

P-02-01

Markgeofysiska mätningar inför placering av de tre första kärnborrhålen i Forsmarksområdet

Hans Thunehed, Timo Pitkänen

GeoVista AB

Februari 2002

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864
SE-102 40 Stockholm Sweden
Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00
Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



ISSN 1651-4416

SKB P-02-01

Markgeofysiska mätningar inför placering av de tre första kärnborrhålen i Forsmarksområdet

Hans Thunehed, Timo Pitkänen

GeoVista AB

Februari 2002

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna och behöver nödvändigtvis inte sammanfalla med SKB:s.

Innehåll

1	Inledning	5
2	Metoder	7
3	Databearbetning	9
4	Tolkning	11
4.1	KFM01	11
4.2	Extra profil nordost om KFM01	12
4.3	KFM02	12
4.4	KFM03	12
5	Förslag till borrhåslägen	15
5.1	KFM01	15
5.2	KFM02	15
5.3	KFM03	15
	Bilaga 1	17
	Bilaga 2	19
	Bilaga 3	29

1 Inledning

Markgeofysiska mätningar enligt aktivitetsplanen AP PF400-02-01 har utförts vid tre planerade kärnborrhål (KFM01, KFM02, KFM03) i Forsmarksområdet. Syftet med mätningarna var att kontrollera om några branta sprickzoner fanns i närheten av de preliminära borrhållsplatserna och i sådana fall föreslå justerade borrhållslägen.

2 Metoder

En startpunkt för varje mätområde mättes in med hjälp av handhållen GPS. Mätprofiler enligt AP PF400-02-01 stakades sedan ut med kompass och måttband och markerades med snitslar. I varje område markerades fem östvästliga och en central nordsydlig profil. Start- och slutkoordinater för den nordsydliga och den centrala östvästliga profilen mättes sedan in med differentiell GPS och medelvärdesbildning under minst tre minuter. En extra nordost-sydvästlig profil markerades nordost om KFM01. Start- och slutkoordinater för denna profil mättes in med differentiell GPS.

Slingrammätningar med Apex Maxmin II och 50 meters ramavstånd genomfördes längs profilerna. Avläsningar gjordes var tionde meter med fyra mätfrekvenser (1 760, 3 520, 7 040 och 14 080 Hz). Eventuell instrumentdrift kontrollerades genom avläsningar på en baspunkt före och efter varje dags mätningar.

Magnetiskt totalfält mättes längs samtliga profiler med tio meters punktavstånd. Reduktion för tidsvariationer gjordes med hjälp av registreringar med en baspunktsmagnetometer.

3 Databearbetning

DGPS-avläsningarna transformerades från WGS84 latitud/longitud till RT90 XY med hjälp av programmet GTRANS på Lantmäteriverkets hemsida på Internet. Dessa transformerade mätvärden jämfördes med de nominella start- och slutkoordinaterna för mätprofilerna enligt AP PF400-02-01. Medelvärde och standardavvikelse för skillnaderna beräknades (se även bilaga 1):

Mätområde	medelvärde ΔX (m)	σ_x (m)	medelvärde ΔY (m)	σ_y (m)
KFM01	-7	3.2	0	2.5
KFM02	-9	3.5	10	2.3
KFM03	-6	2.3	-1	1.5

De nominella mätpunktskoordinaterna justerades med ovanstående medelvärden för respektive mätområden. För den nordostliga profilen vid KFM01 gjordes linjär interpolation mellan DGPS-värdena för start- och slutpunkter.

Ingen driftskorrektion var nödvändig för slingramdata. Magnetometerdata korrigerades för de tidsvariationer i magnetfältet som registrerats med baspunktsmagnetometern. En systematisk avvikelse i nivån på magnetometerdata vid skärningspunkterna mellan den nordsydliga och de östvästliga profilerna observerades vid KFM02. Nivåskillnaden var dock inte tillräckligt stor (cirka 30 nT) för att motivera ommätning utan nivån på den nordsydliga profilen korrigerades. I den sydvästra delen av mätområdet vid KFM03 var magnetfältsmätningen kraftigt störd av metallföremål på marken intill bebyggelse. Denna bebyggelse och de kraftledningarna som finns i eller i närheten av mätområdena ser inte ut att ha påverkat slingrammätningen.

