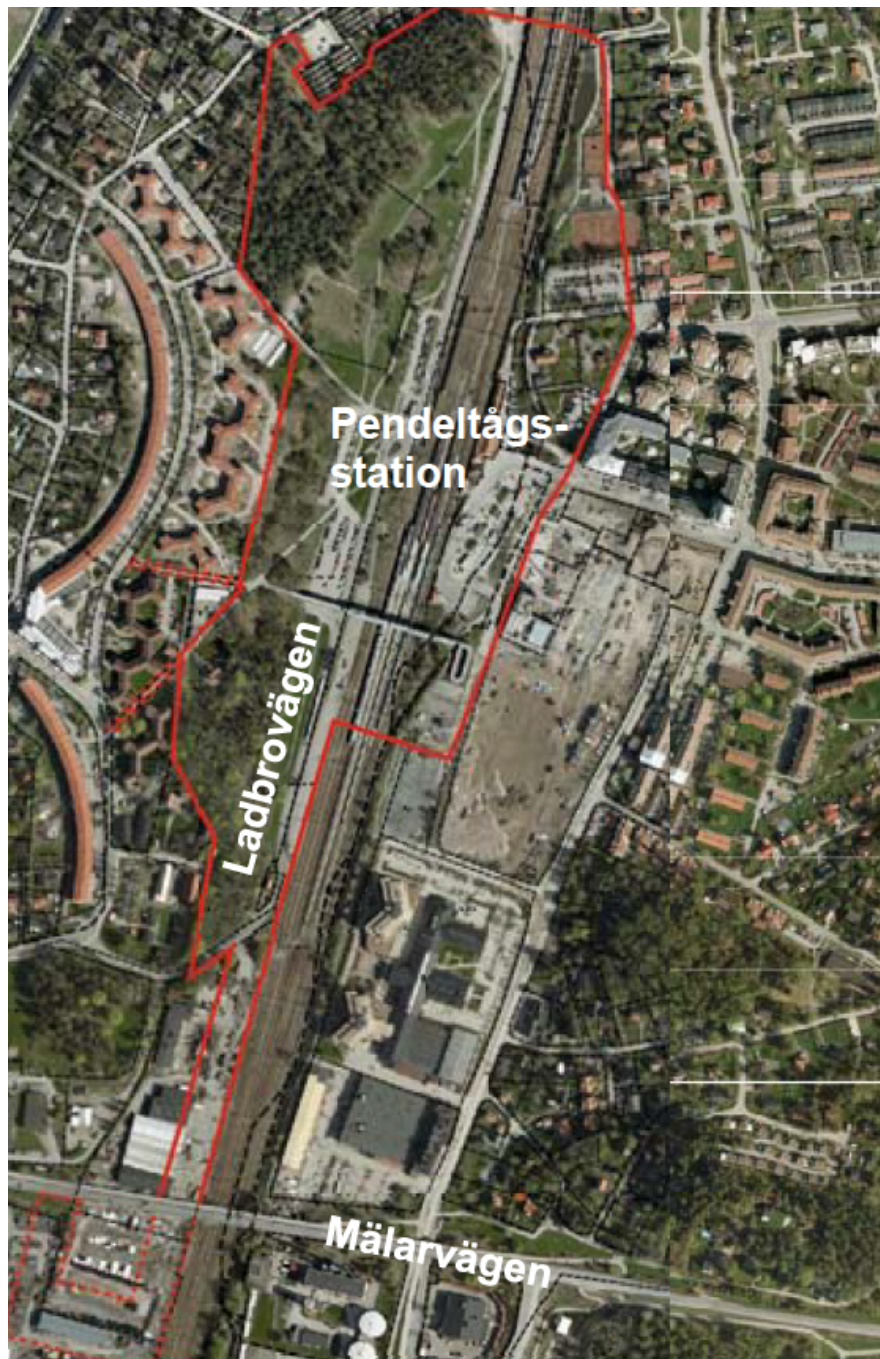


Uppmätning av det magnetiska fältet från tågtrafik väster och öster om Upplands Väsby station för projektet Väsby entré



Upplaga 3 Rev A

17 april 2016

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING.....	3
2 VAD ÄR ELEKTRISKA OCH MAGNETISKA FÄLT?	6
2.1 Elektriska fält	6
2.2 Magnetiska fält	6
2.3 Rekommendationer för magnetiska fält	7
3 MÄTNING ÖSTER OM SPÅREN AV MAGNETISKA FÄLT FRÅN BEFINTLIG TÅGTRAFIK NOVEMBER 2015	9
3.1 Mätresultat	10
4 MÄTNING VÄSTER OM SPÅREN AV MAGNETISKA FÄLT FRÅN BEFINTLIG TÅGTRAFIK MARS 2016	14
4.1 Mätresultat	15
5 PROGNOSEN FÖR TÅGTRAFIK.....	16
6 DISKUSSION AV MÄTRESULTATEN.....	17
6.1 Möjliga åtgärder för att minska exponeringen	17
6.1.1 Reducering med hjälp av åtgärder på järnvägen	18
6.1.2 Reduktion av magnetfält med hjälp av skärmning	20
6.2 Val av reduceringsmetod	20
7. MAGNETISKA FÄLT FRÅN ELEKTRISKA TÅG	22
8 RIKTVÄRDEN OCH REKOMMENDATIONER FÖR HÄLSOEFFEKTER AV LÅGFREKVENTA FÄLT.....	24
8.1 Svenska och internationella rekommendationer	24

SAMMANFATTNING

I myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält skrivs ”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”.

För att få ett underlag för att bedöma vilka magnetfältsnivåer som kan bli aktuella i de hus som planeras byggas närmast järnvägen vid Väsby Entré har dygnsmätningar genomförts på de avstånd som de mest närliggande husen kommer att ha.

Mätningen av magnetfält, öster om spåren, i två mätpunkter 35 m från närmaste spårmitt, varierade i ena mätpunkten mellan 0,02 till 1,32 μT med ett medelvärde över mätdygnet på 0,22 μT . I den andra mätpunkten varierade mätvärdena mellan 0,03 till 1,75 μT med ett medelvärde över mätdygnet på 0,28 μT .

Mätningen väster om spåren utfördes på avståndet 25 m från närmaste spårmitt här varierade magnetfältet mellan 0,03 till 1,77 μT med ett medelvärde över mätdygnet på 0,37 μT . I denna mätpunkt fanns det bidrag, förutom från tågtrafiken, från en ännu ej identifierad källa.

Mätningarna visar hur magnetfälten ser ut idag. Den planerade ökade trafiken och nya spår kan innebära att årsmedelvärdena för magnetfält kan fördubblas år 2050 om inga åtgärder vidtas för att reducera magnetfälten.

