

1998:9

# Hälsorisker i arbete med elproduktion och eldistribution – slutrapport från en prospektiv studie

*Siv Törnqvist*

*Ulf Bergqvist*

*Rose-Marie Herlin*

*Tomas Lindb*

*Bengt Knavé*

*Francesco Gamberale*

*Åsa Kilbom*

*Lars-Inge Andersson*

*Maud Hagman*

*Maria Tesarz*

---

ARBETE OCH HÄLSA VETENSKAPLIG SKRIFTSERIE

ISBN 91-7045-468-x ISSN 0346-7821 <http://www.niwl.se/ah/ah.htm>



*Arbetslivsinstitutet*

## Arbetslivsinstitutet

### *Centrum för arbetslivsforskning*

Arbetslivsinstitutet är nationellt centrum för forskning och utveckling inom arbetsmiljö, arbetsliv och arbetsmarknad. Kunskapsuppbyggnad och kunskapsanvändning genom utbildning, information och dokumentation samt internationellt samarbete är andra viktiga uppgifter för institutet.

Kompetens för forskning, utveckling och utbildning finns inom områden som

- arbetsmarknad och arbetsrätt,
- arbetsorganisation, produktionsteknik och psykosocial arbetsmiljö,
- ergonomi,
- arbetsmiljöteknik och belastningsskador,
- arbetsmedicin, allergi, påverkan på nervsystemet,
- kemiska riskfaktorer och toxikologi.

Totalt arbetar omkring 470 personer vid institutet, varav 350 med forskning. Forskning och utbildning sker i samarbete med universitet och högskolor.

### ARBETE OCH HÄLSA

---

Redaktör: Anders Kjellberg

Redaktionskommitté: Anders Colmsjö  
och Ewa Wigaeus Hjelm

© Arbetslivsinstitutet & författarna 1998

Arbetslivsinstitutet,  
171 84 Solna, Sverige

ISBN 91-7045-468-X

ISSN 0346-7821

<http://www.niwl.se/ah/ah.htm>

Tryckt hos CM Gruppen

# Förord

Föreliggande rapport utgör en sammanfattning av en prospektiv epidemiologisk studie vars syfte var att studera eventuella hälsorisker i en ung kohort (grupp) av nyanställda elarbetare i arbete med produktion och distribution av elektricitet inom kraftindustrin. Sammanfattningen utgör också en slutredovisning av ELMILJÖundersökningen.

Det är en tvärvetenskaplig studie som har genomförts vid nuvarande Arbetslivsinstitutet där enheterna för arbetsmedicin, ergonomi och psykologi samt arbetsorganisation och teknik har deltagit. Undersökningsperioden sträcker sig över åren 1981 - 95. Ansvarig för denna rapport är den arbetsmedicinska enheten.

Ett tack till alla Elmiljödeltagare som ställt upp vid de fyra hälsoundersökningstillfällena, tålmodigt har svarat på alla frågor om hälsa och burit mätinstrumenten för att ge oss de viktiga mätvärdena för de fysikaliska faktorerna.

Vi tackar också företagssköterskorna vid företagshälsovården runt om i landet för att alla data från hälsoundersökningarna kommit in i tid. Utan Er insats hade inte studien kunnat genomföras.

Referensgrupperna, samordningsgruppen med arbetsmarknadens parter och den tekniska och medicinska referensgruppen, tackar vi för stöd och för att de genom åren bidragit med sin kunskap och sina erfarenheter inom branchen.

I denna rapport beskrivs huvudresultaten av de analyser som gjorts på insamlade data. Med hänsyn till den tvärvetenskapliga uppläggnings av studien har analyser genomförts på olika sätt och separata rapporter har presenterats under studietiden från enheten för arbetsmedicin, för ergonomi och psykologi samt enheten för arbetsorganisation och teknik.

Ekonomiskt bidrag har huvudsakligen erhållits av Rådet för arbetslivsforskning, tidigare Arbetsmiljöfonden, samt från kraftindustrin och Arbetslivsinstitutet.

Solna i april 1998

Bengt Knave  
Projektledare

Francesco Gamberale  
Projektledare

# Förkortningar

ALAT	Alanin-aminotransferras
ASAT	Aspartat-aminotransferras
B	Magnetisk flödestäthet, magnetiska fält
CALAB	Centrala automationslaboratoriet, Stockholm
E	Elektrisk fältstyrka, elektriska fält
EKG	Elektrokardiogram
EMF	Elektromagnetiska fält
ETB	Enheten för tillämpad biokemi, Huddinge
TPA	Tissue Polypeptide Antigene
Hb	Hemoglobin
KI	Konfidensintervall
RR	Relativ risk
OR	Odds kvot

# Innehåll

Introduktion	1
Bakgrund och syfte	1
Studiegrupp och metoder	3
Undersökningens uppläggning och genomförande	3
Olika delmoment	3
Undersökt grupp	4
Bortfall	5
Exponering	5
Typarbeten	5
Potentiella riskfaktorer och förväxlingsfaktorer	6
Mätförfarande och exponeringsbedömning av elektriska och magnetiska fält	6
Klassificering av exponering	7
Exponeringsindelning vid analys av reproduktion	7
Utfall	8
Symtom från nervsystemet och psykosomatiska besvär	8
Haematologisk undersökning	8
Serumprover	9
Reproduktion	9
Muskuloskeletala besvär	10
Databearbetning och analysmetoder	10
Hypotesbildning	10
Masssignifikans	10
Bortfallsanalys	11
Prevalens och incidens	11
Statistisk analys	12
Resultat	13
Analyser inriktade på extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält	13
Symtom från nervsystemet och psykosomatiska besvär	13
Prevalens och incidens av besvär	13
Sambandsanalys - symtom från nervsystemet och psykosomatiska besvär	13
Neurastena besvär	13
Psykosomatiska besvär	14
Stickningar och neuropati	14
Yrsel	15

Haematologisk undersökning	15
Vita blodkroppar	15
Blodkemiska parametrar	16
Serumanalyser	17
Incidens av förhöjda värden avseende kortisol, prolaktin och TPA	17
Tvärsnittsanalys vid nioårsundersökningen	18
Reproduktion	20
Födelsevikter och könsfördelning	20
Missbildningar	21
Perinatal dödlighet samt cancer	21
Analys inriktade på andra arbetsmiljöfaktorer	21
Muskuloskeletal besvär	21
Förekomst av besvär i olika kroppsregioner - utveckling över tid	21
Muskuloskeletal besvär och olika yrkesgrupper	22
Diskussion	24
Metodologisk diskussion	24
Urval av individer	24
Exponeringsbedömning	24
Bortfall	25
Statistisk styrka och begränsningar i slutsatserna	26
Diskussion av funna samband i studien mellan ohälsa och olika arbetsmiljöfaktorer	27
Neurasteni	27
Andra symptom från nervsystemet och psykosomatiska (mag)besvär	27
Vita blodkroppar och blodkemiska parametrar	28
Prolaktin och kortisol	28
Tissue Polypeptide Antigen	29
Födda barn och exponering för elektriska och magnetiska fält	29
Muskuloskeletal besvär och olika arbetsuppgifter	30
Slutomdöme	30
Sammanfattning	32
English summary	33
Referenser	34

# Introduktion

## Bakgrund och syfte

I studier avseende yrkesmässig exponering för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält har vissa störningar i biologiska system rapporterats. I slutet av 60-talet och början av 70-talet redovisades i en del tidiga epidemiologiska studier funktionella organstörningar i nerv- cirkulations- gastrointestinala samt fortplantningssystemen. Subjektiva besvär såsom trötthet, sömnsvårigheter, minnesförlust, oro, ångslan, huvudvärk, yrsel och nedsatt libido angavs av elarbetare i dessa tidiga studier. I kliniska objektiva observationer rapporterades lägre antal vita blodkroppar, sänkt systoliskt blodtryck och bradykardi (31, 55, 56). Resultaten var dock svåra att utvärdera främst beroende på metodologiska begränsningar såsom små grupper, avsaknad av referensgrupper och bristande kännedom om den totala arbetsmiljön. Några faktiska exponeringsnivåer genom mätningar av elektriska och magnetiska fält angavs inte i dessa tidiga rapporter, förutom i en studie som undersökte hälsa hos kraftverksarbetare där intresset var riktat endast mot det elektriska fältet (7).

Sedan början av 80-talet har rapporter om cancerförekomst i grupper som yrkesmässigt exponeras för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält (50 - 60 Hz) dominerat forskarnas intresse (14, 47, 48, 52, 53). Experimentella försök har även genomförts för att försöka förklara den biologiska mekanism som eventuellt kan vara orsaken till såväl störningar i funktionella organsystem som till olika typer av cancer (20, 38). En intensiv internationell forskning pågår och ett stort antal epidemiologiska studier har publicerats vars syfte har varit att utröna i vilken utsträckning exponering för elektriska och magnetiska fält i arbetsmiljön eller från högspänningsledning kan vara förenat med hälsorisker för människan. Utvärderingar av den samlade forskningen inom området visar dock en splittrad bild och i dagsläget föreligger inte något vetenskapligt säkerställt samband (5, 27, 29, 55, 56).

Mot bakgrund av dessa tidiga studier initierade arbetsgivar- och arbetstagarparterna inom kraftindustrin i Sverige denna långsiktiga undersökning i början av 80-talet.

Elmiljöundersökningen är en tvärvetenskaplig, prospektiv studie. I forskargruppen har representanter från den Neuromedicinska enheten, den Psykofysiologiska enheten och Enheten för yrkeshygien vid dåvarande Arbetarskyddsstyrelsens forskningsavdelning, Arbetsmiljöinstitutet och nuvarande Arbetslivsinstitutet samarbetat under hela perioden.

Organisatoriskt har därutöver referensgrupper varit knutna till Elmiljöundersökningen i syfte att ge råd samt följa och stödja undersökningen:

- en teknisk referensgrupp bestående av skyddsingenjörer med lång erfarenhet inom branchen,
- en referensgrupp bestående av företagsläkare och företagssköterskor från berörda företagshälsovårdsenheter, samt
- en samordningsgrupp med representanter för arbetsgivar- och arbetstagarparterna inom kraftindustrin.

Syftet med studien var att utifrån rapporterad sjuklighet och med möjlighet till analys av exponeringsfaktorer i arbetsmiljön, följa och utvärdera hälsorisker hos en grupp av unga elarbetare över en längre tid (nio år) samt att belysa eventuella samband mellan olika arbetsmiljöfaktorer och ohälsa. Speciellt intresse har riktats mot exponeringen för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält.

Ett antal deskriptiva och metodologiska resultatredovisningar har presenterats under de nio åren inom ramen för studien " Hälsorisker i arbete med elproduktion och eldistribution; en prospektiv studie" - Elmiljöundersökningen (16, 17, 23-25, 50, 51). Exponering för kemiska faktorer i arbetsmiljön (21) och omfattande beskrivningar av exponering för elektriska och magnetiska fält har rapporterats i vetenskapliga tidsskrifter (33-37).

I en tidigare rapporterad delstudie inom projektets ram - och med samma studiebas - beskrev 17 % av elarbetarna att deras hälsa försämrats efter nio års arbete, 4 % rapporterade förbättrad hälsa och huvuddelen ansåg att hälsan var oförändrad (26). En fall - kontroll studie avseende bullerexponering och hörselnedsättning som också genomförts inom detta projekt visade att linje- och stationsarbetare var överrepresenterade i fallgruppen. Bland symtomen var trötthet och sömnlighet, som ökade ju oftare buller förekom, de mest framträdande (22).

Subjektiva besvär har också undersökts i en specialstudie på ett tjugotal linjearbetare som arbetade på 400 kV ledningar. Man fann i denna studie inte något statistiskt samband med exponering för elektriska och magnetiska fält (15, 18).

Med användande av befolkningsregister har, i en annan specialstudie, effekter på barn till elarbetare inom kraftindustrin undersökts. Ingen riskökning förelåg för låg födelsevikt, perinatal dödlighet eller missbildningar i jämförelse mellan hög och lågexponerade grupper. Beträffande cancerfall fann man en något ökad förekomst än förväntat bland barnen inom denna grupp, men fyndet bör tolkas med stor försiktighet då resultatet mycket väl kan vara ett slumpfynd (49).

Utöver de vetenskapliga rapporteringarna har återkoppling till de deltagande elarbetarna och till branchen i stort gjorts vid flera tillfällen under studiens gång i form av populärvetenskapliga rapporter (2, 3).



# Studiegrupp och metoder

## Undersökningens uppläggning och genomförande

Elmiljöundersökningen är en prospektiv studie avseende hälsotillståndet över tid hos en grupp manliga elarbetare som vid nyanställningen ej varit yrkesmässigt exponerade för elektriska eller magnetiska fält.

Information om hälsa och miljö, familj och barn, ergonomisk belastning samt subjektiv symtomatologi har erhållits från frågeformulär vilka har presenterats i tidigare rapporter (16, 17). Därutöver ingick kliniska tester som inkluderat EKG, blodtryck, puls, audiogram, haematologiskt status; Hb, vita blodkroppar samt ett 20-tal kemiska analyser. Serum har sparats och bevarats i fruset (-70 grader) skick för framtida analyser.

