat begreppet kraftfält. Detta kraftfält kallas antingen elektriskt fält, magnetiskt fält eller elektromagnetiskt fält. Stationära laddningar, t ex vid likström, ger upphov till elektrostatiska och respektive magnetostatiska fält. Vid växelström har man rörliga eller accelererade laddningar som ger upphov till ett växlande kraftfält. Så är fallet för strömmatning av de svenska tågen, där strömmen och likaså de elektromagnetiska fälten som omger de olika strömförande delarna ändrar riktning 16 2/3 gånger per sekund. Således skapas ett elektromagnetiskt fält med frekvensen 16 2/3 Hertz (Hz).

Som en tumregel kan man säga att höga elektriska fält beror på hög spänning (Volt) och höga magnetiska fält beror på hög ström (Ampere).

### Lågfrekventa (LF) elektromagnetiska fält

Elektromagnetiska fält som ändrar riktning 300 till 300 000 gånger per sekund, 300 Hz – 300 kHz betecknas som lågfrekventa (LF).

### Extremt lågfrekventa (ELF) elektromagnetiska fält

Elektromagnetiska fält som ändrar riktning 3 till 300 gånger per sekund, 3 Hz – 300 Hz betecknas som extremt lågfrekventa (ELF).

### Elektrisk fältstyrka

Runt varje laddad partikel existerar det ett elektriskt fält som utbreder sig runt partikeln. När en andra laddad partikel placeras nära den första kommer krafter att verka på dessa partiklar till följd av det elektriska fältet som dessa omger sig med. Elektrisk fältstyrka är ett mått på antal elektriskt laddade partiklar per avståndsenhet och anges i enheten Volt per meter, V/m.

### Magnetiska fält

Magnetiska fält utövar krafter på andra rörliga laddningar. Rörliga laddningar omskrivs ofta som elektrisk ström. Beroende på geometri och antalet rörliga laddningar så kommer den magnetiska fältstyrkan variera. Magnetiska fält beskrivs av två vektorstorlekar: den magnetiska fältstyrkan  $H$  och den magnetiska flödestätheten  $B$ . I luft, vakuum och i icke-magnetiska material så är det tillräckligt att beskriva en av dessa storheter för att få en korrekt beskrivning av de magnetiska fälten.

### Magnetisk fältstyrka, $H$

Magnetisk fältstyrka,  $H$ , är ett mått för antal rörliga laddningar per avståndsenhet och anges i enheten Ampere per meter, A/m. I jämförelse med elektriska fält är inte magnetisk fältstyrka lika känslig för ändringar i geometri, vilket gör det enklare att göra noggranna mätningar samtidigt som det är mycket svårt att skärma bort oönskade magnetfält.

### Magnetisk flödestäthet, $B$

När man talar om magnetfält så syftar man oftast på den magnetiska flödestätheten,  $B$ . Enheten för magnetisk flödestäthet är Tesla. Då 1 Tesla är ett mycket stort mått så pratar vi i dagligt tal oftast om mikrotesla eller  $\mu\text{T}$ . 1 Tesla motsvarar 1 000 000  $\mu\text{T}$ .

### Grundton och övertoner

Elkraften som förser våra arbetsplatser och hushåll med ström och spänning ska idealiskt endast innehålla en 50 Hz sinuston. Tågen förser med sinusformig ström och spänning med frekvensen 16 2/3 Hz. 50 Hz respektive 16 2/3 Hz kallas för systemens grundton. I de fall där ström eller spänning inte är perfekt sinusformiga säger vi att det finns inslag av övertoner. Det finns jämna och udda övertoner. Övertonerna är sinusvågor med högre frekvens. Ett antal överlagrade sinusvågor eller övertoner kan sammantaget skapa en annan vågform än den rena sinuston som man eftersträvar i de ovan nämnda systemen.

## 12 Källförteckning

- Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M, Michaelis J, Olsen JH, Tynes T & Verkasalo PK. (2000) A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *British Journal of Cancer* 83:692-698.
- Anderson LE, Boorman GA, Morris JE, Sasser LB, Mann PC, Grumbein SL, Hailey JR, McNally A, Sills RC & Haseman JK. (1999) Effect of 13-week magnetic field exposures on DMBA-initiated mammary gland carcinomas in female Sprague-Dawley rats. *Carcinogenesis* 20:1615-1620.
- Arbetskyddstyrelsen m fl (1996) "Myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält - en vägledning för beslutsfattare" Arbetskyddstyrelsen ADI 477.
- Banverket (2004) Policy om magnetfält (Uppdaterad den 16 augusti 2004)  
[http://www.banverket.se/templates/StandardTtH\\_6258.asp](http://www.banverket.se/templates/StandardTtH_6258.asp)
- Baum A, Mevissen M, Kamino K, Mohr U & Löscher W. (1995) "A histopathological study on alterations in DMBA-induced mammary carcinogenesis in rats with 50 Hz, 100 mT magnetic field exposure". *Carcinogenesis*
- Carlander A, Moberg B. (1995). "Mätning av lågfrekventa magnetfält, radon och gammastrålning inom Bostadsmiljöprojektet". Institutionen för Mikrovågsteknik, Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbete.
- Draper, G. Vincent, T. Kroll, M. and Swanson, J (2005). Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study *BMJ* 330,pp.1290-
- Europaparlamentets och Rådets direktiv 2004/40/EG av den 29 april 2004 om minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med fysikaliska agens (elektromagnetiska fält) i arbetet.
- Feychting, M. and Ahlbom A. (1992) "Magnetic fields and cancer in people residing near Swedish high voltage power lines". IMM-rapport 6/92, Stockholm.
- Feychting M and Ahlbom A. (1993) Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines. *American Journal of Epidemiology* 138:467-481.
- Floderus, B., Persson, T. Stenlund, C. (1992) "Ökad risk för leukemier och hjärntumörer vid yrkesmässig exponering för magnetfält" *Läkartidningen*, 89, nr 50.
- Floderus B, Persson T, Stenlund C, Wennberg A, Ost A, & Knave B. (1993) Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors: a case-control study in Sweden. *Cancer Causes Control* 4:465-476.
- Frölén H, Svedenstål, Paulsson L- E: Effects of pulsed magnetic fields on the developing mouse embryo. *Bioelectromagnetics* 14(3):197-204, 1993.
- Hamnerius, Y., Agrup, G., Galt, S., Nilsson, R., Sandblom, J., Lindgren, R. (1993) "Double-blind provocation study of hypersensitivity reactions associated with exposure to electromagnetic fields from VDUs", I C Ramel Editor, Kungl. Vetenskapsakademien/IVA Seminarium om elöverkänslighet, Stockholm 6 - 7 okt., 1992, sid 67-72, KVA rapport 1993:2
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (2002), IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2002. Vol 80, Non-Ionizing Radiation, part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic fields.
- ICNIRP International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (1998) Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 74:494-522.
- Ivarsson, O. och Hasselgren, L. (1993) "Mätningar och numeriska beräkningar av magnetfält i intilliggande fastigheter från elektriskt järnvägsspår" Rapport nr 4 Inst f mikrovågsteknik, CTH, Göteborg.
- Johansen C, & Olsen JH (1998) Risk of cancer among Danish utility workers - A nationwide cohort study. *American Journal of Epidemiology*, 147:548-555.
- Jutilainen, J., Matilainen, P., Saarikoski, S., Läära, E., Sakari, S. (1993) "Early pregnancy loss and exposure to 50-Hz magnetic fields" *Bioelectromagnetics*, 14, 229-236.
- Kriteriegruppen för fysikaliska riskfaktorer (1995) "Magnetfält och cancer - ett kriteriedokument" Arbete och hälsa 1995:13
- Li, D.-K., Odouli R, Wi, S., Janevic, T., Golditch, I., Bracken, T. D., Senior, R., and Rankin, Richard Iriye, R. (2002a). A population-Based Prospective Cohort Study of Personal Exposure to Magnetic Fields during Pregnancy and the Risk of Miscarriage. *Epidemiology* 13(1):9-19
- Li, D.-K. and Neutra, R.R. (2002b). "Magnetic Fields and Miscarriage". *Epidemiology* 13(2):237-238
- Lindbohm, M.-L., Heitanen, M., Kyryönen, P., Sallmén, M., von Nandelstadh, P., Taskinen, H., Pekkarinen, M., Ylikoski, M., Hemminki, K. (1992) "Magnetic fields of video display terminals and spontaneous abortion" *Am. J. Epidemiology*, 136, 1041-1051.
- Lindgren, M. Gustavsson, M. Hamnerius Y. and Galt S. (1997) "Mapping of magnetic fields in city environment", Abstract Book, Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, June 8-13, p 294, 1997.
- Lindgren M, Gustavsson M, Hamnerius Y, Galt S. (2001). "ELF Magnetic fields in a city environment". *Bioelectromagnetics* 22:87-90
- Lomis, D., Savitz, D. and Ananth, C. (1994) "Breast cancer mortality among female electrical workers in the United States" *J. Nat. Cancer Inst.* 86, pp 921-925.
- Löscher, W. and Mevissen, M. (1994) "Animal studies on the role of 50/60-hertz magnetic fields in carcinogenesis" *Life Sciences* 54 pp 1531-1543.
- Löscher, W., Wahnschaffe, U., Mevissen, M., Lerchl, A. and Stamm, A. (1994) "Effects of weak alternating magnetic fields on nocturnal melatonin production and mammary carcinogenesis in rats" *Oncology* 51 pp 288-295.
- Matanoski, G., Breysse, P and Elliott, E. (1991) "Electromagnetic field exposure and male breast cancer" *Lancet* 337 p 737.



Olsen JH., Nielsen A. & Schulgen G. (1993) "Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children". *British Medical Journal* 307:891-895.

Riksdagen (1997) Riksdagens beslut om miljö kvalitetsmål, enligt prop. 1997/98:145

Savitz D. (2002a) "Commentaries, Magnetic Fields and Miscarriage". *Epidemiology* 13(1):1-3

Savitz D. (2002b). Letters, "Magnetic Fields and Miscarriage". *Epidemiology* 13(2):238

Sandström, M. Hansson Mild, K. Lönnberg, G. Stenberg B. och Wall S. (1991) "Inomhusmiljö och hälsa bland kontorsarbetare i Västerbotten. Elektriska och magnetiska fält: en fall - referentstudie bland bildskärmsarbetare" Arbetsmiljöinstitutets undersökningsrapporter 12, 1991.

Schnorr, T., Grajewski, B., Hornung, R., Thun, M., Ege-land, G., Murray, W., Conover, D., Halperin, W. (1991) "Video display terminals and the risk of spontaneous abortion". *New England J. Medicine*, 324, 727-733.

Stevens, R. (1987) "Electric power use and breast cancer: a hypothesis" *Am. J. Epidemiol.* 125 pp 556-561.

Sobel, E., Davanipour, Z., Sulkava, R., Bowman, J., Erkinjuntti, T., Henderson, V. and Buckwalter, J. (1994) "Occupational exposure to electromagnetic fields is associated with increased risk of Alzheimer's disease (abstract)" *Neurobiology of aging* 15 (Suppl. 1) p 74.

Socialstyrelsen 2005 "Elektromagnetiska fält från kraftledning" Meddelandeblad juni 2005.

SSI (2002) "Statens strålskyddsinstitutets allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält"; beslutade den 28 oktober 2002, SSI FS 2002:3.

Stuchly MA, Ruddick J, Villeneuve D, Robinson K, Reed B, Lecuyer DW, Tan K, Wong J: "Teratological assessment of exposure to time-varying magnetic field". *Teratology* 38(5):461-466, 1988.

Tribukait B, Cekan E, Paulsson LE: "Effects of pulsed magnetic fields on embryonic development in mice". *Proceedings of the International Congress Work and Display Units, National Board of Occupational Safety and Health, Stockholm*, pp. 68-70, 1986.

Tynes, T (1996) "Breast cancer incidence in female radio & telegraph operators". *Cancer Causes Control* 7(6):197-204

N. Wertheimer and E. Leeper (1979) "Electrical wiring configurations and childhood cancer" *American Journal of Epidemiology* 109, pp 273-284.

### Ursprungsdata till kartorna:

#### Karta 1

Augustsson A, Berntsson F, Blomberg S, Falkbring J, Jansson H, Ramde H, Westin P, Åslund C. (1996). "Mapping of magnetic fields in city environment". Institutionen för Mikrovågsteknik, Chalmers Tekniska Högskola. Studentrapport.

Andersson L, Karlzen T, Mujkanovic A, Oh S, Ottergren A, Svennenfors K, Vehabovic S, Vinge M. (1996). Mapping of magnetic fields in city environment. Institutionen för Mikrovågsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Studentrapport.

Adolphsson M, Bergman L, Englund T, Hedberg D, Olsson S, Oscarsson H, Svensson C, Wegger J. (1996). Mapping of magnetic fields in city environment. Institutionen för Mikrovågsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Studentrapport.

#### Karta 2

Dag E, Garmland E, Gustavsson A, Karlberg D, Klingvall J, Lindbom A, Lindell A, Sakari G (1997) "Electromagnetic fields". Institutionen för Mikrovågsteknik, Chalmers Tekniska Högskola. Studentrapport.

#### Karta 3

Carlsson M, Christensson C, Ekfjorden M, Gudelj Z, Malmkvist M, Nordin M, Redezic A, Stålek M. (1997) "Mapping of magnetic fields in a central part of Gothenburg". Institutionen för Mikrovågsteknik, Chalmers Tekniska Högskola. Studentrapport.

#### Karta 4

Almlöv J, Dahlgren N, Fyhrman M, Hedlin J, Lindholm V, Marthinsson F, Scherman E. (1997) "Mapping of magnetic fields in city environment". Institutionen för Mikrovågsteknik, Chalmers Tekniska Högskola. Studentrapport.

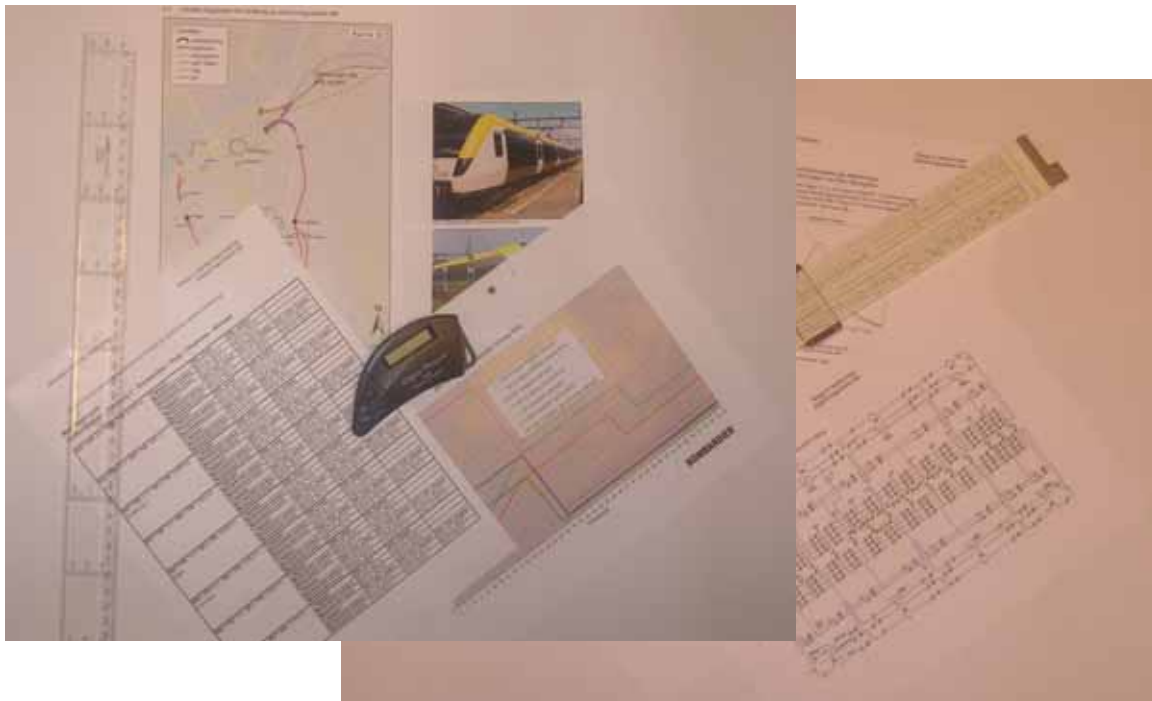
# JÄRNVÄGSUTREDNING VÄSTLÄNKEN


BILAGA 1, BERÄKNINGSUNDERLAG

BILAGA 2, BERÄKNINGAR

## ELEKTROMAGNETISKA FÄLT

---



Dokumentstatus	Sign	Företag
Arbetsmaterial - koncept		
Arbetsmaterial - kvalitetssäkrad av konsult		
Godkänd för spridning		 <b>BANVERKET</b>

Författare:	Yngve Hamnerius	YHAB
Projektledare:	Peter Jönsson	WSP
Handläggare:	Veronica Frisk	WSP
Uppdragledare miljö:	Anna Samuelsson	WSP

## **BILAGA 1, BERÄKNINGSUNDERLAG**

### **INNEHÅLL**

<b>1</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Sektionering .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Beräkning av medelströmmar .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Utvalda byggnader .....</b>	<b>15</b>

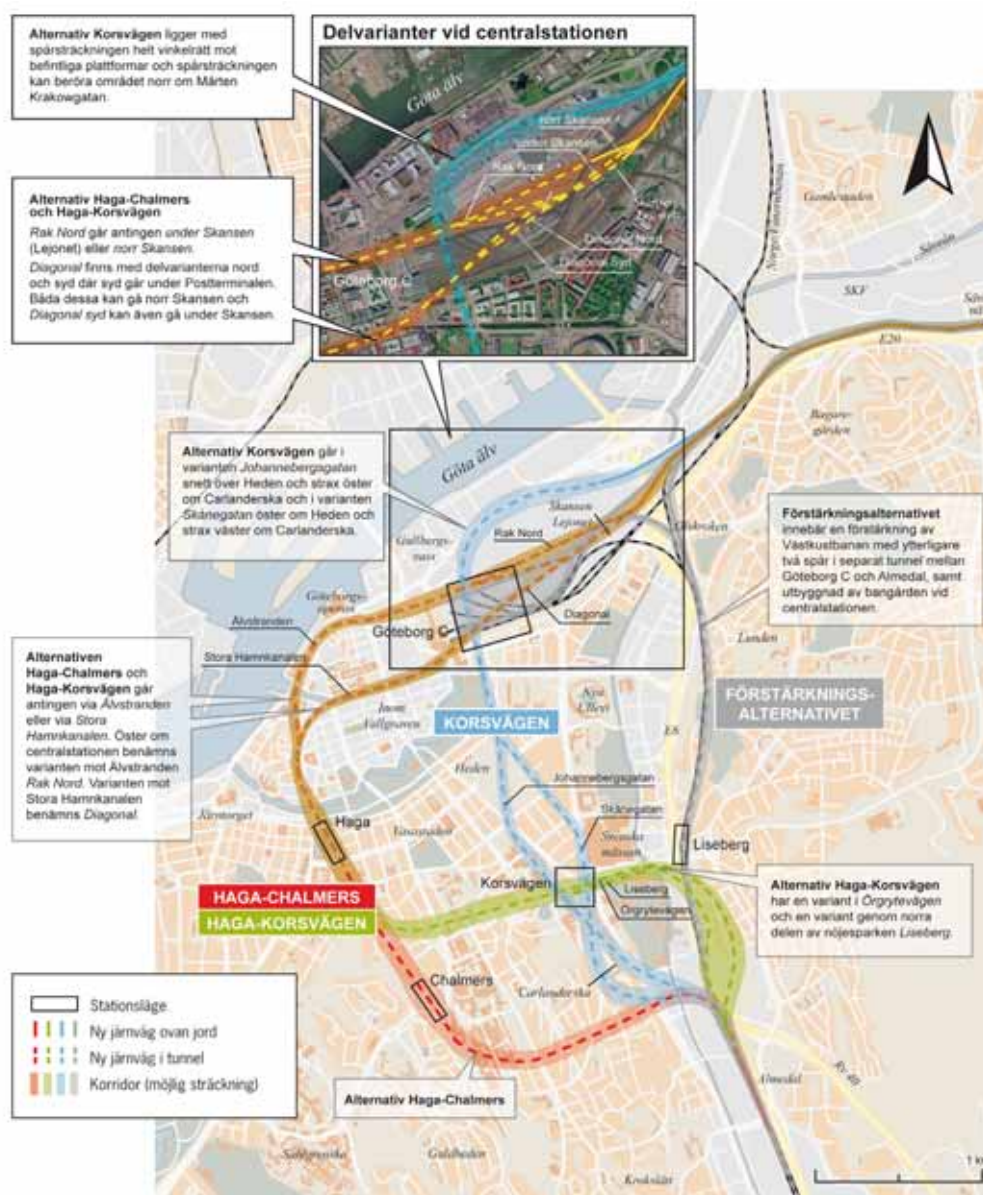
---

# 1 Inledning

I denna bilaga redovisas beräkningsunderlag såsom sektionering, beräknade medelvärden och utvalda beräkningspunkter.

# 2 Sektionering

Sektionsavbrottens lägen är inte projekterade. För att kunna göra beräkningarna har lägen för sektionsavbrott fått ansättas baserat på sträckningar enligt figur 2.1. Sektioneringarnas lägen dokumenteras i tabell 2.1.



Figur 2.1 Visar de olika sträckningar som utreds i Västlänken.

Utmatningspunkterna till kontaktledningarna är valda på sådant sätt att de ska ge upphov till så liten påverkan som möjligt på ev. känsliga verksamheter och stadigvarande bostäder. Lägena är redovisade i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Ansatta sektioneringar och utmatningspunkter för de olika sträckningarna.