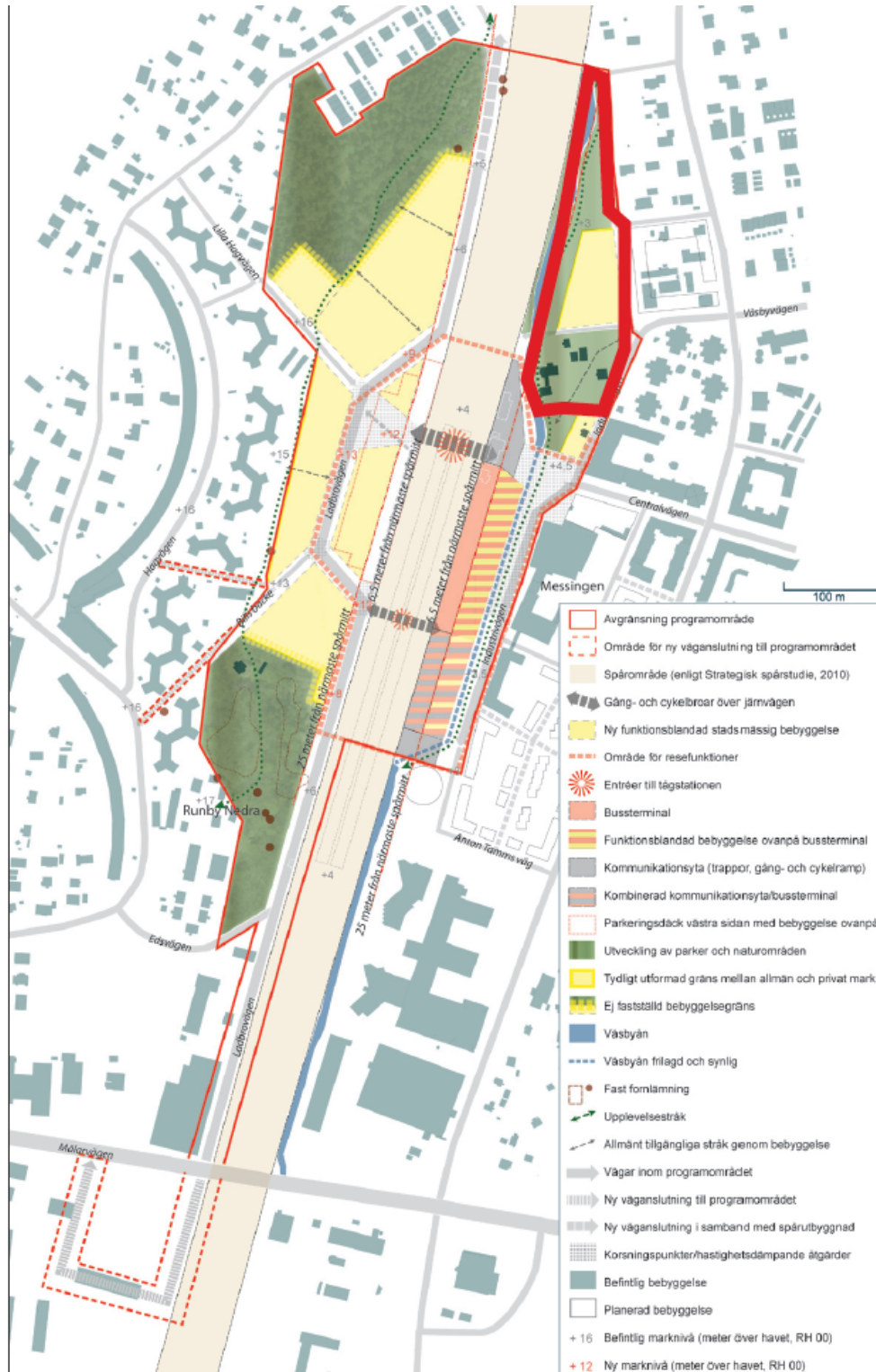
1. INLEDNING

Kommunstyrelsen godkände den 2 mars 2015 planprogram för Väsby Entré/Stationsområdet. Syftet med programmet är att skapa en ny stadsdel och utveckla stationsområdet till en av kommunens bärande centrum. Inom ramen för projektet skapas en ny busscentral öster om järnvägen, med en broförbindelse över till andra sidan. Därutöver planeras för en tät och funktionsblandad stad med bostäder och verksamheter.

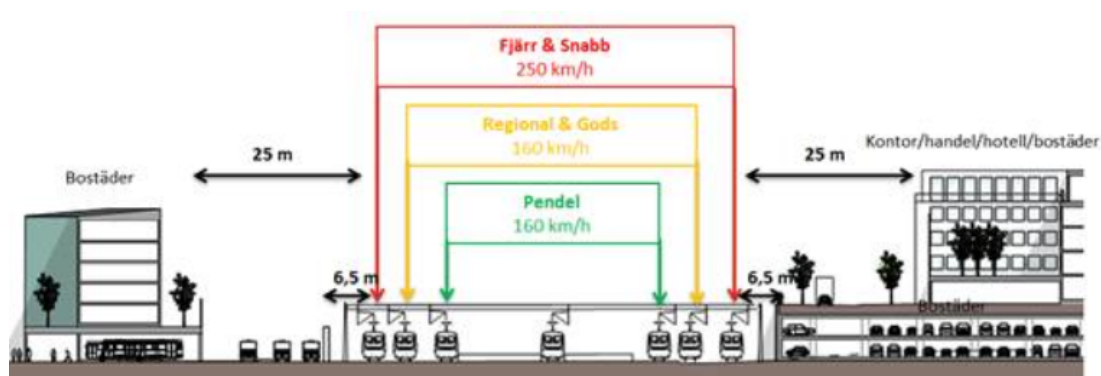
Programområdet har delats upp i två detaljplaner. Detaljplan för järnvägsparken var ute på samråd under september – oktober 2015. Kontoret för samhällsbyggnad fick i november 2015 Planuppdrag för Detaljplan för Stationsområdet.

Eftersom järnvägen går rätt genom området behöver riskerna avseende magnetiska fält utredas.

Bebyggelse planeras på båda sidorna av järnvägen, se figur 1.1. På östra sidan av spåren planeras, hus där människor kommer stadigvarande att vistas, på ett avstånd av 25 m från närmaste spårmitt, även på västra sidan av spåren planeras bebyggelse vars närmaste del kommer att ligga 25 m från närmaste spårmitt. se figur 1.2



Figur 1.1. Markanvändningskarta ur planprogrammet för Väsby Entré/stationsområdet.



Figur 1.2. De planerade husens i ett snitt, sett från norr, vid stationen. De närmaste bostäderna kommer att vara 25 m från närmaste spårmitt, både öster och väster om spåren

Detta PM utgör en uppskattning av de befintliga järnvägsrelaterade magnetfälten från tågtrafik på Ostkustbanan vid Upplands Väsby station.

Syftet med mätningen var att mäta de aktuella magnetfälten som underlag för en uppskattning av framtida magnetfält från tågtrafiken, efter utbyggnad av spår och ökad trafik.

Mätningen på östra sidan av spåren utfördes under ett dygn i tre mätpunkter med start kl. 14.15 den 10 november 2015. På den västra sidan av spåren utfördes en dygnsmätning med start 22 mars 2016.

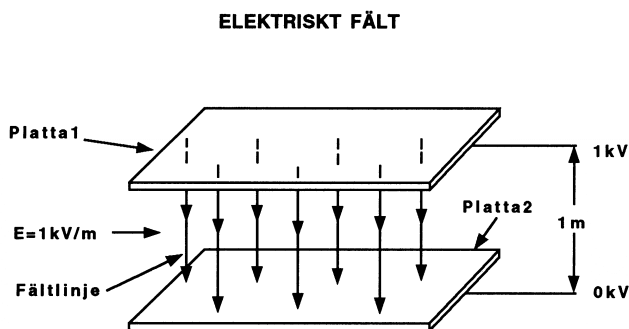
2 VAD ÄR ELEKTRISKA OCH MAGNETISKA FÄLT?

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. Det elektromagnetiska spektrumet som sträcker sig från låga frekvenser, som tågfrekvens 16,7 Hz och 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.

Man definierar fältets våglängd som avståndet, i meter, mellan två vågtoppar. Mellan frekvens och våglängd råder ett bestämt förhållande, nämligen att produkten av dessa, våglängden \times frekvensen, är lika med vågen utbredningshastighet. Denna hastighet är lika ljusets hastighet (300 000 km/s) för alla typer av elektromagnetiska vågor. Låg frekvens svarar mot lång våglängd och hög frekvens mot kort. Vid 50 Hz är våglängden 6000 km, i radiofrekvens området några meter, i mikrovågsområdet några centimeter och i ljusområdet mikrometer.

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 2.1 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 kV) dividerat med avståndet, d (= 1 m), dvs. 1 kV/m. Detta innebär att alla spänningssatta föremål alstrar elektriska fält.

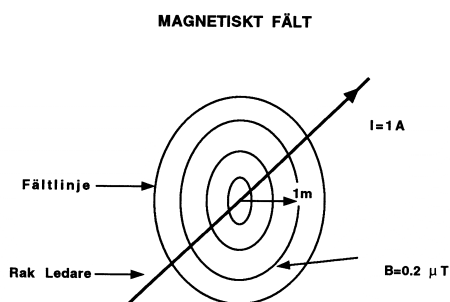


Figur 2.1 Ett elektriskt fält uppstår mellan föremål som har olika spänning. Den elektriska fältstyrkan (E) är lika med spänningsskillnaden delat med avståndet mellan föremålen.

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 2.2. 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 (μT), milliondels tesla och nanotesla (nT), milliarddels tesla.



Figur 2.2 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 2.2, 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 μ är en materialkonstant, permeabiliteten (Vs/Am). Permeabiliteten för vakuum brukar betecknas μ_0 , den har värdet $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$. Nästan alla material har en permeabilitet med värde mycket nära μ_0 . Detta gäller för normala byggnadsmaterial, biologisk vävnad och de flesta metaller. Endast magnetiska material som järn har en permeabilitet som avviker kraftigt från μ_0 . För material med permeabilitet μ_0 blir flödestätheten från ledaren i figur 2.2:

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

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.