Rasterfiler interpolerades fram för real- och imaginärkomponent för samtliga slingramfrekvenser liksom för magnetiskt anomalifält. Eftersom slingrammätningar är rikttningsberoende användes endast de östvästliga profilerna som underlag. Programmet Surfer (Golden Software) och metoden Kriging (standardinställningar) användes. Maskvidden i rastren valdes till 5 meter. Differenser mellan realkomponenten för den högsta (14 080 Hz) och den lägsta (1 760 Hz) slingramfrekvensen beräknades för att undertrycka de falska anomalier som uppkommer vid felaktig sändar-mottagargeometri. För den lägre av dessa frekvenser förväntas inga eller endast mycket svaga anomalier i realkomponenten i denna typ av geologisk miljö. Däremot kan falska anomalier uppkomma om t ex sändar-mottagar-avståndet är kortare än det nominella avståndet. Dessa falska anomalier är dock mer eller mindre frekvensoberoende och deras effekt på de intrassanta, höga mätfrekvenserna kan därmed minimeras på detta sätt.

Konturkartor och stackade profiler ritades upp för den högsta slingramfrekvensen liksom konturkartor för den magnetiska mätningen (bilaga 2).

4 Tolkning

Kvalitativ tolkning av slingramdata gjordes genom att lokala minima i imaginärkomponenten, för de högsta frekvenserna, som kunde kopplas ihop från profil till profil identifierades. Flera sådana linjära strukturer kunde identifieras i varje mätområde. Anomaliernas amplitud var med några undantag liten och kopplingen mellan profilerna inte alltid tydlig. Om anomalierna orsakas av sprickzoner är dessa sannolikt smalare än 20 meter. De eventuella zonernas stupning går inte att uppskatta på grund av att anomalierna är svaga. I realkomponenten kunde endast några få anomalier som kan tänkas vara orsakade av sprickzoner identifieras. En grov uppskattning av de olika elektriska ledarnas ledningsförmåga gjordes genom modellering med tunna skivformade kroppar (EMTutor, Eikon Technologies).

Lokala linjära minima eller gradienter som kan tänkas vara orsakade av sprickor identifierades i magnetometerdata. Nedan följer kortfattade kommentarer för vart och ett av områdena. Tolkningskartor redovisas i bilaga 3.

4.1 KFM01

En tydlig slingramanomali kan ses i imaginärkomponenterna i den nordöstra delen av området (cirka -4% relativt bakgrund, 14 kHz). Strykningsriktningen är NNV. Anomalin är dock inte helt rak. Ytterligare två NNV-strykande anomalier kan ses på ömse sidor om det preliminära borrhålläget. Bägge dessa är dock svaga och sammankopplingen från profil till profil är inte helt entydig. En NNO-strykande svag anomali i den västra delen av området kan också anas. Ingen av de ovan nämnda anomalierna går att identifiera i realkomponenten. Här kan endast en svag höjning av bakgrundsnivån ses i norr och öster, vilket tyder på tjockare alternativt mer lågresistivt jordtäckte i dessa områden. Längs den nordsydliga profilen finns ett svagt minima längst i norr vilket sammanfaller med en av de NNO-strykande anomalierna på de östvästliga profilerna.

Modellering med programmet EMTutor (Eikon Technologies) visar att de svaga anomalierna på ömse sidor om det preliminära borrhålläget kan orsakas av en skivformad, brant stående elektrisk ledare på 6 meters djup med en konduktans på cirka 0,03 S. Detta skulle t ex kunna motsvaras av en 10 meter bred zon med resistiviteten 333 Ωm . Den tydligare zonen i NO kan motsvaras av en zon med konduktansen 0.1 S på 6 meters djup (till exempel bredd = 10 m, resistans = 100 Ωm).

Den östra delen av området är mer magnetiskt än den västra även om inga kraftiga magnetiska anomalier förekommer. Den tydligaste slingramanomalin sammanfaller i stort sett med ett lokalt minima i magnetkartan i det mer magnetiska området. Övergången mellan hög- och lågmagnetiskt område sammanfaller med en svag zon öster om det preliminära borrhålläget. I det lågmagnetiska området finns ett svagt NNV-strykande lokalt minima. Detta överensstämmer delvis med en svag slingramanomali.

