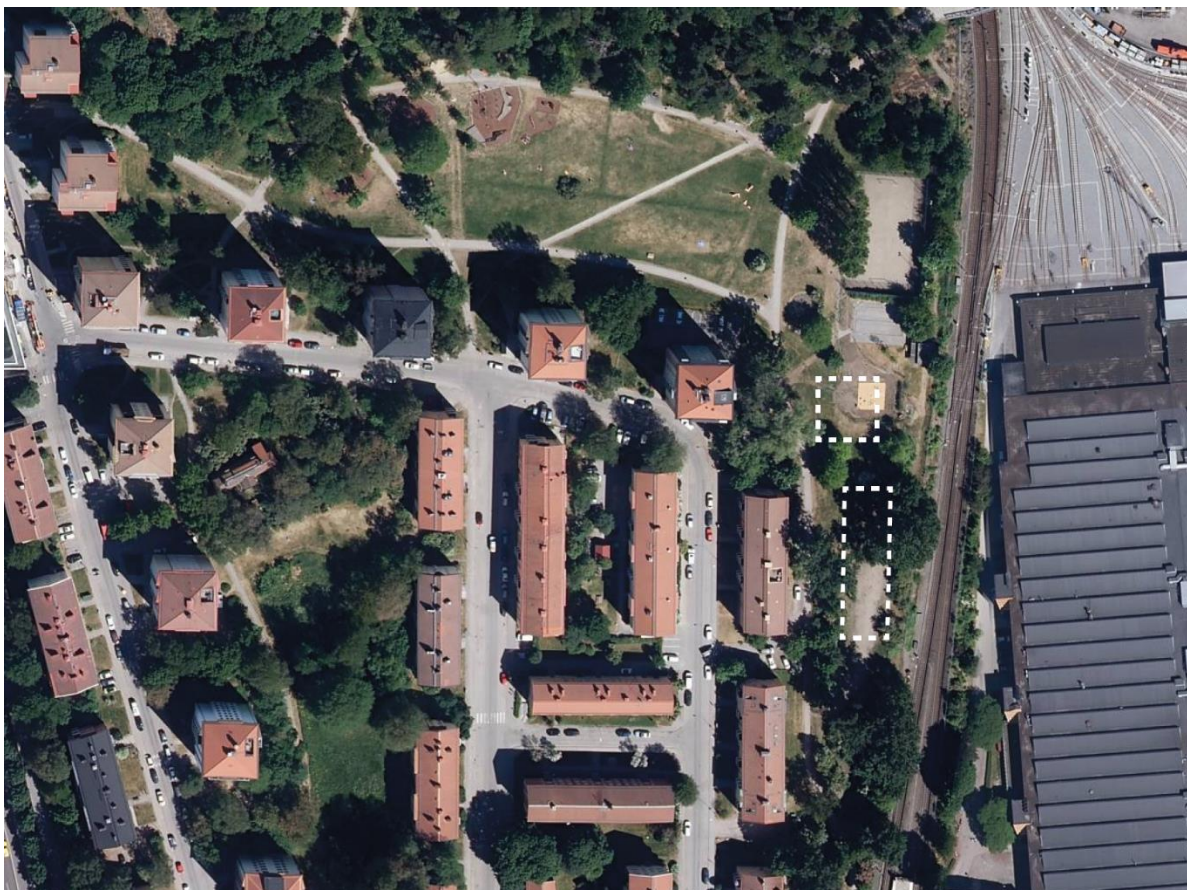


UTREDNING AV ELEKTROMAGNETISKA FÄLT, BLÅSUTVÄGEN

Svenska Bostäder AB



Stockholm-Globen 2022-11-09

WSP Sverige AB

Jacques Pedral

Bror Lundbergh

WSP
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org. nr: 556057-4880
wsp.com

Sammanfattning

I omgivningen till varje elektrisk ledare eller komponent som är strömförande uppkommer elektromagnetiska fält. Elektromagnetiska fält består av två olika fält, dels elektriska fält, dels magnetiska fält.

Är strömmen en likström bildas ett statiskt magnetfält, är det en växelström bildas ett växlande magnetfält. Människan är anpassad till att leva i jordens statiska magnetfält och det har inte gått att påvisa skadliga effekter av statiska magnetfält som människor normalt kommer i kontakt med. Diskussionen om negativ hälsopåverkan från magnetfält handlar enbart om växlande magnetfält.

Enligt Folkhälsomyndigheten har forskning visat att det inte går att se någon ökad risk för sjukdom för den som utsätts för kraftfrekventa fält med ett årsmedelvärde under $0,4 \mu T$. För växlande magnetfält har Miljöförvaltningen tillämpat årsmedelvärdet $0,4 \mu T$ som riktvärde. Gällande normer anger dock ett betydligt högre gränsvärde för det högsta tillåtna växlande magnetfältet under kortare tid ($100 \mu T$).

Elektromagnetiska fält uppkommer i tunnelbanan från högspänningsnät, likriktarstationer, strömskenan, nätstationer och lågspänningsställverk. Tunnelbanetågen i sig drivs med likström som ger upphov till i huvudsak statiska magnetfält (från likriktarstationen och strömskenor). Övriga anläggningar skapar växlande magnetfält.