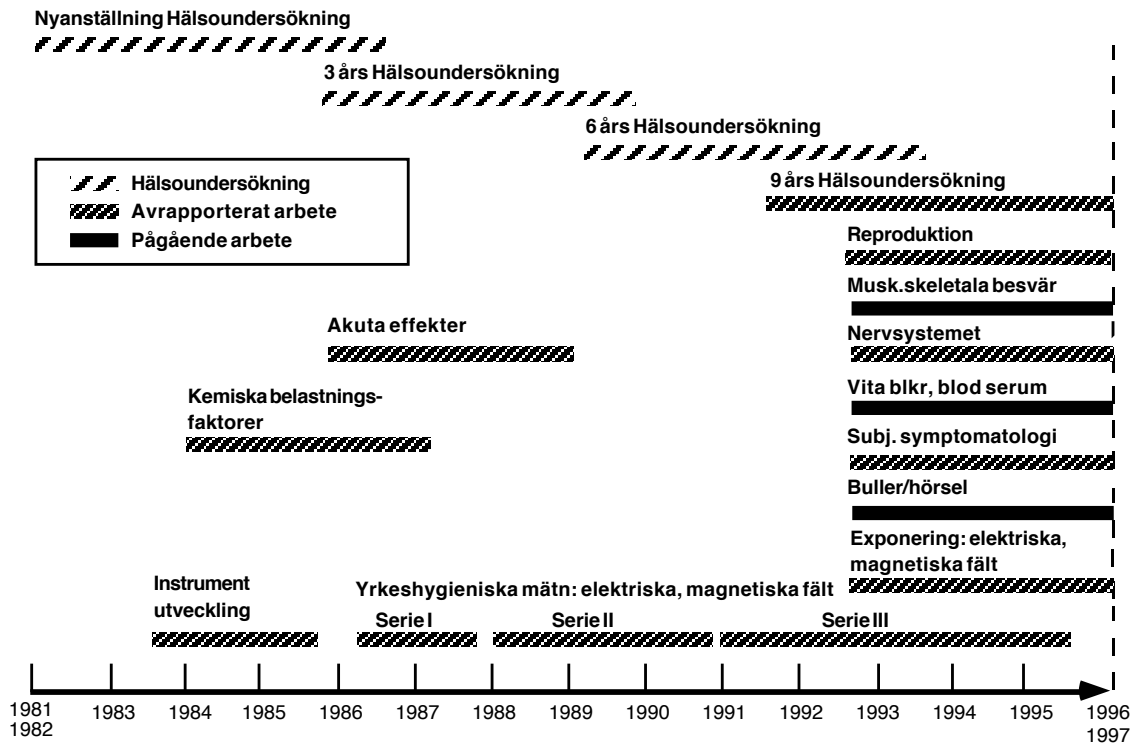
Data avseende dessa variabler har erhållits genom hälsoundersökningar, provtagning och frågeformulär vid ett 40-tal företagshälsovårdsenheter anslutna till elföretag i hela Sverige. Datainsamling har skett vid nyanställning och sedan efter 3, 6 och 9 år. En manual distribuerades vid undersökningens början i vilken en detaljerad beskrivning av förfarandet av de olika delmomenten redovisades. Den sista hälsoundersökningen genomfördes i juni 1995. Exponeringsbedömningarna har baserats på typarbeten, på mätningar av främst elektriska och magnetiska fält, samt på data från använda frågeformulär (36).

A priori-hypoteser med avseende på samband mellan olika exponeringsfaktorer och incidensen av olika effekter utvärderades.

### **Olika delmoment**

En översikt över de olika delmomenten ges i figur 1. Huvudresultaten av dessa redovisas i rapporten. Vissa kompletterande analyser återstår - för att vidare belysa mer specifika arbetsmiljöfaktorer. Analyser av fynd avseende blodtryck, puls och EKG redovisas ej i denna rapport.

## Elmiljöundersökningen



**Figur 1.** Schematisk skiss över aktiviteter under hela undersökningsperioden

## Undersökt grupp

I studiebasen ingick 706 nyanställda män. Urvalskriterierna var att de skulle arbeta med elproduktion och eldistribution inom kraftindustrin (exklusive kärnkraftverk), anställas under perioden januari 1981 - juni 1985 vid företag, där man anställde mer än fem elektriker under tidsperioden, och åldern skulle ej överstiga 40 år. Vid urvalet medverkade skyddsingenjörer och representanter för arbetstagarna och/eller skyddskommittén vid respektive företag. Rörlighet inom yrkesgruppen mellan kraftföretagen har skett över tid men den som bytte företag och fortfarande mötte urvalskriterierna har funnits kvar i studien under hela undersökningsperioden.

Vid inträdet i undersökningen var 68 % under 30 år. Åldersfördelningen över tid i undersökningsgruppen och andelen i bortfallsgruppen framgår av tabell 1.

**Tabell 1.** Åldersfördelningen (%) vid de fyra hälsundersökningarna och andelen bortfall

Hälsundersökning	Totalt (N)	< 30 år	30-40 år	Bortfall a/
Nyanställningsundersökningen	706	68	32	0
3-års hälsundersökning	530	51	49	25
6-års hälsundersökning	476	28	71	33
9-års hälsundersökning	466	6	94	34

a/ kumulativt bortfall i % av hela materialet (N=706).

## Bortfall

Totalt minskade studiepopulationen med 34 % under de nio åren (se tabell 1). Efter 9 år ingick således 466 elarbetare i kohorten med uppgifter om både exponering och hälsoutfall vid alla fyra hälsundersökningarna.

Av de 706 personerna som uppfyllde våra urvalskriterier och som genomgått hälsundersökning vid nyanställningen tackade tjugosex personer (3,6 %) nej till fortsatt deltagande.

Det största bortfallet (25%) skedde sedan under den första 3-årsperioden. När de flesta av elarbetarna för första gången kom in i arbetslivet hade många av de yngsta i kohorten (under 25 år), ännu inte bestämt sitt "elektriska yrke". Av deltagarna som övergått till arbete utanför kraftindustrin förblev de flesta i yrket, huvudsakligen som installationselektriker. Ett fåtal övergick till annat yrke såsom chaufför, byggnadsarbetare eller egen företagare, sammanlagt 8 personer. Fortsatta studier uppgav 28 personer (4%). Tre dödsfall har inträffat under studieperioden; ett olycksfall pga elektrisk ström, ett dödsfall pga trafikolycka och ett cancerfall som inträffade under första anställningsåret.

I de efterföljande tidsperioderna var bortfallet mer begränsat: Under perioden mellan 3-års- och 6-årsundersökningen var bortfallet 10%, och mellan 6-års- och 9-årsundersökningen var bortfallet endast 2%.

## Exponering

### Typarbeten

Initialt gjordes en indelning i 15 s.k. typarbeten vid uppläggnings av studien (8). Denna indelningen gjordes i samarbete med skyddsingenjörer i den tekniska referensgruppen. En beskrivning av de huvudsakliga arbetsuppgifterna inom varje typarbete har tidigare redovisats (36).

## Potentiella riskfaktorer och förväxlingsfaktorer

I de olika delmomenten har genomgående analys av olika förväxlingsfaktorer (confounders) genomförts för att utreda i vad mån dessa påverkar eventuella samband mellan den primära exponeringsfaktorn och utfallet. Urval av möjliga potentiella förväxlingsfaktorer har baserats på förekomsten av ett ev. samband mellan förväxlingsfaktorn och utfallet i fråga. Detta urval utgjordes dels av andra arbetsrelaterade riskfaktorer (se tabell 2), dels av individbundna faktorer som ålder, rökning, alkohol, sjukdom mm.

**Tabell 2.** Potentiella riskfaktorer i arbetsmiljön inom kraftindustrin

Fysiska faktorer	Kemiska faktorer	Ergonomiska faktorer	Arbetsorganisatoriska faktorer
Elektriska fält	Kreosot	Tunga lyft	Bilkörning i svåra förhållanden
Magnetiska fält	Explosiva medel	Svåra arbetsställningar	Arbete i trafikmiljö
Urladdningar	Silikon	Arbete på hög höjd	Övertidsarbete
Buller	Syror/alkalier	Gå i svår terräng	Övernattning utanför hemmet
Vibrationer: lokala	Olja	Stolpklattring	Skiftarbete
Vibrationer: helkropp	Lösningsmedel		Arbete under tidspress
Klimat	Bly		Jourtjänst
	Kvarts		Beredskapstjänst i hemmet
	Gaser		
	Ozon		
	Avgaser		
	Svetsrök		

## Mätförfarande och exponeringsbedömning av elektriska och magnetiska fält

Exponeringsmätningar av elektriska och magnetiska fält genomfördes från början med en dosimeter, BE-log, som har utvecklats inom Elmiljöundersökningen (34). Senare mätningar använde en dosimeter av fabrikat Positron (Positron Industries, Montréal, Québec, Kanada). Det kan påpekas att valet av exponeringsmått för elektriska fält (tid över en exponering av 30 V/m) valdes för att få samstämmighet mellan dessa bågige instrumenttyper, se (36) för vidare diskussion.

För att bestämma exponeringen för elektriska och magnetiska fältet i ett typarbete gjordes heldagsmätningar, dosimetrimätningar med minst 6 timmars mättid på elarbetarna i ett stort antal kraftföretag i landet. Mätstrategin förutsatte att exponeringen inom ett typarbete var relativt likartad från arbetsplats till arbetsplats. Dagsmedelvärdenas spridning mättes i termer av varians. Individuppgifter har erhållits från ett postbaserat frågeformulär som distribuerades till elarbetarna under den sista treårsperioden. I detta formulär fick elarbetarna ange hur många procent de hade arbetat i varje typarbete. Procenttalen skulle anges så att summan blev 100 för varje treårsperiod som motsvarade perioderna mellan hälsoundersökningarna.

Både inom och mellan typarbeten förekom en betydande variation i exponering varför man strävade efter att få en bedömning av den individuella exponerings-

nivån för deltagarna. En skattning har därför gjorts av exponeringen på individnivå genom att kombinera information från postenkäten som gav uppgifter om fördelningen av arbetstiden på de olika arbetsuppgifterna med exponeringsnivåer i de olika typarbetena. På så sätt erhöles en uppskattning av tidsmedelvärdet för perioden. Ett flertal rapporter har publicerats som närmare beskriver mätförfarandet och exponeringsförhållanden i kraftindustrin (33-36).

### **Klassificering av exponering**

I analysen för magnetsfältsexponering har genomgående använts en klassificering av exponeringsvärden som baseras på kvartilindelning under den första 3-års perioden (se tabell 3).

För tidsperioderna 3-6 och 6-9 år användes samma kategorigränser, varför andelen individer i respektive klass kunde variera. Andelen i t. ex. den lägsta kvartilen av magnetfält, som var 24 % vid den första treårsperioden, tenderade att öka något, till 32% vid 6 - 9 års perioden, speglade de förändringar i arbetsuppgifter som skett. Över tid fann vi att ungefär 20 % av elarbetarna förändrade sina förhållanden så att de inte återfanns i samma exponeringsklass vid alla tillfällen för hälsoundersökningarna. I flera av analyserna har dikotoma jämförelser gjorts mellan hög och lågexponerad grupp där definitionen av exponering för fälten var följande (jämför tabell 3):

- hög exponering för magnetiska fält var mer än 0,5  $\mu\text{T}$
- hög exponering för elektriska fält var daglig exponering för ett elektriskt fält av mer än 30 V/m i åtminstone 10 minuter.

**Tabell 3.** Exponeringsgrupper för extremt lågfrekventa magnetiska och elektriska fält.

Kategori	Dagsmedelvärde för magnetiska fält i $\mu\text{T}$	Daglig exponering för elektriska fält över 30 V/m i minuter
1	$\leq 0,2$	$< 2,5$
2	$> 0,2 - \leq 0,5$	$\geq 2,5 - < 10$
3	$> 0,5 - \leq 1,2$	$\geq 10 - < 30$
4	$> 1,2$	$\geq 30$

### **Exponeringsindelning vid analys av reproduktion**

Utfallet bland barnen till elarbetarna undersöktes i relation till faderns exponering för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält. Inom kohorten identifierades två grupper av barn vars fäder ett år före barnets födelse, dvs tre månader före konceptionen, hade en viss exponering för elektriska och magnetiska fält.

Med högexponerad avses här att fadern var exponerad för både högt elektriskt och högt magnetiskt fält ( $n=178$ ) i enlighet med ovan, med lågexponerad avsågs barn där fadern ej varit högt exponerad, varken för elektriskt eller magnetiskt fält

(n=186). En grupp på 62 barn särredovisas då fädernas exponering var antingen högt magnetfält och lågt elektriskt fält eller motsatsen.