De elektriska fälten skärmas effektivt av byggnader medan de magnetiska fälten endast dämpas marginellt av normala byggnadsmaterial. Den fortsatta framställningen koncentreras därför på de magnetiska fälten.

2.3 Rekommendationer för magnetiska fält

Det finns inte några svenska gränsvärden som begränsar lågfrekventa magnetfält. Däremot finns det försiktighetsprinciper och rekommendationer. I myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält

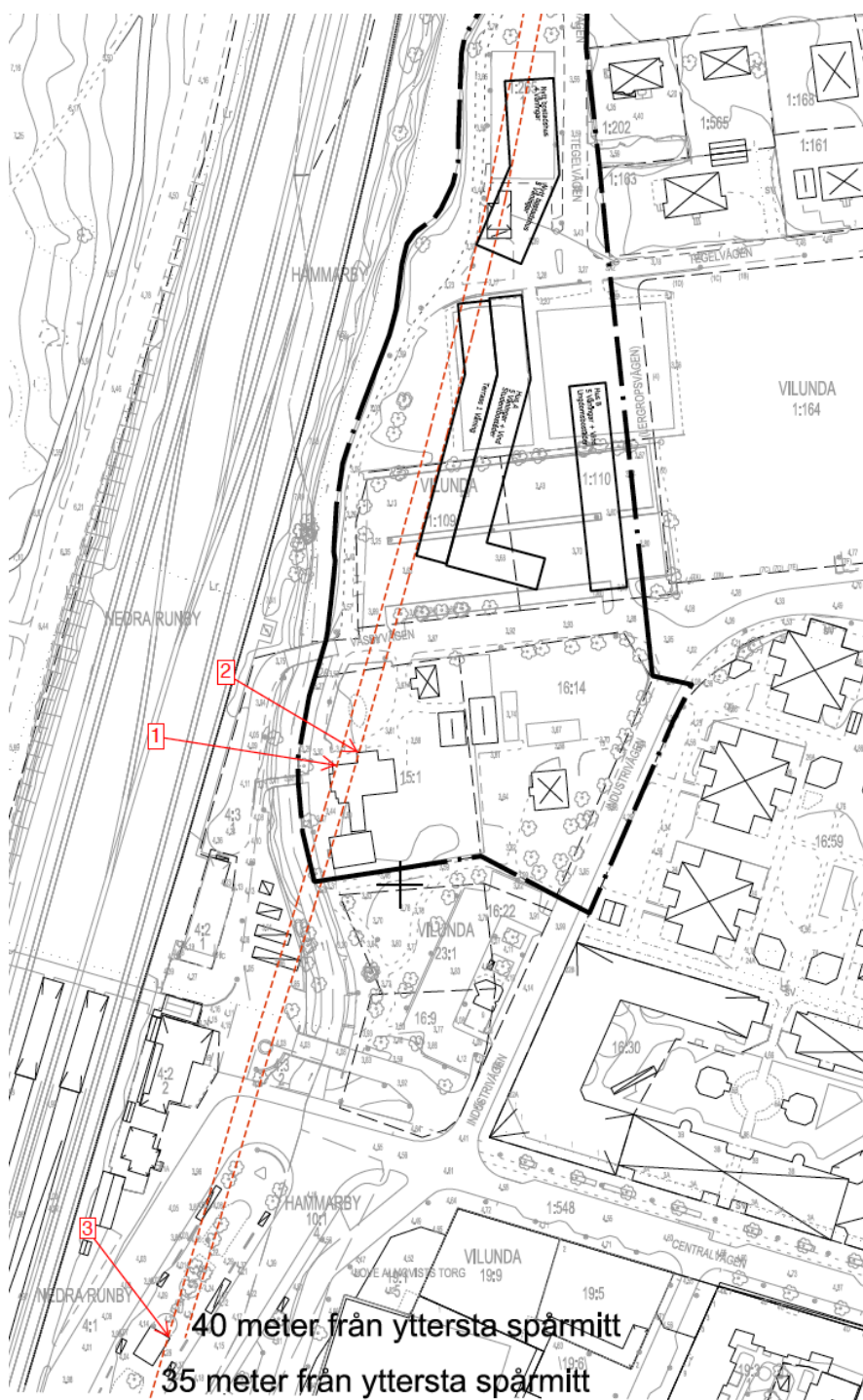
skrivs "Om åtgärder, som generellt minskar exponeringen, kan vidtas till rimliga kostnader och konsekvenser i övrigt bör man sträva efter att reducera fält som avviker starkt från vad som kan anses normalt i den aktuella miljön. När det gäller nya elanläggningar och byggnader bör man redan vid planeringen sträva efter att utforma och placera dessa så att exponeringen begränsas".

Den forskning som gjorts har inte påvisat några samband mellan exponering för magnetfält och påverkan på hälsan för nivåer under 0,4 μT . Det finns inte heller några svenska gränsvärden som begränsar lågfrekventa magnetfält utan försiktighetsprincipen och rekommendationer från bland annat Strålsäkerhetsmyndigheten bör tillämpas. Kommunen har ett planeringsmål som innebär att vid planering av ny bostadsbebyggelse ska inte medelvärdet 0,2 μT överskridas.

Rekommendationer för magnetfält redovisas mer i detalj i avsnitt 8.

3 MÄTNING ÖSTER OM SPÅREN AV MAGNETISKA FÄLT FRÅN BEFINTLIG TÅGTRAFIK NOVEMBER 2015

Mätningarna av magnetfält öster om järnvägen har företagits i Järnvägsparken Upplands Väsby i tre mätpunkter, se figur 3.1.



Figur 3.1 Ritning över de tre mätpositionerna i byggnader i Järnvägsparken.

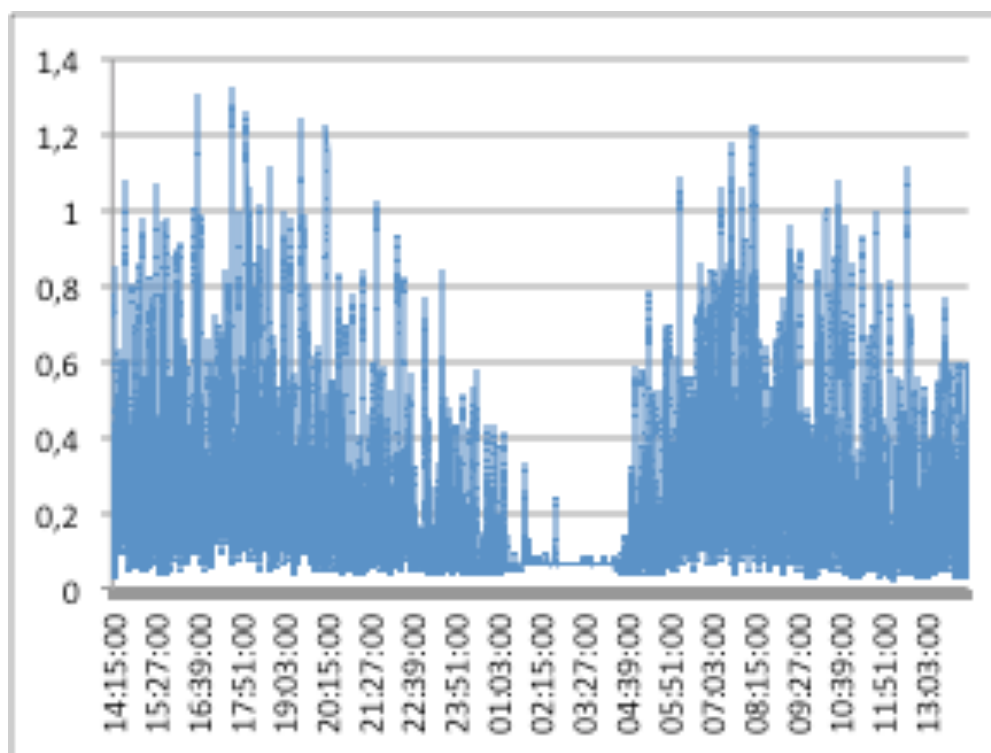
Mätinstrumenten placerades inne i byggnader i Järnvägsparken. I mätposition 1 och 2 var mätinstrumenten placerade 1 m över mark och för position 3 var instrumentet placerat 4 m över mark. Mätpunkterna 1 och 3 var på avståndet 35 m från spårmittpå närmaste spår medan mätpunkt 2 var 40 m från spårmittpå.