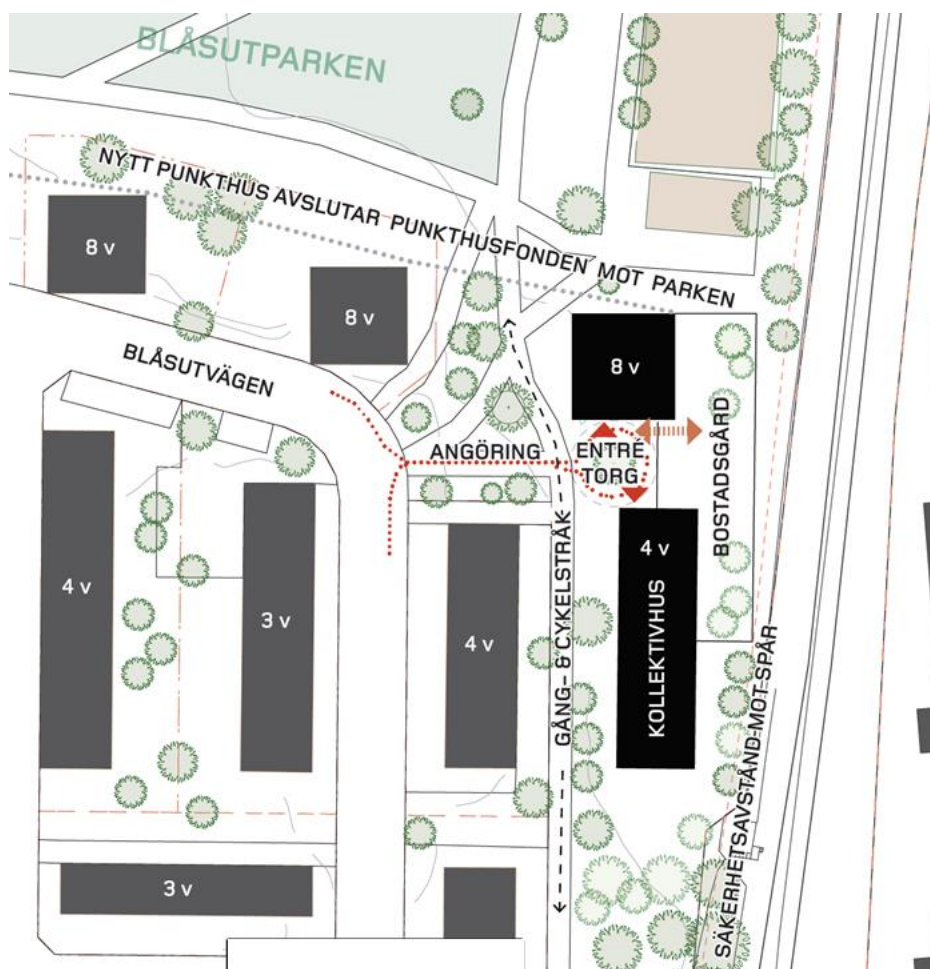
En avgörande faktor för huruvida magnetfälten från tunnelbanespåret och dess anläggning är en hälsorisk eller inte beror i hög grad på avståndet till dessa. Nätstationer, likriktarstationer och transformatorer i sin helhet ses som en "punktkälla" och har ett växlande magnetfält som avtar kubiskt med avståndet ($\frac{1}{r^3}$) medan magnetfältet från högspänningskablar avtar kvadratisk med avståndet ($\frac{1}{r^2}$). Avståndet från det tänkta bostadsbygget till samtliga anläggningar som hör till tunnelbanan är så pass stora att de inte bedöms ha en negativ påverkan på hälsan ur magnetfältssynpunkt.

De beräkningar och antaganden som har gjorts för magnetfältet som tunnelbanespåret och dess närliggande anläggningar ger upphov till tyder på att godtagbara nivåer kommer att uppnås för den tänkta placeringen av de nya bostäderna.

För att ytterligare stödja de använda metoderna gjordes fältmätningar på tre olika avstånd från tunnelbanespåret och Hammarbydepån som ligger närmast det tänkta bygget. Mätningarna gjordes intill spärväxel samt ut med dubbelspåret. Resultatet visade på nivåer som understiger $0,4 \mu T$ på 4–5 meters avstånd. På 10 meters avstånd från tunnelbanespåret och depån bedöms magnetfältet vara marginellt.

Bakgrund

Svenska Bostäder tar tillsammans med Stadsbyggnadskontoret i Stockholm fram en ny detaljplan för ca 60 bostäder på Blåsutvägen i Johanneshov (se figur 1). Området ligger i närheten av tunnelbanans spårområde (ca. 10 meter) samt Hammarbydepån österut. I anslutning till tunnelbanespåret finns anläggningar som drivs med växelström som alstrar elektromagnetiska fält. Som underlag till detaljplanen görs denna utredning av eventuella elektromagnetiska fält från tunnelbanan och dess elsystem som kan påverka de tillkommande bostäderna.



Figur 1. Planerad utbyggnad av punkthus och lamellhus på Blåsutvägen.

1 Inledning

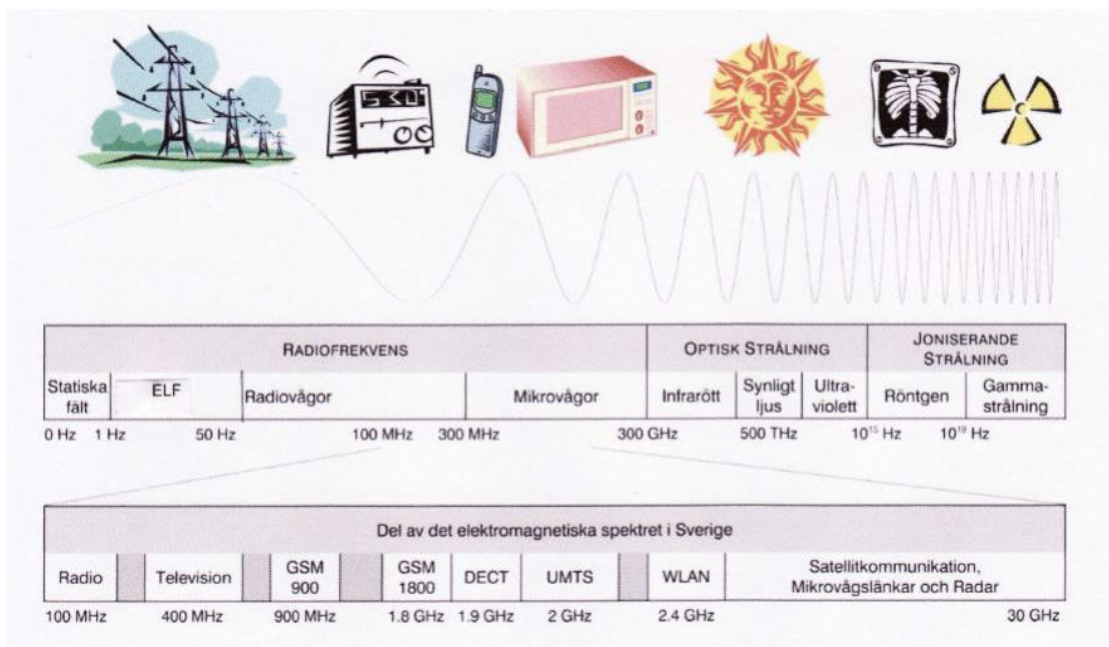
Denna PM behandlar elektromagnetiska fält runt tunnelbanans fasta infrastruktur vilket innebär kraftförsörjning för tågdriften och kraftförsörjning av tunnelbanestationerna.