## Utfall

### **Symtom från nervsystemet och psykosomatiska besvär**

Via enkäter erhöles uppgifter om vid mättillfället förekommande besvär relaterade till nervsystemet. Dessa sammanställdes till nio olika index enligt följande:

- depression, melankoli och nedstämdhet utan orsak
- huvudvärk
- neurasteni; trött utan orsak, koncentrationssvårigheter, rastlös och spänd, irriterad utan orsak, ängslig, orolig och nervös
- neuropati; stickningar, domningar eller krypningar i extremiteter
- psykosomatiska (mag) besvär; allmänna symptom från gastro-intestinala delar av kroppen som sveda, smärta, halsbränna och magbesvär
- stickningar i kroppen
- sömnsvårigheter; svårt att somna, rastlös under sömn
- trötthet; fysiskt eller psykologiskt trött på morgonen eller efter arbetet, allmän trötthet eller svaghet
- yrsel.

Incidensen av dessa besvär beräknades i treårsintervaller motsvarande tiden mellan hälsundersökningarna.

### **Haematologisk undersökning**

Blod- resp serumanalyser har gjorts vid ett laboratorium för haematologi och blodkemi (CALAB) och ett för serum (Novum). Prover avseende en parameter från samtliga deltagare analyserades således på ett och samma laboratorium. Dessa åtgärder vidtogs i syfte att standardisera förfarandet och för att undvika systematiska eller slumpmässiga variationer i resultaten på grund av olikheter i analyser och bedömning. Båda laboratorierna är accrediterade enligt Swedish Accreditation Body (SWEDAC) i enlighet med europeiska normer, European Norm EN 45001.

Vid undersökningens början ingick endast vita blodkroppar - leukocyter. I ett senare skede ansågs att även hemoglobin (Hb) och blodets kemiska sammansättning skulle undersökas och serum sparas i fruset skick för framtida analyser. En begränsning i analyserna av blodparametrarna över tid föreligger på grund av dessa förhållanden. Det har endast varit möjligt att analysera vissa delar av den kliniska blodbilden över tid; 3 - 6 år och 6 - 9 år.

Blodproverna analyserades med avseende på halten leukocyter samt den procentella fördelningen av dessa på olika typer; neutrofila, eosinofila, basofila, lymfocyter och monocyter. Analysen av de blodkemiska parametrarna omfattar albumin, ALAT, alkalisk fosfatas, ASAT, fosfat, glukos, glutamyltransferas, haptoglobin, järn, kalcium, kalium, kolesterol, kreatinin, laktat, protein, total järnbindande kapacitet, transferrin-järn, triglycerider, urea samt urinsyra.

I analysen utnyttjades den kliniska erfarenheten av ålders- och könsrelaterade referensvärden som används av Calab som genomfört analyserna under hela undersökningsperioden. Avvikelser från referensvärdena utgjorde effektmått för varje specifik blodparameter.

### **Serumprover**

Den del av de kliniska testerna som omfattade blodserum har analyserats för vissa hormoner såsom kortisol och prolaktin samt biomarkören Tissue Polypeptide Antigen (TPA). Serumanalyserna har genomförts vid Enheten för Tillämpad Biokemi (ETB), Novum vid Huddinge sjukhus.

Valet av dessa utfallsvariabler baserar sig på hypoteserna om allmän påverkan på hälsotillståndet, immun - och nervsystemet, fortplantningsförmågan och tidigare rapporter om cancerförekomst bland elarbetare (31, 47, 52). Kortisol och prolaktin regleras båda av hypofysen/tallkottkörteln och störningar i hormonproduktionen ger effekter på centrala nervsystemet som kan yttra sig som t.ex stress och neurastena symtom. TPA är en biomarkör vars förhöjda värden kan tyda på allvarliga infektioner/ inflammationer men den är också en god allmän sjukdomsmarkör. TPA har därutöver visat sig vara en tidig tumörmarkör d.v.s. man kan spåra tumörsjukdomar innan symtom visar sig vid en klinisk undersökning (personligt meddelande, Peter Eneroth).

Olika brytpunkter för nivåerna har använts vid analyser av prolaktin och TPA, där den lägre nivån har baserats på medianen, medan den högre på vad som anses vara kliniskt relevant (personligt meddelande, Peter Eneroth). För kortisol baseras brytpunkten på klinisk relevans, då medianen var av samma storleksordning.

### **Reproduktion**

Förlossningsutfallet som analyserats var födelsevikter under 1 500 g respektive 2 500 g, perinatal död (dödfödda och döda inom 7 dygn från födseln), könsfördelning, missbildningar och som en sen effekt cancerförekomst bland barnen. Uppgifterna har erhållits från olika befolkningsregister; information om förlossningsutfall i medicinska födelsergistret, missbildningar i missbildningsregistret och cancer i cancerregistret.

Vissa frågor som berör familjeförhållanden och inställningen till att skaffa sig barn ställdes vid nioårsundersökningen

## **Muskuloskeletala besvär**

Förekomsten av muskuloskeletala besvär (smärta, värk, obehag), i olika kroppsregioner erhöles genom en tidig version av det Nordiska formuläret för muskelbesvär (32). Data om besvär de senaste 7 dagarna utnyttjades i analysen. Information om arbetsuppgifter och mer specifika upplysningar om arbets-situationen och andra variabler av intresse erhöles från andra enkäter (10, 16, 17).

## **Databearbetning och analysmetoder**

### **Hypotesbildning**

Frågeställningarna (hypoteserna) för de olika delmomenten baserar sig på tidigare rapporterade effekter på nervsystem, blod/vita blodkroppar och reproduktion. Urvalet av variabler bygger väsentligen på effekter som rapporterats i tidiga ryska studier (för översikt se 31).

Vad gäller serumanalyser fanns tillgängliga data för ca 400 elarbetare vid 9-års undersökningen. Data som redovisar incidensen av förändrade nivåer över den sista treårsperioden var å andra sidan tillgängliga endast för en begränsad grupp. Av denna anledning genomfördes analys av incidenser över den sista 3-års perioden, medan en tvärsnittsanalys gjordes för 9-års undersökningen.

Relativa risker med 95% konfidensintervall beräknades för gruppen med högre jämfört med gruppen med lägre exponering. Vid analyser av relationen mellan symtom från nervsystemet samt förändringar i blod- och serumdata har en klassificering av de elektriska och magnetiska fälten i kvartiler använts, se tabell 3. För analys av reproduktion har dock en annan klassificering använts, se ovan. För muskuloskeletala besvär jämfördes stationsarbetare respektive linjearbetare med kontrollrums- och kontorspersonal.

### **Massignifikans**

Ett stort antal sambandsanalyser har genomförts i studien, vilket aktualiserar frågan om massignifikans. Detta begrepp är dock omstritt i epidemiologiska studier. Man diskuterar bl a frågan om massignifikans har något berättigande när tyngdpunkten i analyser, som i denna studie, förskjuts från statistisk hypotesprövning till estimering (41, 44).

Vi har valt att inta en mellanposition i denna studie. För här redovisade resultat av symtom från nervsystemet och haematologi, där vi genomfört ett stort antal jämförelser, har vi valt att genomföra analysen i två steg. I det första steget har alla samband mellan utfallsvariablerna och elektriska och magnetiska fält studerats under en första tidsperiod, som normalt sträckte sig över 6 år (mellan nyanställningsundersökningen och 6-årsundersökningen. (I vissa analyser baseras denna första analys på tidsperioden mellan 3-års - och 6-årsundersökningen.)



Enbart de fynd som under denna period uppvisade förhöjda relativa risker (av åtminstone 1,4) har sedan, oavsett konfidensintervall, analyserats med avseende på sista undersökningsperioden (6 - 9 år) för att - om möjligt - verifiera fyndet. De fynd som slutligen redovisats är således de som uppvisat konsistent förhöjda relativa risker under två olika tidsperioder.

### **Bortfallsanalys**

Det relativt omfattande bortfallet under speciellt de första tre åren har föranlett en omfattande bortfallsanalys. Denna har baserats på följande moment.

- beskrivning av troliga orsaker till bortfallet.
- sjuklighet vid första hälsoundersökningen - vid denna förelåg inget bortfall. Jämförelse av prevalens i olika utfall mellan de som senare föll bort ur studien och de som blev kvar möjliggör diskussioner av en eventuell "healthy worker effect". Vissa delresultat redovisas i olika delavsnitt (se tabellerna 4-6).
- uppgifter om yrkestillhörighet och - för en mindre del av bortfallet - exponeringsbedömningar användes för att utröna i vad mån ett selektivt bortfall förelåg för de med ett visst yrke eller exponering.

En annan typ av bortfall såsom byte av arbetsuppgifter inom kohorten under de 9 åren och därigenom ändrad klassificering av exponering har även studerats. Till största delen utgörs dessa förändringar av en tendens att med åren gå över till kontorsarbete, vilket innebär lägre exponering för elektriska och magnetiska fält såväl som vissa andra exponeringar. För att utreda i vad mån dessa förändringar kan ha inverkat på studiens resultat, upprepades alla sambandsberäkningar mellan exponering och utfall då reanalysen gjordes på dem med konstant exponeringsklassificering.

### **Prevalens och incidens**

Med prevalens avses här antalet personer i en grupp som vid ett tillfälle (vid en hälsoundersökning) uppvisar ett visst utfall, delat med det totala antalet personer som ingår i gruppen.

Alla incidenser ("risker") utgår från de individer som ej rapporterat ett ogynnsamt hälsoutfall vid en hälsoundersökning, och anger här den relativa frekvensen av individer som vid en senare hälsoundersökning rapporterar ett sådant utfall. Den tidsperiod som förflyter mellan dessa hälsoundersökning (här 3, 6 eller 9 år) samt vilken hälsoundersökning som utgör utgångspunkten (oftast nyanställningsundersökningen) anges. Kvoten av dessa incidenser ("relativa risker", RR) mellan grupper med olika exponeringsförhållanden beräknades sedan.

Vid några analyser beräknades istället oddskvoter (OR). Med odds avses antalet personer i en grupp som vid ett tillfälle uppvisar ett utfall, delat med antalet personer som inte gör det. Detta gäller dels den tvärsnittsanalys som gjordes på data angående hormon- och TPA-prover vid den fjärde hälsoundersökningen, dels

förlossningsutfall. Dessa oddskvoter baseras på alla individer vid ett visst tillfälle. Även om både oddskvoter och relativa risker beskriver jämförelser mellan olika exponeringsgrupper, bör de ej förväxlas, varken till innebörd eller numeriskt (28, 40, 44).

### **Statistisk analys**

Vid beräkning av relativa risker eller oddskvoter användes PROC FREQ-proceduren i SAS (45). Beräkningar av 95%-iga konfidensintervall baserades på Taylor-serieapproximationer (28, 45). Beräkning av exakta p-värden har också gjorts i några fall (se texten).

För varje utfallsvariabel gjordes en bedömning av möjliga förväxlingsfaktorer, och eventuella samband mellan dessa och utfallen analyserades. Om ett samband mellan en möjlig förväxlingsfaktor och utfallet noterades, justerades sedan sambandet mellan den huvudsakliga exponeringsfaktorn och utfallet med avseende på denna möjliga förväxlingsfaktor. Justering av relativa risker eller oddskvoter för att eliminera en eventuell inverkan av olika förväxlingsfaktorer gjordes med s.k. stratifierad analys (44). Sammanläggning av relativa risker för dessa olika strata gjordes - när så var motiverat - med logit-estimatorn (45).

# Resultat

## Analys inriktade på extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält

### Symtom från nervsystemet och psykosomatiska besvär

#### *Prevalens och incidens av besvär*

Prevalensen av olika besvär vid nyanställningsundersökningen varierade mellan 0,2% för yrsel till 9,4% för stickningar. Skillnaderna mellan prevalensen i undersökningsgruppen och bortfallsgruppen var genomgående små.

Incidenserna över de första 6 åren uppvisade - för olika besvärstyper - en variation från 0,5% för yrsel till 12% för stickningar (tabell 4). Även för den sista treårsperioden var incidenserna av samma storleksordning.

#### *Sambandsanalys - symtom från nervsystemet och psykosomatiska besvär*

Av de olika jämförelserna mellan exponering för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält och de 9 besvärstyperna resulterade 5 i förhöjd relativ risk för neurasteni, psykosomatiska (mag)symtom, neuropati, stickningar i kroppen, och yrsel (tabell 4). (Med förhöjda risker avses här en relativ risk av åtminstone 1,4 oavsett konfidensintervall.) Den fortsatta analysen koncentrerades därför på dessa fem symtom.

Övriga besvärstyper uppvisade inte några förhöjda relativa risker. Detta innebär att denna studie inte gav några indikationer på samband mellan magnetfälts-exponering och depression, huvudvärk, trötthet, sömnsvårigheter, neuropati, stickningar i kroppen eller yrsel, medan indikationer saknades för samband mellan exponering för elektriska fält och depression, huvudvärk, trötthet, sömnsvårigheter, neurasteni eller psykosomatiska (mag)symtom.