4.2 Extra profil nordost om KFM01

Längs den nordostliga profilen nordost om borrhålsområdet kan flera tydliga slingramanomalier ses. Den kraftigaste av dessa finns vid 1631690/6699650 där anomalin relativt bakgrunden är -4% på realkomponenten och -20% på imaginärkomponenten. Kurvformen tyder på en nordostligt stupande skivformad struktur som orsak till anomalin. Anomalin går emellertid inte att modellera med en enkel ledare. Tolkningen är att anomalin orsakas av en sprickzon med en välledande central del, där leromvandling eller saltvatten förekommer, och en bred (totalt >20 meter) omgivande övergångszon. Den totala konduktansen för den ledande strukturen är i storleksordningen $0,5\text{ S}$ (till exempel bredd $=25\text{ m}$, resistans $= 50\ \Omega\text{m}$). Fler tydliga slingramanomalier kan ses i den nordostligaste delen av profilen. Dessa överlagrar varandra varför stupningsbestämning är svår.

Det finns ingen entydig korrelation mellan elektriska ledare indikerade med slingram och magnetiska minima. Den kraftigaste slingramanomalin vid 1631690/6699650 ligger dock vid ett sådant minima.

4.3 KFM02

Inga kraftiga slingramanomalier förekommer i detta mätområde. Två nordsydliga svaga anomalitrender kan dock ses i imaginärkomponenten på ömse sidor om det preliminära borrhålsläget. Anomalierna går ej att urskilja i realkomponenten. Här kan dock en svag nivåhöjning ses för de höga frekvenserna vilket tyder på lågresistivt eller tjockare jordtäckte. Detta gäller speciellt för två områden öster respektive väster om det preliminära borrhålsläget. I den nordsydliga profilen finns en svag anomali i imaginärkomponenten alldeles intill det preliminära borrhålsläget. Samtliga anomalier kan förklaras med brantstående skivformade kroppar med en konduktans på cirka $0,03\text{ S}$ (till exempel bredd $= 10\text{ m}$, resistans $= 333\ \Omega\text{m}$).

Ett nordsydligt strykande minima kan ses i den centrala delen av magnetometrikartan. Detta minima ligger dock vid sidan om de svaga slingramanomalierna varför det knappast orsakats av en sprickzon.

4.4 KFM03

En tydlig NO-strykande slingramanomali kan ses i det nordvästra hörnet av detta område. Denna anomali tolkas vara orsakad av en sprickzon men den är dessutom troligen överpräglad av effekten från lågresistivt jordtäckte. Detta område utgörs av jordbruksmark. Stupningsbestämning är därför inte möjlig. En svagare NV-strykande anomali kan ses strax söder om det preliminära borrhålsläget. En NO-strykande anomalitrend kan dessutom anas i den sydöstra delen av området men sammankopplingen mellan mätprofilerna är inte entydig i detta fall. I den nordsydliga profilen kan två svaga anomalier ses. Den södra av dessa kan förklaras med den NV-strykande

anomalin som nämns ovan. Den andra (vid 6697880) orsakas däremot troligen av en öst-västlig zon.

Hela området är lågmagnetiskt varför det inte går att identifiera sprickzoner från de magnetiska mätningarna. Den sydvästra delen av området är dessutom magnetiskt stört av metallföremål intill bebyggelse.

5 Förslag till borrhåslägen

Nedan följer förslag till borrhåslägen för respektive plats med korta kommentarer. Dessutom ges förslag till spolvattenhål. Eftersom mätområdena är relativt små kommer dessa av naturliga skäl att hamna relativt nära kärnborrhålen.

5.1 KFM01

En svag slingramanomali har indikerats i närheten av det preliminära borrhåsläget för KFM01. En mindre justering av borrhåsläget till 1631385/6699530 föreslås därför. Förslag till läge för spolvattenhål är 1631490/6699595 (vertikalt) och som reserv 1631700/6699655 (vertikalt).

Efter fältrekognosering av Kenneth Åkerström och Göran Nilsson gjordes justeringar av påslagspunkter och riktningar för borrhålen för att ta hänsyn till terrängförhållanden. Nytt läge för KFM01 bestämdes till 1631395/6699532 med inklinering 85° och riktning 325° . Läget för spolvattenhålet bestämdes till 1631484/6699600 med inklinering 65° och riktning 70° .