Magnetfälten är uppmätta momentant var 3:e sekund med magnetfältsmätare av typ EnviroMentor BMM-3000 som var inställda för att mäta magnetfält inom frekvensbandet 5 – 2000 Hz vilket innefattar tågfrekvensen 16,7 Hz. Vid utplacering av mätinstrumenten noterades att magnetfälten vid tågfrekvensen 16,7 Hz var klart dominerande och magnetfälten vid kraftfrekvensen 50 Hz var låga.

3.1 Mätresultat

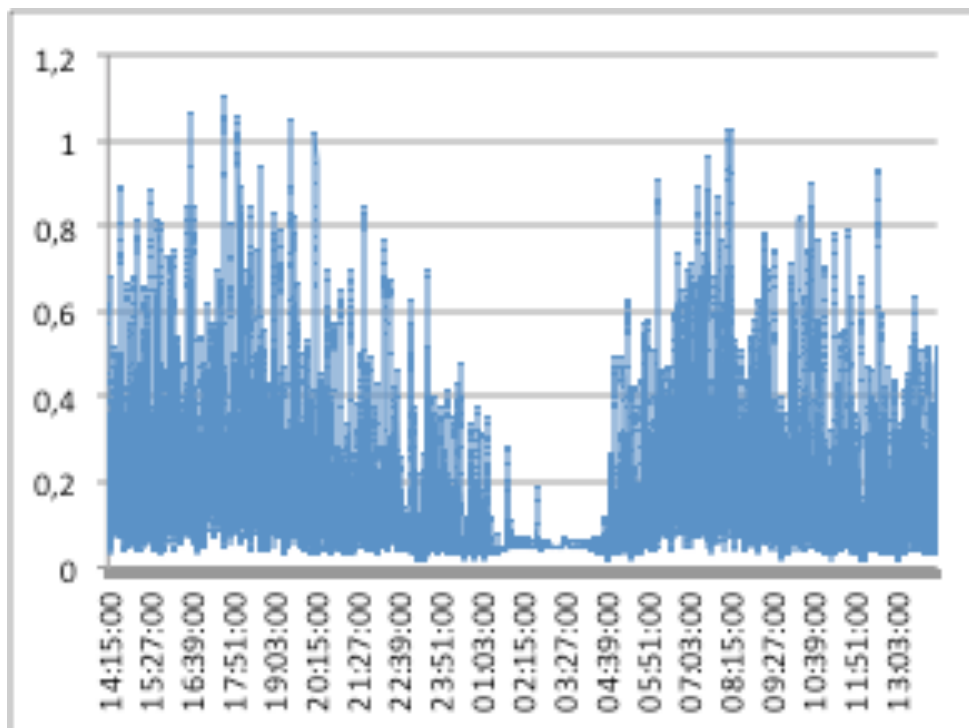
Mätningen av magnetfält i mätpunkt 1 varierade mellan 0,02 till 1,32 μT med ett medelvärde över mätdygnet på 0,22 μT . I mätpunkt 2 varierade mätvärdena mellan 0,02 till 1,11 μT med ett medelvärde över mätdygnet på 0,18 μT . I mätpunkt 3 varierade mätvärdena mellan 0,03 till 1,75 μT med ett medelvärde över mätdygnet på 0,28 μT .

I figur 3.2 visas magnetfältets variation över mätdygnet i mätpunkt 1.



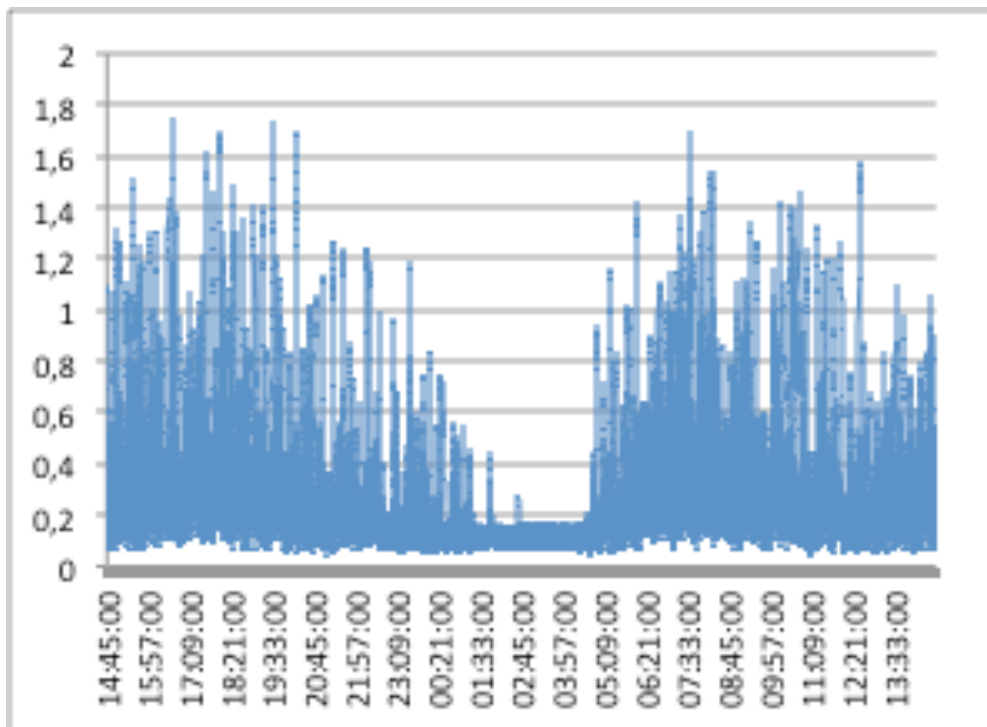
Figur 3.2 Uppmätt magnetfält i mikrottesla, i mätpunkt 1. Mätningen startade 151110 kl. 14.15 och avslutades 151111 kl. 14.15.

I figur 3.3 visas magnetfältets variation över mätdygnet i mätpunkt 2.



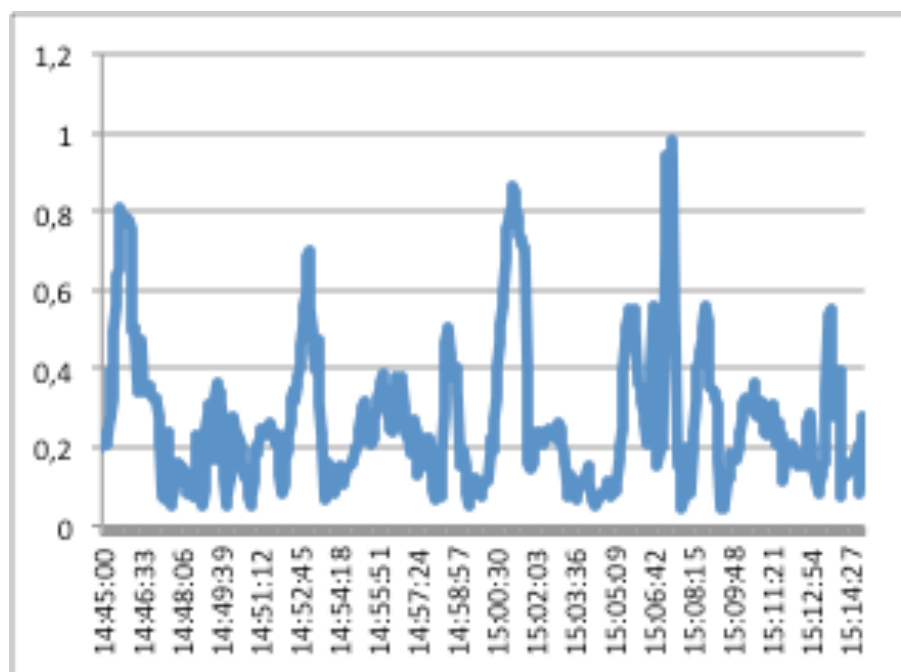
Figur 3.3 Uppmätt magnetfält i mikrottesla, i mät punkt 2. Mätningen startade 151110 kl. 14.15 och avslutades 151110 kl. 14.15.

I figur 3.4 visas magnetfältets variation över mät dygnet i mät punkt 3.