#### *Neurastena besvär*

För neurasteni noterades ett samband med magnetfält som blev starkare ju längre tid som individerna arbetat inom kraftindustrin (figur 2) liksom en viss antydning om dos-respons - samband när analysen utsträcktes till 9 år. Vid jämförelse av de med  $\geq 1,2 \mu\text{T}$  och de med  $< 1,2 \mu\text{T}$  var den relativa risken 2,1 (1,2-3,8) under de första sex åren. Förväxlingsfaktorer som ålder, rökning, risk för stötar, oro mm uppvisade i sig samband med neurasteni, men justering för dessa variabler förändrade inte det noterade sambandet mellan neurasteni och magnetfälts-exponering. Andra variabler (t. ex. alkoholförtäring) uppvisade inga samband med neurastena besvär.

**Tabell 4.** Prevalens, incidens och förhöjd relativ risk under de första sex åren

Symtom	Prevalens av besvär vid nyanställningsundersökningen		Incidens över 6 år, %, n=460	Relativ risk för angiven jämförelse <sup>1)</sup> n=460
	Bortfall, % n=246	Kvar i studien, % n=460		
<b>Jämförelse mellan magnetfältsexponeringar - &gt;1,2 µT vs ≤0,2 µT <sup>2)</sup></b>				
Neurasteni	9,4	7,2	9,9	1,8 (0,8-3,8)
Psykosomatiska (mag)besvär	7,7	8,3	8,1	1,9 (0,7-4,8)
<b>Jämförelse mellan exponeringar för elektriska fält, ≥10 min vs &lt;10 min/dag med exponering &gt;30 V/m</b>				
Neuropati	2,2	3,3	6,6	1,4 (0,6-2,8)
Stickningar i kroppen	8,1	9,4	11,9	1,4 (0,8-2,4)
Yrsel <sup>3)</sup>	0,9	0,2	0,5	ND
- Ökad yrsel <sup>3)</sup>	ND	ND	6,8	2,0 (0,7-5,5)

1) Justering har ej utförts för andra faktorer - se huvudtexten. Den relativa risken anges tillsammans med beräknat 95% konfidensintervall.

2) För mellannivåerna (0,2-0,5 µT resp. 0,5-1,2 µT vs ≤0,2 µT) uppvisade neurasteni inga överrisker, medan resultatet var varierande för psykosomatiska besvär.

3) För yrsel kunde ingen meningsfull incidensanalys göras eftersom endast 2 incidenta fall förekom i hela materialet. Analysen grundar sig i stället på fall av ökning av yrselsymtom för de som hade yrsel vid studiens start. Brytpunkten i jämförelsen av låg mot hög exponering var i denna analys 2,5 min/dag. ND=ej beräknad.

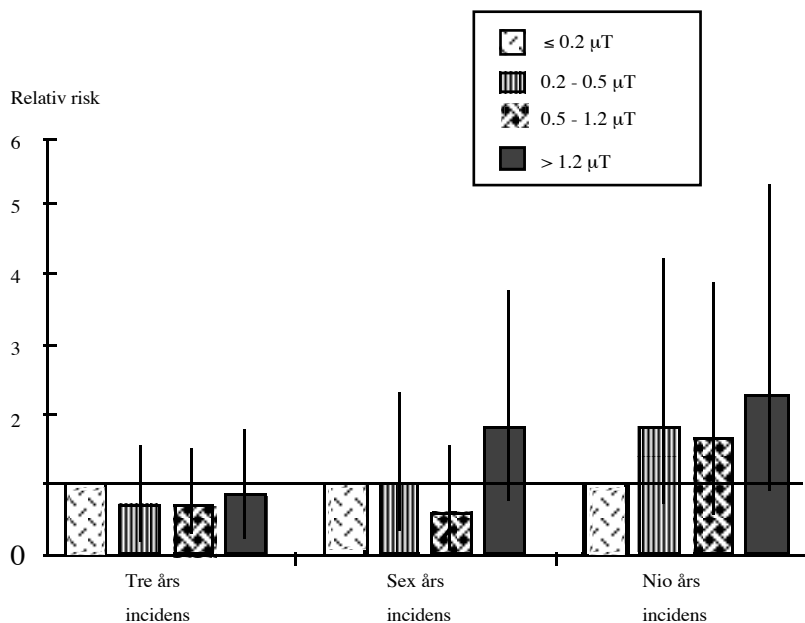
Incidensen av neurastena symtom över tid redovisas i figur 2 i relation till exponering för magnetfält i kvartiler. Jämförelserna i figur 2 gjordes mot den lägst magnetsfältsexponerade gruppen, ≤ 0,2 µT.

#### *Psykosomatiska besvär*

Det svaga sambandet under de första 6 åren mellan magnetfältsexponering och psykosomatiska besvär (magbesvär) påverkades ej vid justering för andra faktorer. Inget dos - respons samband kunde noteras. Några motsvarande förhöjda relativa risker förekom dock inte under 6-9 årsperioden.

#### *Stickningar och neuropati*

För stickningar och neuropati fann vi att variabeln "arbete med risk för urladdningar" bättre tycktes förklara de noterade fynden. Justering för denna variabel reducerade den relativa risken mellan exponering för elektriska fält och neuropati till 0,9 (0,4-1,9), medan denna "urladdnings" variabel i sig hade ett starkt samband med neuropati (2,3; 1,1-4,7). (Genomgående anges i texten den relativa risken med 95% konfidensintervall på detta sätt.)



**Figur 2.** Relativa risker för neurastena symtom i relation till exponering för magnetfält - utgående från nyanställningsundersökningen. De 95%-iga konfidensintervallen anges med lodräta streck

### Yrsel

Ökad förekomst av yrsel uppvisade samband med andra variabler som ålder och socioekonomiska förhållanden, justering för dessa förändrade dock inte den förhöjda relativa risken för elektrisk fältexponering.

En möjlig interaktion mellan exponering för elektriska fält och arbete på hög höjd tycktes dock föreligga; individer med en hög exponering för elektriska fält som ofta arbetade på hög höjd hade en relativ risk på 2,4 (0,8-6,7) jämfört med de som ej var högexponerade för fält och ej arbetade på hög höjd. Att vara högexponerad för elektriska fält men ej arbeta på hög höjd resulterade ej i förhöjda risker för ökad yrsel, medan en svag riskökning för yrsel förelåg för de som arbetade på hög höjd men ej var högexponerade för fält. Interaktionen mellan hög höjd och fält var mer än additiv och multiplikativ - men osäkerheten i denna senare observation måste påpekas.

I tidsperioden 6-9 år fanns indikationer på samma möjliga interaktion, men denna var även sammanblandad med "arbete med risk för urladdningar". Dessa indikationer blev dock mycket osäkra på grund av det begränsade antalet fall.

### Haematologisk undersökning

#### Vita blodkroppar

Flertalet individer i undersökningen uppvisade "normala" blodvärden. Andelen individer med avvikande blodvärden varierade vid nyanställningsundersökningen mellan 1,8% och 27,3%. Det senare hänför sig till förhöjd andel lymfocyter - värdet sjönk dock under den 9-åriga observationsperioden och uppvisade inga

samband med exponering för elektriska och magnetiska fält. Skillnaderna mellan de som kvarstod i undersökningen och bortfallet var genomgående måttliga.

Urvalet av variabler i tabell 5 innefattar de som i någon av de preliminära (ojusterade) analyserna uppvisade förhöjda relativa risker (åtminstone 1,4) för elektriska eller magnetiska fält och som därför analyserades vidare.

För sänkt antal leukocyter kunde en osäker riskökning noteras för de som arbetade vid förhöjd magnetfältsexponering ( $> 0,5 \mu\text{T}$ ), både under den första 6-årsperioden (RR 0-6 år: 1,4; 0,4-5,0) och den sista treårsperioden (RR 6 - 9 år: 1,5; 0,5-5,0). Denna (osäkra) indikation försvann dock när begränsning av analysen gjordes till dem som vid undersökningens början var högst 30 år.

En ökad relativ risk noterades för sänkt andel neutrofila under den första sex-årsperioden (2,4; 1,0-5,6) i samband med förhöjd magnetfältsexponering, och resultatet tycktes inte påverkas av andra faktorer. Under den sista 3-års- perioden förelåg inte någon motsvarande överrisk (1,1; 0,5-2,6).

**Tabell 5.** Geometriskt medelvärde, ref.värde samt andel med avvikande värden för vita blodkroppar.

Vita blod- kroppar	Referens- värden	Geometriskt medelvärde <sup>1)</sup>	Avvikelse (%) vid hälsoundersökning <sup>2)</sup>			
			Nyanställning	3 år	6 år	9 år
Leukocyter	3,3-6,4 · 10 <sup>9</sup> /l	5,5 · 10 <sup>9</sup> /l	2,9 (5,6)	2,2	2,2	3,5
- Neutrofila	40-70 %	52 %	7,3 (11,5)	7,5	6,2	5,5

<sup>1)</sup> Vid första hälsoundersökningen (vid nyanställning).

<sup>2)</sup> Andel (%) med lägre värden än referensvärdet. Inom parentes anges motsvarande vid nyanställningen för bortfallet.

### *Blodkemiska parametrar*

Beträffande den kemiska blodanalysen - som baserar sig på prover tagna vid andra, tredje och fjärde hälsoundersökningen - varierade andelen med avvikande värden mellan t. ex. 0,2 och 14,2% vid treårsundersökningen. Den högsta andelen avvikande värden noterades för förhöjda triglyceridvärden, ett värde som succesivt ökade till 16,7% vid 6-årsundersökningen och 22,1% vid 9-årsundersökningen. Inga samband mellan förhöjda triglyceridvärden och exponering för fält kunde dock noteras.

För vissa blodkemiska parametrar (de som redovisas i tabell 6) noterades vid den primära (ojusterade) analysen osäkra förhöjda relativa risker för perioden mellan 3- och 6-årsundersökningen i samband med hög exponering för elektriska eller magnetiska fält. Vid justering för andra faktorer än fälten eliminerades dock dessa överrisker, och ingen verifiering av motsvarande ökning av de relativa riskerna under 6 - 9 årsperioden kunde noteras.

**Tabell 6.** Geometriska medelvärden, referensvärden samt andel med avvikande värden för vissa kemiska blodanalyser.

Blod-variabel	Referensvärden <sup>1)</sup>	Geometriskt medelvärde <sup>2)</sup>	Avvikelse (%) vid hälsundersökning <sup>3)</sup>			
			låg/hög <sup>4)</sup>	3 år n=454	6 år n=457	9 år n=435
Albumin	41-51 g/l	45 g/l	lågt	4,3 (4,5)	9,0	4,4
Glukos	3,8-5,9 mmol/l	4,7 mmol/l	lågt	8,9 (1,5)	8,1	4,8
Glukos	d:o	d:o	högt	7,6 (10,8)	5,9	12,2
Kalcium	2,25-2,58 mmol/l	2,44 mmol/l	högt	3,8 (3,0)	3,3	4,6
Kalium	3,5-4,8 mmol/l	4,2 mmol/l	högt	4,5 (3,1)	2,9	5,6
Protein	67-81 g/l	74 g/l	lågt	1,4 (0)	3,6	8,7 <sup>5)</sup>
TIBC	48-74 µmol/l	58 µmol/l	lågt	3,6 (3,0)	4,0	4,2

<sup>1)</sup> Angivna referensvärden ("normalvärden") enligt undersökningslaboratoriet Calab.

<sup>2)</sup> Geometriska medelvärden vid andra hälsundersökningen efter 3 år.

<sup>3)</sup> Andel (%) med avvikande värden, d.v.s. individer med värden som faller utanför de referensvärden som angetts åt det håll som anges i kolumnen "låg/hög". (T. ex. anges att 9,0% av den undersökta gruppen hade ett albuminvärde understigande 41 g/l.) Inom parentes anges motsvarande (vid 3 - årsundersökningen ) för det begränsade bortfallet mellan 3 och 6 år.

<sup>4)</sup> "Lågt" anger att data i kolumnerna till höger visar hur många som har värden under referensvärdena medan "högt" anger hur många som har värden över.

<sup>5)</sup> n=275.

## Serumanalyser

### *Incidens av förhöjda värden avseende kortisol, prolaktin och TPA*

Den relativa risken för förhöjda värden avseende prolaktin, kortisol och TPA beräknades på tillgängliga data över sista treårsperioden, 6 - 9 år, i relation till exponering för extremt lågfrekventa magnetiska och elektriska fält.