**Sektionering Västlänken****Sävenäs - Göteborg C - Haga - Chalmers - Almedal***via Älvstranden*

<b>Km</b>	<b>"Start" Västlänken, Sävenäs</b>
<b>453 + 620</b>	230 m
<b>453 + 850</b>	1000 m
<b>454 + 850</b>	900 m
<b>455 + 750</b>	950 m
<b>456 + 700</b>	1000 m
<b>Göteborg C</b>	1000 m
<b>457 + 700</b>	1000 m
<b>458 + 700</b>	1000 m
<b>Haga</b>	1000 m
<b>459 + 700</b>	1000 m
<b>Chalmers</b>	1000 m
<b>460 + 700</b>	1000 m
<b>461 + 700</b>	1000 m
<b>462 + 700</b>	1000 m
<b>462 + 800 eller 463 + 000</b>	100 m eller 300 m

**"Stopp" Västlänken, Almedal 462 + 800****Plattform Göteborg C**

457 + 125 &lt;--&gt; 457 + 375

**Plattform Haga**

459 + 125 &lt;--&gt; 459 + 375

**Plattform Chalmers**

460 + 160 &lt;--&gt; 460 + 410

**Sävenäs - Göteborg C - Haga - Chalmers - Almedal***via St. Hamnkanalen*

<b>Km</b>	<b>"Start" Västlänken, Sävenäs</b>
<b>453 + 620</b>	230 m
<b>453 + 850</b>	1000 m
<b>454 + 850</b>	900 m
<b>455 + 750</b>	1000 m
<b>456 + 750</b>	1000 m
<b>Göteborg C</b>	1000 m
<b>457 + 750</b>	1000 m
<b>458 + 700</b>	790 m
<b>Haga</b>	1000 m
<b>459 + 700</b>	1000 m
<b>Chalmers</b>	1000 m
<b>460 + 700</b>	1000 m
<b>461 + 700</b>	1000 m
<b>462 + 700</b>	1000 m
<b>462 + 800 eller 463 + 000</b>	100 m eller 300 m

**"Stopp" Västlänken, Almedal 462 + 800****Plattform Göteborg C**

457 + 125 &lt;--&gt; 457 + 375

**Plattform Haga**

459 + 125 &lt;--&gt; 459 + 375

**Plattform Chalmers**

460 + 160 &lt;--&gt; 460 + 410



## Sektionering Västlänken

## Sävenäs - Göteborg C - Haga - Korsvågen - Almedal

via *Älvstranden*Km  
453 + 620 230 m  
"Start" Västlänken, Sävenäs

453 + 850 1000 m

Utmatr. 454 + 350

454 + 850 900 m

Utmatr. 455 + 300

455 + 750 950 m

Utmatr. 456 + 225

456 + 700 Göteborg C 1000 m

Utmatr. 457 + 115

457 + 700 1000 m

Utmatr. 458 + 200

458 + 700 Haga 1000 m

Utmatr. 459 + 115

459 + 700 800 m

Utmatr. 460 + 100

460 + 500 Korsvågen 1000 m

Utmatr. 461 + 865

461 + 500 920 m

Utmatr. 461 + 960

Konnektion 461 + 1420 "≡" 462 + 000

462 + 000 1000 m

Utmatr. 462 + 500

463 + 000

Utmatr. 462 + 500

"Stopp" Västlänken, Almedal 462 + 800

## Plattform Göteborg C

457 + 125 &lt;--&gt; 457 + 375

## Plattform Haga

459 + 125 &lt;--&gt; 459 + 375

## Plattform Korsvågen

460 + 875 &lt;--&gt; 461 + 125

## Sävenäs - Göteborg C - Haga - Korsvågen - Almedal

via *St. Hamnkanalen*Km  
453 + 620 230 m  
"Start" Västlänken, Sävenäs

453 + 850 1000 m

Utmatr. 454 + 350

454 + 850 900 m

Utmatr. 455 + 300

455 + 750 1000 m

Utmatr. 456 + 250

456 + 750 Göteborg C 1000 m

Utmatr. 457 + 115

457 + 750 790 m

Konnektion 457 + 841 "≡" 458 + 000

458 + 700 Haga 1000 m

459 + 700 800 m

460 + 500 Korsvågen 1000 m

461 + 500 920 m

462 + 000 1000 m

463 + 000

Utmatr. 462 + 500

Utmatr. 461 + 960

Konnektion 461 + 1420 "≡" 462 + 000

462 + 000 1000 m

Utmatr. 462 + 500

463 + 000

Utmatr. 462 + 500

"Stopp" Västlänken, Almedal 462 + 800

## Plattform Göteborg C

457 + 125 &lt;--&gt; 457 + 375

## Plattform Haga

459 + 125 &lt;--&gt; 459 + 375

## Plattform Korsvågen

460 + 875 &lt;--&gt; 461 + 125

### Sektionering Västlänken

#### Sävenäs - Göteborg C - Korsvägen - Almedal

via *Sten Sturegatan*

<b>Km</b>		<b>"Start" Västlänken, Sävenäs</b>
<b>453 + 620</b>	230 m	
<b>453 + 850</b>	1000 m	Utmatn. 454 + 350
<b>454 + 850</b>	1000 m	Utmatn. 455 + 350
<b>455 + 850</b>	1000 m	Utmatn. 456 + 350
<b>456 + 850</b>	1000 m	Utmatn. 457 + 350
<b>457 + 850</b>	750 m	Utmatn. 458 + 225
<b>458 + 600</b>	1000 m	Utmatn. 459 + 200
<b>459 + 600</b>	910 m	<b>Konnektion 460 + 209 "≡" 462 + 000</b>
<b>462 + 300</b>		Utmatn. 460 + 055
		<b>"Stopp" Västlänken, Almedal 462 + 800</b>

#### Plattform Göteborg C

457 + 375 <--> 457 + 625

#### Plattform Korsvägen

458 + 940 <--> 459 + 190

#### Sävenäs - Göteborg C - Korsvägen - Almedal

via *Heden, Johanneberg*

<b>Km</b>		<b>"Start" Västlänken, Sävenäs</b>
<b>453 + 620</b>	230 m	
<b>453 + 850</b>	1000 m	Utmatn. 454 + 350
<b>454 + 850</b>	1000 m	Utmatn. 455 + 350
<b>455 + 850</b>	1000 m	Utmatn. 456 + 350
<b>456 + 850</b>	1000 m	Utmatn. 457 + 350
<b>457 + 850</b>	750 m	Utmatn. 458 + 225
<b>458 + 600</b>	900 m	Utmatn. 458 + 930
<b>459 + 500</b>	996 m	<b>Konnektion 460 + 096 "≡" 462 + 000</b>
<b>462 + 400</b>		Utmatn. 460 + 000
		<b>"Stopp" Västlänken, Almedal 462 + 800</b>
		<b>Plattform Göteborg C</b>
		457 + 375 <--> 457 + 625
		<b>Plattform Korsvägen</b>
		458 + 980 <--> 459 + 230

**Sektionering Västlänken****Sävenäs - Liseberg - Almedal**

Km

**1 + 000** 1011,9 m "Start" Västlänken satt efter bangård, tåg har här uppnått 70 km/h (ansatt)  
Utmåtn. 1 + 600**1 + 1011,9**900 m  
Utmåtn. 2 + 350**2 + 800**

Liseberg 1000 m Utmåtn. 3 + 300

**3 + 800**

1000 m Utmåtn. 4 + 300

**4 + 800****"Stopp" Västlänken, Almedal 4 + 800****Plattform Liseberg**

2 + 990 &lt;--&gt; 3 + 240

### 3 Beräkning av medelströmmar

---

Här redovisas de beräkningar som är utförda. Beräkningarna är baserade på strömkurvor från tågleverantör och kompletterande beräkningar i projektet. Strömförbrukningen beror på tågtyp, acceleration, retardation, lutning och hastighet.

Trafiken har simulerats så att tågen minimerar tiden genom att accelerera upp till stationärhastigheten för den aktuella sträckan så snabbt som möjligt. De simulerade strömmarna och tiderna redovisas i tabell 4.1. Gångtiden för att passera sektionen har också beräknats. Tid för eventuellt stopp vid stationer är inte medräknat. Vid stopp är strömförbrukningen marginell.

Tabell 4.1 Beräknade medelströmmar och körtider per sektion för vardera sträckningen.

**Medelströmmar****Gullbergsvass - Göteborg C - Älvstranden - Haga - Chalmers - Almedal**

453 + 620 <--> 455 + 750 (2180 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	Medelström (söder)	68,2 A, 98,4 s.	136,4 A, 98,4 s.	
	Medelström (norr)	81,5 A, 98,4 s.	163 A, 98,4 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	Medelström (söder)	38,8 A, 98,4 s.	77,6 A, 98,4 s.	116,4 A, 98,4 s.
	Medelström (norr)	55,5 A, 98,2 s.	111 A, 98,2 s.	166,5 A, 98,2 s.
455 + 750 <--> 456 + 700 (950 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	Medelström (söder)	42,7 A, 47,3 s.	85,4 A, 47,3 s.	
	Medelström (norr)	81,2 A, 48,9 s.	162,4 A, 48,9 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	Medelström (söder)	15 A, 42,8 s.	30 A, 42,8 s.	45 A, 42,8 s.
	Medelström (norr)	61 A, 47,3 s.	122 A, 47,3 s.	183 A, 47,3 s.
456 + 700 <--> 457 + 700 (1000 m) Göteborg C	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	Medelström (söder)	129 A, 72,5 s.	258 A, 72,5 s.	
	Medelström (norr)	109,1 A, 73 s.	218,2 A, 73 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	Medelström (söder)	83 A, 79,1 s.	166 A, 79,1 s.	249 A, 79,1 s.
	Medelström (norr)	88,7 A, 73,7 s.	177,4 A, 73,7 s.	266,1 A, 73,7 s.
457 + 700 <--> 458 + 700 (1000 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	Medelström (söder)	116,2 A, 46 s.	232,4 A, 46 s.	
	Medelström (norr)	71,9 A, 45 s.	143,8 A, 45 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	Medelström (söder)	70,8 A, 45,5 s.	141,6 A, 45,5 s.	212,4 A, 45,5 s.
	Medelström (norr)	56,4 A, 45 s.	112,8 A, 45 s.	169,2 A, 45 s.
458 + 700 <--> 459 + 700 (1000 m) Haga	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	Medelström (söder)	117 A, 72,5 s.	234 A, 72,5 s.	
	Medelström (norr)	125,2 A, 73 s.	250,4 A, 73 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	Medelström (söder)	72,8 A, 75,9 s.	145,6 A, 75,9 s.	218,4 A, 75,9 s.
	Medelström (norr)	92,4 A, 76,1 s.	184,8 A, 76,1 s.	277,2 A, 76,1 s.
459 + 700 <--> 460 + 700 (1000 m) Chalmers	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	Medelström (söder)	113,5 A, 75,3 s.	227 A, 75,3 s.	
	Medelström (norr)	73 A, 72,5 s.	146 A, 72,5 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	Medelström (söder)	124,8 A, 87,2 s.	249,6 A, 87,2 s.	374,4 A, 87,2 s.
	Medelström (norr)	95,1 A, 73,7 s.	190,2 A, 73,7 s.	285,3 A, 73,7 s.
460 + 700 <--> 461 + 700 (1000 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	Medelström (söder)	58,4 A, 46,9 s.	116,8 A, 46,9 s.	
	Medelström (norr)	70 A, 45,1 s.	140 A, 45,1 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	Medelström (söder)	39,8 A, 40,6 s.	79,6 A, 40,6 s.	119,4 A, 40,6 s.
	Medelström (norr)	52,9 A, 45,1 s.	105,8 A, 45,1 s.	158,7 A, 45,1 s.
461 + 700 <--> 462 + 800 (1100 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	Medelström (söder)	93,3 A, 49,5 s.	186,6 A, 49,5 s.	
	Medelström (norr)	52,1 A, 49,5 s.	104,2 A, 49,5 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	Medelström (söder)	73,1 A, 49,5 s.	146,2 A, 49,5 s.	219,3 A, 49,5 s.
	Medelström (norr)	15 A, 49,5 s.	30 A, 49,5 s.	45 A, 49,5 s.

**Medelströmmar****Gullbergsvass - Göteborg C - St. Hamnkanalen - Haga - Chalmers - Almedal**

453 + 620 <--> 455 + 750 (2180 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	68,2 A, 98,4 s.	136,4 A, 98,4 s.	
	Medelström (norr)	81,5 A, 98,4 s.	163 A, 98,4 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	38,8 A, 98,4 s.	77,6 A, 98,4 s.	116,4 A, 98,4 s.
	Medelström (norr)	55,5 A, 98,2 s.	111 A, 98,2 s.	166,5 A, 98,2 s.
455 + 750 <--> 456 + 750 (1000 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	41 A, 45 s.	82 A, 45 s.	
	Medelström (norr)	74 A, 45 s.	148 A, 45 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	15 A, 45 s.	30 A, 45 s.	45 A, 45 s.
	Medelström (norr)	56,4 A, 45 s.	112,8 A, 45 s.	169,2 A, 45 s.
456 + 750 <--> 457 + 750 (1000 m) Göteborg C	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	99,4 A, 74 s.	198,8 A, 74 s.	
	Medelström (norr)	99,4 A, 74 s.	198,8 A, 74 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	87,2 A, 73,1 s.	174,4 A, 73,1 s.	261,6 A, 73,1 s.
	Medelström (norr)	87,2 A, 73,1 s.	174,4 A, 73,1 s.	261,6 A, 73,1 s.
457 + 750 <--> 458 + 700 (790 m) Konnektion 457 + 841 "=" 458 + 000	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	45,1 A, 36,9 s.	90,2 A, 36,9 s.	
	Medelström (norr)	40,2 A, 37,1 s.	80,4 A, 37,1 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	20,8 A, 35,8 s.	41,6 A, 35,8 s.	62,4 A, 35,8 s.
	Medelström (norr)	26,8 A, 35,5 s.	53,6 A, 35,5 s.	80,4 A, 35,5 s.
458 + 700 <--> 459 + 700 (1000 m) Haga	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	117 A, 72,5 s.	234 A, 72,5 s.	
	Medelström (norr)	125,2 A, 73 s.	250,4 A, 73 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	72,8 A, 75,9 s.	145,6 A, 75,9 s.	218,4 A, 75,9 s.
	Medelström (norr)	92,4 A, 76,1 s.	184,8 A, 76,1 s.	277,2 A, 76,1 s.
459 + 700 <--> 460 + 700 (1000 m) Chalmers	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	113,5 A, 75,3 s.	227 A, 75,3 s.	
	Medelström (norr)	73 A, 72,5 s.	146 A, 72,5 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	124,8 A, 87,2 s.	249,6 A, 87,2 s.	374,4 A, 87,2 s.
	Medelström (norr)	95,1 A, 73,7 s.	190,2 A, 73,7 s.	285,3 A, 73,7 s.
460 + 700 <--> 461 + 700 (1000 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	58,4 A, 46,9 s.	116,8 A, 46,9 s.	
	Medelström (norr)	70 A, 45,1 s.	140 A, 45,1 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	39,8 A, 40,6 s.	79,6 A, 40,6 s.	119,4 A, 40,6 s.
	Medelström (norr)	52,9 A, 45,1 s.	105,8 A, 45,1 s.	158,7 A, 45,1 s.
461 + 700 <--> 462 + 800 (1100 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	93,3 A, 49,5 s.	186,6 A, 49,5 s.	
	Medelström (norr)	52,1 A, 49,5 s.	104,2 A, 49,5 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	73,1 A, 49,5 s.	146,2 A, 49,5 s.	219,3 A, 49,5 s.
	Medelström (norr)	15 A, 49,5 s.	30 A, 49,5 s.	45 A, 49,5 s.



## Medelströmmar

## Gullbergsvass - Göteborg C - Älvstranden - Haga - Korsvägen - Almedal

453 + 620 <--> 455 + 750 (2180 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	68,2 A, 98,4 s.	136,4 A, 98,4 s.	
	Medelström (norr)	81,5 A, 98,4 s.	163 A, 98,4 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	38,8 A, 98,4 s.	77,6 A, 98,4 s.	116,4 A, 98,4 s.
	Medelström (norr)	55,5 A, 98,2 s.	111 A, 98,2 s.	166,5 A, 98,2 s.
455 + 750 <--> 456 + 700 (950 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	42,7 A, 47,3 s.	85,4 A, 47,3 s.	
	Medelström (norr)	81,2 A, 48,9 s.	162,4 A, 48,9 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	15 A, 42,8 s.	30 A, 42,8 s.	45 A, 42,8 s.
	Medelström (norr)	61 A, 47,3 s.	122 A, 47,3 s.	183 A, 47,3 s.
456 + 700 <--> 457 + 700 (1000 m) Göteborg C	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	129 A, 72,5 s.	258 A, 72,5 s.	
	Medelström (norr)	109,1 A, 73 s.	218,2 A, 73 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	83 A, 79,1 s.	166 A, 79,1 s.	249 A, 79,1 s.
	Medelström (norr)	88,7 A, 73,7 s.	177,4 A, 73,7 s.	266,1 A, 73,7 s.
457 + 700 <--> 458 + 700 (1000 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	116,2 A, 46 s.	232,4 A, 46 s.	
	Medelström (norr)	71,9 A, 45 s.	143,8 A, 45 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	70,8 A, 45,5 s.	141,6 A, 45,5 s.	212,4 A, 45,5 s.
	Medelström (norr)	56,4 A, 45 s.	112,8 A, 45 s.	169,2 A, 45 s.
458 + 700 <--> 459 + 700 (1000 m) Haga	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	102,2 A, 72,5 s.	204,4 A, 72,5 s.	
	Medelström (norr)	115,8 A, 73 s.	231,6 A, 73 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	82,7 A, 75,9 s.	165,4 A, 75,9 s.	248,1 A, 75,9 s.
	Medelström (norr)	92,9 A, 76,4 s.	185,8 A, 76,4 s.	278,7 A, 76,4 s.
459 + 700 <--> 460 + 500 (800 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	93,6 A, 37,1 s.	187,2 A, 37,1 s.	
	Medelström (norr)	44,9 A, 37,3 s.	89,8 A, 37,3 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	75,6 A, 36,4 s.	151,2 A, 36,4 s.	226,8 A, 36,4 s.
	Medelström (norr)	20,7 A, 36,3 s.	41,4 A, 36,3 s.	62,1 A, 36,3 s.
460 + 500 <--> 461 + 500 (1000 m) Korsvägen	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	76,6 A, 73,3 s.	153,2 A, 73,3 s.	
	Medelström (norr)	92,2 A, 73,3 s.	184,4 A, 73,3 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	93,4 A, 73,5 s.	186,8 A, 73,5 s.	280,2 A, 73,5 s.
	Medelström (norr)	100,2 A, 73,5 s.	200,4 A, 73,5 s.	300,6 A, 73,5 s.
461 + 500 <--> 462 + 000 (920 m) Konnektion 461 + 1420 "=" 462 + 000	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	92,8 A, 40,2 s.	185,6 A, 40,2 s.	
	Medelström (norr)	67,4 A, 41,5 s.	134,8 A, 41,5 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	68,1 A, 41,7 s.	136,2 A, 41,7 s.	204,3 A, 41,7 s.
	Medelström (norr)	35,6 A, 41,5 s.	71,2 A, 41,5 s.	106,8 A, 41,5 s.
462 + 000 <--> 463 + 000 (1000 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	62 A, 45,1 s.	124 A, 45,1 s.	
	Medelström (norr)	37,3 A, 45,1 s.	74,6 A, 45,1 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	46,1 A, 45,1 s.	92,2 A, 45,1 s.	138,3 A, 45,1 s.
	Medelström (norr)	15 A, 45 s.	30 A, 45 s.	45 A, 45 s.

## Medelströmmar

## Gullbergsvass - Göteborg C - St. Hamnkanalen - Haga - Korsvägen - Almedal

453 + 620 <--> 455 + 750 (2180 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	68,2 A, 98,4 s.	136,4 A, 98,4 s.	
	Medelström (norr)	81,5 A, 98,4 s.	163 A, 98,4 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	38,8 A, 98,4 s.	77,6 A, 98,4 s.	116,4 A, 98,4 s.
	Medelström (norr)	55,5 A, 98,2 s.	111 A, 98,2 s.	166,5 A, 98,2 s.
455 + 750 <--> 456 + 750 (1000 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	41 A, 45 s.	82 A, 45 s.	
	Medelström (norr)	74 A, 45 s.	148 A, 45 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	15 A, 45 s.	30 A, 45 s.	45 A, 45 s.
	Medelström (norr)	56,4 A, 45 s.	112,8 A, 45 s.	169,2 A, 45 s.
456 + 750 <--> 457 + 750 (1000 m) Göteborg C	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	99,4 A, 74 s.	198,8 A, 74 s.	
	Medelström (norr)	99,4 A, 74 s.	198,8 A, 74 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	87,2 A, 73,1 s.	174,4 A, 73,1 s.	261,6 A, 73,1 s.
	Medelström (norr)	87,2 A, 73,1 s.	174,4 A, 73,1 s.	261,6 A, 73,1 s.
457 + 750 <--> 458 + 700 (790 m) Konnektion 457 + 841 "=" 458 + 000	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	45,1 A, 36,9 s.	90,2 A, 36,9 s.	
	Medelström (norr)	40,2 A, 37,1 s.	80,4 A, 37,1 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	20,8 A, 35,8 s.	41,6 A, 35,8 s.	62,4 A, 35,8 s.
	Medelström (norr)	26,8 A, 35,5 s.	53,6 A, 35,5 s.	80,4 A, 35,5 s.
458 + 700 <--> 459 + 700 (1000 m) Haga	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	102,2 A, 72,5 s.	204,4 A, 72,5 s.	
	Medelström (norr)	115,8 A, 73 s.	231,6 A, 73 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	82,7 A, 75,9 s.	165,4 A, 75,9 s.	248,1 A, 75,9 s.
	Medelström (norr)	92,9 A, 76,4 s.	185,8 A, 76,4 s.	278,7 A, 76,4 s.
459 + 700 <--> 460 + 500 (800 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	93,6 A, 37,1 s.	187,2 A, 37,1 s.	
	Medelström (norr)	44,9 A, 37,3 s.	89,8 A, 37,3 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	75,6 A, 36,4 s.	151,2 A, 36,4 s.	226,8 A, 36,4 s.
	Medelström (norr)	20,7 A, 36,3 s.	41,4 A, 36,3 s.	62,1 A, 36,3 s.
460 + 500 <--> 461 + 500 (1000 m) Korsvägen	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	76,6 A, 73,3 s.	153,2 A, 73,3 s.	
	Medelström (norr)	92,2 A, 73,3 s.	184,4 A, 73,3 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	93,4 A, 73,5 s.	186,8 A, 73,5 s.	280,2 A, 73,5 s.
	Medelström (norr)	100,2 A, 73,5 s.	200,4 A, 73,5 s.	300,6 A, 73,5 s.
461 + 500 <--> 462 + 000 (920 m) Konnektion 461 + 1420 "=" 462 + 000	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	92,8 A, 40,2 s.	185,6 A, 40,2 s.	
	Medelström (norr)	67,4 A, 41,5 s.	134,8 A, 41,5 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	68,1 A, 41,7 s.	136,2 A, 41,7 s.	204,3 A, 41,7 s.
	Medelström (norr)	35,6 A, 41,5 s.	71,2 A, 41,5 s.	106,8 A, 41,5 s.
462 + 000 <--> 463 + 000 (1000 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	62 A, 45,1 s.	124 A, 45,1 s.	
	Medelström (norr)	37,3 A, 45,1 s.	74,6 A, 45,1 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	46,1 A, 45,1 s.	92,2 A, 45,1 s.	138,3 A, 45,1 s.
	Medelström (norr)	15 A, 45 s.	30 A, 45 s.	45 A, 45 s.