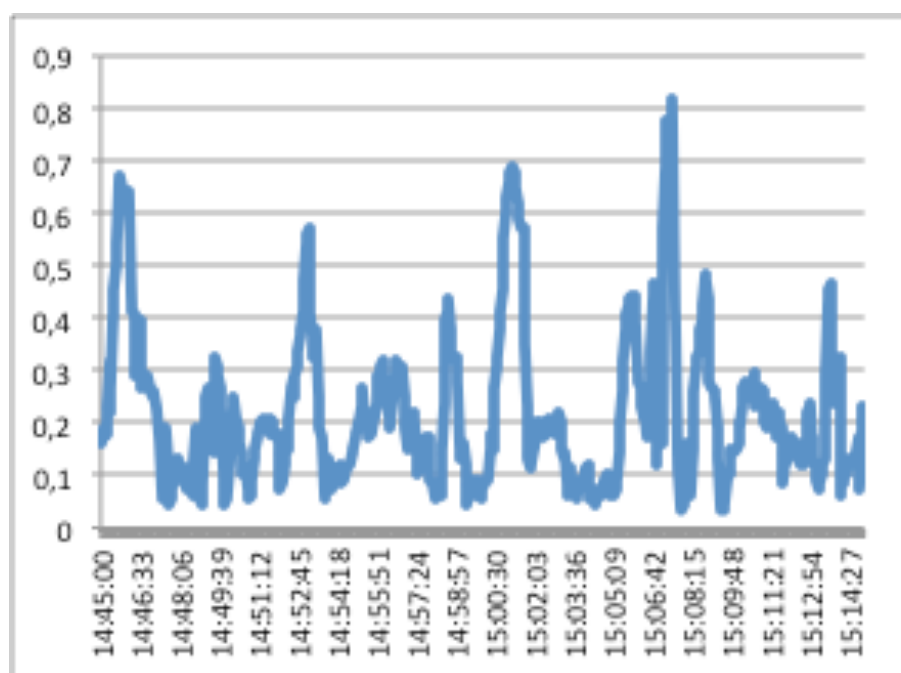


Figur 3.4 Uppmätt magnetfält i mikrottesla, i mät punkt 3. Mätningen startade 151110 kl. 14.45 och avslutades 151110 kl. 14.45.

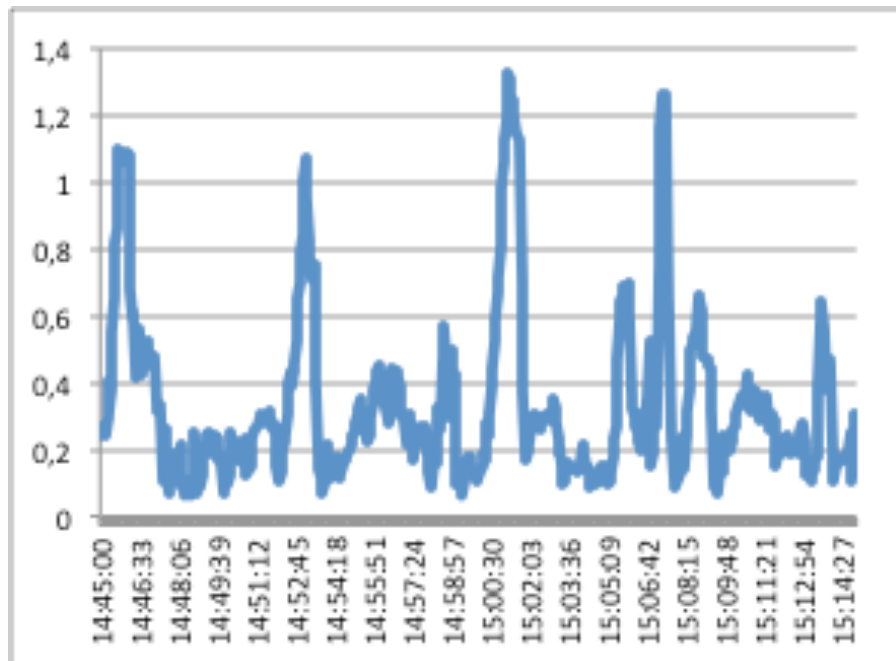
Då en dygnsmätning innehåller över 28 000 mätpunkter går varje mätpunkt inte att lösa upp i de visade figurerna. De höga mätvärdena kommer att "skymma" de lägre värdena. För att illustrera detta har tidskalan expanderats i figurerna 3.5 - 3.7 som visar 30 minuter av mätningarna från 14:45 till 15:15 vid de tre mätpunkterna.



Figur 3.5 Expanderad tidsskala för uppmätt magnetfält i mikrotesla, i mätpunkt 1. Visar 30 minuter av mätningen från 151110 kl. 14:45 till kl. 15:15.



Figur 3.6 Expanderad tidsskala för uppmätt magnetfält i mikrotesla, i mätpunkt 2. Visar 30 minuter av mätningen från 151110 kl. 14:45 till kl. 15:15.



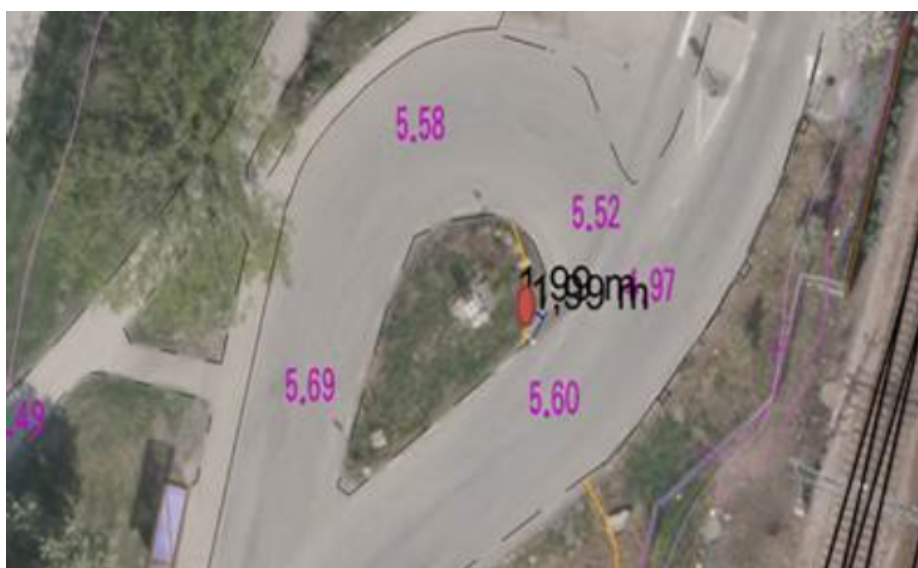
Figur 3.7 Expanderad tidsskala för uppmätt magnetfält i mikrotesla, i mät punkt 3. Visar 30 minuter av mätningen från 151110 kl. 14:45 till kl. 15:15.

Mätningarna (figur 3.2-3.4) visar att magnetfältet varierar mycket under ett dygn. Mätvärdena är låga på natten då det går få tåg och högre under dagtid. Detaljredovisningarna i figurerna 3.5 - 3.7 för halvtimmen mellan 14:45 - 15:15 visar liknande mönster för de tre mätpunkterna, men med olika amplitud. Det beror på att mätpunkterna ligger nära samma spår, men på olika avstånd, se figur 3.1. Mätpunkterna 1 och 3 ligger 35 m från närmaste spår, medan mätpunkt 2 ligger 40 m från närmaste spår. Magnetfälten kommer inte bara från tåg på närmaste spår utan tåg på övriga spår ger också bidrag. Som framgår av figur 3.1 ändras spårbilden vid de olika mätpunkterna på grund av växlar mm.

Idag finns sex spår, efter utbyggnad kommer det att finnas ytterligare spår.

4 MÄTNING VÄSTER OM SPÅREN AV MAGNETISKA FÄLT FRÅN BEFINTLIG TÅGTRAFIK MARS 2016

Mätningarna av magnetfält har även företagits väster om stationsområdet i Upplands Väsby. På västra sidan planeras hotell/bostadsbebyggelse 25 m från närmaste spårmitt. I dag finns inga byggnader på detta avstånd väster om stationen. Instrumenten placerades i låda för sand som befann sig på avståndet 25 m och försågs med lås, se figur 3.8.



Figur 3.8 Vid mätningen på västra sidan av spåren placerades mätinstrumenten i en låda i en rondell.