**Tabell 7.** Relativa risker för hög nivå av kortisol, prolaktin och TPA för perioden från 6-års till 9-årsundersökningen i relation till exponering för fält

Hormoner resp. TPA	Använd brytpunkt för hög nivå av hormon/TPA	Relativ risk *	Antal individer
<i>Jämförelse mellan magnetfältsexponeringar - &gt;0,5 <math>\mu T</math> vs <math>\leq 0,5 \mu T</math></i>			
Kortisol	700 nmol/l	0,9 (0,4-2,3)	n=196
Prolaktin	5 $\mu g/l$	1,1 (0,8-1,5)	n=143
TPA	15 unit/l	1,0 (0,4-2,8)	n=161
<i>Jämförelse mellan exponeringar för elektriska fält. <math>\geq 10</math> min vs &lt;10 min/dag med exponering &gt;30 V/m</i>			
Kortisol	700 nmol/l	2,1 (1,0-4,7)	n=196
Prolaktin	5 $\mu g/l$	0,9 (0,7-1,2)	n=143
TPA	15 unit/l	2,4 (0,8-7,0)	n=161

\* Justerat för ålder, rökning, alkohol och exponering för det "andra" fältet (d.v.s. för elektriskt fält vid analys av magnetfältsexponeringen, och vice versa).

Inga förhöjda risker noterades för några av dessa utfall i relation till exponering för extremt lågfrekventa magnetiska fält. För kortisol var dock den relativa risken fördubblad vid längre tids exponering för elektriska fält. En drygt fördubblad risk indikerades även för TPA vid brytpunkten  $\geq 15$  units/l, men med den undre gränsen för konfidensintervallet under 1,0 (tabell 7).

#### *Tvärnsnittsanalys vid nioårsundersökningen*

Det geometriska medelvärdet och prevalensen av värden över olika brytpunkter beräknades för kortisol, prolaktin och TPA vid 9-årsundersökningen, baserad på hela undersökningsmaterialet (tabell 8).

I denna tvärnsnittsundersökning noterades inga samband mellan prolaktin och exponering för magnetiska eller elektriska fält. För kortisol förelåg ett osäkert samband för både magnetfält (OR=1,4; 0,9-2,1) och elektriska fält (OR=1,4; 0,9-2,1). Vid sambandsanalysen mellan förhöjda TPA värden ( $> 90$  units/l) och exponering för extremt lågfrekventa elektriska fält noterades en osäker oddshöjning; OR=1,7 (0,7 - 4,3). Efter justering för arbete i kommunala elverk eliminerades i stort denna ökning (OR=1,1; 0,4 - 3,1). Inga samband mellan TPA och magnetfält noterades.



**Tabell 8.** Serumanalys vid 9-årsundersökningen; geometriskt medelvärde och prevalens över angivna brytpunkter

Hormoner	Antal individer	Geometriskt medelvärde	Brytpunkt vid analys	Prevalens (över brytpunkt) i % av undersökningsmaterialet
Kortisol	n=414	424 nmol/l	700 nmol/l	13
Prolaktin	n=411	5,8 µg/l *	5 µg/l 25 µg/l	38 * 0,5
TPA	n=406	14,9 units/l	15 units/l 90 units/l	47 4,7

\* För ett relativt stort antal individer (n=253) redovisades uppmätta värden som 5,0 eller <5,0 µg/l (under detektionsgränsen), vilket påverkar beräkningen av det geometriska medelvärdet.

Vid fortsatt analys av olika yrkesgrupper med förhöjt TPA värde (> 90 units/l), noterades att elarbetare inom kommunala elverk oftare hade förhöjda TPA - värden i jämförelse med kontrollrums och kontorsarbetare; OR=6,7 (2,0- 22,6). För att se om elarbetarna inom de kommunala elverken var utsatta för några speciella exponeringar i arbetsmiljön som skulle vara av intresse för detta fynd, analyserades förekomst av i enkäter angivna arbetsmiljöfaktorer i denna grupp i jämförelse med andra yrkesgrupper. De flesta av dessa faktorer var genomgående vanligare bland elarbetarna i kommunala elverk (tabell 9). För angiven exponering för avgaser och inomhusklimat var skillnaderna signifikanta, medan de observerade skillnaderna för angivna förhållanden som buller, damm, lösningsmedel, rök och vibrationer var mer osäkra.

**Tabell 9.** Angiven förekomst av ett urval av arbetsmiljöfaktorer

Arbetsmiljöfaktorer <sup>1)</sup>	Förekomst (%) i kommunala elverk, n=35	Förekomst (%) i andra yrkesgrupper inom undersökningen, n=428	Skillnad (95% konfidensintervall)
Avgaser	71,4	28,9	42,5 (26,9 - 58,1)
Buller	68,6	55,1	13,5 (-2,6 - 29,6)
Damm	35,3	21,0	14,3 (-2,0 - 30,6)
Dåligt inomhusklimat	71,4	53,4	18,0 (2,3 - 33,7)
Gaser	0	3,8	-3,8 (p=0,28) <sup>2)</sup>
Lösningsmedel	22,9	13,5	9,4 (-4,9 - 23,7)
Rök	20,0	10,0	10,0 (-3,6 - 23,5)
“Strålning”	20,0	14,8	5,2 (-8,5 - 18,9)
Vibrationer	51,4	37,4	14,0 (-3,2 - 31,2)
Övriga kemikalier	25,7	32,6	-6,9 (-22,0 - 8,2)

<sup>1)</sup> från frågeformulär vid 9 - årsundersökningen

<sup>2)</sup> exakt p-värde beräknat, skillnaden var inte signifikant. (Konfidensintervall ej beräknat p.g.a. lågt antal.)

För samtliga dessa arbetsmiljöfaktorer utom för gaser förelåg svaga indikationer på samband med förhöjda TPA-värden, men inget av dem var signifikanta. Exempelvis var oddskvoten för sambandet mellan avgaser och TPA > 90 units/l 1,6 (0,4-5,6). Fortsatt analys av möjligheten att dessa typer av faktorer (eventuellt i kombination) kan förklara det starka sambandet mellan förhöjda TPA-värden och arbete vid kommunala elverk pågår inom ramen för en fall-kontrollstudie. (En annan möjlighet är givetvis att sambandet mellan avgaser och TPA "enbart" speglar det starka sambandet mellan TPA och arbete i kommunala elverk, och det mellan arbete i kommunala elverk och avgaser.)

## Reproduktion

Inga samband mellan färre födda barn än önskat eller tveksamheter att skaffa barn och exponering för magnetiska eller elektriska fält förelåg (tabell 10).

**Tabell 10.** Familjeförhållanden och inställning till att skaffa sig barn (vid nioårsundersökningen).

Fråga	Antal som besvarat frågan	Antal (och andel i %) som besvarat denna fråga med "ja"
Gift?	n=466	373 (80)
Fått färre barn än önskat?	n=379	23 (6)
Tvekar att skaffa barn p.g.a. förhållanden i arbetet?	n=451	18 (4)
Tvekar att skaffa barn p.g.a. förhållanden utanför arbetet?	n=450	77 (17)

## Födelsevikter och könsfördelning

Inom kohorten föddes 426 barn under nioårsperioden.

Antalet observerade födelsevikter under 2 500 g i enkelfödslar var totalt sett lägre än förväntat i hela kohorten; 7 observerade mot 12,8 förväntat utifrån riksgenomsnittet (OR = 0,55; 0,22 - 1,13). Fem av dessa återfanns i den högexponerade gruppen och två i den lågexponerade. Denna skillnad var dock inte statistiskt säkerställd (exakt p-värde = 0,27).

Inga avvikande könskvoter förelåg i någondera exponeringsgruppen, vare sig mot riksgenomsnittet eller mellan exponeringsgrupperna (tabell 11).

**Tabell 11.** Könsfördelningen inom kohorten i relation till faderns exponering ett år före barnets födelse.

Utfall:	Högexponerade fäder	Lågexponerade fäder
Antal barn	178	186
- varav pojkar	86	92
- varav flickor	92	94
Könskvot *	0,93	0,98
- 95% konfidensintervall	0,64-1,26	0,73-1,71

\* Denna könskvot mellan pojkar och flickor har också jämfört med riksgenomsnittet, inga signifikanta avvikelser noterades.

### *Missbildningar*

I den högexponerade gruppen noterades 6 allvarliga och 4 enklare fall av missbildningar, i den lågexponerade 4 respektive 5 fall (tabell 12). En något högre andel av allvarligare missbildningar förelåg således i den högexponerade gruppen i jämförelse med den lågexponerade, OR=1,6 (0,4 - 5,6). Kromosomförändringar inskränkte sig till ett fall av Down's syndrom i respektive exponeringsgrupp.

**Tabell 12.** Antalet missbildningar bland barn till fäder inom kohorten

Missbildning	Högexponerade fäder (n=178)	Lågexponerade fäder (n=184)
<b>Allvarliga missbildningar</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
- Aorta stenosis	0	1
- Anal atresi	0	1
- Cleft palate	0	1
- Diastrophic chondrodystrophy	2	0
- Down's syndrom	1	1
- Ospecifik defekt i nedre extremiteter	1	0
- Ospecifik hjärtdefekt	1	0
- Septumdefekt	1	0
<b>Enklare missbildningar</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Totalt</b>	<b>10</b>	<b>9</b>

### *Perinatal dödlighet samt cancer*

Ett fall av perinatal dödlighet noterades i den högexponerade gruppen vilket motsvarar det förväntade baserat på riksgenomsnittet. Inget barn föddes med perinatal dödlighet i den lågexponerade gruppen. Bland de 62 barnen med blandexponering fanns inget fall med perinatal dödlighet. Inga fall av cancer noterades bland dessa barn.

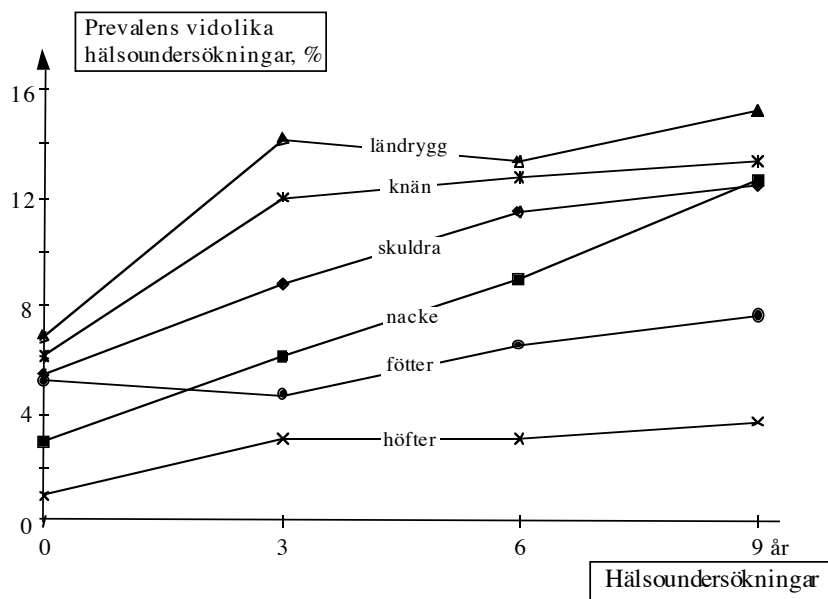
## Analyser inriktade på andra arbetsmiljöfaktorer

### **Muskuloskeletala besvär**

Medan kontrollrums- och kontorspersonal har ett ganska stillasittande arbete, så har stationsarbetare ett mer rörligt arbete, ibland med arbetsuppgifter som innebär repetitiv och manuell hantering av olika objekt. Linjearbetare utför ansträngande arbete utomhus i oländig terräng, hantering av tung utrustning och klättring i stolpar.

### *Förekomst av besvär i olika kroppsregioner - utveckling över tid*

Den största ökningen av besvär under den nioåriga observationsperioden noterades för för ländrygg och nacke (figur 3).



**Figur 3.** Prevalens av besvär de senaste 7 dagarna före varje hälsoundersökning.

#### *Muskuloskelatala besvär och olika yrkesgrupper*

Förekomsten av besvär var relativt lika mellan de olika yrkesgrupperna vid nyanställningen. Så var t. ex. prevalenserna för besvär i ländryggen 7,7% för kontrollrums/kontorspersonal, 7,3% för stationsarbetare och 6,1 % för linjearbetare.

I tabell 13 anges ojusterade relativa risker för stationsarbetare och linjearbetare i jämförelse med kontrollrums/kontorspersonal för hela nioårsperioden. För ländrygg och - med viss osäkerhet - för knä noterades därvid ökade risker för både stations- och linjearbetare. För de flesta andra regioner (förutom skuldra, och höfter för stationsarbetare) förelåg små ökade relativ risker, men dessa ökning var statistiskt mycket osäkra.

**Tabell 13.** Besvär i olika kroppsregioner de senaste 7 dagarna, för stationsarbetare och linjemän, i jämförelse med kontrollrums/kontorspersonal (n=95).