2 Elektromagnetiska fält

Så länge människan har existerat har vi varit utsatta för elektromagnetiska fält. Men det var inte förrän i början av 1900-talet som man började utnyttja elektriciteten, sedan dess har vi sett en kontinuerlig ökning av användningen.

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. Det elektromagnetiska spektrumet som sträcker sig från statiska fält via låga frekvenser, som kraftfrekvensen 50 Hz, vidare via radiofrekvens, mikrovågsfrekvens, infrarött, synligt och ultraviolett ljus upptill röntgen och gammastrålning (se figur 2). Frekvensområdet 1 Hz till 300 Hz kallas ELF (Extremely Low Frequency) och innefattar bland annat kraftfrekvensen, vilken är 50 Hz i Sverige samt tågfrekvensen som i Sverige är 16,7 Hz.

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. Merparten av de fält som finns i vår närmiljö är av relativt låg intensitet och låg frekvens.



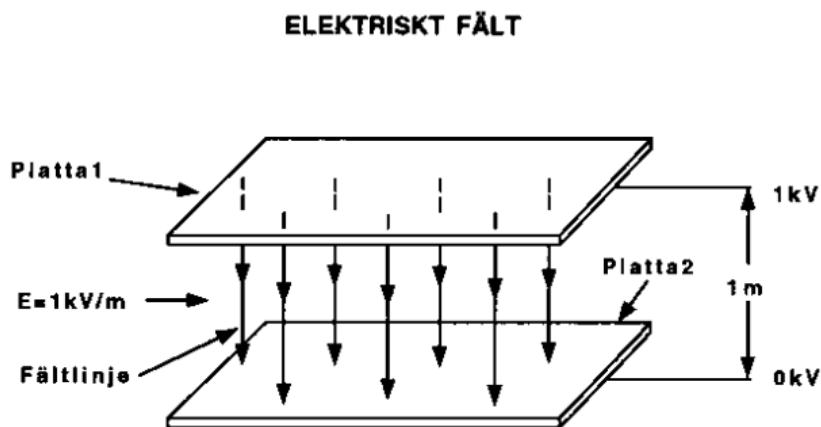
Figur 2. Det elektromagnetiska spektret.

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 gånger frekvensen), är lika med vågens 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 radiofrekvensområdet några meter, i mikrovågsområdet några centimeter och i ljusområdet mikrometer. Vid 0 Hz kan vi inte tala om någon våglängd, då den skulle varit oändligt lång.

Elektromagnetiska fält består av elektriska och magnetiska fält. På avstånd som är större än cirka en våglängd från källan uppstår en så kallad plan elektromagnetisk våg med vinkelrät elektrisk och magnetisk fältkomponent. För fält från tåg är vi mycket närmare källan än en våglängd. I det fallet finns det inget bestämt samband mellan det elektriska och magnetiska fältet, varför vi bör använda oss av den elektriska respektive magnetiska fältstyrkan i stället för det elektromagnetiska fältets styrka för att karakterisera spårvägens fält.

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 per meter (V/m). Om man har två plåtar som i figur 3 och den ena plåten har spänningen 0 V och den andra 1 kV (kilovolt = 1000 V) blir den elektriska fältstyrkan, E , lika med spänningsskillnaden, U (= 1 kV), dividerat med avståndet, d (= 1 m), dvs. 1 kV/m. Det innebär att alla spänningssatta föremål alstrar elektriska fält. De elektriska fälten är normalt lätta att avskärma.

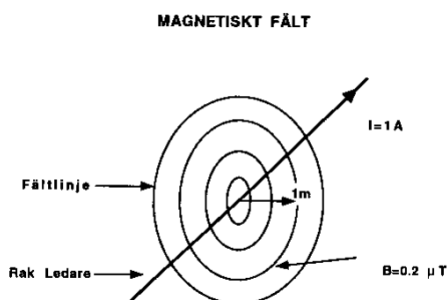


Figur 3. Ett elektriskt fält uppstår mellan föremål som har olika spänning. Den elektriska fältstyrkan (E) är lika med spänningsskillnaden dividerat med avståndet mellan föremålen.

2.2 Magnetiska fält

Elektriska fält alstras av spänningar. De magnetiska fälten alstras däremot av strömmar. Strömmen mäts i ampere (A). Vi tar ett enkelt exempel där det går en ström i en rak ledare (se figur 4). Runt ledaren 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). En (1) tesla är en mycket stor enhet. När det gäller normal miljö får vi ta till mikrottesla (μT), miljondels tesla och nano tesla (nT), miljarddels tesla.



Figur 4. Magnetiska fält bildar slutna fältlinjer kring strömförande ledare. Den magnetiska flödestätheten (B) uppgår till 0,2 μT , en meter från en ledare, som för strömmen (I) 1 A.

Magnetiska fält beskrivs mer ingående i bilaga 1. De magnetiska fälten är svåra att avskärma.

Sammanfattning av de elektromagnetiska fältens "natur":

- Elektriska fält alstras av spänningsskillnader.
- Magnetiska fält alstras av elektriska strömmar.

2.3 Fältens avståndsavtagande

Både de elektriska och magnetiska fälten avtar med avståndet från källan. Avståndsavtagandet är emellertid olika för olika källor. Från en (oändligt) stor platta avtar det elektriska fältet med ett genom avståndet ($\frac{1}{r}$). Fälten avtar snabbare från mindre föremål.

Det magnetiska fältet från en oändligt lång rak enkelledare avtar med ett genom avståndet ($\frac{1}{r}$).

Fältet från en tvåledare avtar ungefär kvadratisk med avståndet ($\frac{1}{r^2}$). Detta gäller även för trefasledningar, som kraftledningar och skenförband. Ifrån en "punktkälla", exempelvis en transformator, är avståndsavtagandet för magnetfält kubiskt proportionellt mot avståndet ifrån dessa ($\frac{1}{r^3}$). På tillräckligt avstånd ifrån en nätstation betraktas en anläggning som en "punktkälla" och för en sådan blir avståndsavtagandet ungefär proportionellt mot ($\frac{1}{r^3}$).