## Medelströmmar

## Gullbergsvass - Göteborg C - Johannebergsgatan - Korsvägen - Almedal

453 + 620 <--> 455 + 750 (2180 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	68,2 A, 98,4 s.	136,4 A, 98,4 s.	
	Medelström (norr)	81,5 A, 98,4 s.	163 A, 98,4 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	38,8 A, 98,4 s.	77,6 A, 98,4 s.	116,4 A, 98,4 s.
	Medelström (norr)	55,5 A, 98,2 s.	111 A, 98,2 s.	166,5 A, 98,2 s.
455 + 850 <--> 456 + 850 (1000 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	44,7 A, 45,1 s.	89,4 A, 45,1 s.	
	Medelström (norr)	86 A, 45,1 s.	172 A, 45,1 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	15 A, 45 s.	30 A, 45 s.	45 A, 45 s.
	Medelström (norr)	66,7 A, 45,1 s.	133,4 A, 45,1 s.	200,1 A, 45,1 s.
456 + 850 <--> 457 + 850 (1000 m) Göteborg C	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	83,1 A, 72 s.	166,2 A, 72 s.	
	Medelström (norr)	106 A, 72,5 s.	212 A, 72,5 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	69,9 A, 72,2 s.	139,8 A, 72,2 s.	209,7 A, 72,2 s.
	Medelström (norr)	88,7 A, 73,7 s.	177,4 A, 73,7 s.	266,1 A, 73,7 s.
457 + 850 <--> 458 + 600 (750 m)	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	85,9 A, 35,3 s.	171,8 A, 35,3 s.	
	Medelström (norr)	58,5 A, 34 s.	117 A, 34 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	70,2 A, 35,2 s.	140,4 A, 35,2 s.	210,6 A, 35,2 s.
	Medelström (norr)	32,9 A, 34,2 s.	65,8 A, 34,2 s.	98,7 A, 34,2 s.
458 + 600 <--> 459 + 500 (900 m) Korsvägen	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	91,7 A, 67,5 s.	183,4 A, 67,5 s.	
	Medelström (norr)	105,3 A, 68,5 s.	210,6 A, 68,5 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	78,9 A, 68 s.	157,8 A, 68 s.	236,7 A, 68 s.
	Medelström (norr)	92 A, 68,8 s.	184 A, 68,8 s.	276 A, 68,8 s.
459 + 500 <--> 462 + 400 (996 m) Konnektion 460 + 096 "=" 462 + 000	Tågtyper	X60, enkel	X60, dubbel	
	Medelström (söder)	119 A, 46,4 s.	238 A, 46,4 s.	
	Medelström (norr)	39,7 A, 44,9 s.	79,4 A, 44,9 s.	
	Tågtyper	X51 / X31, enkel	X51 / X31, dubbel	X51 / X31, trippel
	Medelström (söder)	76,9 A, 46,1 s.	153,8 A, 46,1 s.	230,7 A, 46,1 s.
	Medelström (norr)	15 A, 44,9 s.	30 A, 44,9 s.	45 A, 44,9 s.

**Medelströmmar****Gullbergsvass - Göteborg C - Skånegatan - Korsvägen - Almedal**

453 + 620 <--> 455 + 750 (2180 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	68,2 A, 98,4 s.	136,4 A, 98,4 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	81,5 A, 98,4 s.	163 A, 98,4 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	38,8 A, 98,4 s.	77,6 A, 98,4 s.	116,4 A, 98,4 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	55,5 A, 98,2 s.	111 A, 98,2 s.	166,5 A, 98,2 s.
455 + 850 <--> 456 + 850 (1000 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	44,7 A, 45,1 s.	89,4 A, 45,1 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	86 A, 45,1 s.	172 A, 45,1 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	15 A, 45 s.	30 A, 45 s.	45 A, 45 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	66,7 A, 45,1 s.	133,4 A, 45,1 s.	200,1 A, 45,1 s.
456 + 850 <--> 457 + 850 (1000 m) Göteborg C	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	83,1 A, 72 s.	166,2 A, 72 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	106 A, 72,5 s.	212 A, 72,5 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	69,9 A, 72,2 s.	139,8 A, 72,2 s.	209,7 A, 72,2 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	88,7 A, 73,7 s.	177,4 A, 73,7 s.	266,1 A, 73,7 s.
457 + 850 <--> 458 + 600 (750 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	78,6 A, 35,3 s.	157,2 A, 35,3 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	55,2 A, 35,5 s.	110,4 A, 35,5 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	58,5 A, 35,3 s.	117 A, 35,3 s.	175,5 A, 35,3 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	25,7 A, 33,1 s.	51,4 A, 33,1 s.	77,1 A, 33,1 s.
458 + 600 <--> 459 + 600 (1000 m) Korsvägen	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	103,1 A, 72,7 s.	206,2 A, 72,7 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	96 A, 72,9 s.	192 A, 72,9 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	88,7 A, 73,7 s.	177,4 A, 73,7 s.	266,1 A, 73,7 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	83,1 A, 73,4 s.	166,2 A, 73,4 s.	249,3 A, 73,4 s.
459 + 600 <--> 462 + 300 (910 m) Konnektion 460 + 209 "=" 462 + 000	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	63,8 A, 42,8 s.	127,6 A, 42,8 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	34,2 A, 41 s.	68,4 A, 41 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	37,7 A, 41 s.	75,4 A, 41 s.	113,1 A, 41 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	15 A, 41 s.	30 A, 41 s.	45 A, 41 s.

**Medelströmmar****Förstärkningsalternativet (bef. Gårdatunnel)**

Pendeltåg, regionaltåg, fjärrtåg, X60, X51 och X31

1 + 1010 <--> 2 + 800 (900 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	26 A, 40,5 s.	52 A, 40,5 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	105,4 A, 43,5 s.	210,8 A, 43,5 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	15 A, 40,5 s.	30 A, 40,5 s.	45 A, 40,5 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	73,7 A, 37,9 s.	147,7 A, 37,9 s.	221,1 A, 37,9 s.
2 + 800 <--> 3 + 800 (1000 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	120 A, 72,5 s.	240 A, 72,5 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	83 A, 71,6 s.	166 A, 71,6 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	91,9 A, 73,7 s.	183,8 A, 73,7 s.	275,7 A, 73,7 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	66,7 A, 74,3 s.	133,4 A, 74,3 s.	200,1 A, 74,3 s.
3 + 800 <--> 4 + 800 (1000 m)	<b>Tågtyper</b>	<b>X60, enkel</b>	<b>X60, dubbel</b>	
	<b>Medelström (söder)</b>	50 A, 45 s.	100 A, 45 s.	
	<b>Medelström (norr)</b>	21,8 A, 45 s.	43,6 A, 45 s.	
	<b>Tågtyper</b>	<b>X51 / X31, enkel</b>	<b>X51 / X31, dubbel</b>	<b>X51 / X31, trippel</b>
	<b>Medelström (söder)</b>	35,4 A, 45 s.	70,8 A, 45 s.	106,2 A, 45 s.
	<b>Medelström (norr)</b>	15 A, 45 s.	30 A, 45 s.	45 A, 45 s.

**UA Liseberg (Västlänken)**

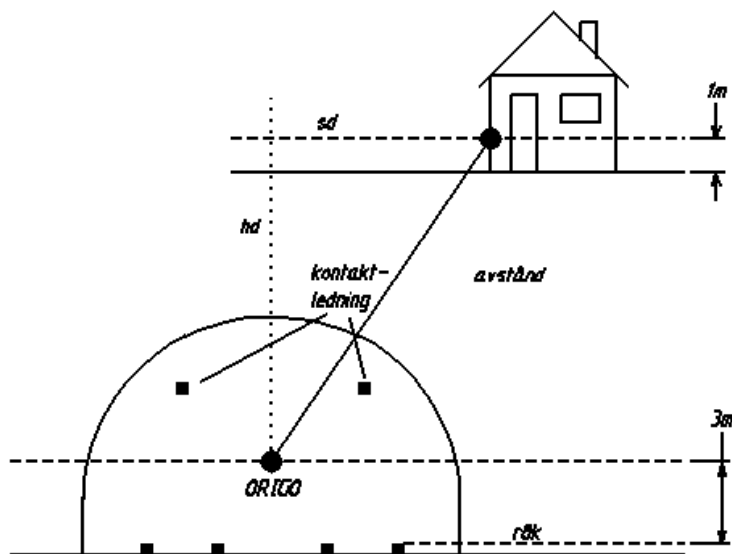
Endast godståg, X2, RC. Inga strömfall kända!

## 4 Utvalda byggnader

I detta avsnitt redovisas utvalda beräkningspunkter, alla punkter är inte beräknade. För de punkter som inte är beräknade kan dock ett resultat utläsas från de andra beräkningspunkterna.

Byggnaderna är utvalda efter hur de ligger i förhållande till tunneln med avseende på avstånd samt på hur medelströmmarna ter sig i den aktuella sektionen. I figur 5.2 redovisas hur byggnaderna ligger utefter de olika sträckningarna.

Magnetfälten avtar med avståndet från tunneln. De hus som ligger närmast tunneln, som redovisas i tabell 5.1 har ett avstånd till fastighet på 14 m mätt 1 m ovan marknivå. Origo är mittemellan spåren, samt mittemellan rök och kontaktledning, dvs. ca 3 m ovanför rök. De aktuella husen ligger rakt över eller med ett avstånd i sidled relativt mittemellan spåren. Hus med potentiellt känsliga verksamheter har inkluderats även om de inte i samtliga fall ligger riktigt nära spåren. På flera av sträckningarna går tunneln parallellt på ungefär samma avstånd från ett flertal hus. I dessa fall har det eller de hus som ligger närmast valts ut.



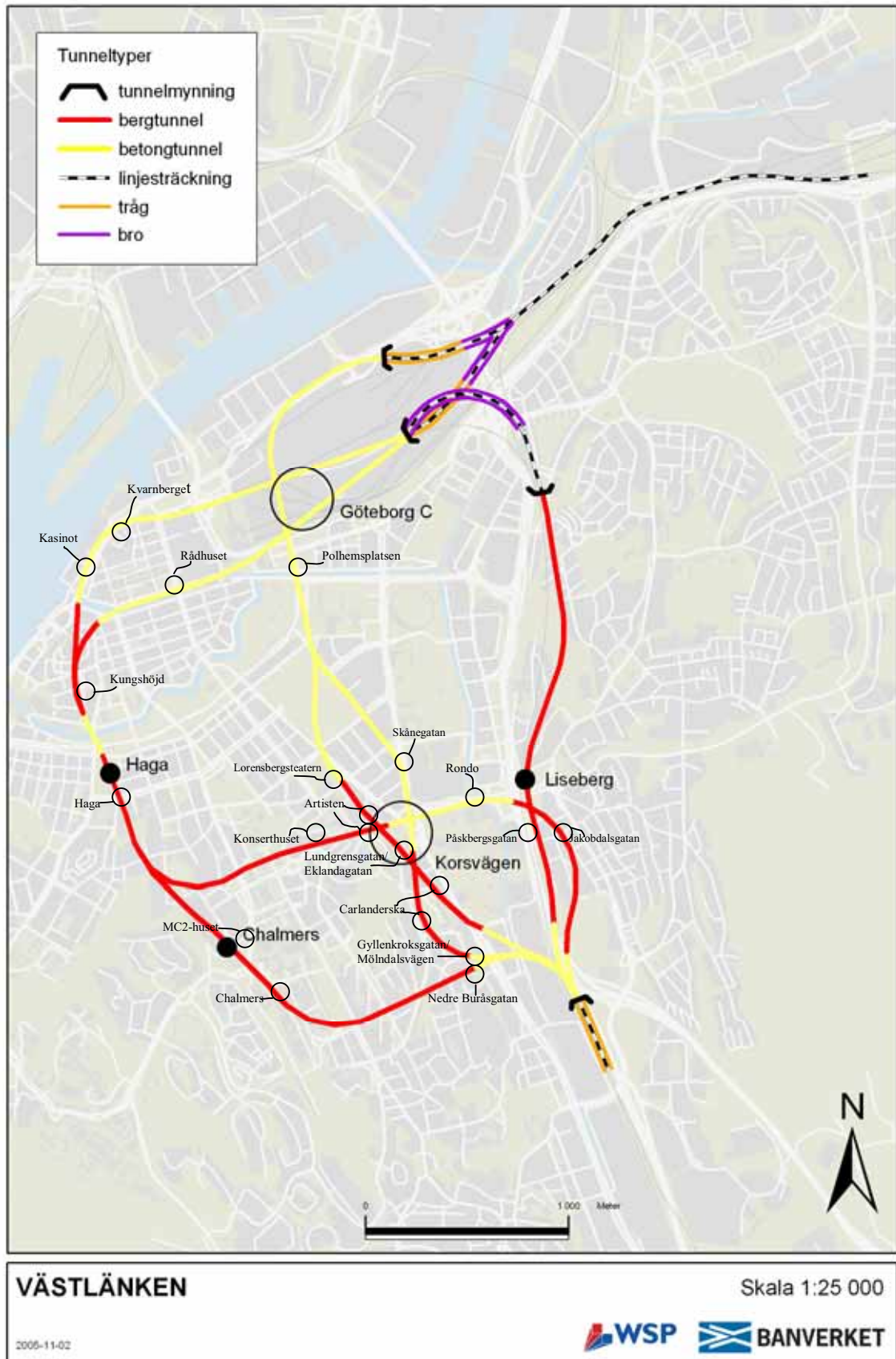
Figur 5.1 Förtydligande av origo mittemellan spår samt mittemellan rök och kontaktledning. Även princip för mätning av avstånd redovisas

Tabell 5.1 Utvalda byggnader för vilka magnetfält beräknats då de ligger nära spåren i olika sträckningsalternativ.  
Angivna avstånd är approximativa relativt origo mitt emellan spår samt mellan räls och kontaktledning.



	Sträckning												Bostad / Känslig verksamhet		
	Göteborg C - Haga - Korsvägen		Göteborgs C - Haga - Chalmers		Alternativ via Älvstranden		Alternativ via St. Hamnkanalen		Göteborg C - Korsvägen via Johannebergsgatan		Göteborg C - Korsvägen via Skånegatan			Förstärkn.alt	
Plats	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	
Rådhuset Betongtunnel km:							11,3 m	19 m							V
Kungshöjd Bergtunnel km:	31,3 m	0 m					457 + 710 acc.								B
Haga Bergtunnel km:	458 + 800 acc.														B
Konserthuset (vid yfterläge, bakre ände) Bergtunnel km:	31,7 m	0 m													KV
Artisten Bergtunnel, station km:	459 + 400 acc.	24 m	47 m												KV
Rondo Betongtunnel km:	460 + 600 acc.	23,4 m	0 m						20,9 m	26 m					KV
Jakobsdalsgatan (obs enkelspårstunnlar) Bergtunnel km:	460 + 850 acc.	13,4 m	14 m						458 + 950 acc.						Ev. KV
Mätaregatan (Kvarnberget) Betongtunnel km:	461 + 400 acc.	26 m	0 m												B
Kasinet Betongtunnel km:	461 + 900 acc.						75 m mellan enkelspårstunnlar 58 m från bef. Gårdatunnel								B
MC2-huset Bergtunnel, station km:							17,6 m	23 m							Ev. KV
Chalmers Bergtunnel km:	457 + 850 acc.						457 + 850 acc.								KV
Nedre Buråsgatan (byggnad rivs?) Betongtunnel km:	10,9 m	16 m					10,9 m	16 m							Ev. KV
Polhemsp platsen (fyrspårsstation) Betongtunnel km:	458 + 150 acc.	61,7 m	125 m												KV
Skånegatan Betongtunnel km:	460 + 29f acc.	460 + 29f acc.													B
Carländerska Bergtunnel km:	44,7 m	0 m													B
	460 + 60f acc.	460 + 60f acc.													B
	18,8 m	0 m													B
	461 + 75f acc.	461 + 75f acc.													B
															B
									14,2 m	0 m	14,2 m	0 m			B
									457 + 650 acc.	457 + 650 acc.	457 + 650 acc.	457 + 650 acc.			B
									15,5 m	11 m	15,5 m	11 m			B
									458 + 800 acc.	458 + 800 acc.	458 + 800 acc.	458 + 800 acc.			B
									34,4 m	59 m	34,4 m	59 m			KV
									31,3 m	0 m	31,3 m	0 m			KV
									459 + 550 acc.	459 + 550 acc.	459 + 550 acc.	459 + 550 acc.			KV

Plats	Sträckning												Bostad / Känslig verksamhet				
	Göteborg C - Korsvägen		Göteborgs C - Haga - Chalmers		Alternativ via Älvstranden		Alternativ via St. Hamnkanalen		Göteborg C - Korsvägen via Johannebergsgatan		Göteborg C - Korsvägen via Skånegatan			Förstärkn.alt			
	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled	Höjdled	Sidled		Höjdled	Sidled		
Gyllenkroksgatan / Mölndalsvägen Bergtunnel km:												14,7 m	0 m			B	
Lorensbergsteatern Betongtunnel km:									19,7 m	19 m			459 + 950 X60 acc.			KV	
Lundgrensgatan / Eklandegatan Bergtunnel km:									458 + 850 acc.	0 m						B	
Påskbergsgatan (bef. Gärdätunnel) Bergtunnel km:									459 + 350 acc.					16,8 m	4 m	B	
Påskbergsgatan (Västlänken) Bergtunnel km:														3 + 600 acc.	20,1 m	0 m	B
														3 + 600 acc.			



Figur 5.2 Karta som visar de punkter där beräkningar av magnetfält har skett längs de olika sträckningarna.

## **BILAGA 2, BERÄKNINGAR**

### **INNEHÅLL**

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Kretsmodeller för tågfall i berg- resp. betongtunnel.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Uppskattning av topp- och årsmedelvärden.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Mätningar av befintliga magnetfält utomhus i centrala Göteborg</b>	<b>38</b>

---

## 1 Inledning

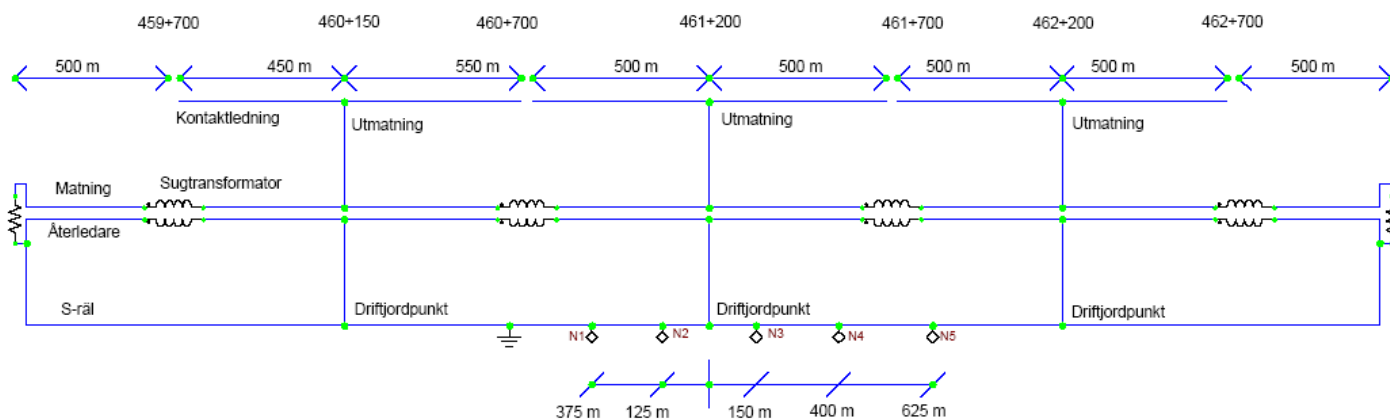
I denna bilaga redovisas tågfall för två enkelspårstunlar i berg- resp. betong som ligger till grund för beräkningar av magnetfält vid utvalda byggnader och beräkningar av magnetfälten alstrade från Västlänken. Till sist redovisas mätresultat över befintliga magnetfält i centrala Göteborg.

## 2 Kretsmodeller för tågfall i berg- resp. betongtunnel

Avsnittet visar kretsmodeller för tågpositioner N1-N5 i enkelspårstunlar i berg respektive betongtunnlar med mellanvägg. Kretsmodellerna beskriver alla impedanser, strömmarnas fördelning i kontaktledning, återledare, jordledare, matningsledning och S-räler.