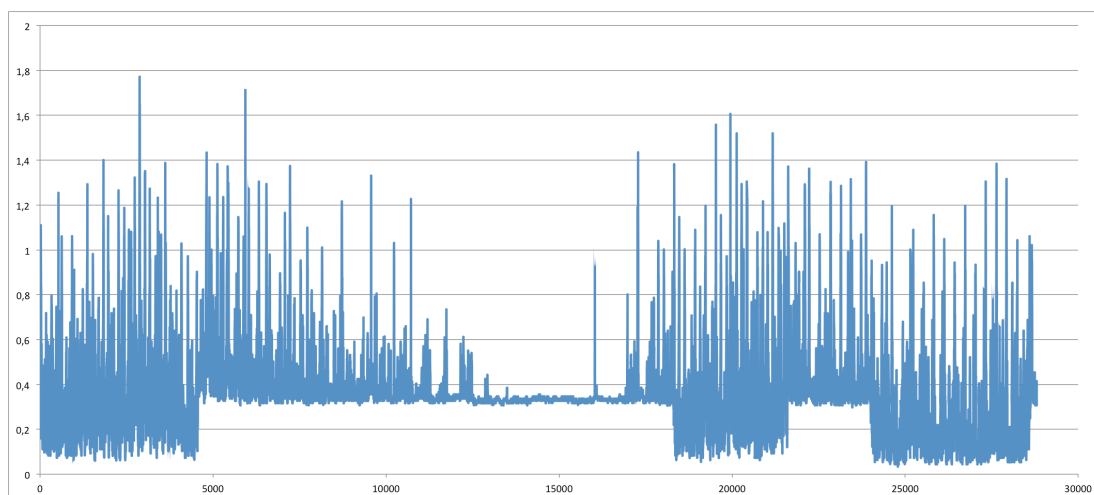
Två mätinstrument placerades i lådan. Magnetfälten är uppmätta momentant var 3:e sekund med en magnetfältsmätare av typ EnviroMentor BMM-3000 som

var inställd för att mäta magnetfält inom frekvensbandet 5 – 2000 Hz vilket innefattar tågfrekvensen 16,7 Hz. Ett mätinstrument EnviroMentor ML-1 med frekvensområdet 10 – 2000 Hz placerades också i lådan och utförde en parallell mätning.

4.1 Mätresultat

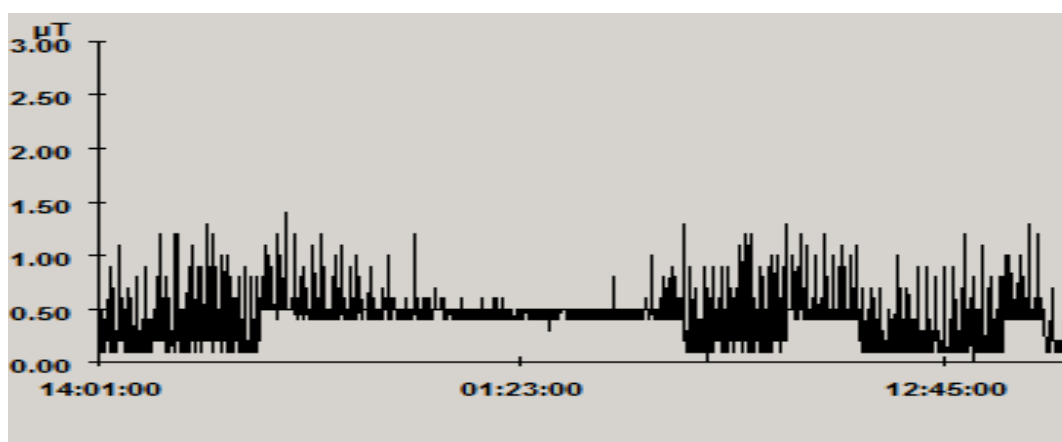
Mätningen av magnetfält i mätpunkten varierade mellan 0,03 till 1,77 μT med ett medelvärde över mätdygnet på 0,37 μT .

I figur 4.1 visas magnetfältets variation över mätdygnet i mätpunkten uppmätt med instrumentet EnviroMentor BMM 3000.



Figur 4.1 Uppmätt magnetfält i mikrottesla med mätinstrument EnviroMentor BMM-3000, i mätpunkten väster om stationen. Mätningen startade 160322 kl. 14.30 och avslutades 160323 kl. 14.30

Som en extra kontroll användes ytterligare mätinstrument EnviroMentor ML-1, i mätpunkten väster om stationen, se figur 4.2. Detta instrument har sämre tids- och amplitudupplösning och har endast använts för att bekräfta resultatet från mätningen med BMM-3000 instrumentet.



Figur 4.2 Uppmätt magnetfält i mikrottesla med mätinstrument EnviroMentor ML-1, i mätpunkten väster om stationen. Mätningen startade 160322 kl. 14.30 och avslutades 160323 kl. 16.00.

5 PROGNOSE FÖR TÅGTRAFIK

Ostkustbanan går genom området i nord-sydlig riktning. I nuläget består banan genom området av 6 spår, varav 4 huvudspår med genomfartstrafik. De yttre spåren används för regional-, fjärr- och snabbtåg (max 200 km/h) och de två inre spåren trafikeras av godståg och pendeltåg (max 160 km/h). Ostkustbanan trafikeras idag av ca 550-560 tåg per vardagsmedeldygn, varav 6 godståg (summerat i båda riktningar). Trafikverket har tagit fram en strategisk spårstudie där det framgår att planer finns på att utöka den aktuella sträckan av Ostkustbanan med två nya genomgående spår. Förbi programområdet föreslås att två tillkommande huvudspår placeras väster om befintliga spår*.

Dessutom planeras ett nytt vändspår i mitten. I samband med utbyggnaden rivs plattformarna och nya, längre plattformar byggs västerut. Befintliga stickspår/industrispår utgår.

Efter en utbyggnad av järnvägen enligt ovanstående beskrivning planeras de två inre spåren trafikeras av i första hand pendeltåg, mellanspåren av regionaltåg och godståg medan de yttre spåren ska trafikeras av fjärrtåg och snabbtåg.

Enligt prognoser förväntas kapaciteten utökas till ca 750 tåg per dygn år 2020, varav 24 godståg. År 2050 förväntas kapaciteten ökat ytterligare till ca 1 100 tåg per dygn, varav 30 godståg.

* Slutrapport DETALJERAD RISKANALYS, Väsby Entré, 2013-10-17, Rosie Kvål & Erik Hall Midholm, Brandskyddslaget.

6 DISKUSSION AV MÄTRESULTATEN

Mätningarna på östra sidan av spåren visar ett tidsmönster för magnetfältet som avspeglar tågtrafiken. I mätningarna väster om spåren ser man tågtrafikens magnetfält överlagrat med ett magnetfält på ca 0,3 μT . Det senare magnetfältet förekommer under vissa tider på dygnet.

Orsaken till det överlagrade magnetfältet är för närvarande inte känd. Det kan finnas många orsaker till ett sådant magnetfält. Vi har träffat på liknande fenomen vid andra mätningar på bangårdar. Vid en mätning på Göteborg C var orsaken tågvärme från tåg som var uppställda över natten. Vid en mätning vid Stockholm C visade sig orsaken vara ett avbrott i en neutralledare i Trafikverkets elanläggning.

I en kapacitetsrapport från Trafikverket från 2011 trafikerades banan av 442 persontåg/dag förbi Upplands Väsby station samt några godståg. Enligt "Detaljerad riskanalys"* trafikeras Ostkustbanan idag av ca 550-560 tåg per vardagsmedeldygn, varav 6 godståg (summerat i båda riktningar).

Uppskattningar av tågtrafiken år 2040 är en ökning till 900 tåg förbi stationen†.

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

Magnetfältets styrka beror på strömstyrkan och den slingarea som strömmen bildar. För ett enkelspår blir slingarean höjden 5,5 m mellan kontaktledning och räl gånger längden. När vi har flera parallella spår bildas delslingor mellan kontaktledning och de olika S-rälerna. Eftersom ytorna för dessa slingor är större ökar magnetfältet för varje nytt spår vi lägger till, även om de nya spåren läggs till på andra sidan av de befintliga spåren.

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

6.1 Möjliga åtgärder för att minska exponeringen

Den magnetfältskälla som tidvis gav ett tillskott på ca 0,3 μT väster om järnvägen bör åtgärdas med första prioritet. Jag nämnde ovan att vi sett liknande fenomen på både Göteborg C och Stockholm C. I båda dessa fall fick vi i uppdrag att analysera orsakerna och ta fram lösningar för att eliminera källan vilket utfördes med lyckat resultat.