5.2 KFM02

Två svaga nordsydliga slingramanomalier har indikerats på ömse sidor om det preliminära borrhåsläget. Dessutom verkar en östvästlig svag zon finnas alldeles vid detta läge. En flytt norrut till koordinat 1633180/6698720 föreslås därför. Man hamnar då dessutom vid sidan om det magnetiska nordsydliga minimat i den centrala delen av området. Förslag till läge för spolvattenhål är 1633245/6698665 (vertikalt) och som reserv 1633150/6698660 (vertikalt).

5.3 KFM03

En svag slingramanomali har indikerats strax sydväst om det preliminära borrhåsläget. En mindre justering i nordostlig riktning till 1634635/6697840 föreslås därför. Förslag till läge för spolvattenhål är 1634630/6697730 (vertikalt) och som reserv 1634510/6697900 (vertikalt).

Mätprofiler vid KFM01

Nominell X	Nominell Y	DGPS Lat/Long WGS84	PDOP	Transformerad X	Transformerad Y
6699550	1631280	60. 392 547 / 018. 186 421	2,2	6699549	1631281
6699550	1631280	60. 392 544 / 018. 186 416	2,4	6699548	1631280
6699550	1631380	60. 392 482 / 018. 188 222	2,6	6699545	1631380
6699550	1631380	60. 392 485 / 018. 188 211	2,3	6699545	1631380
6699550	1631603.5	60. 392 376 / 018. 192 261	4,0	6699541	1631603
6699550	1631603.5	60. 392 370 / 018. 192 229	4,2	6699541	1631602
6699450	1631380	60. 391 598 / 018. 188 105	4,1	6699446	1631377
6699450	1631380	60. 391 570 / 018. 188 100	3,9	6699443	1631377
6699450	1631380	60. 391 579 / 018. 188 064	2,9	6699444	1631375
6699650	1631380	60. 393 329 / 018. 188 259	5,1	6699639	1631379
6699650	1631380	60. 393 362 / 018. 188 327	4,2	6699643	1631383
6699650	1631380	60. 393 346 / 018. 188 331	6,2	6699641	1631383
6699644	1631380	60. 393 322 / 018. 188 313	4,2	6699639	1631381
6699634	1631378	60. 393 242 / 018. 188 311	2,3	6699630	1631382
6699600	1631600	60. 392 868 / 018. 192 275	4,8	6699596	1631602
6699600	1631600	60. 392 806 / 018. 192 189	3,3	6699589	1631597
6699600	1631600	60. 392 793 / 018. 192 179	3,3	6699588	1631597
6699900	1632100	60. 395 515 / 018. 201 604	2,7	6699910	1632106
6699900	1632100	60. 395 562 / 018. 201 539	3,4	6699915	1632102