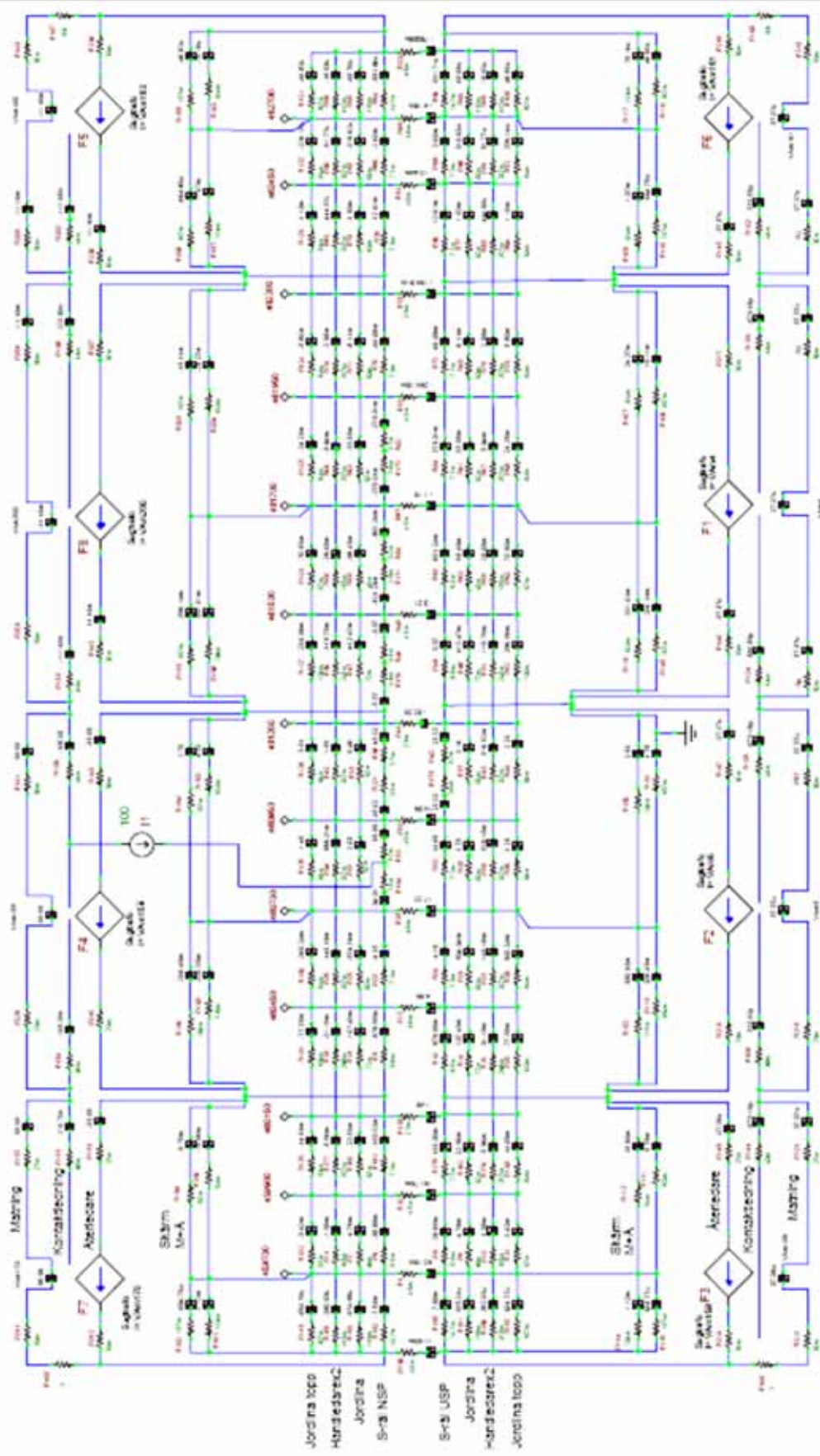
Simuleringarna har utförts genom att strömmarna i tunnlarna beräknats för varje tåg och sedan superponerats. Härvid har hänsyn tagits till strömmens riktning i respektive ledare. Strömmarnas effektivvärden har adderats. Detta förfarande gäller för 16 2/3 Hz sinusformad tidsvariation hos strömmarna. Detta är inte helt fallet, för strömmarna till tågen, men då strömmens kurvform inte är känd för enskilda tåg, i ett givet tidsögonblick, får denna approximation anses som den bästa för detta fall.

Kretsmodellerna har skapats utifrån en tänkt typsektion på 1 km och beräknats med hjälp av ett kretssimuleringsprogram av P-spicetyp. Vi har vid denna beräkning antagit ideala sugtransformatorer, dvs. att lika stor ström går i kontaktledning och återledare. Beroende på var i tunneln vi befinner oss och var lok befinner sig får vi ett stort antal olika belastningsfall. För många belastningsfall blir strömbilden mer komplicerad med ström även i jordledare och i S-räler i de andra spåren i tunneln. Använda tågpositioner visas schematiskt i figur 2.1. Kretsmodellerna för enkelspårstunlar i berg tågfall 1-5 redovisas i avsnitt 2.1-2.5 och tågfall 1-5 för betongtunnlar med mellanvägg i avsnitt 2.6-2.10.



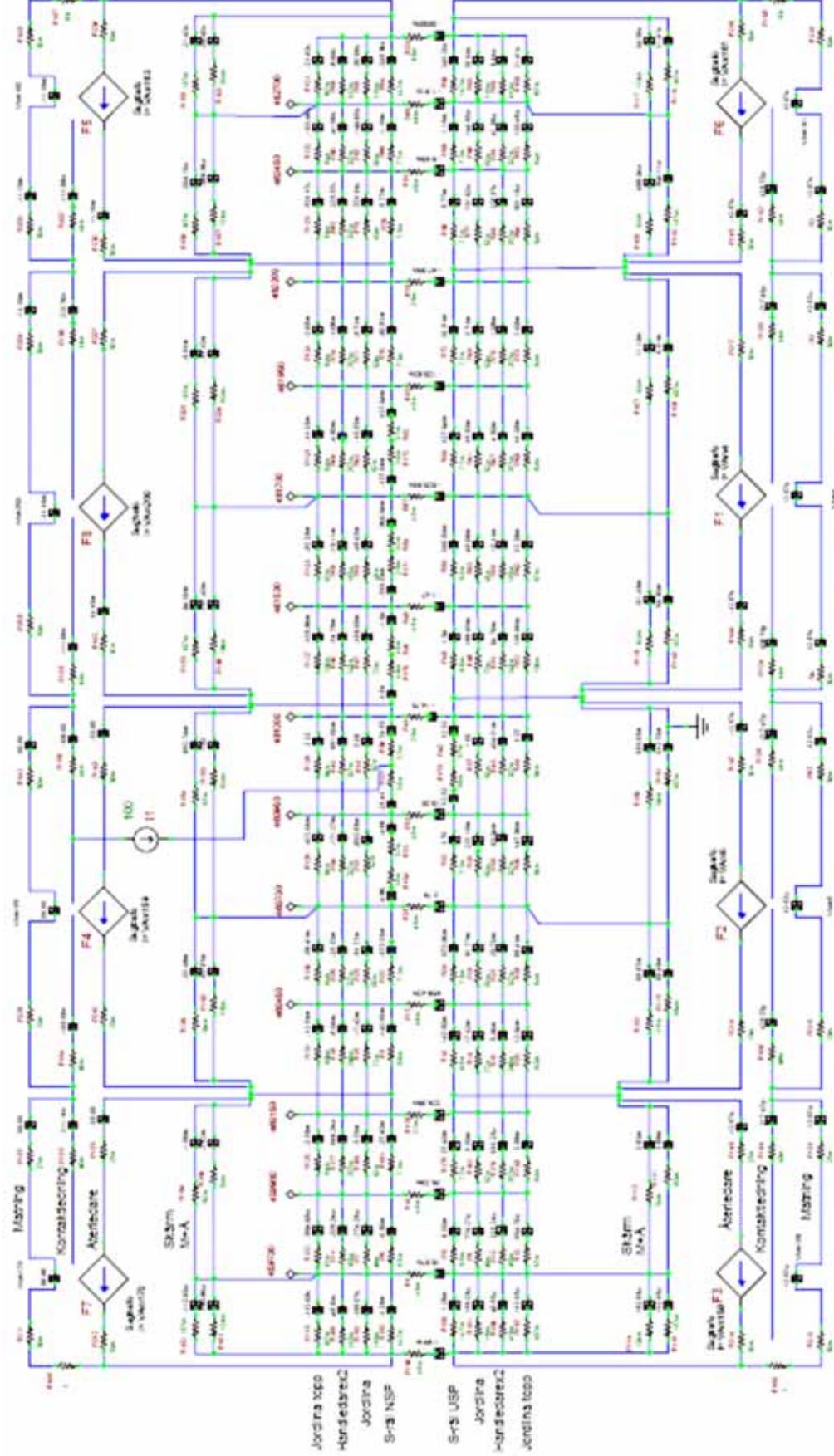
Figur 2.1 Schematisk bild av utmatningar, kontaktledningsavbrott, sugtransformatorer och tågpositioner N1 – N5 i kretssimuleringen. Det beräkningssnitt som använts vid simuleringarna är vid avståndet km 461+250.