Besvärsregion	Stationsarbetare n=189		Linjearbetare n=172	
	antal fall	relativ risk <sup>1)</sup>	antal fall	relativ risk <sup>1)</sup>
Nacke	23	1,3 (0,6 - 2,9)	21	1,4 (0,7 - 3,1)
Skuldra	18	0,9 (0,4 - 1,8)	17	0,9 (0,4 - 1,9)
Ländrygg	25	2,4 (1,0 - 6,0)	28	2,9 (1,2 - 7,2)
Höfter	2	0,3 (0,1 - 1,9)	8	1,5 (0,4 - 5,3)
Knän	17	1,4 (0,6 - 3,4)	22	2,0 (0,8 - 4,7)
Fötter	10	1,2 (0,4 - 3,7)	14	1,9 (0,7 - 5,7)

<sup>1)</sup> Ojusterade relativa risker för hela nioårsperioden, med 95% konfidensintervall

Relativa risker beräknades för den första 3-årsperioden och för hela 9-årsperioden, både ojusterat och justerat för olika förväxlingsfaktorer, för ländryggsbesvär (tabell 14), för knäbesvär (tabell 15) och för skulderbesvär. Justering för förväxlingsfaktorer resulterade för knä- och ryggproblem i något reducerade relativa risker. De högsta relativa riskerna för knäbesvär noterades i den första 3-årsperioden.

För besvär i skulderregionen noterades under den första 3-årsperioden en ökad risk för linjearbetare, med relativ risk av 1,9 (0,9-4,2). Efter justering för vibrationer reducerades denna till 1,6 (0,7-3,6). För hela 9-årsperioden noterades dock ingen överrisk bland stations- eller linjearbetare jämfört med kontrollrums- och kontorspersonal (tabell 13).

**Tabell 14.** Ländryggsbesvär den första 3-årsperioden och hela 9-årsperioden, för stationsarbetare och linjemän i jämförelse med kontrollrums- och kontorspersonal.

Observations-period	Relativ risk med 95 % KI <sup>1)</sup>	Relativ risk med 95 % KI <sup>2)</sup>	Justerat för
<b>Stationsarbetare jämfört med kontroll/kontorspersonal</b>			
0-3 år	1,7 (0,8-3,6)	1,4 (0,7-3,0)	jourarbete
0-9 år	2,4 (1,0-6,0)	1,8 (0,7-4,7)	motion
<b>Linjearbetare jämfört med kontroll/kontorspersonal</b>			
0-3 år	2,2 (1,1-4,4)	1,7 (0,9-3,4)	jourarbete
0-9 år	2,9 (1,2-7,2)	2,5 (1,0-6,4)	motion

1) Ojusterade relativ risker

2) Justerade relativ risker (för variabel som anges i högra kolumnen).

**Tabell 15.** Knäbesvär den första 3-årsperioden och hela 9-årsperioden, för stationsarbetare och linjemän i jämförelse med kontrollrums- och kontorspersonal.

Observations-period	Relativ risk med 95 % KI <sup>1)</sup>	Relativ risk med 95 % KI <sup>2)</sup>	Justerat för
<b>Stationsarbetare jämfört med kontroll/kontorspersonal</b>			
0-3 år	3,3 (1,1-9,7)	2,4 (0,8-7,0)	motion
0-9 år	1,4 (0,6-3,4)	1,2 (0,5-3,1)	skiftarbete
<b>Linjearbetare jämfört med kontroll/kontorspersonal</b>			
0-3 år	5,6 (2,0-16,0)	3,6 (1,2-10,5)	motion
0-9 år	2,0 (0,8-4,7)	1,8 (0,7-4,7)	skiftarbete

1) Ojusterade relativ risker

2) Justerade relativ risker (för variabel som anges i högra kolumnen).

# Diskussion

Den övergripande målsättningen med denna studie var att utvärdera eventuella förändringar i hälsotillståndet över tid hos en grupp unga elarbetare inom kraftindustrin. Förändringar har analyserats i relation till exponeringsfaktorer i arbetsmiljön, med speciellt intresse riktat mot exponering för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält. Denna prospektiva studie är så vitt vi vet den enda studie som på detta sätt har följt en ung grupp av nyanställda elarbetare i kraftindustrin över en längre tid (nio år).

## Metodologisk diskussion

Prospektiva studier tar lång tid att genomföra och är kostsamma, något som bör beaktas vid metodologiskt val vid uppläggning av undersökningar. En tvärsnittsstudie kan möjligen ge god information på kortare tid och till ett billigare pris, men innebär å andra sidan större svårigheter i tolkningen av förändringar i hälsotillståndet och eventuella samband med exponering. Således utgör den prospektiva uppläggnings av denna studie enligt vår mening ett argument för att eventuella effekter - och i viss mån även avsaknad av effekter i relation till exponering bör väga tungt i en total bedömning.

## Urval av individer

Under den aktuella tidsperioden (1981-1985) ingick i princip samtliga manliga personer som nyanställdes vid svensk kraftindustri för arbete inom elproduktion och eldistribution. Den studerade gruppen bör därmed kunna ses som representativ för studerade yrkesgrupper inom kraftindustrin. Möjligheten kvarstår att en s.k. "healthy worker effect" föreligger, i och med att själva arbetet förutsätter en god hälsa. Prevalenser av olika symtom på sjukdom vid nyanställningsundersökningen ger inte heller några indikationer på hög förekomst av ohälsa (se t. ex. tabell 4, och 5 samt figur 3), även om en exakt jämförelse med riksgenomsnittet endast gjorts för vissa utfall (se avsnittet "Reproduktion"). En möjlig "healthy worker effect" utgör dock inget egentligt problem i den prospektiva uppläggnings med betoning av incidens i analysen - det leder snarare till ökade möjligheter att identifiera effekter som kan bero på arbetsförhållanden.

Den studerade yrkesgruppen är sannolikt homogen vad gäller såväl utbildningsbakgrund som socioekonomisk bakgrund, vilket ger ytterligare styrka åt studien.

## Exponeringsbedömning

Ur epidemiologisk synpunkt vore det önskvärt med exakta individuella exponeringsbestämningar för varje elarbetare. Exponeringsbedömningen har inte varit

enkel att göra och den har delvis reviderats under studiens gång. Utveckling av mätinstrument under studietiden har dock gjort det möjligt att med dosimetriska metoder mäta såväl elektriska som magnetiska fält och buller under en tidsperiod i arbete, vilket har givit oss tillgång till värdefulla exponeringsdata inom Elmiljöundersökningen. Vi bedömer att exponeringsbestämningen i studien ger en relativt god bild av exponeringsförhållandena avseende extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält för varje yrkesgrupp inom kraftindustrin liksom för de individer som ingår i studien.

Som helhet visar det sig att 50% av elarbetarna inom kraftindustrin är exponerade för extremt lågfrekventa magnetiska fält över 0,5  $\mu\text{T}$ , vilket är högre än medianexponeringen för svenska manliga yrkesarbetare, 0,2  $\mu\text{T}$  (13). Data saknas för att göra en liknande bedömning för exponering av elektriska fält, men kunskap om de situationer i vilka många i den studerade gruppen arbetar gör att gruppen sannolikt kan betraktas som högt exponerad även för elektriska fält (35-37).

Förutom att gruppen uppvisar en förhöjd exponering för magnetiska - och sannolikt även för elektriska - fält, är spridningen i exponeringen mellan olika individer i studien relativt stor. Medelvärden i den lägsta kvartilen och den högsta kvartilen skiljer sig åt med åtminstone en faktor 10, vilket ökar förutsättningar för en meningsfull analys.

Specialstudier har även genomförts avseende buller och kemiska exponeringsfaktorer. I studien erhållen information om exponeringsfaktorer utanför arbetet av betydelse för ohälsa innebär större risk för felklassificering än när det gäller studerade huvudfaktorer såsom elektriska och magnetiska fält.

## **Bortfall**

Bortfallet i undersökningsgruppen under nioårsperioden (34%) måste anses som högt, ett faktum som bör uppmärksammas vid planering av prospektiva studier där unga yrkesarbetande grupper ingår. Under senare år har också den ökade mobiliteten på arbetsmarknaden bidragit till att man byter yrke flera gånger i livet, vilket också försvårar kontinuiteten i en prospektiv studie. Som jämförelse kan nämnas en kohort av kontorsarbetare, som följdes över 6 år, 1981-1987, även där uppgick bortfallet till 34% (4), och en betydande del av bortfallet var unga, nyanställda. I båda studierna var bortfallstendensen betydligt lägre efter några års arbete - i den här relaterade studien var bortfallet endast ca 1,5% per år under den senare delen av studien.

Vår bedömning av inverkan av bortfallet i denna studie baseras på följande:

- Av de 706 individer som uppfyllde urvalskriterierna, var det omedelbara bortfallet lågt (3,6%) och anses inte utgöra något problem.
- Vi fann inga skillnader avseende yrke eller exponering för fält mellan de som blev kvar i studien och de som föll bort i ett senare skede.
- Bortfallet uppvisade i stort sett samma prevalens vid nyanställningsundersökningen vad gäller förekomst av t. ex. symtom från nervsystemet, andelen olika vita blodkroppar och muskuloskeletal besvär som de som förblev i studien.

För några utfall fanns en viss antydning om en möjlig "healthy worker effect", detta gällde bl. a. depressiva symtom där bortfallet uppvisade en högre prevalens än de som blev kvar. Detta skulle kunna utgöra en orsak till s.k. "falska negativa" fynd. Vi bedömer dock minskningen av studiens kapacitet att detektera samband som liten i den osäkerhet som allmänt föreligger vad gäller icke-positiva fynd.

- Vi undersökte även huruvida individer med vissa symtom i högre grad hamnade i yrkessituationer med viss exponering, genom att vid första undersökningstillfället beräkna oddskvoterna mellan den exponeringen och redan existerande symtom, utan att finna några avsteg från slumpen.
- Vid analys av det "interna" bortfallet i vissa exponeringsklasser som beror på byte av arbetsuppgifter, fann vi inga egentliga skillnader i beräknade relativ risker i analyser som omfattade alla individer och analyser som baserades enbart på dem som hade konstant exponeringsklassificering under åren. Vi tolkar det så att resultaten inte kan förklaras av förändringar i exponering.

Sammantaget bedömer vi att det relativt stora bortfallet inte beror på ohälsa eller exponering, och sannolikt inte påverkar de positiva fynd vi gjort i studien. I en efterkontroll fann vi huvudskälet till flertalet av bortfallen - en ändrad yrkesroll.

Vissa effektmått som baserades på blod- och serumprov tillkom efter den tidsperiod när nyanställningsundersökningen gjordes vilket ledde till att ett stort antal individer ej karakteriserades med avseende på dessa effektmått vid den första undersökningen. Av denna anledning påbörjades incidensanalysen först vid påföljande hälsoundersökningar. Av samma skäl genomfördes en tvärsnittsanalys vid 9-årsundersökningen avseende serum - eftersom vi först då hade data som omfattade alla i studien.

### **Statistisk styrka och begränsningar i slutsatserna**

Ett allmängiltigt problem är att studier som denna, med en relativt hög precision i t. ex. exponeringsbedömning samtidigt genom sin uppläggning blir begränsad i antalet studerade personer. En balans måste därmed upprätthållas mellan minskad risk för felklassificering och minskad statistisk styrka.

Ytterligare en omständighet tillkommer, nämligen det begränsade antalet personer som ingick i studien. Utökning av studiepopulationen skulle antingen inneburi att studien utsträcktes under ytterligare år, eller till flera länder - inget av alternativen var praktiskt möjligt.

Studiens förmåga att detektera svaga samband mellan sällsynta ohälsoeffekter och exponering är begränsad. Som exempel kan nämnas att enbart 2 incidenta fall av yrsel förekom under den första sexårsperioden (analyser avseende yrsel inriktades istället på prevalent fall som angav ökad intensitet), och att endast ett extremt lågviktigt barn (<1 500 g) fötts till fäder inom kohorten. Vid s.k. icke-positiva resultat kan studien således ej tolkas så att avsaknad av effekt föreligger -



men den ger en viss säkerhet i påståendet att inga dramatiska ökningar i den absoluta risken föreligger.

## Diskussion av funna samband i studien mellan ohälsa och olika arbetsmiljöfaktorer

### Neurasteni

Studien visar på ett svagt men relativt konsistent samband mellan neurastena symtom och exponering för extremt lågfrekventa magnetfält. Vissa förväxlingsfaktorer av intresse noterades, som lösningsmedelsexponering och oro för hälsoeffekter. Uppgifter om dessa faktorer baseras dock på enkla frågor i en enkät - och möjligheten av felklassificering kan därför inte bortses från. Det är således möjligt att förbättrad karakterisering av dessa variabler skulle kunna påverka sambandsanalysen mellan magnetfält och neurasteni - men i studien tillgängliga uppgifter på lösningsmedelsexponering och upplevd oro förmår inte förklara det med åren alltmer tydliga sambandet mellan neurasteni och magnetfältsexponering.

Liknande symtom rapporterades redan i de tidiga ryska studierna (för översikt se 31). I en delstudie till Elmiljöundersökningen där man undersökte akuta effekter på nervsystemet vid exponering för elektriska och magnetiska fält bland linjearbetare som arbetade på 400 Kv ledningar fann man å andra sidan inga sådana effekter (15, 18).

### Andra symptom från nervsystemet och psykosomatiska (mag)besvär

De svaga indikationerna på en ökad risk för psykosomatiska (mag)besvär i samband med magnetfältsexponering bör i första hand ses som resultat av slumpen; de är ej konsistenta över hela tidsperioden, de uppvisar inte något dos-responssamband och konfidensintervallet för samtliga relativ risker innefattar 1,0.