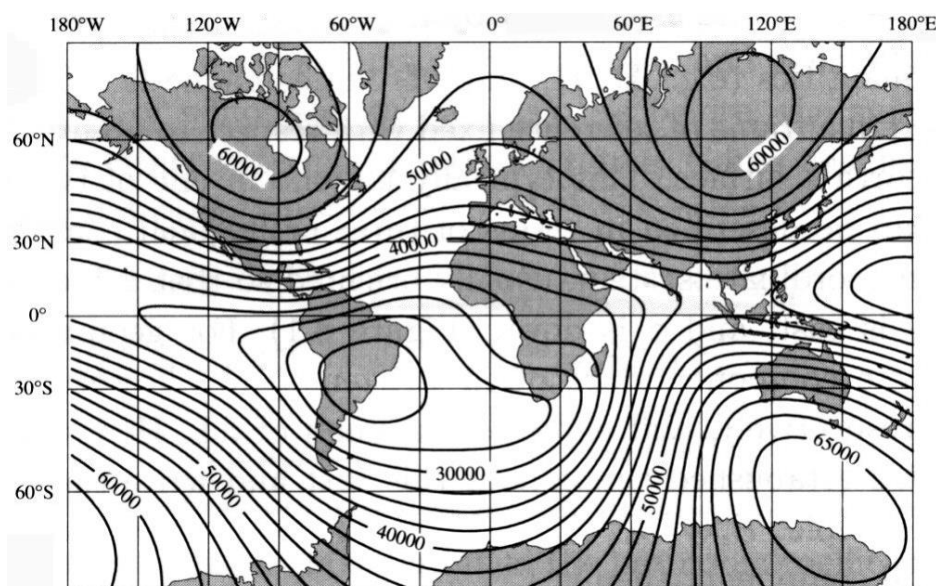
Källornas olika fältavtagande innebär att källor som elektriska små apparater kan ge betydande fältbidrag på nära håll, men att bidraget på några meters avstånd ofta är försumbart på grund av det starka avståndsavtagandet.

Magnetfältet från strömmatningen till tåg, spårväg samt tunnelbana avtar normalt med kvadraten ($\frac{1}{r^2}$) på avståndet från spåret eftersom vi har en framgående ström i kontaktledningen alternativt strömskenan och en återgångsström i ena eller båda rälerarna beroende på utformning av banans signalsystem. Vid parallella spår är återledningsrälerna elektriskt förbundna med varandra på olika platser vilket innebär att återgångsströmmen kan välja olika vägar.

2.4 Naturliga fält

I naturen förekommer naturliga elektriska och magnetiska fält, dessa är huvudsakligen statiska fält. Om spårvagnarna drivs med likström kommer det att bildas statiska magnetfält i spårvägens närhet. Dessa magnetfält kommer att överlagras på det jordmagnetiska fältet som i Skåne är ca 50 μT . Det jordmagnetiska fältet varierar över jorden (se figur 5).

I atmosfären uppstår det ett elektriskt fält, vid vacker väderlek är fältstyrkan vid marknivå typiskt 100 V/m, när ett åskmoln passerar uppstår stora variationer under molnet, fältstyrka varierar mellan 100 - 3000 V/m.



Figur 5. Bilden visar det jordmagnetiska fältets styrka i nT (1000 nT = 1 μT) för olika platser på jorden. Varje isolinje ligger på ett avstånd av 2,5 μT från närmaste linje. Av bilden framgår att flödestätheten i Skåne är ca 50 μT (50 000 nT).

2.5 Referensvärden

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSMFS 2008:18) anger 100 μT för 50 Hz som referensvärde för allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält. Referensvärdet avser maximala momentanvärdet. Inga medelvärden anges.

Enligt "försiktighetsprincipen" rekommenderar Miljöförvaltningen att nya byggnader där människor vistas mer än tillfälligt inte bör byggas där 0,4 μT (årsmedelvärde) överskrids.

Enligt studien *Magnetfält i bostäder (2012:69)* gjordes följande bedömning:

Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer utifrån resultaten att magnetfält upp till 200 nT (0,2 µT) i årsmedelvärde är att betrakta som normala för boendemiljö och att årsmedelvärden över 2000 nT (2 µT) kan anses vara kraftigt förhöjda. Dessa slutsatser har dock ingen koppling till eventuella hälsorisker utan är ett rent konstaterande utifrån de uppmätta magnetfältsnivåerna.

2.6 Uppkomst av elektromagnetiska fält för tunnelbanan

Elektromagnetiska fält uppkommer i tunnelbanan från matande högspänningsnät, matande anläggningar (likriktarstationer) och från strömskaneanläggningen.

Elektromagnetiska fält uppkommer också ifrån andra elektriska anläggningar så som nätstationer och lågspänningsställverk, med tillhörande kabelförband för "vanlig" kraftförsörjning (400/230 V) av tunnelbanestationernas utrustningar.

Huvuddelen av magnetfälten från högspänningsutrustning och lågspänning är nätfrekventa (50 Hz) och är de magnetfält som är problematiska för allmänheten ur magnetfältsperspektiv. Magnetfälten från tågdriftsanläggningen (likriktarstationen och strömskaneanläggning) uppkommer av likström och ger upphov till magnetfält av "statisk" karaktär och kommer därför i huvudsak upplevas som en variation av det naturliga jordmagnetfältet.

2.6.1 Högspänningskablar

Högspänningskablar utgörs normalt av två parallella kabelförband med en kabel per fas för huvudmatningarna. Dessa är antingen förlagda i triangel eller planförlagda. Summan av strömmen i kablarna är alltid nära noll vilket innebär att de olika strömkomponenterna i respektive kabel (fasledare) kommer att ge upphov till magnetfält som motverkar varandra.