† Mail Ann Storklitt 2015-10-22.

För att få ned exponeringen i de hus som kommer att ligga närmast järnvägen behöver ytterligare åtgärder genomföras, inte minst med tanke på den ökning av magnetfälten som trafikökningen ger upphov till. Medexponeringen beror på hur starka magnetfälten är och under hur lång tid magnetfälten från varje tåg ger bidrag samt hur många tåg som passerar stationen.

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

Om annan förläggning inte är ett alternativ, måste årsmedelvärdena för magnetfälten minskas.

För att klara ett medelvärde under kommunens målsättning (se avsnitt 8) måste antingen tiden varje tåg ger bidrag minskas, vilket kan ske med hjälp av åtgärder i järnvägens strömförsörjning eller så måste fältens styrka reduceras, vilket kan ske med skärmning.

6.1.1 Reducering med hjälp av åtgärder på järnvägen

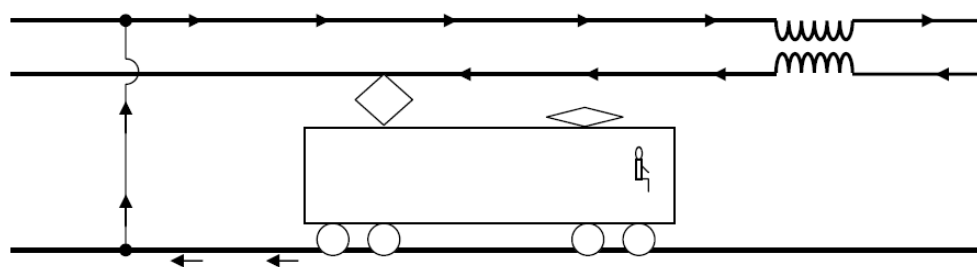
På banan används sugtransformatorer. Detta är en teknik som regelmässigt används vid elektrisk tågtrafik i Sverige.

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

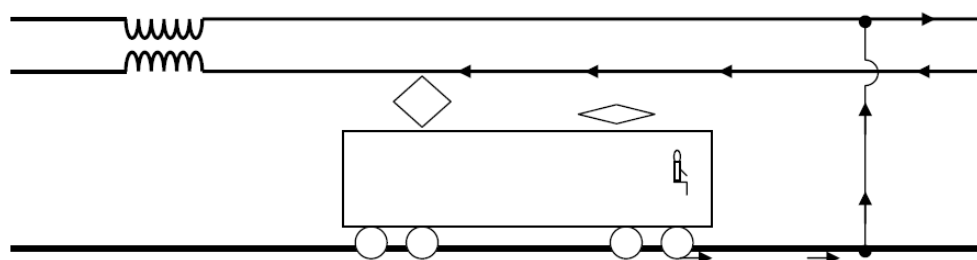
Detta innebär att magnetfälten blir höga när loket befinner sig i den sugtransformatorsektion som är nära byggnaden, för att sedan avta, när det kommer in på nästa sektion. En närmare redogörelse för detta problem ges i Ivarsson och Hasselgren (1993)[‡].

Kontaktledningsströmmen går genom ena lindningen i sugtransformatorn, en återledare är kopplad till sugtransformatorns andra lindning. Då lika många lindningsvarv används på vardera lindningen kommer lika stor ström att gå i båda ledningarna. I figur 6.1 visas strömmens väg till och från loket, för fyra olika fall.

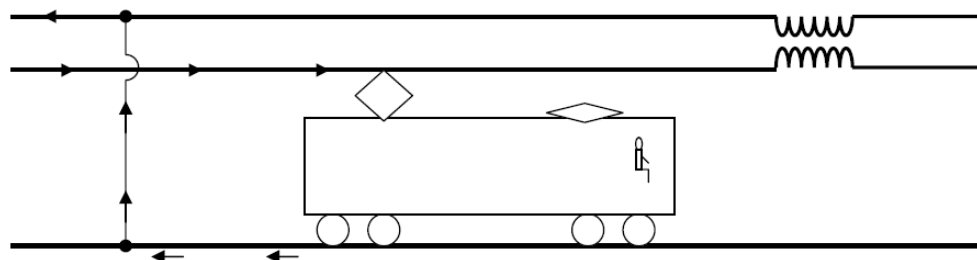
[‡] Ivarsson, O. & Hasselgren, L. (1993) "Mätningar och numeriska beräkningar av magnetfält i intilliggande fastigheter från elektriskt järnvägsspår" Rapport nr 4 Inst f mikrovågsteknik, CTH, Göteborg.



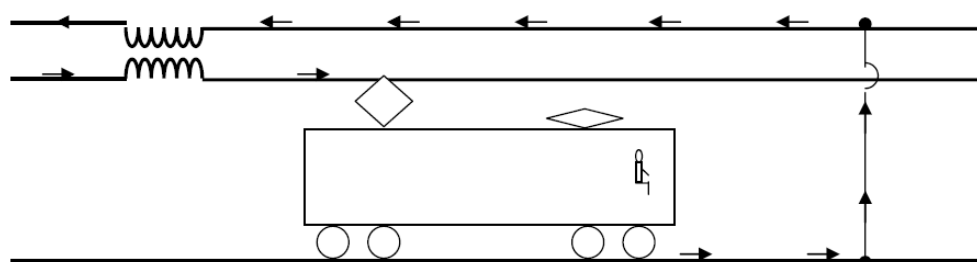
a) Strömmatning framifrån genom sugtransformator



b) Strömmatning framifrån genom jordförbindelse



c) Strömmatning bakifrån genom jordförbindelse



d) Strömmatning bakifrån genom sugtransformator

Figur 6.1 Strömmatning till lok när det befinner sig på olika positioner på banan. Strömmen mattas via kontaktledningen och genom loket till rälsen. Sugtransformatorn "suger upp" strömmen från rälsen via en jordförbindelse upp till en återledare, bild Bengt Johansson.

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

Ett annat sätt att reducera tiden med högt magnetfält är att dela upp kontaktledningen i kortare sektioner som separat matas (s.k. bangårdsmatning). Man

kan också låta strömmen som matar tåg längre bort på banan matas via kablar för fram och returström (förbigångsmatning).

6.1.2 Reduktion av magnetfält med hjälp av skärmning

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

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

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

En skärmning kan antingen göras på byggnaderna eller någonstans mellan spåren och byggnaderna.

En möjlighet är att sätta en aluminiumskärm i den fasad som vetter mot järnvägen. En ledande skärm fungerar genom att det induceras strömmar i plåten, som i sin tur alstrar ett magnetiskt motfält, varvid magnetfältet reduceras. De inducerade strömmarna i plåten skall bilda en spegelkälla till strömmarna i kontaktledning och räls. Idealt skulle dessa spegelströmmar fortsätta längs rälsen, men det är inte möjligt, där plåten tar slut. Här kan inte strömmarna fortsätta utan måste vända. Därför kommer det alstrade motmagnetfältet inte att matcha järnvägens fält där plåtarna tar slut. För att få bästa skärmverka bör därför plåtarna sträcka sig ca 2 m utanför huset så att området med dålig matchning inte inträffar inne i huset.

En skärm mellan byggnaderna och spåren kunde bestå av vertikala skärm-slingor, där den övre ledaren skulle befinna sig 5,5 m över mark (i höjd med kontaktledningen) och den undre ledaren kunde vara förlagd under mark. Längs den sträcka som skall skärmas behövs det ett antal vertikala förbindelser.

Dessa slingor kan antingen vara rent passiva eller aktiva med ett reglersystem och förstärkare. Simuleringar kan avgöra hur en tillräckligt bra lösning skall utformas.

6.2 Val av reduceringsmetod

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

Sannolikt är ändringar av tågens strömförsörjning kostsamt, om det skall göras för befintliga spår. Nu skall järnvägsanläggningen byggas om, vilket kan öppna för möjligheter, i varje fall bör man beakta magnetfältet vid anläggning av nya spår. Vi har möjlighet att bistå med kunskaper hur järnvägsanläggningen kan utformas.

Det är även möjligt att kombinera olika åtgärder. I en separat rapport behandlar vi möjliga reduktionsåtgärder mer utförligt.

7. 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. Som diskuterats tidigare gäller speciella förhållanden för strömmatningen till tunneln, vilket innebär att varaktigheten för värsta fall blir mindre.