En observerad men osäker ökad risk för neuropati eller stickningar tycks snarare höra ihop med arbete nära höga spänningar och med risk för urladdningar än med den elektriska fältexponeringen i sig. En försiktig tolkning är att detta fynd skulle kunna förklaras av välkända fenomen som uppladdning av hudhår, inducerade strömmar eller kontaktströmmar i sådana situationer (55, 56).

Beträffande ökad yrsel pekar resultaten på att situationer som innefattar hög höjd, elektriska fält och risk för urladdningar skulle kunna förbindas med ökad yrsel - men studien kan inte statistiskt skilja på dessa olika faktorer. Förklaringen till fyndet bör i första hand - enligt vår uppfattning - sökas i variabeln "arbete på hög höjd".

Inga överrisker noterades i studien för depression, huvudvärk, sömnsvårigheter eller trötthet i relation till exponering för elektriska och magnetiska fält. Några tidigare studier har undersökt både huvudvärk och depression bland boende nära

kraftledningarna och bland elarbetare inom olika industriyrken med blandade resultat (6, 9, 12, 39, 42, 43, 46). I en fransk fall-kontroll studie där man undersökte ängslan och depression bland elarbetare i kraftindustrin fann man att orsaken till dessa symtom mest var beroende av arbetsorganisatoriska förändringar och större förändringar av arbetsuppgifter (9). I den här undersökta kohorten har merparten (80%) dock uppgivit att de haft en stabil arbetsorganisation och oförändrade arbetsuppgifter under de nio åren.

Sammanfattningsvis fann vi inga påtagliga samband mellan exponering för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält och symtom från nervsystemet eller psykosomatiska (mag) besvär utöver det ovan diskuterade fyndet avseende neurasteni.

### **Vita blodkroppar och blodkemiska parametrar**

Beträffande leukocyter totalt och neutrofil andel betyder den relativt stora osäkerheten i resultaten - de genomgående breda konfidensintervallen och de inkonsistenta och svaga överriskerna - att studien inte kan tas till säker intäkt på att en effekt ej föreligger. I de tidiga ryska studierna rapporterades just sänkta värden på leukocyter bland ställverksarbetare i 400 och 500 kV ställverk (31). En komplicerande omständighet är att för just dessa två mått, lågt antal leukocyter och andel neutrofila, uppvisade bortfallet i vår studie en högre prevalens vid den första hälsoundersökningen. Det är dock oklart hur detta bortfall skulle kunna inverka på resultaten i studien

För olika blodkemiska parametrar kunde vi konstatera att det geometriska medelvärdet genomgående låg nära mitten av det "normala" intervallet för referensvärden och att även om vissa förhöjda risktal förelåg vid sambandsanalys avseende elektriska och magnetiska fält, så eliminerades dessa i stort sett efter justering för andra faktorer. De förhöjda riskerna var inte heller konsistenta över de olika tidsperioderna.

Inga påvisbara överrisker för avvikande antal leukocyter eller blodets kemiska sammansättning i relation till exponering för lågfrekventa elektriska och magnetiska fält noterades således.

### **Prolaktin och kortisol**

En hög exponering för extremt lågfrekventa magnetfält var inte associerat med högre halter av kortisol eller prolaktin. För elektriska fält var resultaten något blandade, en riskökning tycktes föreligga för kliniskt intressanta kortisolnivåer (över 700 nmol/l), medan inget samband mellan prolaktin och elektriska fält kunde noteras. Tillfredsställande antal prover för serumanalyser fanns dock tillgängliga endast för den sista treårsperioden, 6-9 år, vilket har medfört att någon bekräftande analys av samband under olika tidsperiod inte kunnat göras. Vi är i nuläget osäkra på betydelsen av dessa resultat - vilket gör en uppföljning av fyndet angelägen.

En jämförelse med några andra studier av samband mellan kortisol och prolaktin och exponering för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält visar att:

- avsaknaden av samband i vår studie mellan prolaktin och elektriska fält, samt mellan kortisol och magnetfält stämmer med resultat i tre andra (1, 19, 57).
- avsaknad av samband i vår studie mellan prolaktin och magnetfält står i viss motsats till fyndet i en experimentell studie utförd på kvinnor (19), där en påverkan konstaterades. I två andra studier noterades dock också en avsaknad av samband (1, 57).
- fyndet i vår studie av ett samband mellan elektriska fält och förhöjda nivåer av kortisol inte får stöd i den provokationsstudie som utförts på individer med anförd elöverkänslighet (1).

Sammanfattningsvis har studien indikerat ett visst samband mellan kortisol och elektriska fält, men den definitiva tolkningen av detta fynd är i nuläget osäker. Fyndet har inte heller kunnat bekräftas av andra studier.

### **Tissue Polypeptide Antigen**

En hög exponering för extremt lågfrekventa magnetfält tycks inte vara associerat med högre halter av Tissue Polypeptide Antigen (TPA), medan ett osäkert samband förelåg mellan elektriska fält och TPA över medianvärdet (15 units/l). Detta fynd kan dock vara ett resultat av slumpens inverkan (undre gränsen för konfidensintervallet var under 1,0), och kanske också påverkades av begränsningen i materialet - analyserna baserade sig här på ca halva materialet.

I den fortsatta analysen koncentrerades dock intresset på en tvärsnittsanalys avseende det kliniskt relevanta värdet 90 unit/l, där data baserades på hela kohorten. Några samband mellan exponering för elektriska eller magnetiska fält och TPA kunde inte konstateras. Däremot noterades en riskökning för de som arbetade i kommunala elverk. Det bör observeras att denna yrkesgrupp - arbetare vid kommunala elverk - tycks vara utsatt för ett antal andra faktorer av möjligt intresse som t. ex. avgaser. En fortsatt insats för att närmare undersöka dessa förhållanden pågår f.n. i en fall-kontrollstudie baserat på denna kohort.

### **Födda barn och exponering för elektriska och magnetiska fält**

Undersökta utfall bland barn till elarbetarna visade inte några avvikelser från det normala i den allmänna befolkningen när det gäller könsfördelning, låg födelsevikt eller perinatal dödlighet, och inte heller förelåg några säkerställda skillnader mellan hög- och lågexponerade grupper när det gäller att de fått färre antal barn än önskat, låg födelsevikt, könsfördelning eller missbildningar. Inga cancerfall noterades bland barn till fäder inom kohorten.

I en kompletterande studie som baserats på registerdata fann man inte heller några egentliga tecken på ökade risker för låg födelsevikt, missbildningar eller

perinatal dödlighet - vilket överensstämmer med resultatet i den prospektiva studien. En ökad förekomst av cancer bland barnen (12 fall mot 6 förväntade) i hela gruppen sågs, dock utan samband med den förmodade exponeringen (49).

Få studier har undersökt möjliga effekter på barnen i förhållande till faderns exponering för elektriska och magnetiska fält. Könsfördelningen mellan pojkar och flickor och antal födda barn har tidigare undersökts i en studie bland elarbetare i 400 kV ställverk. Exponeringsbedömningen var då begränsad till elektriska fält. Den skillnad som (retrospektivt) noterades i antal födda barn i exponerad respektive oexponerad grupp kunde inte relateras till långtidsexponering då den uppkommit före den aktuella exponeringen (30). I en amerikansk studie av förlossningsutfall och föräldrarnas förmodad exponering för elektromagnetiska fält vid användande av elektriska filter och vattensängar noterade författarna ett visst samband med låg födelsevikt samt tidig spontanabort (54). Studien och dess tolkning har dock kritiserats (8), och en annan amerikansk studie kunde inte finna något liknande samband (11).

Sammanfattningsvis bedömer vi det så att studien i sin helhet ej gett några belägg för störningar av reproduktion eller ökade risker för skador på barnet på grund av fädernas exponering för lågfrekventa elektriska och magnetiska fält.

### **Muskuloskeletal besvär och olika arbetsuppgifter**

Förekomst av muskuloskeletal besvär varierade mellan grupper med olika arbetsuppgifter; linjearbetare, stationsarbetare och arbetare i kontrollrum och på kontor. Resultaten pekar i vår studie på en ökad risk för ländryggsbesvär och knäbesvär bland linjearbetare. För ländryggsbesvär noterades ett exponeringsrespons samband med ökande antal år i arbete. För knäbesvär fann vi inte något sådant samband, främst därför att även referensgruppen, kontrollrums- och kontorsarbetare, fick ökade knäproblem ju längre tid de hade arbetat. En möjlighet är att det fysiskt tyngre arbetet bland linjemän innebär att besvären - i denna grupp - uppträder snabbare bland individer med predisposition för sådana besvär.

### **Slutomdöme**

Studien omfattar en unik kohort där man har exponerings- såväl som effektvariabler under kontroll över tid. Studiens huvudresultat är att denna unga kohort av elarbetare i stort sett har haft god hälsa under de nio åren, även om vissa hälsoeffekter eller kliniska fynd kunnat konstateras.

Till utfallsvariabler som ökat under åren hör främst halten av triglycerider, tissue polypeptide antigen (TPA) och muskelbesvär (bl. a. i nacke och ländrygg). Dessa förändringar har inte kunnat sättas i samband med exponering för extremt lågfrekventa elektriska eller magnetiska fält, trots att den undersökta yrkesgruppen som helhet måste betraktas som högre exponerad för elektriska och magnetiska fält än genomsnittliga grupper av förvärvsarbetande. Däremot fann vi

för vissa av dessa utfall ett samband med typ av arbete. Det fortsatta intresset och åtgärder bör därför sannolikt mer inriktas på andra arbetsmiljöfaktorer än elektriska och magnetiska fält.

Funna överrisker i samband med exponering för extremt lågfrekventa fält gäller främst neurastena besvär som trött utan orsak, koncentrationssvårigheter, rastlös och spänd, irriterad utan orsak, ängslig, orolig och nervös i samband med exponering för magnetfält. Det andra fyndet är halten kortisol i samband med elektriska fält. I bägge fallen är dock fynden behäftade med en viss osäkerhet och fortsatta undersökningar av fynden är befogade.

Det stora bortfallet som förelåg i början av anställningstiden har avtagit, och gruppen bör vara etablerad i yrket och därför stabil under kommande år. Gruppen är fortfarande relativt ung, och är väl karakteriserad avseende exponeringsförhållanden sedan nyanställning. Den lämpar sig därför väl för fortsatt uppföljning av vissa hälsoutfall där exponering för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält är av intresse.

# Sammanfattning

Siv Törnqvist, Ulf Bergqvist, Rose-Marie Herlin, Tomas Lindh, Bengt Knave, Francesco Gamberale, Åsa Kilbom, Lars-Inge Andersson, Maud Hagman, Maria Tesarz. Hälsorisker i arbete med elproduktion och eldistribution - slutrapport från en prospektiv studie. *Arbete och Hälsa* 1998:9.

En nio-års prospektiv epidemiologisk studie har genomförts på en ung kohort av 706 nyanställda elarbetare i produktion och distribution av elektricitet inom kraftindustrin. Det totala bortfallet i studien var 34%, av vilka 25% uppstod under de första tre åren. Elarbetarna har hälsundersökts vart tredje år med samtidigt beaktande av exponering för olika arbetsmiljöfaktorer, speciellt extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält och buller men även vissa kemiska exponeringar samt ergonomiska belastningsfaktorer. Hälsundersökningen har omfattat allmän medicinsk hälsokontroll med frågor om symtom och sjukdom speciellt avseende nervsystemet, reproduktionsförmågan, subjektiv upplevelse och muskuloskeletal besvär samt vissa kliniska moment såsom analys av blod och serum. Sambandet mellan hälsoutfall och exponering för arbetsmiljöfaktorer har analyserats i de olika delmomenten för varje treårsperiod motsvarande tiden mellan hälsundersökningarna.

Resultaten visar att elarbetarna som helhet haft god hälsa under de nio åren. Några säkra tecken på speciella sjukdomar som följd av exponering i arbetsmiljön har inte kunnat påvisas. En del elarbetare uppvisar dock under åren en ökad förekomst av besvär i några specifika avseenden. Följande fynd är värda att närmare kommentera.

I kohorten noterades en förhöjd risk för neurasteni i den högst exponerade gruppen  $> 1,2 \mu\text{T}$ , vilket även syntes öka över tid. Halten av kortisol visade ett intressant men osäkert samband med elektriska fält. Barn till elarbetarna visade däremot inte några säkerställda avvikande förändringar vad gäller könsfördelning, födelsevikt, perinatal dödlighet, missbildningar eller cancer. Inte heller kunde man finna belägg för samband mellan exponering för extremt lågfrekventa elektriska och magnetiska fält med vita blodkroppar eller blodkemiska parametrar.