Beräkning av magnetfält från 33 kV:s högspänningskablar:

Approximativa beräkningar för ett kabelförband

	Ström [A]	Avstånd från kabelföräggnings mitt [m]								
		0,5	1	2	3	4	5	6	8	10
Triangelförläggning	300	20,00	5,45	1,43	0,65	0,37	0,24	0,16	0,09	0,06
Fasavstånd: 0,1 m	200	13,33	3,64	0,95	0,43	0,24	0,16	0,11	0,06	0,04
Enledarkablar	100	6,67	1,82	0,48	0,22	0,12	0,08	0,05	0,03	0,02
	50	3,33	0,91	0,24	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
Horisontalförläggning	300	45,00	13,85	3,91	1,82	1,05	0,68	0,48	0,27	0,17
Fasavstånd: 0,3 m	200	30,00	9,23	2,61	1,21	0,70	0,45	0,32	0,18	0,12
Enledarkablar	100	15,00	4,62	1,30	0,61	0,35	0,23	0,16	0,09	0,06
	50	7,50	2,31	0,65	0,30	0,17	0,11	0,08	0,05	0,03
Triangelförläggning	300	10,91	2,86	0,73	0,33	0,19	0,12	0,08	0,05	0,03
Fasavstånd: 0,05 m	200	7,27	1,90	0,49	0,22	0,12	0,08	0,06	0,03	0,02
Treledarkabel	100	3,64	0,95	0,24	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
Tillämpbart för AXQJ 3x95	50	1,82	0,48	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00
	10	0,36	0,10	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Värden i µT

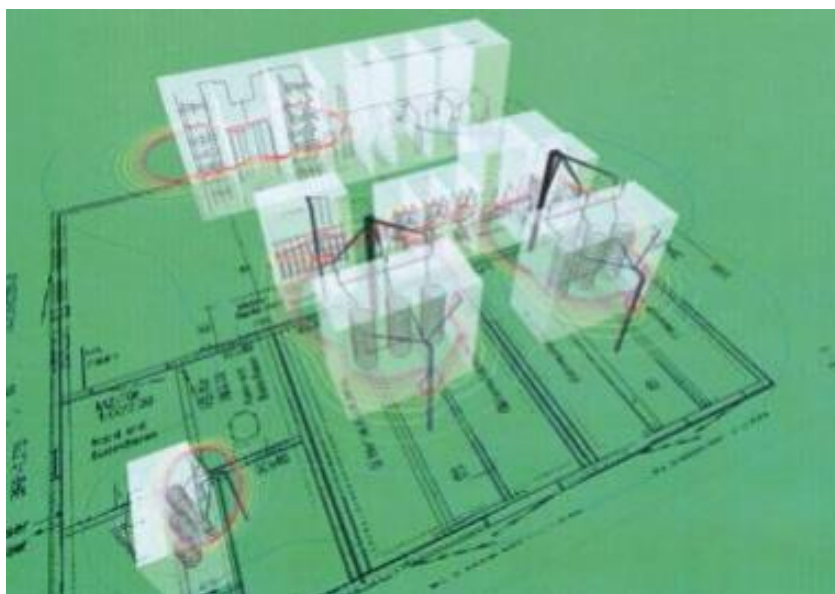
Tabell 1. Beräkning av magnetfält från kablar.

På ett avstånd om drygt 5 meter kommer alltid magnetfältet runt dessa kablar att vara lägre än $0,2 \mu\text{T}$ även då de går med normala medelströmvärden vid det, ur magnetfältssynpunkt, minst gynnsamma förläggningssättet.

Avståndet från det tänka bygget till SL:s 33 kV högspänningskablar är så pass stora att dess magnetfält är försumbart (se bilaga 2).

2.6.2 Likriktarstation (LS)

Det som i huvudsak ger upphov till magnetfält är likriktarstationens likriktartransformator. Denna anläggningsdel är att betrakta som "punktformig". I likriktarstationen finns också kabelförband där framför allt kabelförbandet mellan likriktartransformator och likriktare ger upphov till höga magnetfältstyrkor. Se avsnitt 3.3 Avståndsavtagande för information gällande magnetfältets reduktion i förhållande till avståndet.

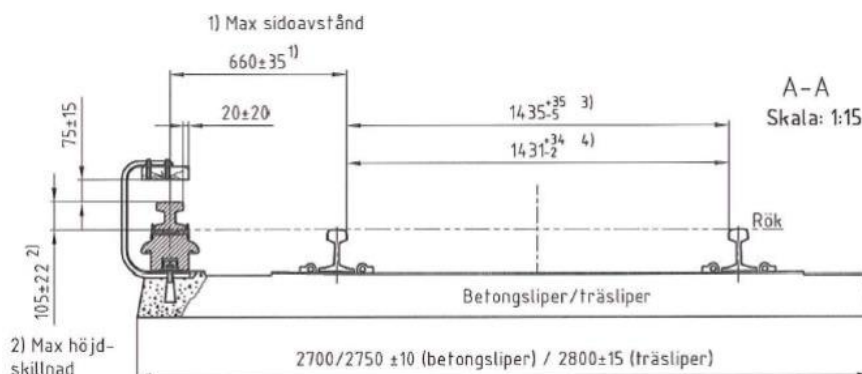


Figur 6. Exempel på magnetfältspridning runt apparater i en elektrisk anläggning (ex likriktarstation).

Avståndet till LS i Skärmarbrink samt söderut intill Hammarbydepån överstiger 20 m och är således inte ett hinder för det tänkta bygget (se figur 8).

2.6.3 Strömskeneanläggning

I spåret överförs den elektriska kraften till tågen i strömskenan och de båda rälen i spåret fungerar som återledning. Strömstyrkan i dessa är av samma storleksordning som i matningskablar (upp till 6000 A). Man kan betrakta detta som en elektrisk ledning med ett "fasavstånd" på 0,66 m till första rälen och 2,1 m till andra rälen.



Figur 7. Spår med strömskena.

Strömarten i dessa är dock likström och magnetfältet bidrar i huvudsak till variationer i jordmagnetfältet.

2.6.4 Nätstationer

Nätstationer används för att omvandla elkraft från matande högspänningsnät till lågspänd elkraft ("vanlig elkraft", 400/230 V, 50 Hz) till stationer för bland annat signal- och teleanläggningar men också för stationernas ventilation, belysning, hissar och rulltrappor med mera.

I nätstationerna är det framför allt nättransformatorn som ger upphov till kraftiga magnetfält på liknande sätt som för transformatorn i likriktarstationerna.

Denna anläggningsdel är att betrakta som "punktformig" (ringa utbredning) och magnetfältet ifrån denna avtar i stort sett med kubiken på avståndet ($1/\text{avståndet}^3$). Detta innebär att en fördubbling av avståndet ifrån denna ger $1/8$ av värdet.