Mätprofiler vid KFM02

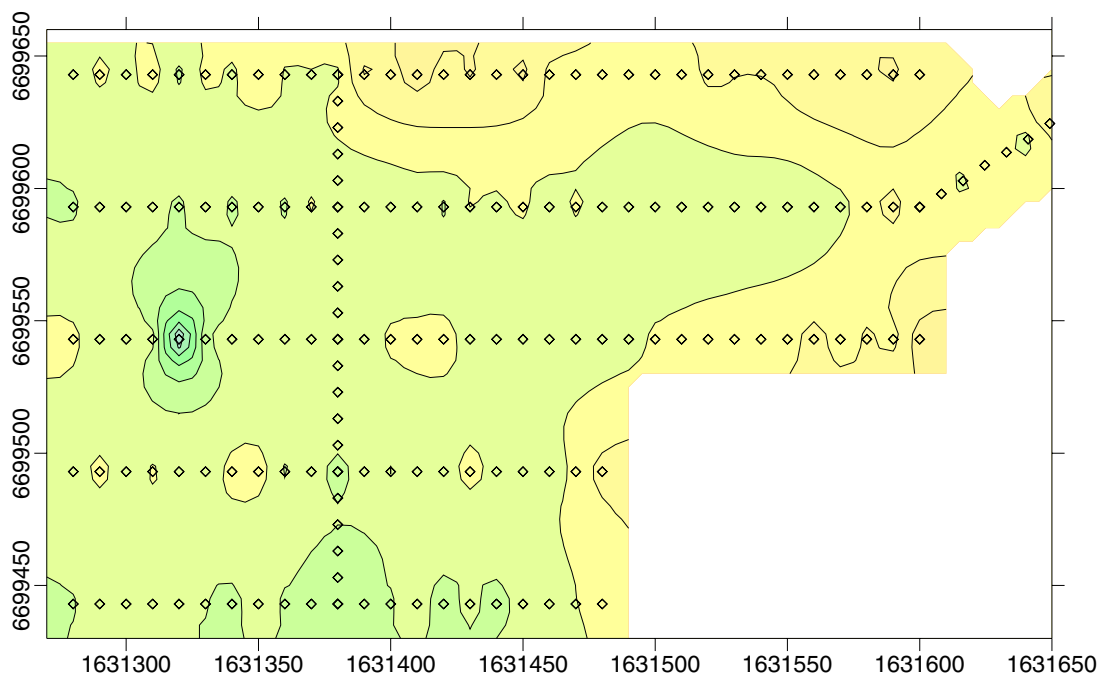
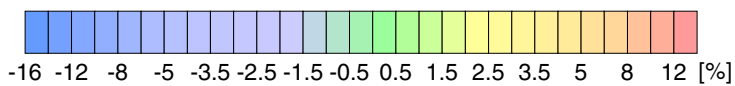
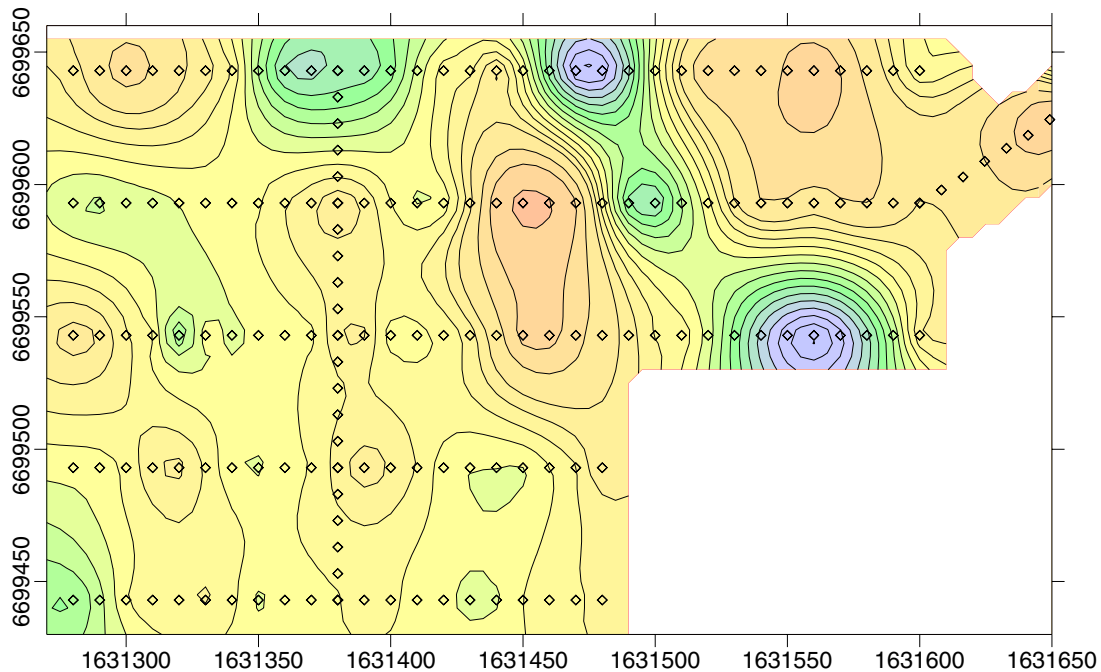
Nominell X	Nominell Y	DGPS Lat/Long WGS84	PDOP	Transformerad X	Transformerad Y
6698670	1633100	60. 384 013 / 018. 218 957	3,0	6698663	1633109
6698670	1633100	60. 384 004 / 018. 218 950	3,3	6698662	1633108
6698670	1633200	60. 383 919 / 018. 220 784	4,2	6698657	1633210
6698670	1633200	60. 383 915 / 018. 220 748	4,2	6698656	1633208
6698670	1633300	60. 383 958 / 018. 222 683	4,7	6698665	1633314
6698670	1633300	60. 383 965 / 018. 222 609	4,5	6698666	1633310
6698664	1633300	60. 383 848 / 018. 222 642	4,1	6698653	1633313
6698664	1633300	60. 383 830 / 018. 222 603	4,0	6698650	1633311
6698770	1633200	60. 384 841 / 018. 220 847	3,1	6698760	1633210
6698770	1633200	60. 384 844 / 018. 220 859	3,2	6698760	1633210
6698570	1633200	60. 383 076 / 018. 220 659	2,7	6698563	1633206