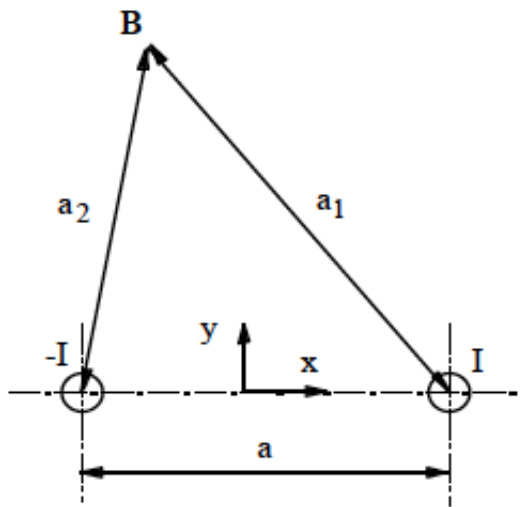
Den magnetiska källan måste ses som en sluten slinga. Det innebär att en strömgenomfluten ledare *och dess återledare tillsammans* ses som *en* magnetisk källa. I denna situation är den magnetiska källan varierande till sin karaktär beroende på var tåget befinner sig på spåret. Den mest kritiska situationen uppkommer då en ledare och dess återledare är som mest separerade geografiskt, dvs. det är då det magnetiska fältet är som störst. Det uppkommer en stor "magnetisk dipol" då strömmen går i kontaktledningen och tillbaka i rälen och en mindre då strömmen går i återledaren.

Om vi försummar markens inverkan och förutsätter att sugtransformatorn är ideal så kan summan av strömmarna i kontaktledning, återledare, räl och eventuella jordledare i ett snitt sägas vara noll. För en linjedipol i luft finns analytiska uttryck för magnetfältet i dess omgivning, se Smythe[§]. Med en geometri enligt figur 6.1 fås följande uttryck för magnetiska flödestätheten **B**:

$$B_x = \frac{\mu I y}{2\pi} \left(\frac{1}{a_2^2} - \frac{1}{a_1^2} \right) \quad (6.1)$$

$$B_y = -\frac{\mu I}{2\pi} \left(\frac{x + \frac{1}{2}a}{a_2^2} - \frac{x - \frac{1}{2}a}{a_1^2} \right) \quad (6.2)$$

[§] Smythe, W. R. (1950) "Static and Dynamic Electricity", McGraw-Hill, York (Pa, USA), pp. 269-270.



Figur 6.1. Geometri för tvärsnittet av en linjedipol (oändligt lång) som leder strömmen I . Positiv ström är definierad som gående ut ur planet.

Fälten avtar med avståndet både uppåt och åt sidorna. Beroende på var längs banan vi befinner oss och var lok befinner sig får vi ett stort antal olika belastningsfall. För många belastningsfall blir strömbilden mer komplicerad, än i ovanstående beskrivning, med ström även i jordledare mm.

8 RIKTVÄRDEN OCH REKOMMENDATIONER FÖR HÄLSOEFFEKTER AV LÅGFREKVENTA FÄLT

Det finns inte några svenska gränsvärden som begränsar lågfrekventa magnetfält. Däremot finns det försiktighetsprinciper och rekommendationer. Ett EU-direktiv kommer att införas under 2016 som kommer att innebära gränsvärden i arbetslivet. Det finns klara bevis för att starka fält kan ge hälsoeffekter, men även misstankar att långvarig exponering för kraftfrekventa fält innebär en ökad risk för barnleukemi.

8.1 Svenska och internationella rekommendationer

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har 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.

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

ICNIRP:s riktlinjer bygger på två allmänt accepterade hälsoeffekter.

1) Lågfrekventa fält kan inducera ström, som om den är tillräckligt stark, kan excitera nervsignaler.

2) Högfrekventa fält kan alstra en skadlig uppvärmning av vävnader i kroppen.

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

För kraftfrekventa fält innebär de grundläggande begränsningarna, att den inducerade strömtätheten i centrala nervsystemet, medelvärdesbildad över 1 cm², är mindre än 10 mA/m² för yrkesexponering och mindre än 2 mA/m² för allmänhetens exponering. Då dessa grundläggande begränsningar är svåra att

^{**} Strålsäkerhetsmyndighetens allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält; beslutade den 19 december 2008, SSMFS 2008:18.

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

mäta, i en praktisk situation, har ICNIRP infört något man kallar referensvärden. Referensvärdena anges i storheter som kan mätas utanför kroppen och är härledda ur de grundläggande begränsningarna och säkerställer att dessa inte överskrids. Om referensvärdet överskrids innebär det inte nödvändigtvis att de grundläggande begränsningarna överskrids. Om ett referensvärde överskrids ska man istället göra en grundligare utredning för att undersöka om de grundläggande begränsningarna överskrids eller ej. Referensvärden varierar med frekvensen, för 50 Hz är referensvärdet för magnetiska fält 100 μ T för allmänhetens exponering.

Elektrifierad järnväg huvudsakligen alstrar huvudsakligen fält vid frekvensen 16,7 Hz, referensvärdet för denna frekvens är 300 μ T för allmänhetens exponering. För elektriska fält är referensvärdet vid 16,7 Hz, 10 000 V/m för allmänhetens exponering. Som vi ser av mätningarna ligger inga mätvärden i närheten av denna gräns.

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

EU beslutade 2013 om ett direktiv för att begränsa exponering för elektromagnetiska fält i arbetslivet, vilket innebär tvingande gränsvärden. Direktivet träder i kraft år 1 juli 2016 i alla EU:s medlemsstater.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I WHO: s Environmental Health Criteria^{§§}, 2007, har en förnyad bedömning av IARC:s klassificering gjorts. Utfallet av WHO:s bedömning är densamma som IARC:s, även mot bakgrund av studier som publicerats sedan 2002.

Redan år 1996 beslutade Arbetsmiljöverket, Socialstyrelsen, Statens strålskyddsinstitut, Elsäkerhetsverket och Boverket att en försiktighetsprincip ska gälla för lågfrekventa elektriska och magnetiska fält ^{***}.

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

Då det inte finns några explicita nivåer angivna i försiktighetsprincipen, har detta lett till en osäkerhet och en rad, ibland divergerande, tolkningar på kommunal- och länsnivå.

§§ WHO: *Extremely Low Frequency Fields* Environmental Health Criteria Monograph No.238, 2007.

*** Arbetarskyddsstyrelsen, Boverket, Elsäkerhetsverket, Socialstyrelsen och Statens strålskyddsinstitut "Myndigheternas försiktighetsprincip om lågfrekventa elektriska och magnetiska fält - en vägledning för beslutsfattare" 1996.

Krav på att årsmedelvärdet av magnetfältet skall vara under 0,2 μT vid nybyggnation har ställts på kommunal nivå av Miljöförvaltningen Stockholms stad (2002)^{†††} respektive Miljöförvaltningen Malmö stad (1998) ^{†††}. Senare har Stockholm uppdaterat sina rekommendationer varvid man hänvisar till försiktighetsprincipen utan att nämna någon explicit nivå.

Socialstyrelsen gav i samverkan med Statens strålskyddsinstitut, Elsäkerhetsverket och Boverket ut en uppdatering till försiktighetsprincipen 2005^{§§§}. I denna sägs:

”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. Resultaten från genomgången tyder på att man kan se en viss ökning av leukemirisken hos befolkningsgrupper som exponeras för magnetiska fält på 0,4 μT eller mer (avser långvarig exponering för 50 Hz magnetfält i bostäder). Däremot ser man ingen riskökning under 0,4 μT . 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”.

Som framgår av ovanstående gäller försiktighetsprincipen kraftfrekventa fält, vilket innefattar järnvägens fält vid 16,7 Hz.

Göteborg 2016-04-17

Yngve Hamnerius, Prof. em.

^{†††} Miljöförvaltningen Stockholms stad (2002), Miljöutredning – på väg mot en hållbar utveckling: Elektromagnetiska fält, Stockholms miljöprogram 2002 – 2006,

^{††††} Miljöförvaltningen Malmö stad (1998), Miljöprogram för Malmö stad 1998 – 2002: 2.15 Elektromagnetiska fält.

^{§§§} Socialstyrelsen, Elektromagnetiska fält från kraftledningar, Meddelandeblad juni 2005.

^{****} Ahlbom et al: Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health, Environmental Health Perspectives, Volume 109, Supplement 6, December 2001.

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