Magnetfälten ifrån nätstationen bedöms bli ca $0,2 \mu\text{T}$ på ett avstånd om ca 10 m. Vid skärmning av anläggningen halveras detta avstånd.

2.6.5 Lågspänning 400/230 V

Lågspänningsanläggningar utförs med kabelförband från matande nätstationer och reservkraftverk till lågspänningsställverk belägna i vardera stationsände.

I ett TN-C-system (4-ledarsystem med gemensam N- och PE-ledare) kan vagabonderande strömmar uppkomma. Med vagabonderande strömmar menas att del av returströmmen letar sig in i annan ledande struktur, exempelvis vattenledningsrör och armering. Strömmen i matande kabelförband är då inte i balans (summan är inte noll då en del letar sig utanför denna) och denna obalans kan ge upphov till höga magnetfält i kabelförbandets närhet.

För tunnelbanans stationer går dessa kablar i schakt och kulvertar på relativt stora avstånd ifrån annan verksamhet. Man kan jämföra detta med elverkens kablar till kabelskåp och serviser till fastigheter. Dessa

utförs normalt som TN-C-system och det är inte ovanligt att man kan mäta upp magnetfält på upp mot $1,0 \mu\text{T}$ längs trottoarer i gatumiljö. De höga fältstyrkorna avtar dock snabbt med avståndet ifrån kabeln ($1/\text{avståndet}^2$).

För matningar till objekt från lågspänningsställverk sker denna med TN-S-system (5-ledarsystem med separat N- och PE-ledare). TN-S-systemet förhindrar uppkomsten av vagabonderande strömmar som annars kan ge höga magnetfältstyrkor. I närhet av personalutrymmen och där folk vistas stadigvarande kommer magnetfälten att underskrida $0,2 \mu\text{T}$.

3 Fältmätning

2022-10-06 kl. 11-15 gjordes direktmätning av magnetfältet med instrument Field Finder från EnviroMentor ca 1 meter över mark, 4–5 meter från tunnelbanans skyddsstaket. Field Finder mäter ett RMS-värde av magnetfälten i X-, Y- och Z-riktningarna (bredd, höjd, djup), oberoende av instrumentets riktning i förhållande till magnetfälten. Värdet uppdateras varje sekund och presenteras på en LCD-display.

Tre platser valdes för att se hur den magnetiska fältstyrkan skiljde sig längs med tunnelbanespåret (se figur 8). Punkt 1 och 2 låg intill en växelförbindelse och punkt 3 låg längs med dubbelspåret.



Figur 8. Avstånd till Hammarbydepån där transformatorbås finns (ca. 36 m) samt likriktarstation i Skärmarbrink (ca. 181 m) i förhållande till tänkt bostadsbygge (de röda boxarna).

Mätningarna utfördes vid två olika scenarion. När inget tåg befann sig på spåret och när ett tåg passerade spåret. Värdena presenteras i Tabell 2.

Punkt	1 (Intill växelförbindelse)	2 (Intill växelförbindelse)	3 (Utmed dubbelspår)
Inget tåg på spår	00.02 – 00.03 μT	00.01 – 00.03 μT	00.01 – 00.02 μT
Passerande tåg	00.03 – 00.07 μT	00.02 – 00.03 μT	00.03 – 00.04 μT

3.1 Kommentar

Mätningen utfördes när ett enda tåg passerade dubbelspåret. Bedömningen är att två tåg som trafikerar på spåret inte kommer innebära en sådan ökning i magnetfältet att riktlinjerna överskrids.

4 Slutsats

Det tänkta bostadsbygget bedöms inte påverkas av elektromagnetiska fält som innebär menlig påverkan för de boende i området. Detta dels på grund av att tunnelbanan är likströmsdriven och magnetfälten ifrån denna i huvudsak är av statisk karaktär. Dels på grund av de avstånd som tunnelbanan och dess anläggningar är belägna på är så pass stora (>10 m).

Det är främst likriktarstationerna (LS) och nätstationerna (NS) som kan ge upphov till problem ur magnetfältssynpunkt. Då avstånd till dessa stationer är så pass stora är magnetfälten försumbara. De nät- och likriktarstationer som ligger närmast det tänkta bygget befinner sig på mer än 10 meters avstånd (se figur 8).

Högspänningskablar tillhörande SL och Ellevio befinner sig på sådant avstånd som inte innebär någon risk för förhöjda magnetfältsvärden (se bilaga 2–4).

Mätningar som har gjorts visar på att magnetfältsnivåerna är betydligt lägre än de rekommendationer och riktlinjer som ges av Folkhälsomyndigheten och Miljöförvaltningen ($<0.4 \mu\text{T}$). Här avses årsmedelvärde. Under högtrafik, när två tåg samtidigt utnyttjar dubbelspåret, bedöms magnetfältet öka marginellt på 5 meters avstånd och ännu mindre på 10 meters avstånd.

5 Kommentarer

Projektet bör beakta eventuell placering av ny nätstation inför bygget om inte inkoppling sker via befintlig nätstation i Skärmarbrinksvägen (se bilaga 4).

För att reducera påverkan av magnetfältet ifrån vagabonderande strömmar till följd av ett TN-C-system bör dragning av lågspänningskablar inte ske i nära anslutning till exempelvis förskola eller lekplats/utegym där allmänheten stadigvarande vistas.

6 Referenser

Referenser till de riktlinjer och normer gällande magnetfält som har använts.

Strålsäkerhetsmyndigheten – 2012:69 Magnetfält i bostäder

<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/b8d919ebb95845bb84c5597c24cee763/201269-magnetfalt-i-bostader>

Strålsäkerhetsmyndighetens författningssamling SSMFS 2008:18

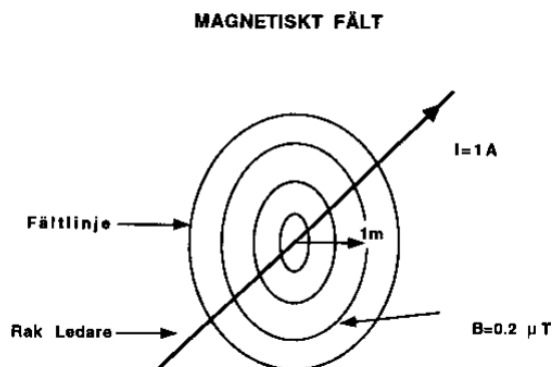
<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/c4057ae5e05b4bf198e9fc8e6ae78bcb/ssmfs-200818-stralsakerhetsmyndighetens-allmanna-rad-om-begransning-av-allmanhetens-exponering-for-elektromagnetiska-falt.pdf>

Folkhälsomyndighetens Miljöhälsorapport 2017

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/c44fcc5df7454b64bf2565454bbdf0e3/miljohalsorapport-2017-02096-2016-webb.pdf>

Bilagor

Bilaga 1. Beräkning av B-fält.