2.1 Kretsmodell för tågposition N1 i enkelspårstunnel i berg

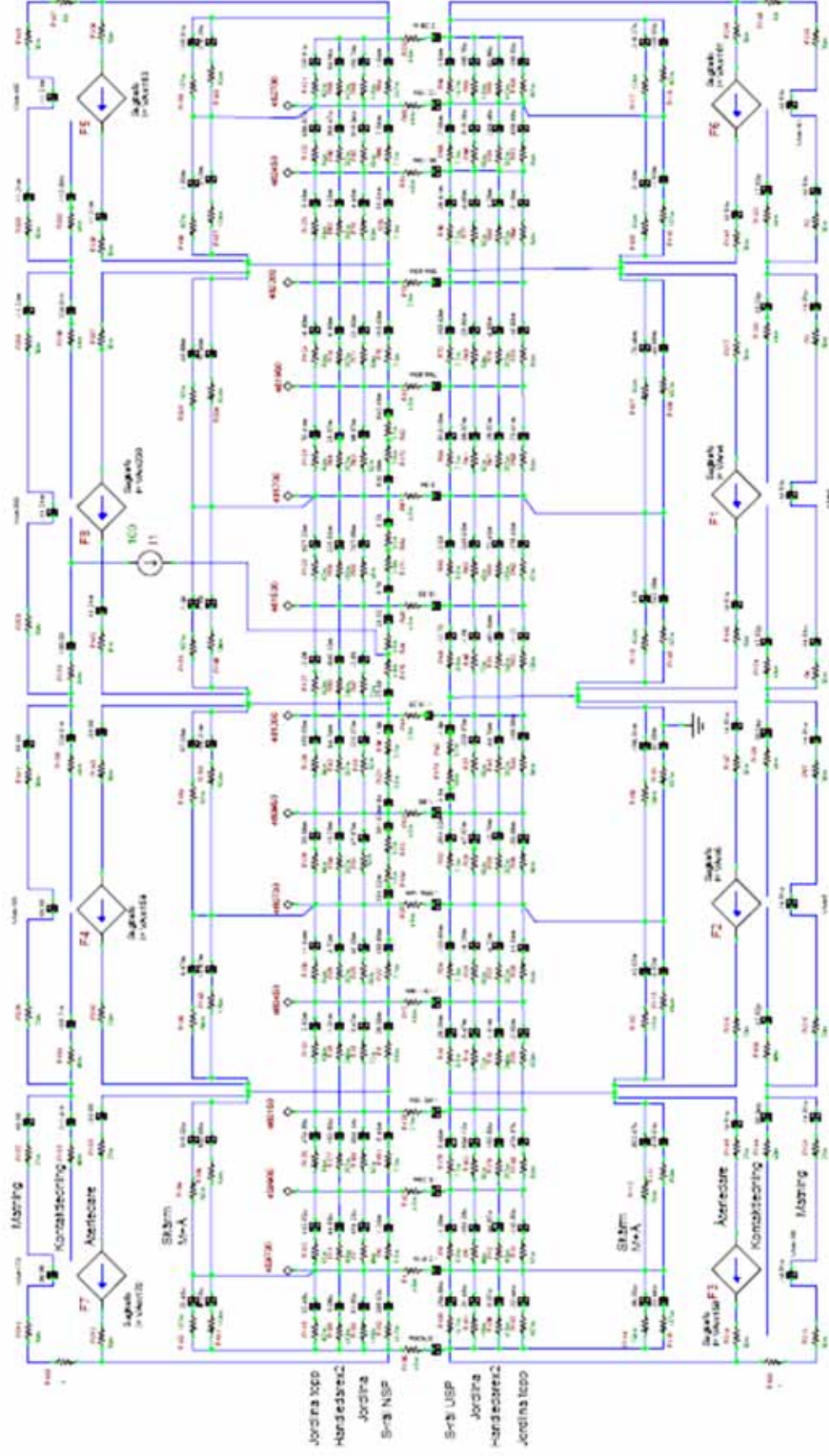




2.2 Kretsmodell för tågposition N2 i enkelspårstunnel i berg

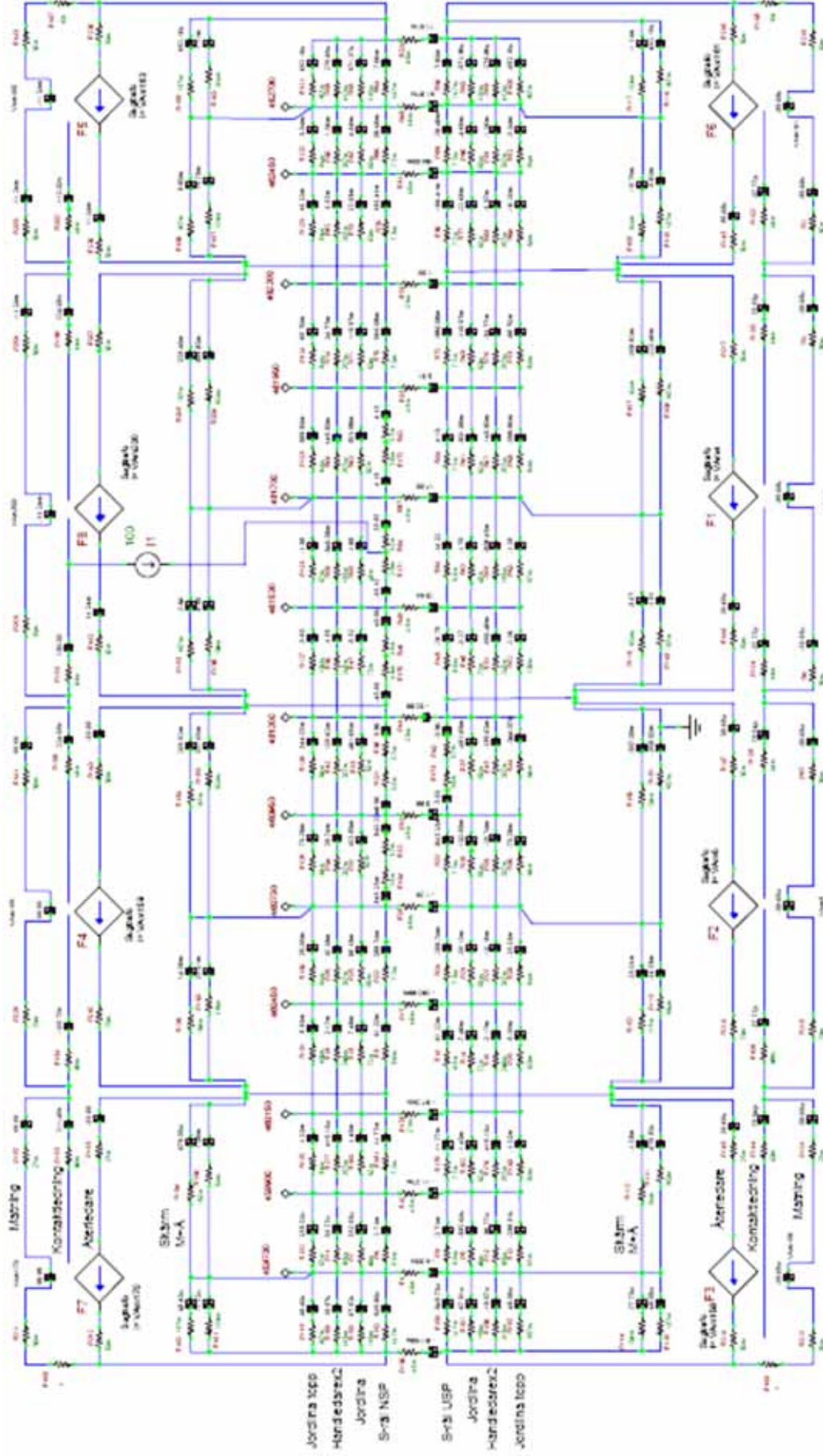


### 2.3 Kretsmodell för tågposition N3 i enkelspårstunnel i berg

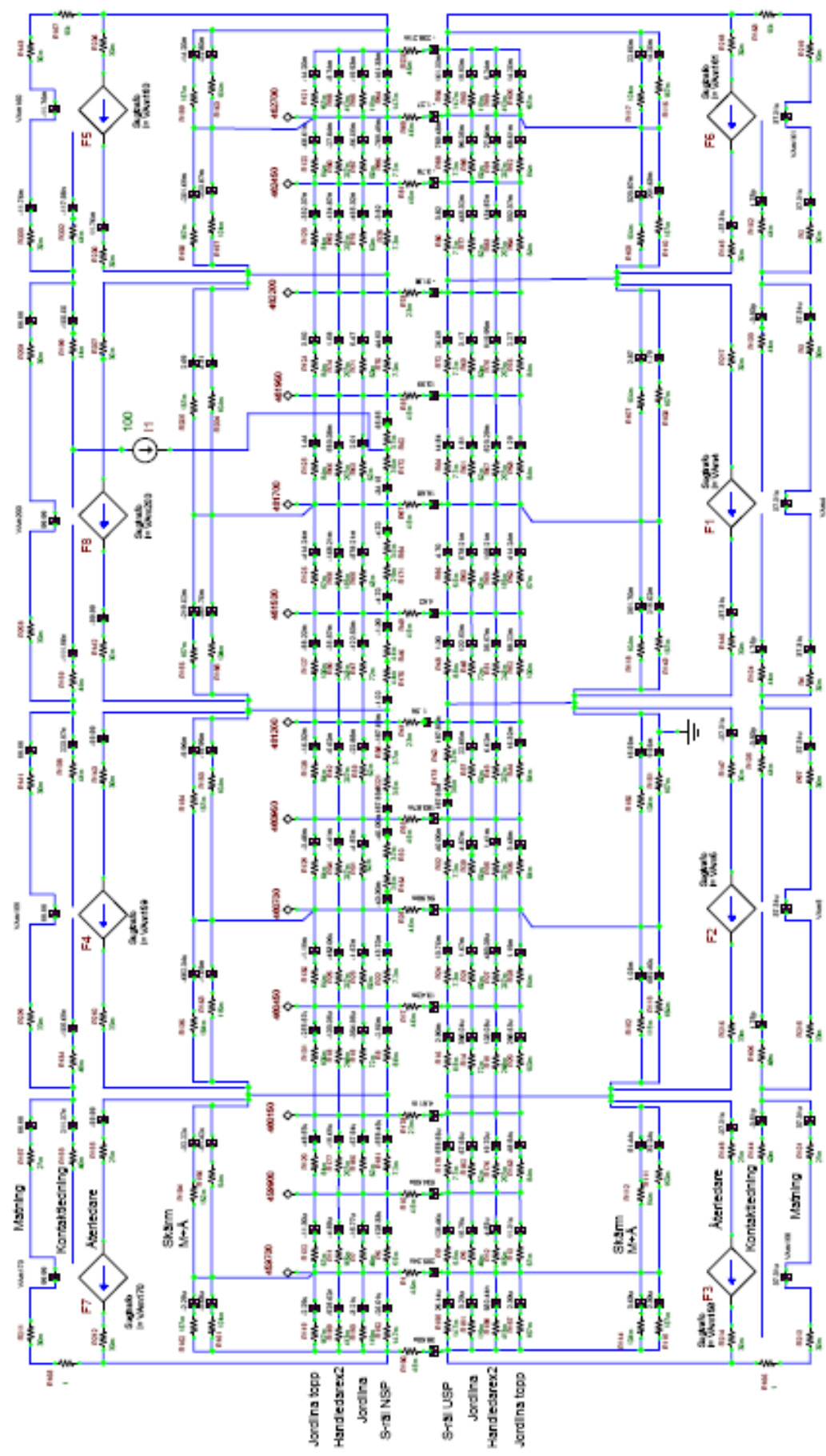




2.4 Kretsmodell för tågposition N4 i enkelspårstunnel i berg

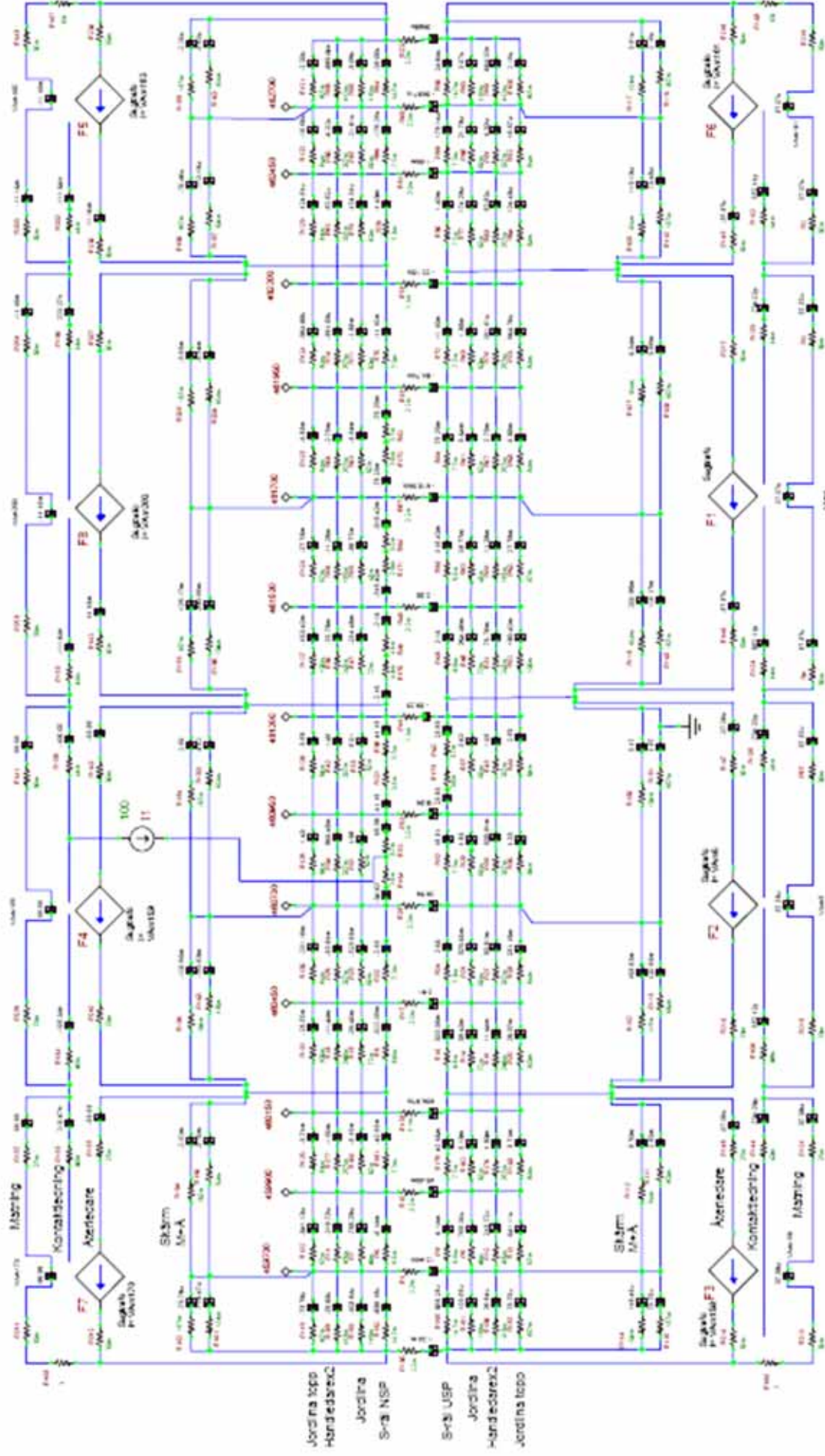


2.5 Kretsmodell för tågposition N5 i enkelspårstunnel i berg





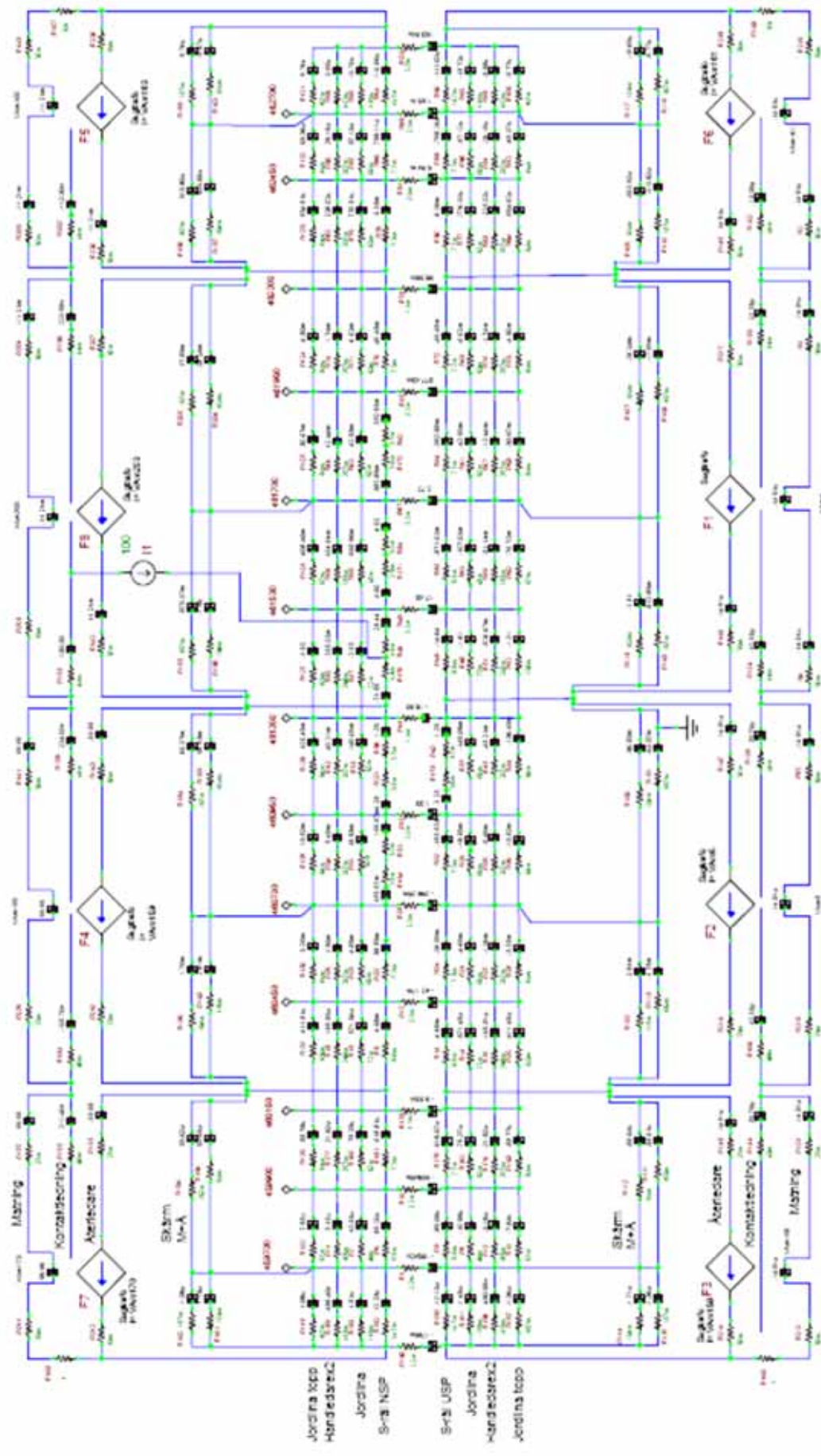
2.6 Kretsmodell för tågposition N1 för betongtunnel med mellanvägg





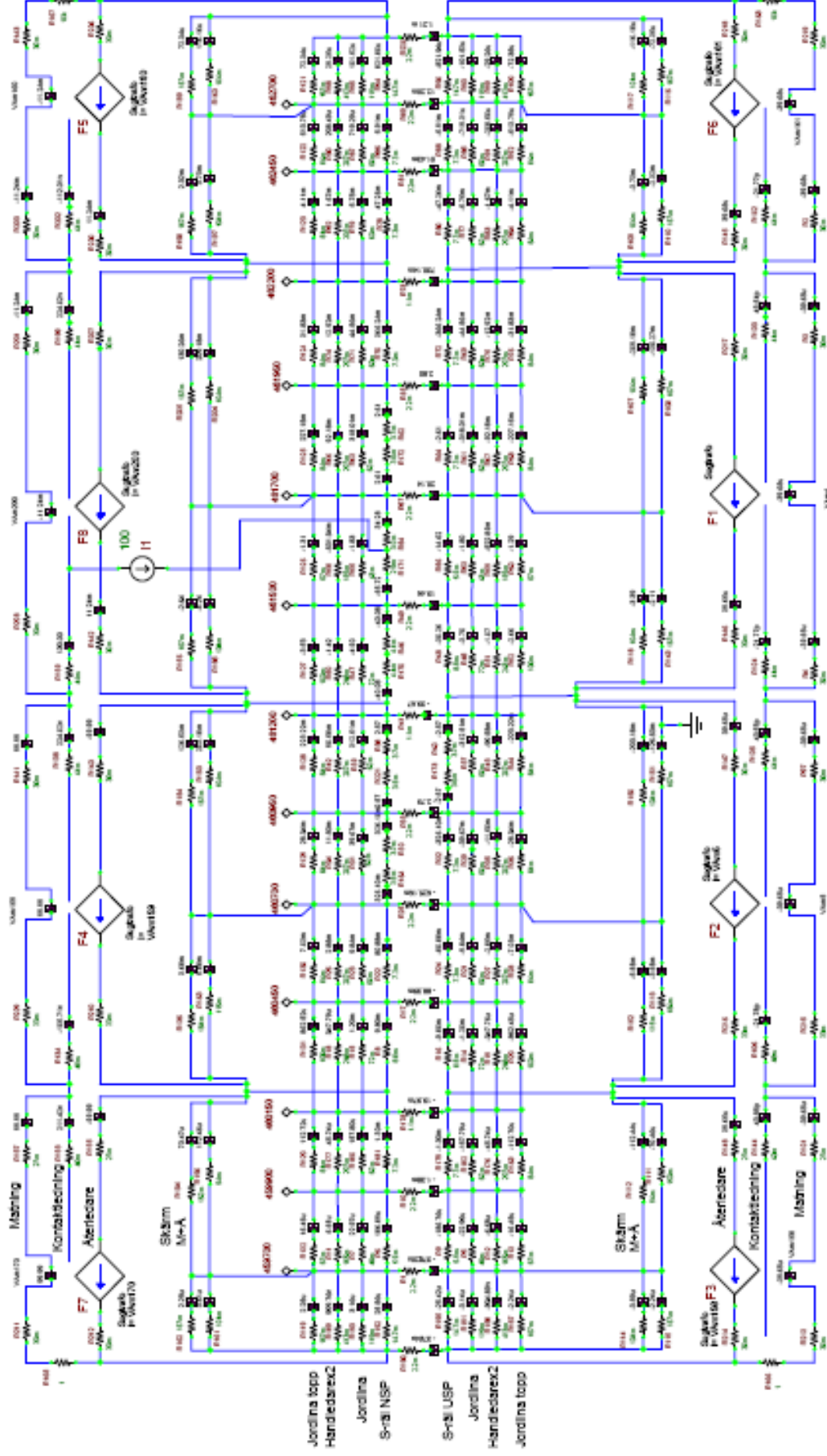


2.8 Kretsmodell för tågposition N3 för betongtunnel med mellanvägg

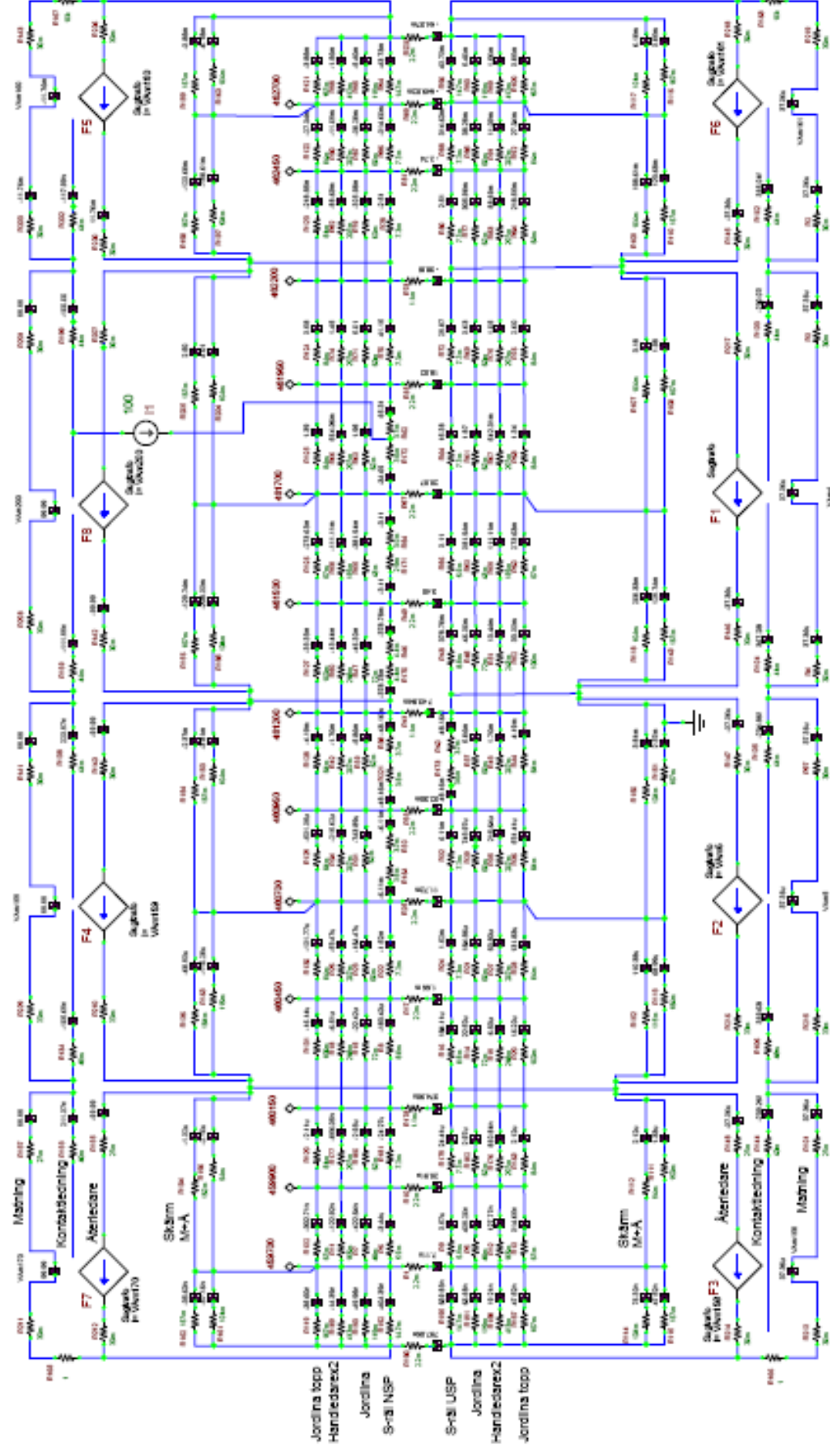




2.9 Kretsmodell för tågposition N4 för betongtunnel med mellanvägg



2.10 Kretsmodell för tågposition N5 för betongtunnel med mellanvägg



### 3 Uppskattning av topp- och årsmedelvärden

---

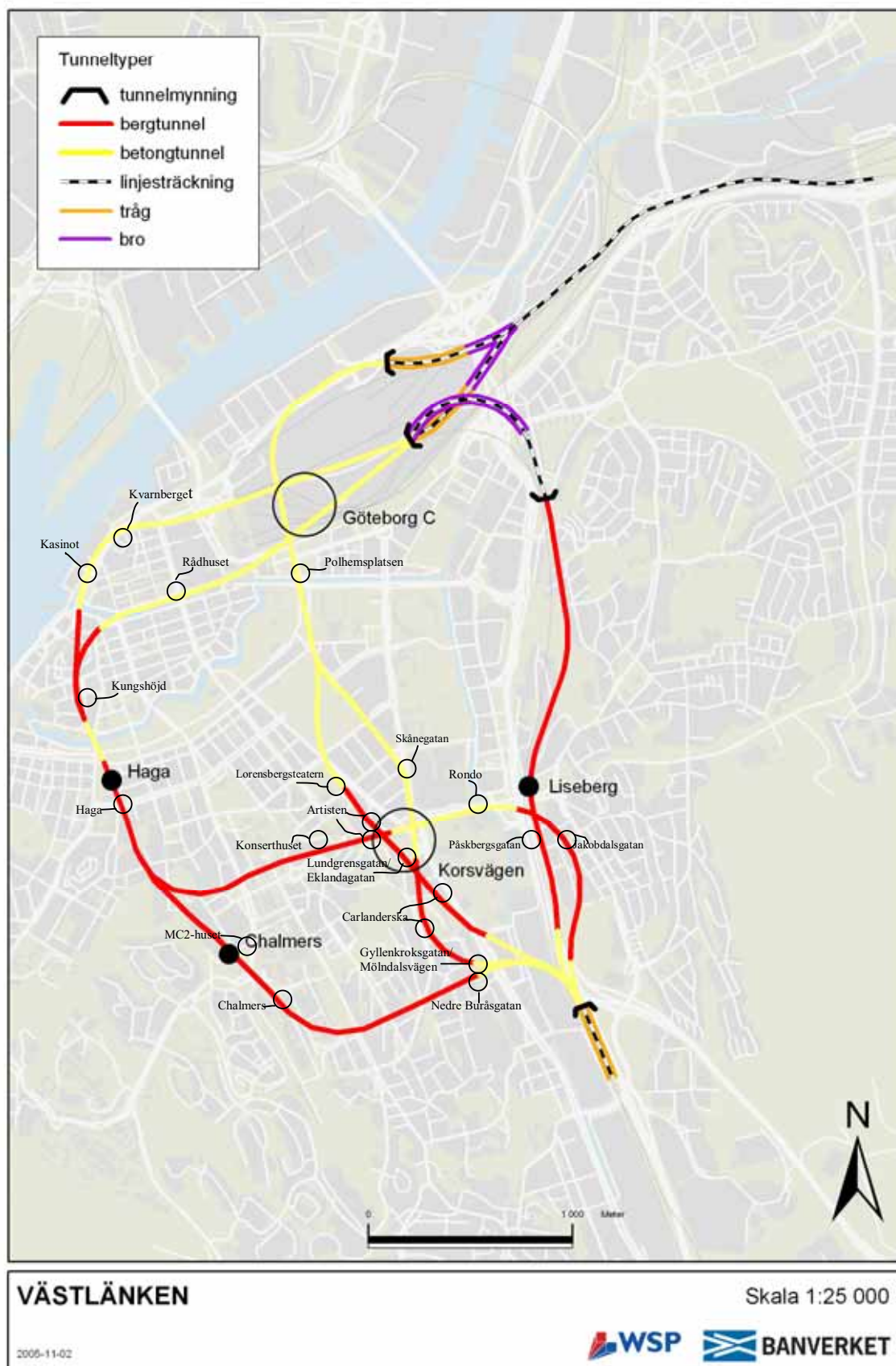
I detta avsnitt redovisas beräkningar av topp- och årsmedelvärden av magnetfält från tågtrafik i tunneln vid de mest närliggande byggnaderna för de olika sträckningarna. Beräkningspunkterna är tagna ur hänsyn till bostäder där kraven på årsmedelvärden skall uppfyllas samt byggnader med känsliga verksamheter som skulle kunna störas av magnetfälten. För de senare är det främst toppvärdena som är begränsande.

För dubbel- och trippelkopplade tåg innebär det att strömmen fördubblas eller tripplenas medan körtiden är oförändrad. I en magnetfältsdosberäkning kan därför dubbel och trippeltåg behandlas som två respektive tre enkeltåg. Dessa beräkningar genomförs för fallet två enkelspårstunnlar (c/c 19,4 m) när bergförläggning är aktuell och för fallet dubbelspårstunnlar i betong med mellanvägg i mitten (c/c 9,2 m) när förläggning i lera är aktuell. Alla stationer utom Göteborg C beräknas för två spår.

Beräkningarna har genomförts i en tvådimensionell modell som byggts upp i programmet Matlab. Strömmarna i samtliga ledare i beräkningssnittet ansätts enligt de tidigare redovisade strömberäkningarna och magnetfältsvektorerna från samtliga ledare i beräkningssnittet, beräknas genom vektorsumivering i varje punkt längs beräkningslinjen.

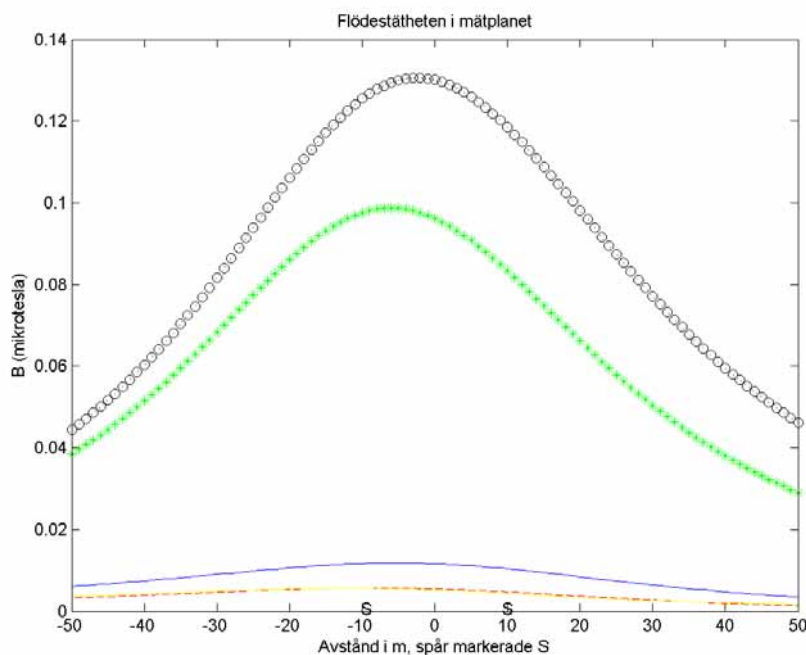
Översiktligt med utvalda beräkningspunkter återfinns i avsnitt 3.1 och beräkningar återfinns i avsnitt 3.2-3.16.

3.1 Utvalda byggnader för beräkning av elektromagnetiska fält



### 3.2 Uppskattning vid Kungshöjd på sträckningen Göteborg C – Haga – Korsvägen

Detta fall avser bostäder som ligger direkt över spåren vid Kungshöjd. Vi beräknar magnetfältet på höjden 36,9 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två enkelspårstunnel i berg med c/c 19,4 m vid km 458+800. I figur 3.1 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.1 Magnetfältet från två enkelspårstunnlar vid Kungshöjd för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 36,9 m över rök där de närmaste husen ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

Kurvorna är beräknade för enhetsströmmen 100 A, då resultatet är linjärt beroende på strömstyrkan fås t.ex. magnetfältet vid den beräknade medelströmmen på 116 A för ett enkelt norrgående X60 tåg, som magnetfältet vid 100 A (från figur 3.1) multiplicerat med 1,16.

I tabell 3.1 redovisas dygnsdosen vid ett hus direkt över spåren från alla tåg under ett dygn i två enkelspårstunnlar där enkla X31/51 tågen drar en medelström på 83 A södergående och 93 A norrgående och X60 tåg drar medelströmmen 102 A södergående och 116 A norrgående. Dygnsdosen vid närmaste hus blir enligt tabell 3.3 sammanlagt 3147  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,04  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,04  $\mu\text{T}$  vid närmaste hus.

Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 0,7  $\mu\text{T}$ .

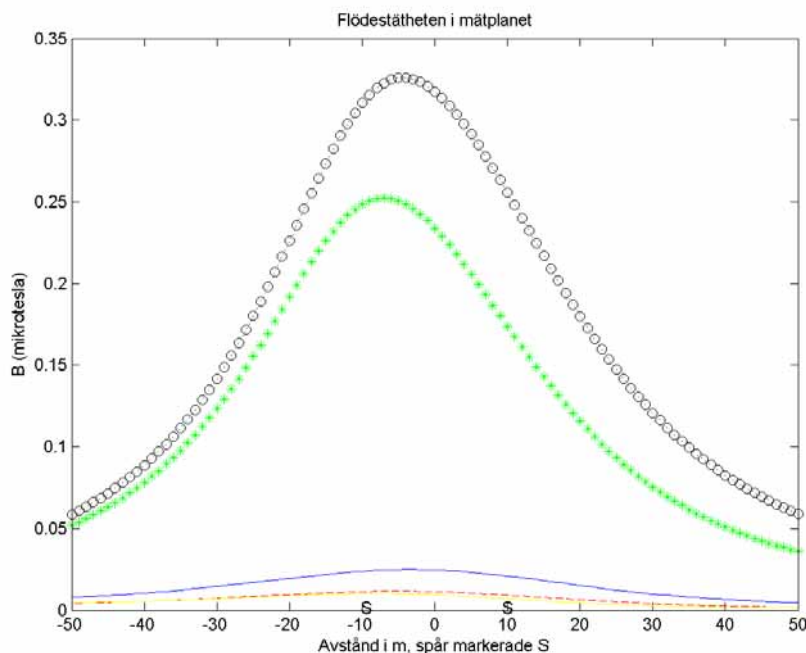


Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,001	116	500	73	0,05	184	9
1n X31/X51	0,001	93	500	76	0,04	153	6
1s X60	0,001	102	500	73	0,04	184	8
1s X31/X51	0,001	83	500	76	0,04	153	6
4n X60	0,151	116	500	73	5,50	184	1013
4n X31/X51	0,121	93	500	76	4,59	153	703
4s X60	0,122	102	500	73	4,47	184	822
4s X31/X51	0,100	83	500	76	3,78	153	579
Summa							3147

Tabell 3.1 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid närmaste hus för två enkelspårstunnlar vid Kungshöjd.

### 3.3 Uppskattning vid Artisten på sträckningen Göteborg C – Haga – Korsvägen

Detta fall avser en potentiellt känslig verksamhet, Artisten nära Götaplatsen, som ligger rakt över tunnelcentrum på sträckningen Göteborg C – Haga - Korsvägen. Vi beräknar magnetfältet på höjden 26,2 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en tvåspårsstation i berg c/c 19,4 m vid km 460+850. I figur 3.2 redovisas magnetfältet på höjden 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.2 Magnetfältet från dubbelspårsstation i berg vid Artisten för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 26,2 m över rök där Artistens närmaste punkt ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

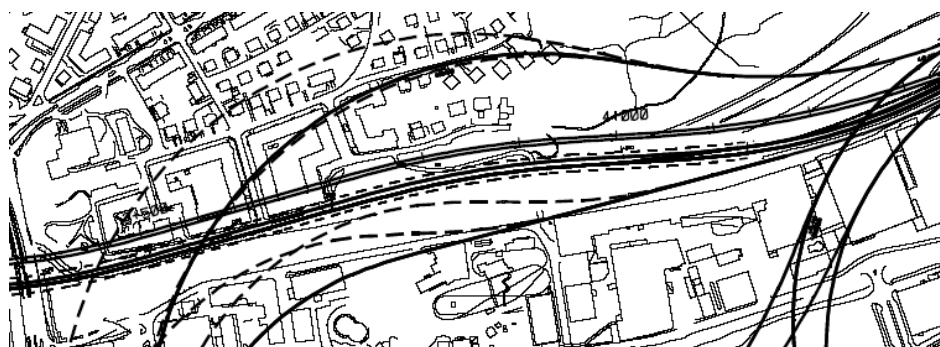
I tabell 3.2 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Artisten från alla tåg under ett dygn i dubbelspårsstationen blir enligt tabell 3.4 sammanlagt 7998  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,09  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,09  $\mu\text{T}$  vid Artisten. Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 1,8  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet bygger på ett tåg som accelererar för fullt vilket kan inträffa på denna sträcka då sektionen innehåller delar av en accelerationssträcka.

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per km	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,033	92	500	73	1,22	184	225
1n X31/X51	0,036	100	500	74	1,35	153	206
1s X60	0,028	77	500	73	1,02	184	188
1s X31/X51	0,034	93	500	74	1,25	153	192
4n X60	0,299	92	500	73	10,91	184	2008
4n X31/X51	0,325	100	500	74	12,03	153	1840
4s X60	0,246	77	500	73	8,99	184	1655
4s X31/X51	0,298	93	500	74	11,01	153	1685
Summa							7998

Tabell 3.2 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn, 1 m över mark vid Artisten för dubbelspårsstation sträckningen Göteborg C - Haga - Korsvägen.

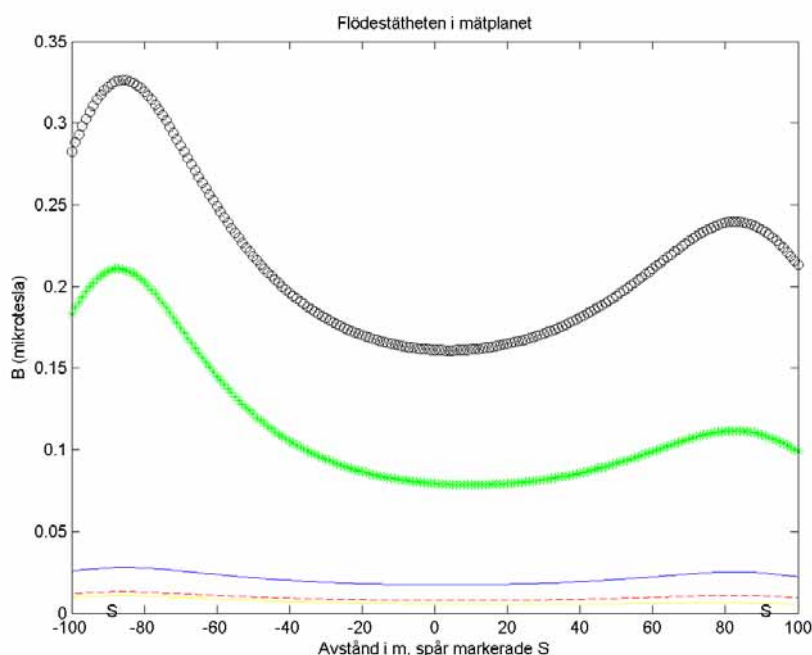
### 3.4 Uppskattning vid Jakobsdalsgatan på sträckningen Göteborg C – Haga – Korsvägen

Detta fall avser bostäder som ligger direkt över en enkelspårstunnel sträckningen Göteborg C - Haga - Korsvägen ansluter med två separerade enkelspårstunnlar till befintlig Gårdatunnel, se kartutsnitt nedan. Magnetfältsbidraget vid Jakobsdalsgatan simuleras med två enkelspårstunnlar på avståndet 180 m. Vid denna simulering är ej Gårdatunneln med, men då den ligger på mycket större avstånd, kommer enkelspårstunneln under Jakobsgatan att vara den dominerande källan. En felkälla med detta förfarande är att i strömmodellen finns tvärförbindelser mellan spåren var 300 m vilka sannolikt inte kommer att finnas på den aktuella sträckan. I detta skede är det en rad osäkerheter, varför resultatet får tolkas med viss försiktighet.



Karta över dragningen av enkelspårstunnlar vid Almedal för att ansluta till Gårdatunneln





Figur 3.3 Magnetfältet från två enkelspårstunnlar vid Jakobsgatan för tågfall 1 – 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 28,8 m över rök där de närmaste husen ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

Vi beräknar magnetfältet på höjden 28,8 m över rök dvs. 1 m över mark på avståndet km 461+900. I figur 3.3 redovisas magnetfältet på höjden 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per km	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,017	67	500	42	0,35	184	65
1n X31/X51	0,009	36	500	42	0,19	153	29
1s X60	0,028	93	500	40	0,56	184	103
1s X31/X51	0,020	68	500	42	0,43	153	66
4n X60	0,161	67	500	42	3,38	184	621
4n X31/X51	0,086	36	500	42	1,81	153	278
4s X60	0,300	93	500	40	6,01	184	1105
4s X31/X51	0,220	68	500	42	4,61	153	706
Summa							2972

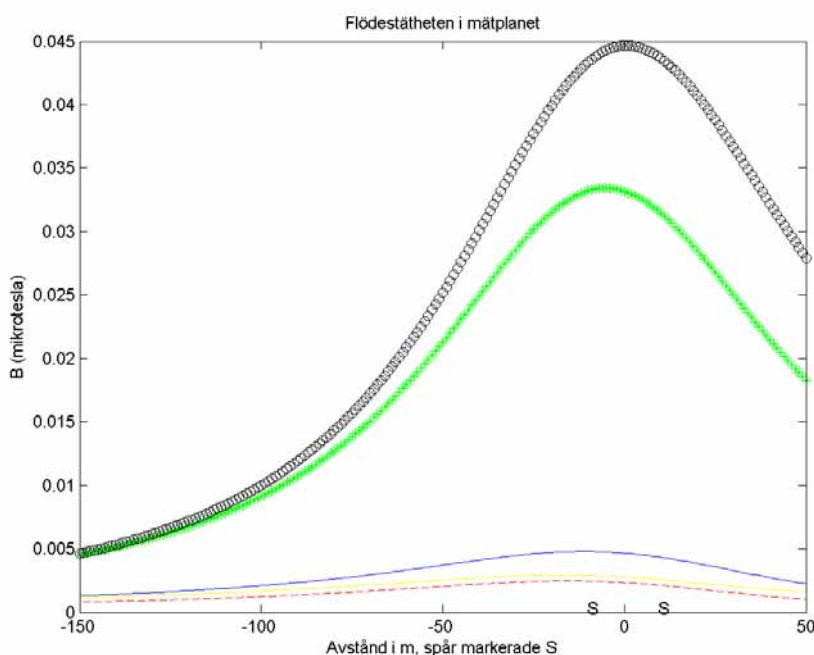
Tabell 3.3 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid närmaste hus för två enkelspårstunnlar vid Jakobsdalsgatan.

I tabell 3.3 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Jakobsdalsgatan från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.5 sammanlagt 2972  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,03  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,03  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 1,7  $\mu\text{T}$ .

### 3.5 Uppskattning vid Chalmers MC2-huset på sträckningen Göteborg C – Haga – Chalmers

Detta fall avser MC2-huset på Chalmersområdet där huset vilket ligger 125 m i sidled från tunnelcentrum på sträckningen Göteborg C - Haga - Chalmers. I MC2-huset finns störningskänslig apparatur, bl.a. elektronstrålelitografer som stör av toppmagnetfält överstigande  $0,1 \mu\text{T}$ .

Vi beräknar magnetfältet på höjden 64,5 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för stationsläge med två enkelspårstunnlar i berg med c/c 19,4 m avstånd km 460+290. I figur 3.4 redovisas magnetfältet på höjden 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.4 Magnetfältet från tvåspårsstation vid Chalmers MC2-hus för tågfall 1 – 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 64,5 m över rök där huset ligger 125 m i sidled.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

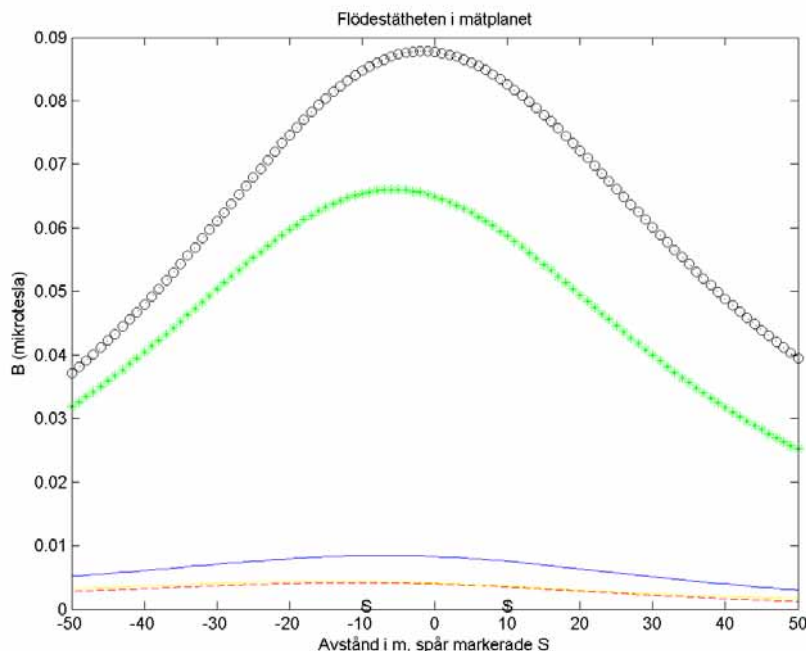
I tabell 3.4 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid MC2-huset från alla tåg under ett dygn i dubbelspårsstationen blir enligt tabell 3.6 sammanlagt  $265 \mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på  $0,003 \mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till  $0,003 \mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir  $0,04 \mu\text{T}$ .

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per km	Dos ( $\mu\text{Ts}$ )	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{Ts}$ )
1n X60	0,001	73	500	73	0,05	184	10
1n X31/X51	0,002	95	500	74	0,07	153	11
1s X60	0,002	114	500	75	0,09	184	16
1s X31/X51	0,003	125	500	87	0,11	153	17
4n X60	0,006	73	500	73	0,21	184	39
4n X31/X51	0,008	95	500	74	0,28	153	43
4s X60	0,009	114	500	75	0,34	184	63
4s X31/X51	0,010	125	500	87	0,44	153	67
Summa							265

Tabell 3.4 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn, 1 m över mark vid MC2-huset på Chalmersområdet för tvåspårsstation sträckningen Göteborg C – Haga – Chalmers.

### 3.6 Uppskattning vid Chalmers SSPA huset på sträckningen Göteborg C – Haga – Chalmers

Detta fall avser hus på Chalmersområdet där det närmaste huset torde vara SSPA-huset vilket ligger rakt över tunnelcentrum på sträckningen Göteborg C - Haga - Chalmers. En av de planerade sträckningarna passerar även rakt under EDIT-huset, men här är bergtäckningen något större. Vi beräknar magnetfältet på höjden 47,5 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för två enkelspårstunnlar i berg med c/c 19,4 m på avståndet km 460+600. I figur 3.5 redovisas magnetfältet på höjden 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.5 Magnetfältet från två enkelspårstunnlar vid Chalmers SSPA-hus för **tågfall 1 - 5** vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 47,5 m över rök där de närmaste husen ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

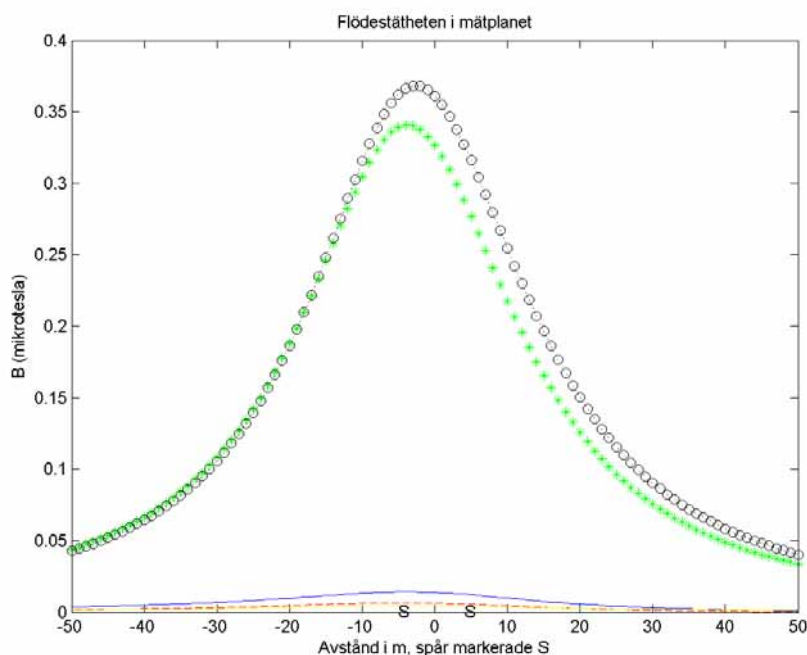
I tabell 3.5 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid SSPA-huset från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.7 sammanlagt 2541  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,03  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,03  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 0,47  $\mu\text{T}$ .

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per km	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,006	73	500	73	0,21	184	39
1n X31/X51	0,008	95	500	74	0,28	153	43
1s X60	0,009	114	500	75	0,34	184	63
1s X31/X51	0,010	125	500	87	0,44	153	67
4n X60	0,064	73	500	73	2,34	184	431
4n X31/X51	0,084	95	500	74	3,09	153	473
4s X60	0,100	114	500	75	3,76	184	692
4s X31/X51	0,110	125	500	87	4,79	153	732
Summa							2541

Tabell 3.5 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn, 1 m över mark vid SSPA-huset på Chalmersområdet för två enkelspårstunnlar sträckningen Göteborg C – Haga - Chalmers.

### 3.7 Uppskattning vid Nedre Buråsgatan på sträckningen Göteborg C – Haga – Chalmers

Detta fall avser bostäder som ligger direkt över tunneln på Nedre Buråsgatan. Vi beräknar magnetfältet på höjden 21,6 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två betongenkelspårstunnlar skilda av mellanvägg med c/c 9,2 m vid km 461+750. I figur 3.6 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.6 Magnetfältet från två betongenkelspårstunnlar vid Nedre Buråsgatan för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 21,6 m över rök där de närmaste husen ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

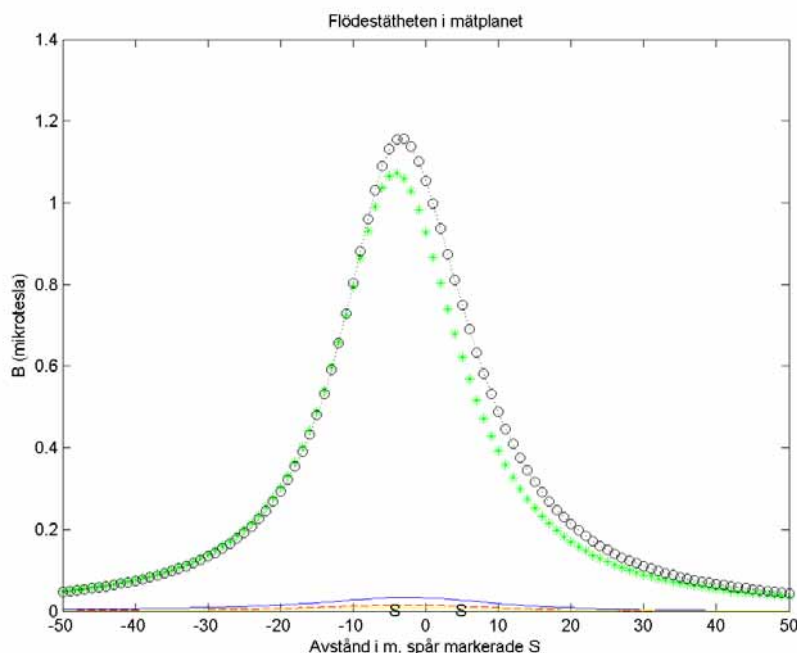
I tabell 3.6 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där "1n" avser norrgående tåg position 1 och "1s" avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid närmsta hus på Nedre Buråsgatan från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.8 sammanlagt 3904  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,05  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,05  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 2,0  $\mu\text{T}$ .

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,011	52	500	50	0,29	184	53
1n X31/X51	0,003	15	500	50	0,08	153	13
1s X60	0,020	93	500	50	0,51	184	94
1s X31/X51	0,016	73	500	50	0,40	153	61
4n X60	0,187	52	500	50	4,68	184	861
4n X31/X51	0,054	15	500	50	1,35	153	207
4s X60	0,344	93	500	50	8,60	184	1583
4s X31/X51	0,270	73	500	50	6,75	153	1033
Summa							3904

Tabell 3.6 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid närmaste hus för två betongenkelspårstunnlar vid Nedre Buråsgatan.

### 3.8 Uppskattning vid Kasinot på sträckningen Göteborg C – Haga – Chalmers via Älvstranden

Detta fall avser verksamhet som ligger 16 m vid sidan av tunneln. Vi beräknar magnetfältet på höjden 13,7 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två betongenkelspårstunnlar skilda av mellanvägg med c/c 9,2 m vid km 458+150. I figur 3.7 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.7 Magnetfältet från två betongenkelspårstunnlar vid Kasinot för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 13,7 m över rök. Kasinot ligger 16 m ut i sidled från tunnelcentrum.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

I tabell 3.7 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Kasinot från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.9 sammanlagt 5036  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,06  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,06  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 2,4  $\mu\text{T}$ .