Mätprofiler vid KFM03

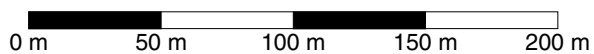
Nominell X	Nominell Y	DGPS Lat/Long WGS84	PDOP	Transformerad X	Transformerad Y
6697830	1634500	60. 376 056 / 018. 243 580	2,8	6697827	1634499
6697830	1634500	60. 376 042 / 018. 243 590	2,9	6697826	1634500
6697830	1634600	60. 375 973 / 018. 245 384	1,8	6697822	1634599
6697830	1634600	60. 375 970 / 018. 245 390	1,8	6697821	1634599
6697830	1634700	60. 375 966 / 018. 247 154	2,3	6697825	1634696
6697830	1634700	60. 375 941 / 018. 247 176	2,2	6697822	1634698
6697930	1634600	60. 376 890 / 018. 245 474	2,0	6697924	1634600
6697930	1634600	60. 376 882 / 018. 245 449	2,2	6697923	1634599
6697730	1634600	60. 375 121 / 018. 245 349	2,8	6697727	1634600
6697730	1634600	60. 375 071 / 018. 245 376	2,3	6697721	1634602

KFM01

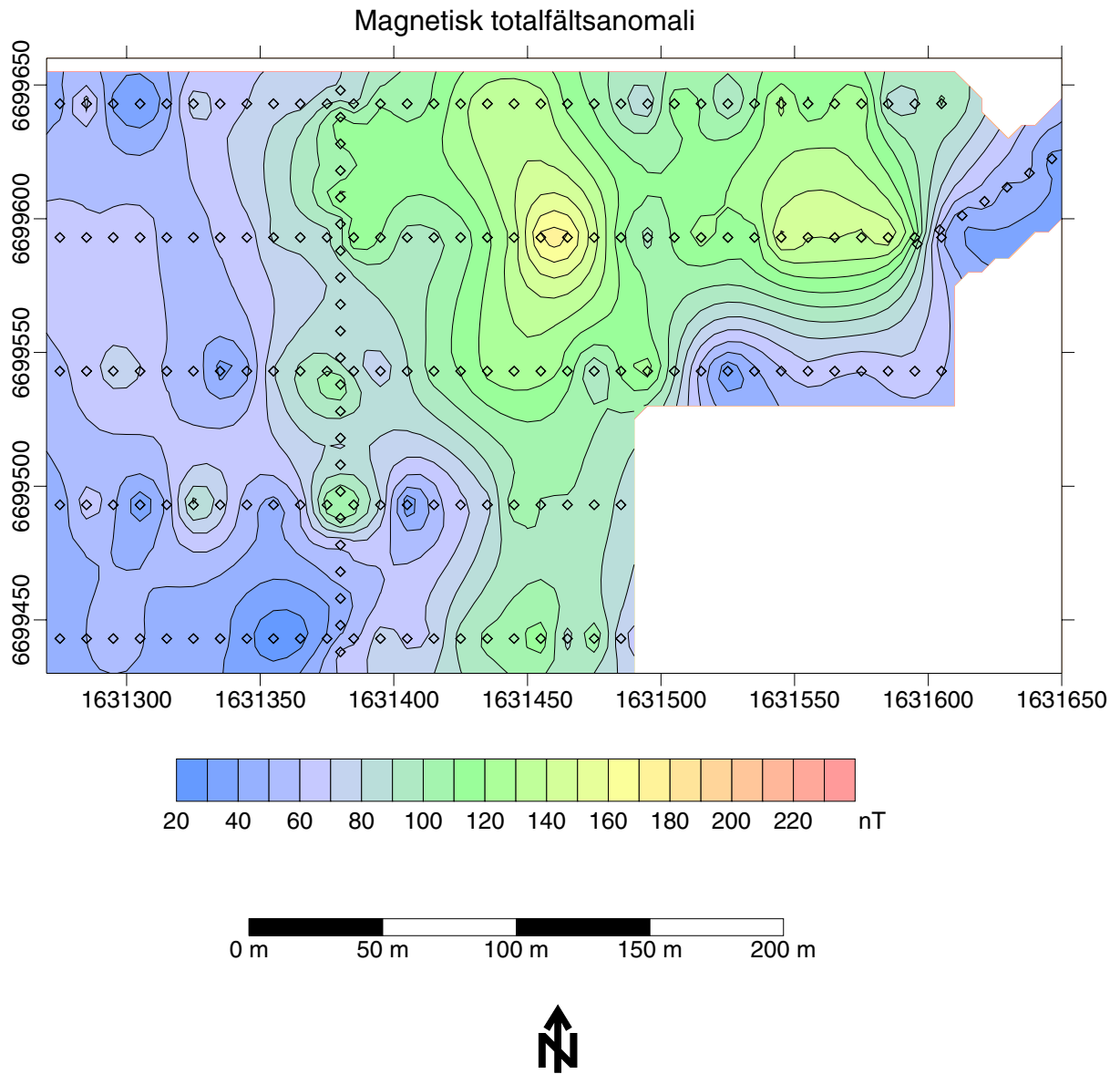