Studien visade även vissa samband mellan andra arbetsmiljöfaktorer och/eller arbetsförhållanden och påverkan på hälsan. En förhöjd halt av Tissue Polypeptid Antigen förekom främst i en specifik yrkesgrupp, vilken även rapporterade ökad belastning avseende olika arbetsmiljöfaktorer som t. ex. exponering för avgaser. Ländryggs- och knäbesvär var mer förekommande i yrkesgrupper med hög fysisk belastning. I övrigt förelåg inga konsistenta eller klara indikationer på samband mellan försämrad hälsa över tid och här undersökta exponeringsfaktorer i arbetsmiljön.

# English summary

Siv Törnqvist, Ulf Bergqvist, Rose-Marie Herlin, Tomas Lindh, Bengt Knave, Francesco Gamberale, Åsa Kilbom, Lars-Inge Andersson, Maud Hagman, Maria Tesarz. A prospective study of health risks in work with production and distribution of electricity. *Arbete och Hälsa* 1998:9.

The aim of this prospective study was to investigate health outcomes over a nine year time period among first employed power industry workers. Health outcomes were analysed in relation to work environmental factors, with special emphasis given to exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields. At baseline the cohort consisted of 706 electrical workers in the power industry. Information on health outcomes was obtained and clinical examinations were made every third year over a nine year period resulting in an ultimate group of 460 workers for which data was available. A total dropout in the cohort of 34 % occurred, of which 25 % appeared during the first three years.

The results suggest that these electrical workers as a whole exhibit and experience a good health as seen over the nine years, even if a number of workers showed increased health problems in general terms as well as in terms of specific outcomes. With a few exceptions the study was unable to find any relationship between changes in the health outcomes and specific factors in the work environment. However, some of the findings should be further commented on.

An increased risk was found for neurasthenic symptoms in the highest magnetic field exposure group,  $> 1.2 \mu\text{T}$ , and the risk increase appeared to be more pronounced with years of such exposure. The level of cortisol in serum did show an uncertain association with exposure to electric field exposure. The level of Tissue Polypeptid Antigen in serum showed a statistical association with one specific occupational group which also reported increased loads of other work environmental factors such as exhaust gases. Back and knee disorders tended to increase over time especially among linemen.

Children of fathers in this study showed no increased risks for low birth weight, perinatal death, malformations or late effects like cancer. Neither were any relationships verified between white blood cells or blood chemical profiles with exposure to fields.

In conclusion, this study has not been able to detect any major effects on health in the young cohort of electrical workers examined, although some individual changes in health status did occur over the nine year period.

# Referenser

1. Andersson B, Berg M, Arnetz BB, Melin L, Langlet I, Lidén S. A cognitive-behavioral treatment of patients suffering from "electric hypersensitivity". *J Occup Environ Med* 1996;38:752-758.
2. Arbetslivsinstitutet. *Elmiljöundersökningen - unik studie*. Populärvetenskaplig skrift, Arbetslivsinstitutet, 1997.
3. Arbetsmiljöinstitutet. *Verksamhetsberättelse för Arbetsmiljöinstitutet (sid 41-45)*. Populärvetenskaplig sammanfattning av Elmiljöundersökningen. 1991.
4. Bergqvist U. Health problems during work with visual display terminals. *Arbete och Hälsa* 1993;28:1-59.
5. Bergqvist U. Epidemiologiska studier av eventuellt samband mellan magnetfältsexponering och cancer i yrkesmiljö - en översikt. *Arbete och Hälsa* 1995;11.
6. Bergqvist U, Vogel E, Aringer L, et al. Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. *Arbete och Hälsa* 1997;19.
7. Broadbent DE, Broadbent MHP, Male JC, Jones MRL. Health of workers exposed to electric fields. *Br J Ind Med* 1985;42:75-84.
8. Chernoff N, Rogers JM, Kavet R. A review of the literature on potential reproductive and developmental toxicity of electric and magnetic fields. *Toxicol* 1992;74:91-126.
9. Chevalier A, Bonenfant S, Picot M-C, Chastang J-F, Luce D. Occupational factors of anxiety and depressive disorders in the French National Electricity and Gas Company. *J Occup Environ Med* 1996;38:1098-1107.
10. Dallner Örelius M, Högström RM, Gamberale F, Knave B, Törnqvist S. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution. Delrapport 7: Redovisning av muskuloskeletal besvär vid första undersökningstillfället*. Undersökningsrapport 1990:7, Arbetsmiljöinstitutet, 1990.
11. Dlugosz L, Vena J, Byers T, Sever L, Bracken MB, Marshall E. Congenital defects and electric bed heating in New York State: a register based case-control study. *Am J Epidemiol* 1992;135:1000-1011.
12. Dowson DI, Lewith GT, Campbell M, Mullee MA, Brewster LA. Overhead high-voltage cables and recurrent headache and depressions. *The Practitioner* 1988;323:435-436.
13. Floderus B, Persson T, Stenlund C. Lågfrekventa magnetfält i arbetsmiljön. Referensvärden och exponering i olika yrkesgrupper. *Arbete och Hälsa* 1995;1.
14. Floderus B, Persson T, Stenlund C, Wennberg A, Öst Å, Knave B. Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors: a case-control study in Sweden. *Cancer Causes and Control*, 1993;4:465-476.



15. Gamberale F, Anshelm Olson B, Eneroth P, et al. Akuta effekter av lågfrekventa elektromagnetiska fält. En fältstudie av linjearbetare i 400 kV ledningar. *Arbete och Hälsa* 1988;12.
16. Gamberale F, Hallne U, Högström R, Knave B, Menckel E, Törnqvist S. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution, Delrapport 1: En introduktion till ELMILJÖ-undersökningen*. Undersökningsrapport 1984:25, Arbetarskyddsstyrelsen 1984.
17. Gamberale F, Knave B, Menckel E, Törnqvist S. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution, Delrapport 2: Arbetsuppgifter och arbetsmiljö*. Undersökningsrapport 1984:26, Arbetarskyddsstyrelsen, 1984.
18. Gamberale F, Olson BA, Eneroth P, Lindh T, Wennberg A. Acute effects of ELF electromagnetic fields: a field study of linesmen working with 400-kV power lines. *Br J Ind Med* 1989;46:729-737.
19. Graham C, Cook MR, Gibertini M, Riffle DW. EMF effects on hormonal and immune function in women. *The 1996 Annual Review of Research on Biological Effects of Electric and Magnetic Fields from the Generation, Delivery & Use of Electricity. November 19-21*. San Antonio, Texas: W/L Associates, Ltd, Frederick, Md, 1996:84.
20. Hardell L, Holmberg B, Maler H, Paulsson L-E. Exposure to extremely low frequency electromagnetic fields and the risk of malignant diseases - an evaluation of epidemiological and experimental findings. *Eur J Cancer Prev* 1995;4 (Supplement 1):3-107.
21. Hultengren M, Rosén G. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution. Delrapport 5: Exponeringar för kemiska belastningsfaktorer*. Undersökningsrapport 1988:22, Arbetsmiljöinstitutet, 1988.
22. Högström R-M, Tesarz M, Lindh T, Gamberale F, Kjellberg A. Buller - exponering och hälsoeffekter inom kraftindustrin. *Arbete och Hälsa* 1997;12.
23. Högström RM, Gamberale F. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution. Delrapport 8: Rapporterade effekter av belastning i arbetsmiljön*. Undersökningsrapport 1990:14, Arbetsmiljöinstitutet, 1990.
24. Högström RM, Gamberale F, Knave B, Törnqvist S. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution. Delrapport 4: De anställdas bedömning av sin arbetsmiljö*. Undersökningsrapport 1988:6, Arbetsmiljöinstitutet, 1988.
25. Högström RM, Gamberale F, Knave B, Törnqvist S. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution. Delrapport 10: De anställdas bedömning av arbetsförhållanden och hälsa vid treårsuppföljningen*. Undersökningsrapport 1992:6, Arbetsmiljöinstitutet, 1992.
26. Högström RM, Gamberale F, Tesarz M. Elarbetares bedömning av arbetsförhållanden och hälsa vid fyra tillfällen - en metodbeskrivning. *Arbete och Hälsa* 1995;24.

27. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (1 Hz - 300 GHz). *Health Phys* 1998 (i tryck).
28. Kleinbaum DG, Kupper LL, Morgenstern H. *Epidemiologic research. Principles and quantitative methods*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1982.
29. Knave B. Electric and magnetic fields and health outcomes - an overview. *Scand J Work Environ Health* 1994;20:78-89.
30. Knave B, Gamberale F, Bergström S, et al. Long-term exposure to electric fields: a cross sectional epidemiologic investigation of occupationally exposed workers in high-voltage substations. *Scand J Work Environ Health* 1979;5:114-118.
31. Knave BG, Törnqvist SG. Epidemiological studies on effects of exposure to ELF electromagnetic fields. In: Grandolfo M, Michaelson SM, Rindi A, ed. *Biological effects and dosimetry of static and ELF electromagnetic fields*. New York: Plenum Publishing Corporation, 1985: 607-619.
32. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom Å, et al. Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon* 1987;18:233-237.
33. Lindh T, Andersson L-I. A comparison between two power frequency electric field dosimeters. *Scand J Work Environ Health* 1988;14:43-45.
34. Lindh T, Andersson L-I. Kraftfrekventa elektriska och magnetiska fält. En personburen mätutrustning. *Arbete och Hälsa* 1989;8.
35. Lindh T, Andersson L-I. Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution. Delrapport 9: Elektriska och magnetiska fält i elkraftindustrin. *Arbete och Hälsa* 1991;3.
36. Lindh T, Törnqvist S, Andersson L-I. Exponering för elektriska och magnetiska fält hos anställda inom elkraftindustrin. *Arbete och Hälsa* 1996;2.
37. Lindh T, Törnqvist S, Andersson L-I. Exposure to electric and magnetic fields among employees in the electric utility industry. *App Occup Env Health* 1997;12:293-301.
38. Matthes R, Bernhardt JH, Repacholi MH, ed. *Biological effects of static and ELF electric and magnetic fields*. München: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 1997: vol 4/97.
39. McMahan S, Ericson J, Meyer J. Depressive symptomatology in women and residential proximity to high-voltage transmission lines. *Am J Epidemiol* 1994;139:58-63.
40. Nurminen M. To use or not to use the odds ratio in epidemiological analyses? *Eur J Epidem* 1995;11:365-371.
41. Oakes M. *Statistical Inference*. Chestnut Hill, MA: Epidemiology Resources Inc, 1990.
42. Perry FS, Reichmanis M, Marino AA, Becker RO. Environmental power-frequency magnetic fields and suicide. *Health Phys* 1981;41:267-277.

43. Poole C, Kavet R, Funch DP, Donelan K, Cherry JM, Dreyer N. Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternating-current transmission line right-of-way. *Am J Epidemiol* 1993;137:318-330.
44. Rothman KJ. *Modern epidemiology*. Boston: Little, Brown and Company, 1986.
45. SAS. *SAS/STAT Users Guide: Statistics, Version 6*. Cary, NC: SAS Institute Inc, 1991.
46. Savitz DA, Boyle CA, Holmgren P. Prevalence of depression among electrical workers. *Am J Ind Med* 1994;25:165-176.
47. Savitz DA, Loomis DP. Magnetic Field Exposure in Relation to Leukemia and Brain Cancer Mortality among Electric Utility Workers. *Am J Epidemiol* 1995;141:123-134.
48. Thériault G, Goldberg M, Miller AB, et al. Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989. *Am J Epidemiol* 1994;139:550-572.
49. Törnqvist S. Paternal work in the power industry: effects on children at delivery. *J Occup Environ Med* 1998;40:111-117.
50. Törnqvist S, Gamberale F, Högström RM, Knave B. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution. Delrapport 3: Hälsotillståndet hos nyanställda*. Undersökningsrapport 1988:2, Arbetsmiljöinstitutet, 1988.
51. Törnqvist S, Gamberale F, Högström RM, Knave B. *Hälsorisker i arbete vid elproduktion och eldistribution. Delrapport 11: Hälsotillståndet tre år efter nyanställningen*. Undersökningsrapport 1992:22, Arbetsmiljöinstitutet, 1992.
52. Törnqvist S, Knave B, Ahlbom A, Persson T. Incidence of leukaemia and brain tumours in some "electrical occupations". *Br J Ind Med* 1991;48:597-603.
53. Törnqvist S, Norell S, Knave B, Ahlbom A. Cancer in the electric power industry. *Br J Ind Med* 1986;43:212-213.
54. Wertheimer N, Leeper E. Possible effects of electric blankets and heated waterbeds on fetal development. *Bioelectromagn* 1986;7:13-22.
55. WHO. *Extremely Low Frequency (ELF) Fields*. Environmental Health Criteria 35, World Health Organization, 1984.
56. WHO. *Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz)*. Environmental Health Criteria 137, World Health Organization, 1993.
57. Åkerstedt T, Arnetz B, Ficca G, Paulsson L-E, Kallner A. *Effekter av lågfrekventa elektromagnetiska fält på sömn och vissa hormoner*. Stressforskningsrapporter 275, Statens Institut för Psykosocial Miljömedicin (IPM), 1997.