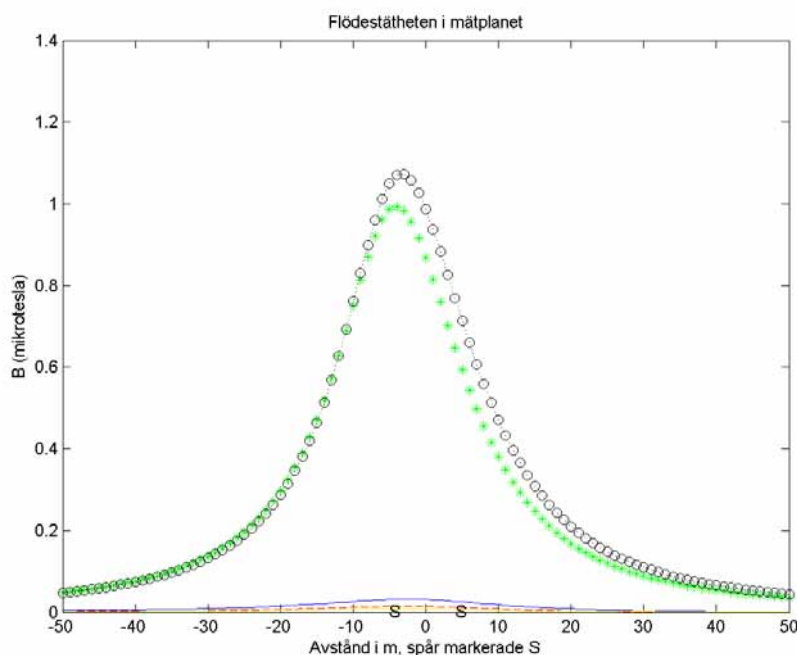
Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,017	72	500	45	0,37	184	69
1n X31/X51	0,013	56	500	45	0,29	153	44
1s X60	0,027	116	500	46	0,61	184	113
1s X31/X51	0,016	71	500	46	0,38	153	57
4n X60	0,317	72	500	45	7,13	184	1312
4n X31/X51	0,246	56	500	45	5,54	153	848
4s X60	0,406	116	500	46	9,34	184	1718
4s X31/X51	0,249	71	500	46	5,72	153	874
Summa							5036

Tabell 3.7 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid närmaste hus för två betongenkelspårstunnlar vid Kasinot.



### 3.9 Uppskattning vid Rådhuset på sträckningen Göteborg C – Haga – Chalmers via St. Hamnkanalen

Detta fall avser verksamhet som ligger 19 m vid sidan av tunneln. Vi beräknar magnetfältet på höjden 14,1 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två betongenkelspårstunlar skilda av mellanvägg med c/c 9,2 m vid km 457+710. I figur 3.8 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.8 Magnetfältet från två betongenkelspårstunlar vid Rådhuset för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 14,1 m över rök. Rådhuset ligger 19 m ut i sidled från tunnelcentrum.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

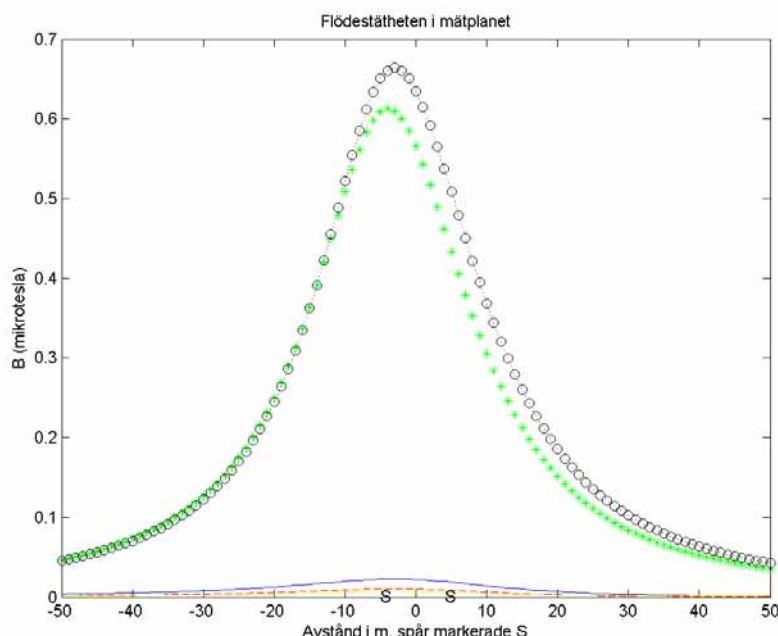
I tabell 3.8 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där "1n" avser norrgående tåg position 1 och "1s" avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Rådhuset från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.10 sammanlagt 5289  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,06  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,06  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 1,1  $\mu\text{T}$ .

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,018	99	500	74	0,66	184	121
1n X31/X51	0,016	87	500	73	0,57	153	87
1s X60	0,018	99	500	74	0,66	184	121
1s X31/X51	0,016	87	500	73	0,57	153	87
4n X60	0,208	99	500	74	7,69	184	1415
4n X31/X51	0,183	87	500	73	6,67	153	1020
4s X60	0,208	99	500	74	7,69	184	1415
4s X31/X51	0,183	87	500	73	6,67	153	1020
Summa							5289

Tabell 3.8 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Rådhuset för två betongenkelspårstunnlar vid sträckningen via St. Hamnkanalen.

### 3.10 Uppskattning vid Polhemsplatsen på sträckningen Göteborg C – Korsvägen via Johannebergsgatan

Detta fall avser bostäder som ligger rakt över tunneln. Vi beräknar magnetfältet på höjden 17 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två betongenkelspårstunnlar skilda av mellanvägg med c/c 9,2 m vid km 457+650. Denna punkt ligger efter 25 m söder om plattformsslut vid Göteborg C. Spåren går här ihop från fyra spår vid stationen till två spår vid beräkningspunkten. Beräkningen har utförts för tvåspårsgeometri vilket är riktigt vid beräkningspunkten. Då beräkningen sker i övergången samt nära Göteborg C är denna beräkning förknippad med en större osäkerhet. I figur 3.9 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.9 Magnetfältet från två betongenkelspårstunnlar vid Polhemsplatsen för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 17 m över rök där de närmaste husen ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

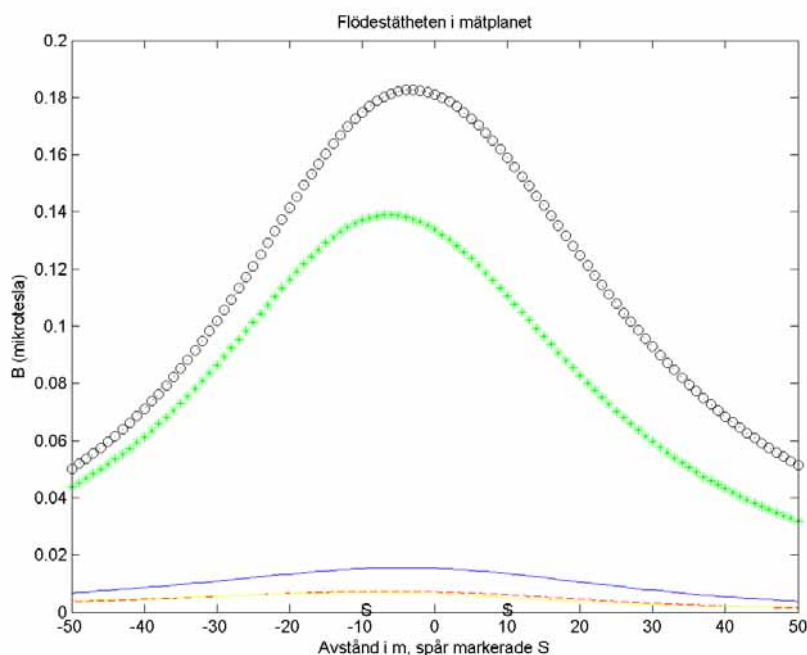
I tabell 3.9 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Polhemsplatsen från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.11 sammanlagt 14744  $\mu\text{T}$ , vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,17  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,17  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 3,6  $\mu\text{T}$ .

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,024	106	500	73	0,89	184	164
1n X31/X51	0,020	89	500	74	0,76	153	116
1s X60	0,019	83	500	73	0,70	184	128
1s X31/X51	0,016	70	500	72	0,58	153	89
4n X60	0,700	106	500	73	25,54	184	4699
4n X31/X51	0,587	89	500	74	21,73	153	3325
4s X60	0,548	83	500	73	19,99	184	3679
4s X31/X51	0,462	70	500	72	16,63	153	2545
Summa							14744

Tabell 3.11 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Polhemsplatsen för två betongenkelspårstunnlar vid sträckningen via Johannebergsgatan.

### 3.11 Uppskattning vid Carlanderska på sträckningen Göteborg C – Korsvägen via Johannebergsgatan

Detta fall avser verksamhet som ligger rakt över tunneln. Vi beräknar magnetfältet på höjden 34 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två enkelspårstunnel i berg med c/c 19,4 m vid km 459+550. I figur 3.10 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.10 Magnetfältet från två enkelspårstunnlar i berg vid Carlanderska för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 34 m över rök där de närmaste husen ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

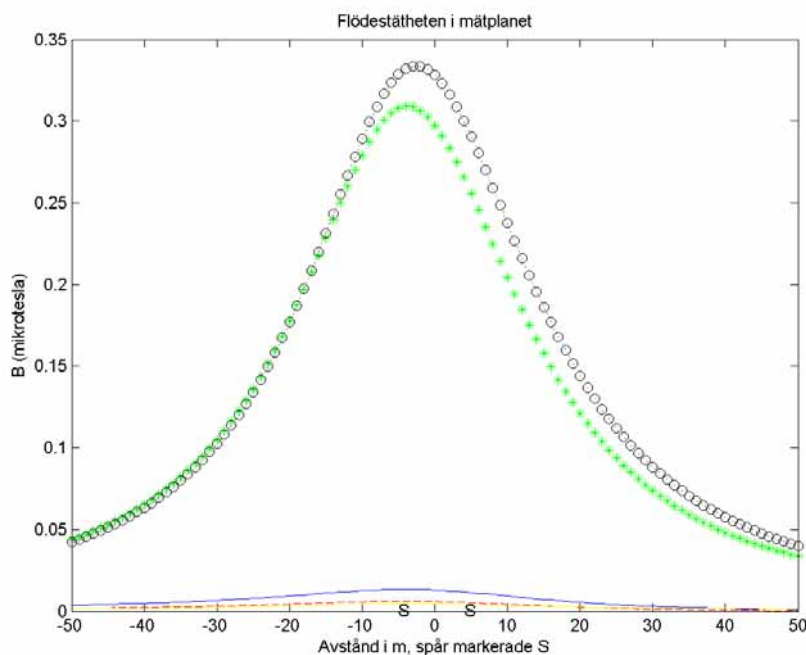
I tabell 3.10 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där "In" avser norrgående tåg position 1 och "Is" avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Carlanderska från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.12 sammanlagt 4256  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,05  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,05  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 1,0  $\mu\text{T}$ .

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,017	105	500	69	0,58	184	107
1n X31/X51	0,015	92	500	69	0,51	153	78
1s X60	0,015	92	500	68	0,50	184	92
1s X31/X51	0,013	79	500	68	0,43	153	66
4n X60	0,192	105	500	69	6,63	184	1220
4n X31/X51	0,168	92	500	69	5,81	153	889
4s X60	0,168	92	500	68	5,72	184	1053
4s X31/X51	0,145	79	500	68	4,92	153	752
Summa							4256

Tabell 3.10 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Carlanderska för två enkelspårstunnlar i berg vid sträckningen via Johannebergsgatan.

### 3.12 Uppskattning vid Lorensbergsteatern på sträckningen Göteborg C – Korsvägen via Johannebergsgatan

Detta fall avser verksamhet som ligger 19 m vid sidan av tunneln. Vi beräknar magnetfältet på höjden 22,5 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två betongenkelspårstunnlar skilda av mellanvägg med c/c 9,2 m vid km 458+850. I figur 3.11 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg..



Figur 3.11 Magnetfältet från två betongenkelspårstunnlar vid Lorensbergsteatern för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 22,5 m över rök. Lorensbergsteatern ligger 19 m ut i sidled från tunnelcentrum.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

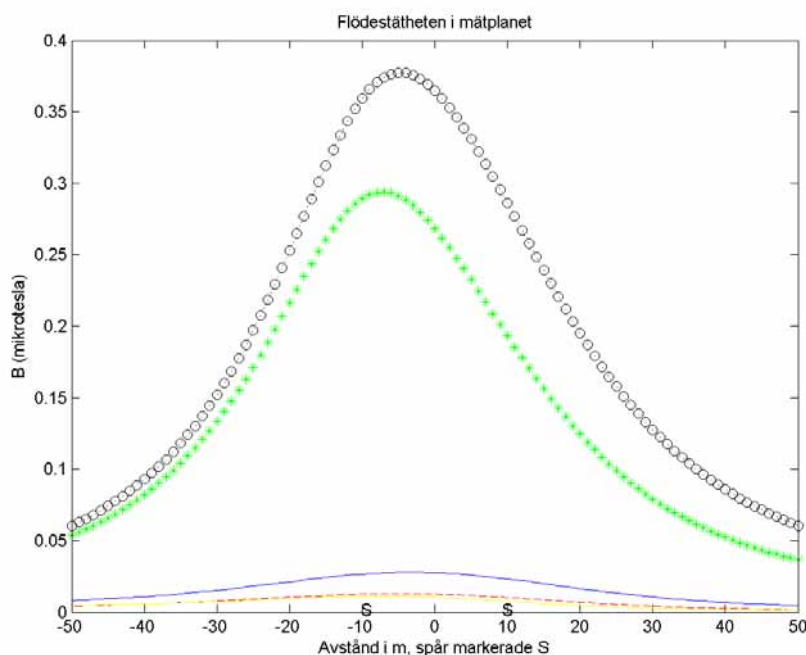
I tabell 3.11 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Lorensbergsteatern från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.13 sammanlagt 3861  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,05  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,05  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 1,0  $\mu\text{T}$ .

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,009	105	500	69	0,33	184	60
1n X31/X51	0,008	92	500	69	0,29	153	44
1s X60	0,008	92	500	68	0,28	184	52
1s X31/X51	0,007	79	500	68	0,24	153	37
4n X60	0,200	105	500	69	6,88	184	1266
4n X31/X51	0,175	92	500	69	6,03	153	923
4s X60	0,138	92	500	68	4,69	184	863
4s X31/X51	0,119	79	500	68	4,03	153	616
Summa							3861

Tabell 3.11 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Lorensbergsteatern för två betongenkelspårstunnlar vid sträckningen via Johannebergsgatan.

### 3.13 Uppskattning vid Lundgrensgatan/Eklandagatan på sträckningen Göteborg C – Korsvägen via Johannebergsgatan

Detta fall avser bostäder som ligger rakt över tunneln. Vi beräknar magnetfältet på höjden 24,5 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två enkelspårstunnel i berg med c/c 19,4 m vid km 459+350. I figur 3.12 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.12 Magnetfältet från två enkelspårstunnlar i berg vid Lundgrensgatan/Eklandagatan för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 24,5 m över rök där de närmaste husen ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

I tabell 3.12 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där "1n" avser norrgående tåg position 1 och "1s" avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Lundgrensgatan/Eklandagatan från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.14 sammanlagt 8451  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,10  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,10  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 2,1  $\mu\text{T}$ .

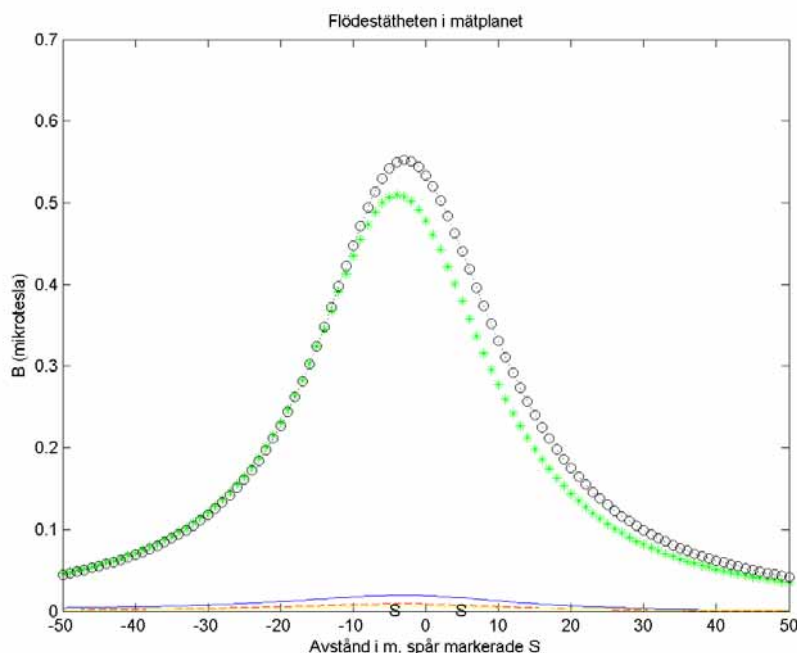


Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,030	105	500	69	1,05	184	193
1n X31/X51	0,027	92	500	69	0,92	153	141
1s X60	0,027	92	500	68	0,91	184	167
1s X31/X51	0,023	79	500	68	0,78	153	119
4n X60	0,399	105	500	69	13,77	184	2533
4n X31/X51	0,350	92	500	69	12,06	153	1845
4s X60	0,322	92	500	68	10,95	184	2014
4s X31/X51	0,277	79	500	68	9,40	153	1438
Summa							8451

Tabell 3.12 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Lundgrensgatan/Eklandagatan för två enkelspårstunnlar i berg vid sträckningen via Johannebergsgatan.

### 3.14 Uppskattning vid Skånegatan på sträckningen Göteborg C – Korsvägen via Skånegatan

Detta fall avser bostäder som ligger 11 m vid sidan av tunneln. Vi beräknar magnetfältet på höjden 18,3 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två betongenkelspårstunnlar skilda av mellanvägg med c/c 9,2 m vid km 458+800. I figur 3.13 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg..



Figur 3.13 Magnetfältet från två betongenkelspårstunnlar vid Skånegatan för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 18,3 m över rök. Husen ligger 11 m ut i sidled från tunnelcentrum.  
Tågfall 1 blå linje.  
Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.  
Tågfall 3 grön linje.  
Tågfall 4 svart linje.  
Tågfall 5 gul linje.

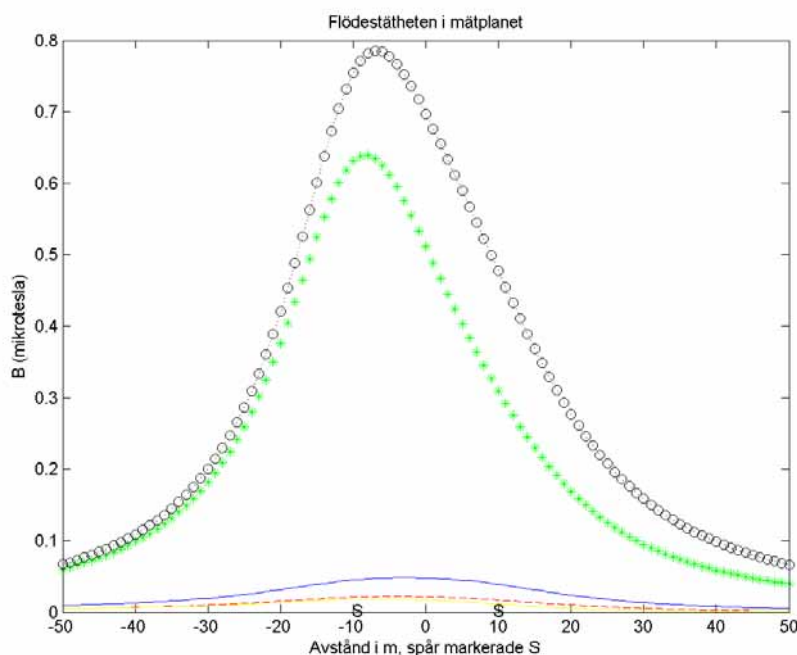
I tabell 3.13 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Skånegatan från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.15 sammanlagt 10002  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,12  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,12  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 2,6  $\mu\text{T}$ .

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,018	96	500	73	0,67	184	122
1n X31/X51	0,016	83	500	73	0,58	153	88
1s X60	0,014	103	500	73	0,53	184	97
1s X31/X51	0,012	89	500	74	0,46	153	71
4n X60	0,461	96	500	73	16,82	184	3095
4n X31/X51	0,398	83	500	73	14,54	153	2225
4s X60	0,371	103	500	73	13,53	184	2490
4s X31/X51	0,320	89	500	74	11,85	153	1814
Summa							10002

Tabell 3.13 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Skånegatan för två betongenkelspårstunnlar vid sträckningen via Skånegatan.

### 3.15 Uppskattning vid Gyllenkrokgatan/Mölnsdalsvägen på sträckningen Göteborg C – Korsvägen via Skånegatan

Detta fall avser bostäder som ligger rakt över tunneln. Vi beräknar magnetfältet på höjden 17,5 m över rök dvs. 1 m över mark. Beräkningen genomförs för en två enkelspårstunnel i berg med c/c 19,4 m vid km 459+950. I figur 3.14 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg.



Figur 3.14 Magnetfältet från två enkelspårstunnlar i berg vid Gyllenkrokgatan/Mölnsdalsvägen för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 17,5 m över rök där de närmaste husen ligger.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

I tabell 3.14 redovisas strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i sektionen där "1n" avser norrgående tåg position 1 och "1s" avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Gyllenkrokgatan/Mölnsdalsvägen från alla tåg under ett dygn i tunneln blir enligt tabell 3.16 sammanlagt 4414  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,05  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,05  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid största strömförbrukning 540 A från ett trippelkopplat X31/X51 tågset som accelererar maximalt blir 4,3  $\mu\text{T}$ .