Figur 8. Magnetiska fält bildar slutna fältlinjer kring strömförande ledare. Den magnetiska flödestätheten (B) uppgår till 0,2 μT, en meter från en ledare, som för strömmen (I) 1 A.

Om vi låter en ström, I, gå genom ledaren i figur 1, får vi en magnetisk fältstyrka, H, på avståndet (radien), r.

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

Den magnetiska flödestätheten B är:

$$B = \mu \cdot H \quad (T)$$

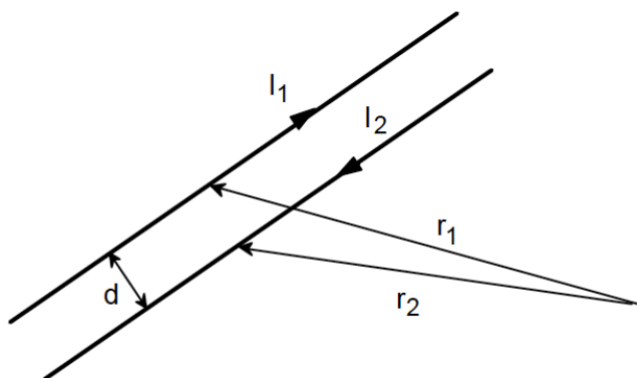
där μ är en materialkonstant, permeabiliteten (Vs/Am). Permeabiliteten för vakuum brukar betecknas μ_0 , den har värdet $4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am. Nästan alla material har en permeabilitet med värde mycket nära μ_0 . Detta gäller för normala byggnadsmaterial, biologisk vävnad och de flesta metaller. Endast ferromagnetiska material som järn har en permeabilitet som avviker kraftigt från μ_0 . För material med permeabilitet μ_0 blir flödestätheten från ledaren i figur 1:

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

Om det går en ström på 1 A, i figurens ledare, får vi en magnetisk flödestäthet på 0,2 μT 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.

När vi har en tvåledare, där strömmen I går fram i den ena ledaren och samma ström går tillbaka i den andra ledaren, kommer dessa båda strömmar att ge upphov till motriktade magnetfält som delvis tar ut varandra. Magnetfältet från en tvåledare med avståndet d mellan ledarna, enligt figur 2, blir om strömmen I_1 går i den ena ledaren och en returström I_2 går i den andra ledaren:

$$B = \frac{\mu \cdot I_1}{2 \cdot \pi \cdot r_1} + \frac{\mu \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot r_2} \quad (T)$$



Figur 9. Magnetiskt fält från en tvåledare där den ena ledaren för en ström I_1 och den andra ledaren en returström I_2 . Vinkelräta avståndet till ledarna är r_1 respektive r_2 .

Om vi skriver om med gemensamt bråkstreck och ansätter att $I_2 = -I_1$, dvs. fram och returström lika stora, får vi:

$$B = \frac{\mu \cdot I_1 \cdot r_2 - \mu \cdot I_1 \cdot r_1}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot r_2} \quad (T)$$

Om avståndet d mellan ledarna är mycket mindre än r_1 och r_2 så kan man utan att beräkningsresultatet nämnvärt påverkas förenkla formeln.

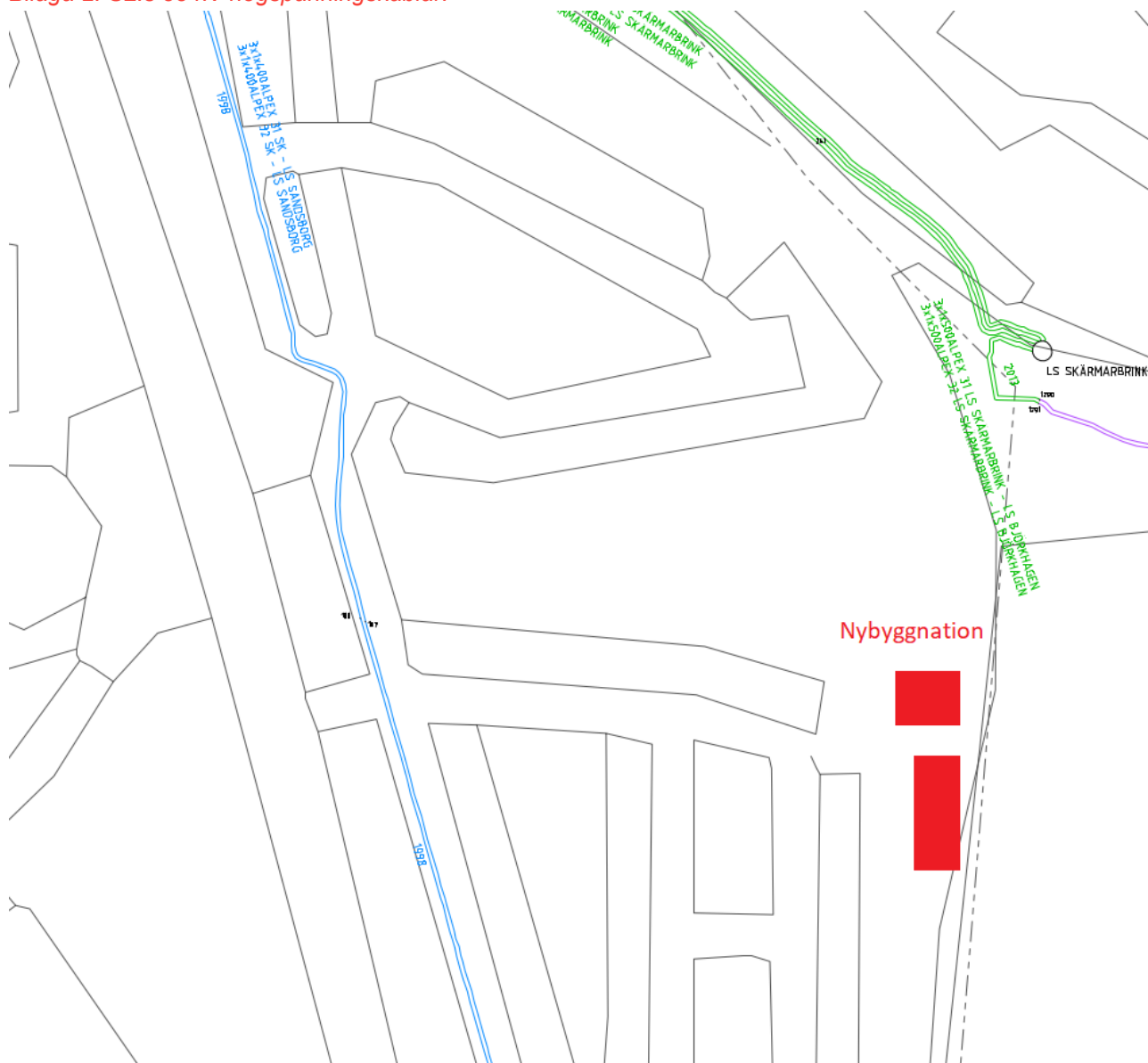
$$r_2 - r_1 \approx d \quad r_2 \approx r_1 \approx r$$