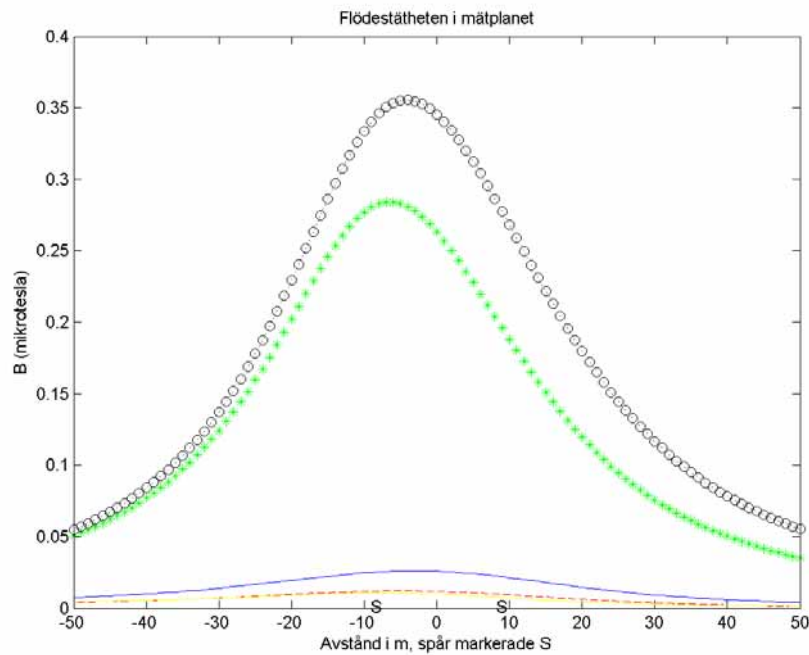
Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,016	34	500	41	0,33	184	62
1n X31/X51	0,007	15	500	41	0,15	153	23
1s X60	0,031	64	500	43	0,66	184	122
1s X31/X51	0,018	38	500	41	0,37	153	57
4n X60	0,235	34	500	41	4,81	184	885
4n X31/X51	0,104	15	500	41	2,12	153	325
4s X60	0,506	64	500	43	10,87	184	2000
4s X31/X51	0,300	38	500	41	6,15	153	942
Summa							4414

Tabell 3.14 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Gyllenkrokgatan/Mölnsdalsvägen för två enkelspårstunnlar i berg vid sträckningen via Skånegatan.

### 3.16 Uppskattning vid Påskbergsgatan på sträckningen Göteborg C – Liseberg

I detta utredningsalternativ byggs en ny Västlänkstunnel parallellt med den befintliga Gårdatunneln. I de övriga utredningsalternativen går godstrafiken i Gårdatunneln och persontrafiken i Västlänkstunneln. I Förstärkningsalternativet är det tvärt om, godstrafiken går i den nya tunneln och persontrafiken i Gårdatunneln. Västlänkstunneln beräknas som tidigare för ”värsta fall” dvs. två enkelspårstunnlar i berg. Gårdatunneln är en dubbelspårstunnel och beräknas enligt tvärsnittet i ritning M16-01-22 ”Dubbelspårstunnel berg”, daterad 050304.

Detta fall avser bostäder i ett större hus som ligger rakt över eller nära båda tunnlarna. Vi beräknar magnetfältet på höjden 19,6 m över rök dvs. 1 m över mark samt 4 m i sidled för Gårdatunneln och rakt över, 22,9 m över rök för Västlänkstunneln. Beräkningen genomförs för Västlänkstunneln för två enkelspårstunnlar i berg med c/c 19,4 m och för Gårdatunneln för en dubbelspårstunnel i berg med c/c 4,5 m i bägge fallen vid km 3+600. Beräkningarna genomförs för en tunnel i taget. För beräkning av årsmedelvärdet gör också en sammanlagring av bidragen från båda tunnlarna utgående från att c/c-avståndet mellan tunnlarna är 25 m. I figur 3.15 redovisas magnetfältet 1 m över mark för de olika tågfallen med enhetsströmmen 100 A per tåg för Västlänkstunneln och i figur 3.16 redovisas motsvarande data för Gårdatunneln. Gårdatunneln har beräknats med samma indataströmmar för de olika tågfallen som Västlänkens betongtunnel. Denna beräkning bygger på att elsystemet i Gårdatunneln byts till en sektionerad matning på samma sätt som i Västlänkstunneln.



Figur 3.15 Magnetfältet från Västlänkens två enkelspårstunnlar i berg vid Påskbergsgatan för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 22,9 m över rök där de närmaste husen ligger.

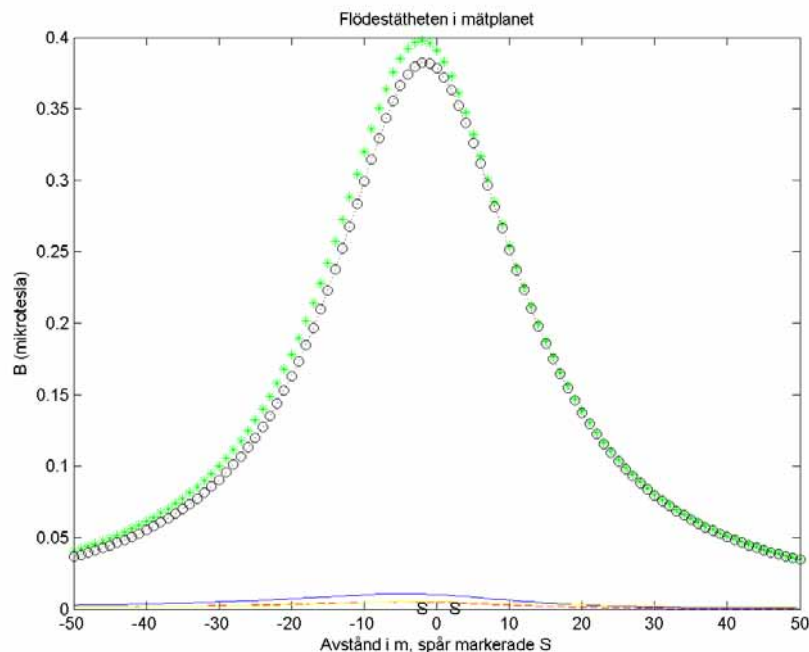
Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.



Figur 3.16 Magnetfältet från Gårdatunnelns dubbelspårstunnel i berg vid Påskbergsgatan för tågfall 1 - 5 vid 100 A per tåg, beräknat 1 m över mark i ett snitt vid en höjd 19,6 m över rök där de närmaste husen ligger 4 m ut i sidled.

Tågfall 1 blå linje.

Tågfall 2 röd linje. Röd och gul linje sammanfaller nästan.

Tågfall 3 grön linje.

Tågfall 4 svart linje.

Tågfall 5 gul linje.

I Västlänkstunneln kommer det enligt prognos att gå totalt 40 X2 och RC-lokdragna godståg per dygn. För godstågen gäller att ett lok vanligen används när tågsetets vikt är under 1600 ton och två lok för tyngre tåg. Om vi ansätter att 10 av de 40 tågen per dygn har två lok skulle det motsvara 50 enkeltågsätt per dygn. Vi har inga strömsimuleringsdata för dessa tågtyper. Vid beräkningar för tågtunneln i Trollhättan ansattes för godståg 200 A som ett typiskt värde i beräkningarna av årsmedelvärden och 540 A som maxvärde. Persontågen passerar denna 1 km sträcka på ca 73 s, då godstågen går långsammare ansätts 85 s.

I tabell 3.15 redovisas ansatt strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X2/RC i Västlänkstunneln i sektionen, där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Påskbergsgatan från alla tåg under ett dygn i Västlänkstunneln blir enligt tabell 3.17 sammanlagt 1641  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,02  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,02  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid strömförbrukning 540 A från ett tågset som accelererar blir 2,0  $\mu\text{T}$ .

I tabell 3.16 redovisas ansatt strömförbrukning och magnetfält från tågtyperna X60 och X31/51 i Gårdatunneln i sektionen, där ”1n” avser norrgående tåg position 1 och ”1s” avser södergående tåg position 1 osv. Dygnsdosen vid Påskbergsgatan från alla tåg under ett dygn i Gårdatunneln blir enligt tabell 3.18 sammanlagt 9316  $\mu\text{T}$ s, vilken ger ett dygnsmedelvärde på 0,11  $\mu\text{T}$ , vilket även innebär att årsmedelvärdet kan uppskattas till 0,11  $\mu\text{T}$ . Maxvärdet vid strömförbrukning 540 A från ett tågset som accelererar blir 2,2  $\mu\text{T}$ .

Den sammanlagda dosen från båda tunnelarna blir ungefär som från enbart Gårdatunneln då denna dominerar helt eftersom trafikintensiteten är så mycket högre här samt att fältet från den andra tunneln 25 m ut har reducerats kraftigt.

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X2/RC	0,052	200	500	85	2,21	25	55
1s X2/RC	0,052	200	500	85	2,21	25	55
4n X2/RC	0,720	200	500	85	30,60	25	765
4s X2/RC	0,720	200	500	85	30,60	25	765
Summa							1641

Tabell 3.15 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Påskbergsgatan från Västlänkstunnelns två enkelspårstunnlar i berg.

Tågfall/ tågtyp	Magnetfält ( $\mu\text{T}$ )	Ström (A)	Sträcka (m)	Tid (s) per 1000 m	Dos ( $\mu\text{T}$ s)	Antal enkeltåg	Totaldos ( $\mu\text{T}$ s)
1n X60	0,011	83	500	72	0,39	184	71
1n X31/X51	0,009	67	500	74	0,32	153	49
1s X60	0,016	120	500	73	0,57	184	105
1s X31/X51	0,012	92	500	74	0,44	153	68
4n X60	0,332	83	500	72	11,95	184	2199
4n X31/X51	0,268	67	500	74	9,92	153	1517
4s X60	0,480	120	500	73	17,52	184	3224
4s X31/X51	0,368	92	500	74	13,62	153	2083
Summa							9316

Tabell 3.16 Magnetfältsdos av alla tåg under ett dygn 1 m över mark vid Påskbergsgatan från Gårdatunnelns dubbelspårstunnel i berg.



## 4 Mätningar av befintliga magnetfält utomhus i centrala Göteborg

---

Här redovisas mätresultat av befintliga magnetfält i centrala Göteborg.

Mätresultaten har sammanställts i kartorna 1-4 som visar momentanvärdet av det lågfrekventa magnetfält uppmätt 1m ovan mark, se avsnitt 4.1. I litteraturlistan finns referenser till de originalrapporter som använts för sammanställningen (se Kartreferenser).

Mätresultaten har färgkodats i tre nivåintervall på kartorna:

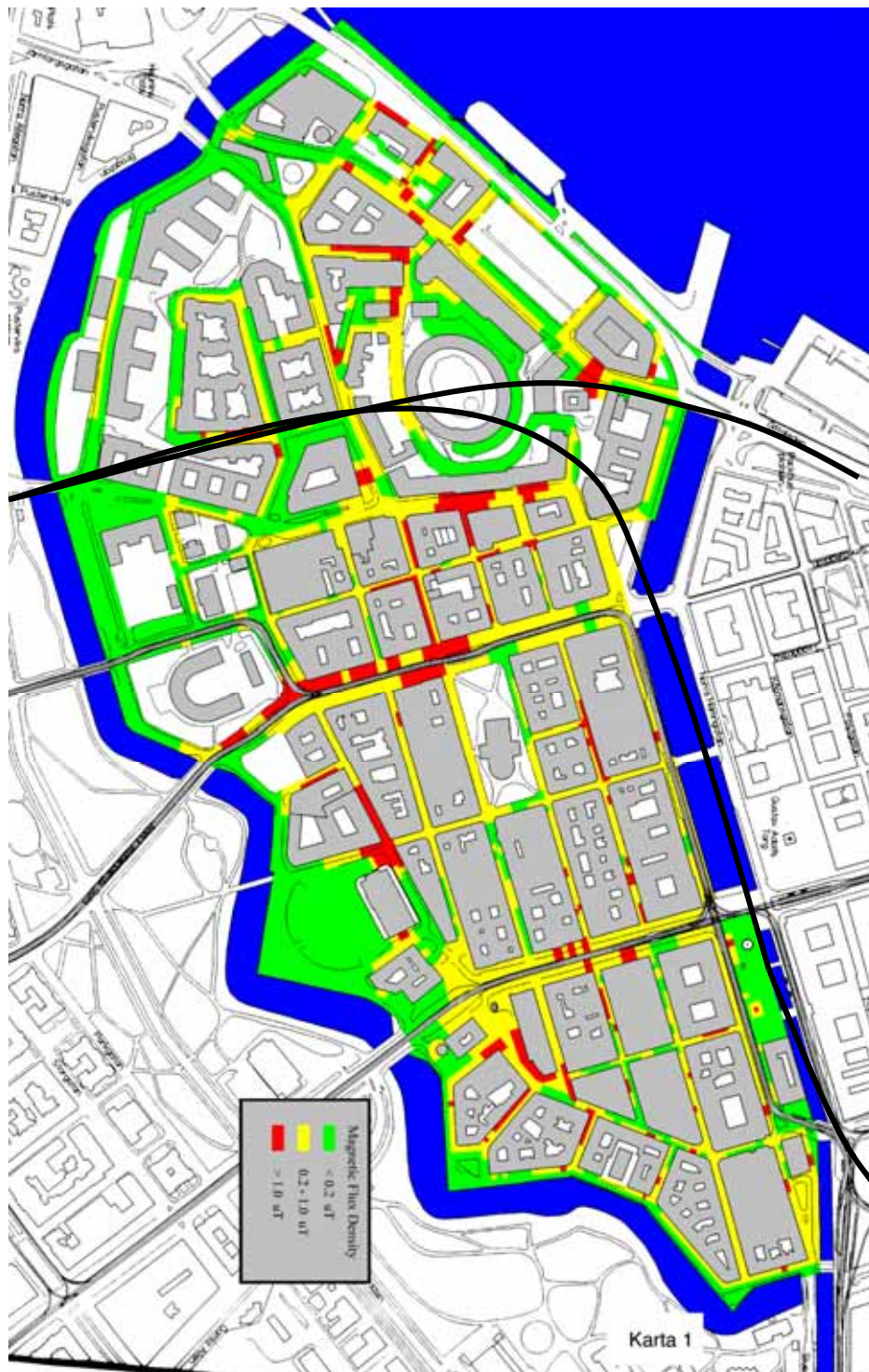
Område	Färg på kartorna
$<0,2 \mu\text{T}$	grön
$0,2 - 1,0 \mu\text{T}$	gul
$>1,0 \mu\text{T}$	röd

Mätningar har utförts för kartläggning av magnetfält utomhus i centrala Göteborg. Mätningarna redovisar momentanvärden av magnetfältet, uppmätt 1 m över mark på trottoarerna längs gator i centrala Göteborg.

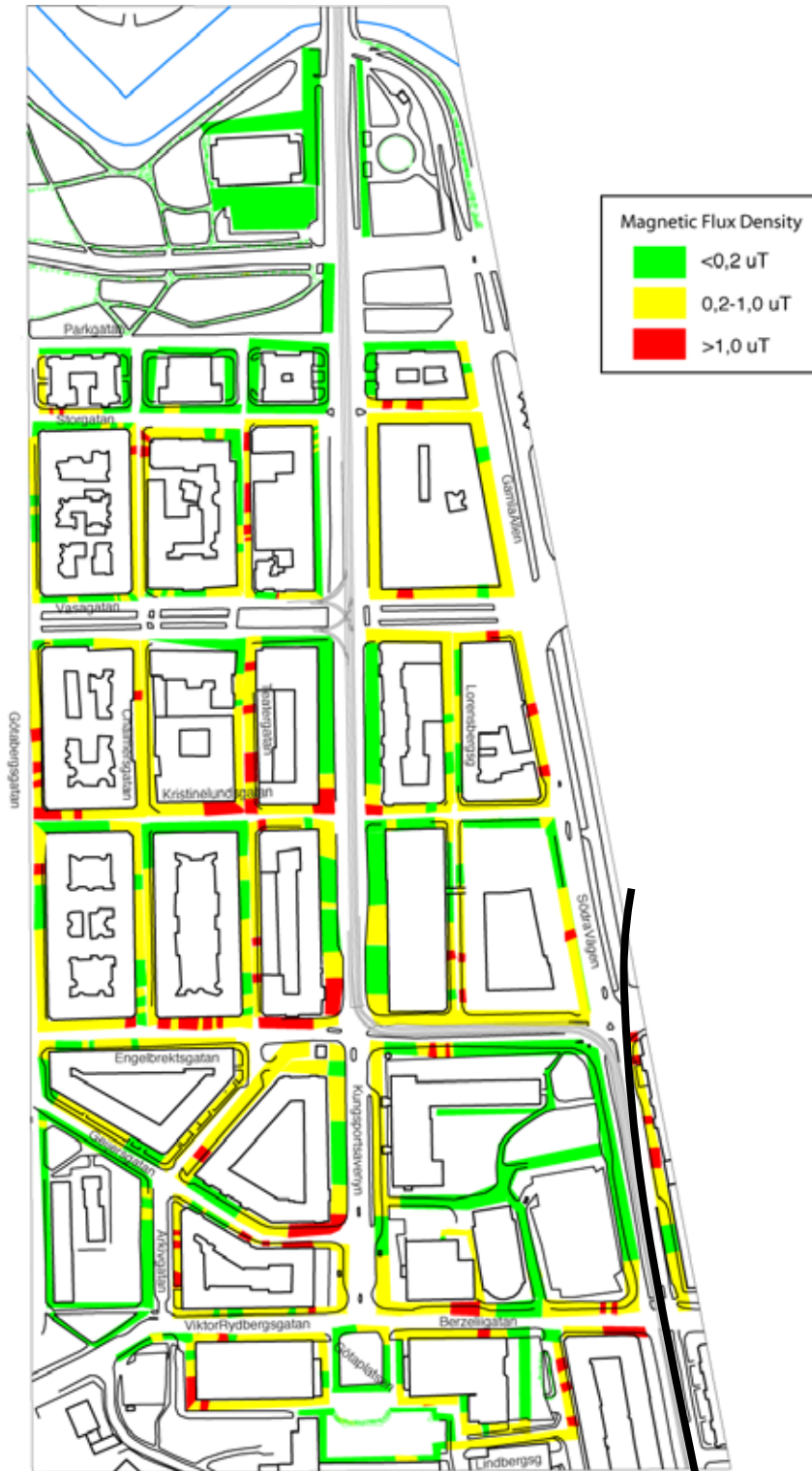
Utomhusmätningarna genomfördes under 1996 och 1997 av teknologer på elektrotekniklinjen vid Chalmers som läste kursen inledande elektroteknik, Lindgren m.fl. (1997, 2001). De insamlade mätvärdena är momentanvärden som registrerats när personen som mätt har gått längs gatan uner kontorstid. Instrumentet som använts var en handburen magnetfältslogger Radians Innova ML-1. Instrumentet mäter magnetisk fältstyrka i frekvensområdet 30-2000 Hz. Instrumentet mäter samtidigt i tre vinkelräta polarisationer. De redovisade mätvärdena ger effektivvärdet av den totala magnetfältsvektorns storlek.

4.1 Kartorna visar uppmätta momentanvärden av magnetfält runt om i Göteborg med de olika sträckningarna inritade som kraftiga svarta streck.

Karta 1 redovisar utförda mätningar i stadsdelarna inom Vallgraven.

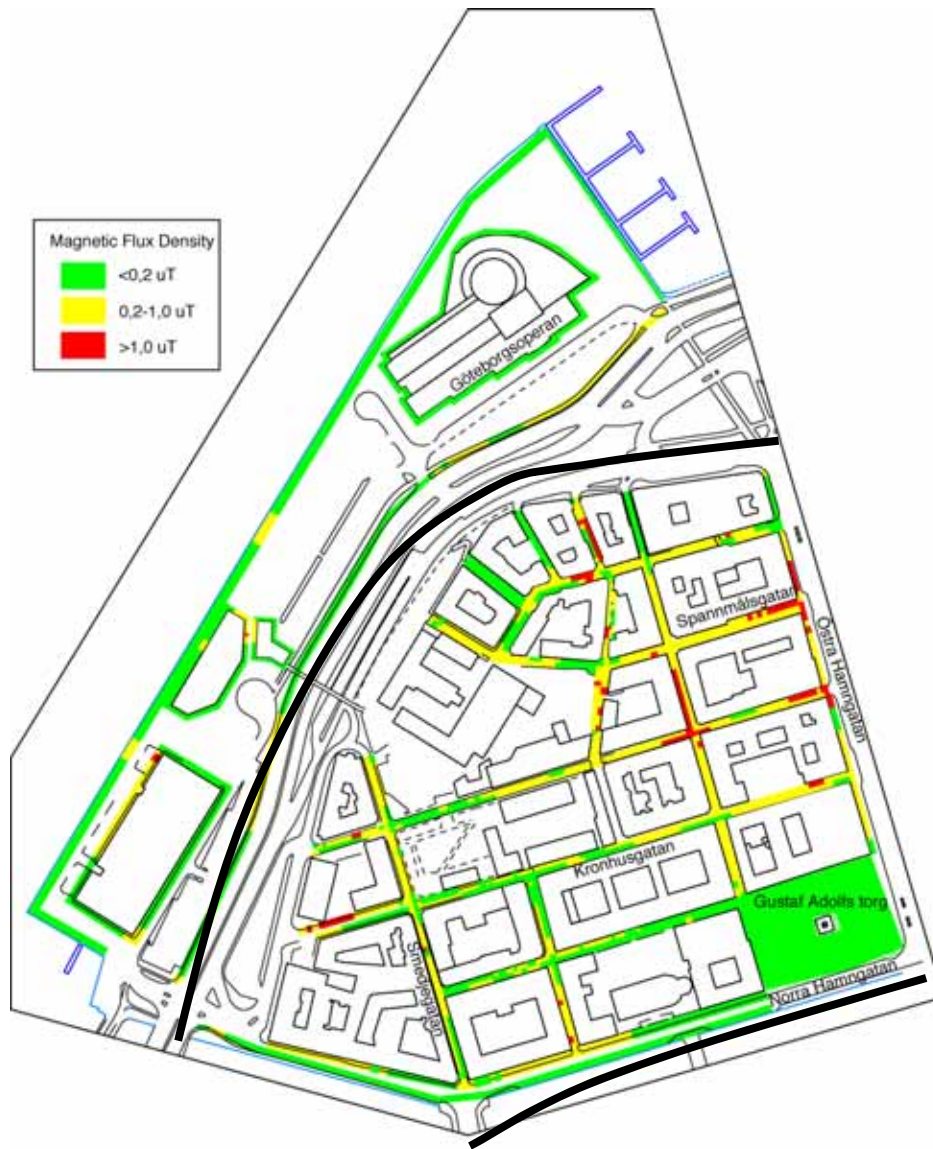


Karta 2 redovisar mätningar utförda i kvarteren kring Kungspörsavenyn (Lorensberg).



Karta 2

Karta 3 redovisar mätningar utförda i Västra Nordstan inklusive Packhuskajen och Göteborgsoperan.



Karta 3



Karta 4 redovisar mätningar utförda på Drottningtorget, Nils Erikssonplatsen, Östra Nordstan samt området kring Hamntorget.