$$B \approx \frac{d \cdot \mu \cdot I_1}{2 \cdot \pi \cdot r^2} \quad (T)$$

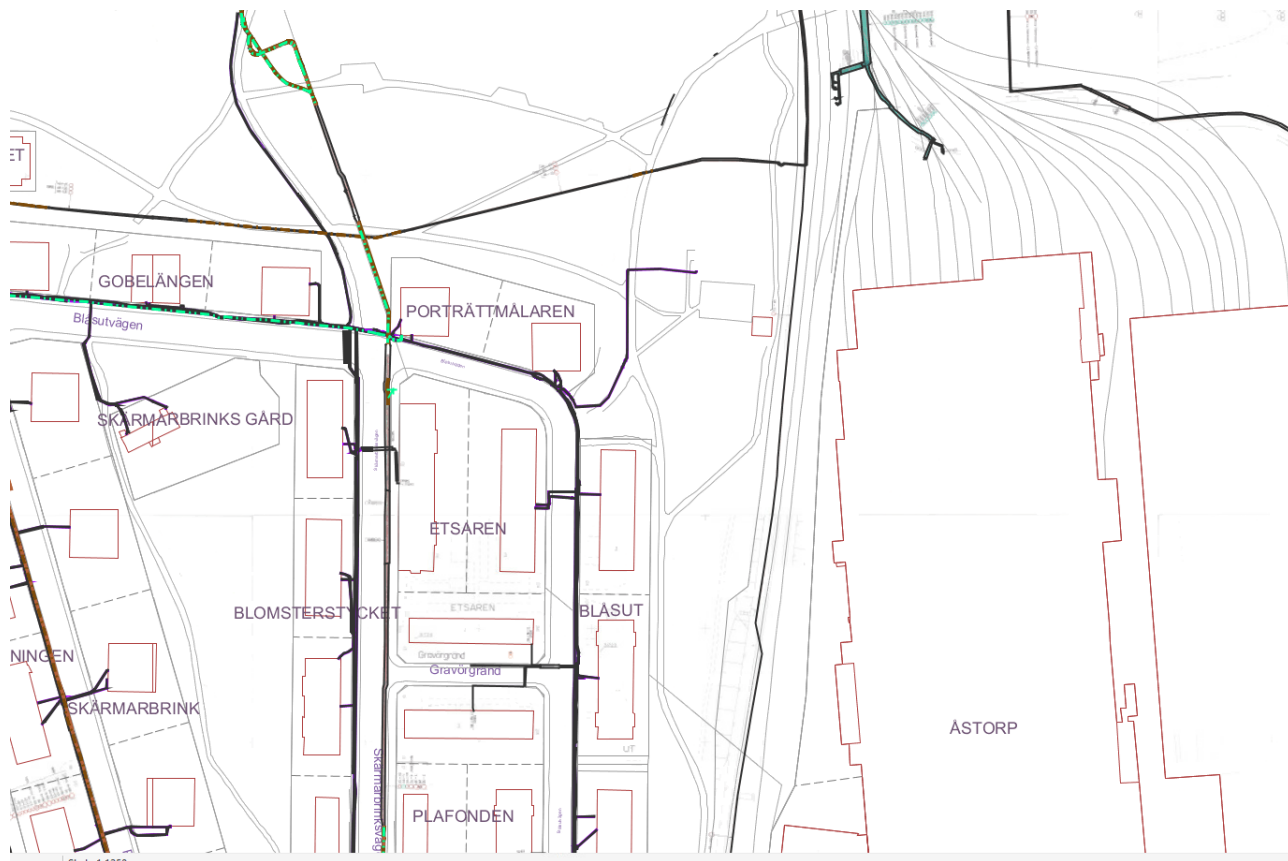
Vi ser att magnetfältet blir direkt proportionellt mot d och omvänt proportionellt mot avståndet i kvadrat. En vanlig lampsladd innehåller två ledare, en som för strömmen till lampan och en som för strömmen tillbaka. Dessa två ledare kommer att skapa motriktade fält som nästan helt tar ut varandra, om ledarna ligger tätt tillsammans (d litet). Är ledarna långt från varandra, som avståndet mellan kontaktledning och räl vid

tågtrafik, får vi ett större magnetfält. För tunnelbana skapas magnetfältet av strömmen i strömskenan och returströmmen i de båda rälerna i spåret.

Bilaga 2. SL:s 33 kV högspänningskablar.



Bilaga 3. Karta över Ellevios befintliga kablar i området (den tjocka linjen längs med husen är 400 V TN-C serviskabel).



Bilaga 4. Nätstation på Skärmabrinksvägen 18, mer än 200 meter söderut från planerat bostadsbygge. Brun kabel är högspänningskabel. Lila kabel är 400 V serviskabel.