Slingram, Imaginärkomponent 14080 Hz



Slingram, Realkomponent 14080 - 1760 Hz



KFM01



KFM01
Slingram

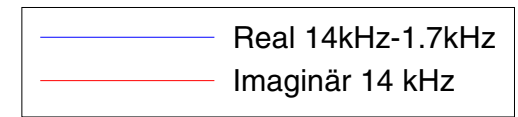
Profil 6699650N

6699600N

6699550N

6699500N

6699450N



4% per cm

1631200

1631300

1631400

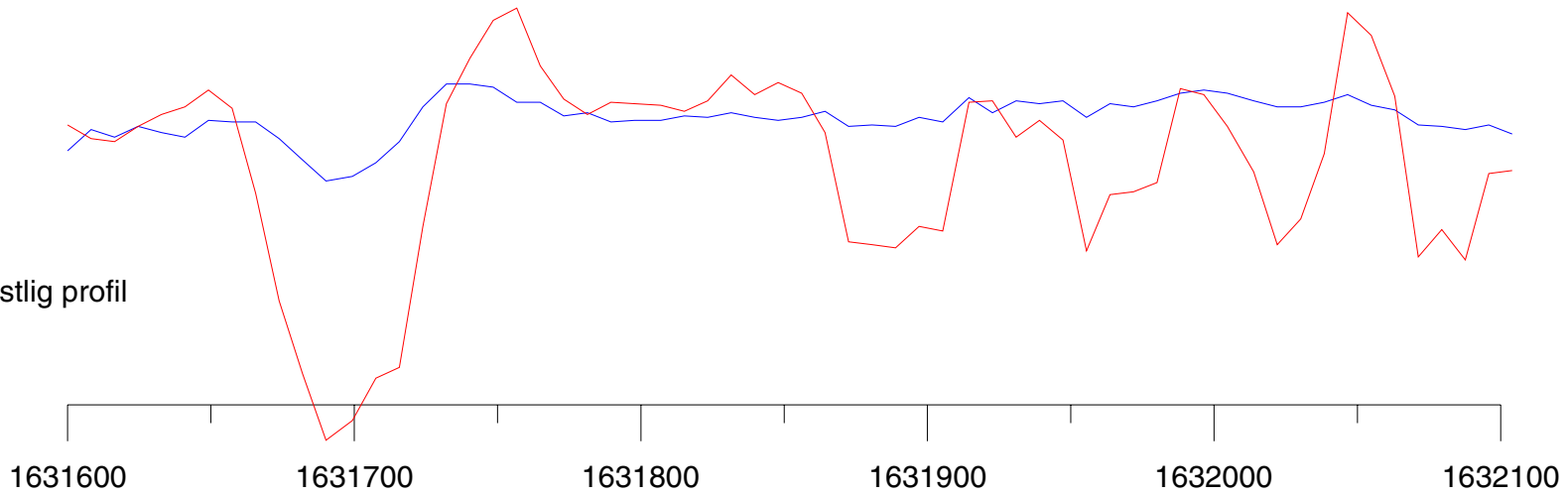
1631500

1631600

1631700

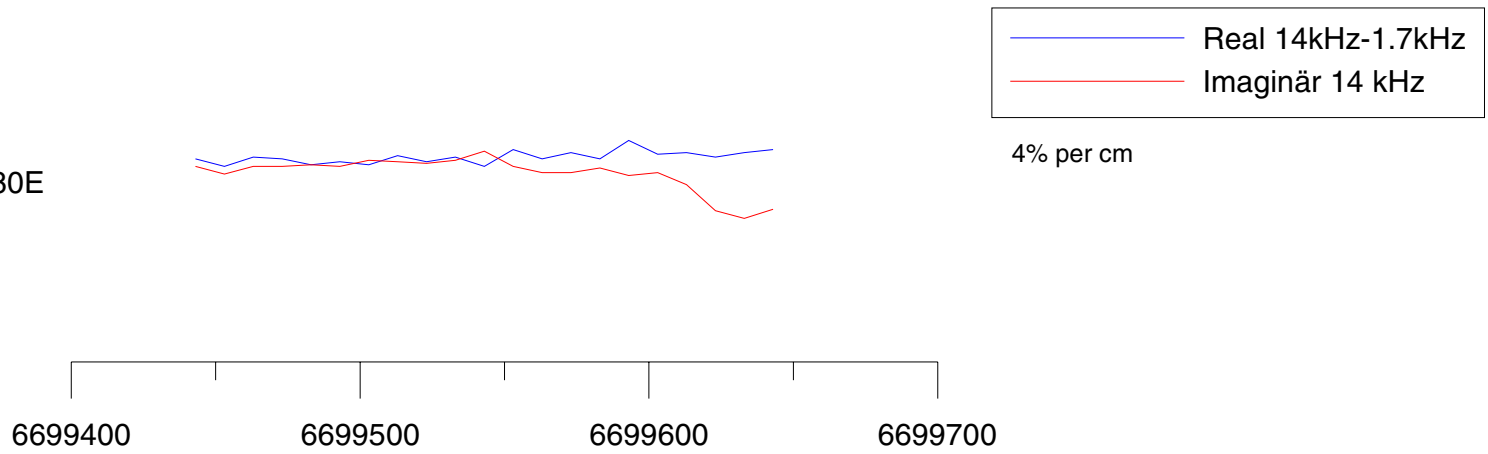
KFM01
Slingram

Nordostlig profil



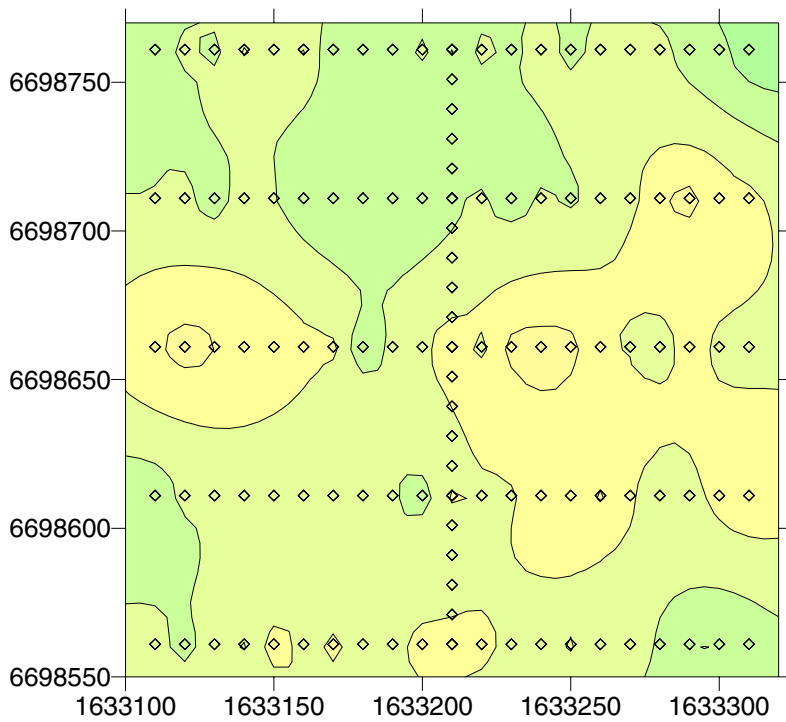
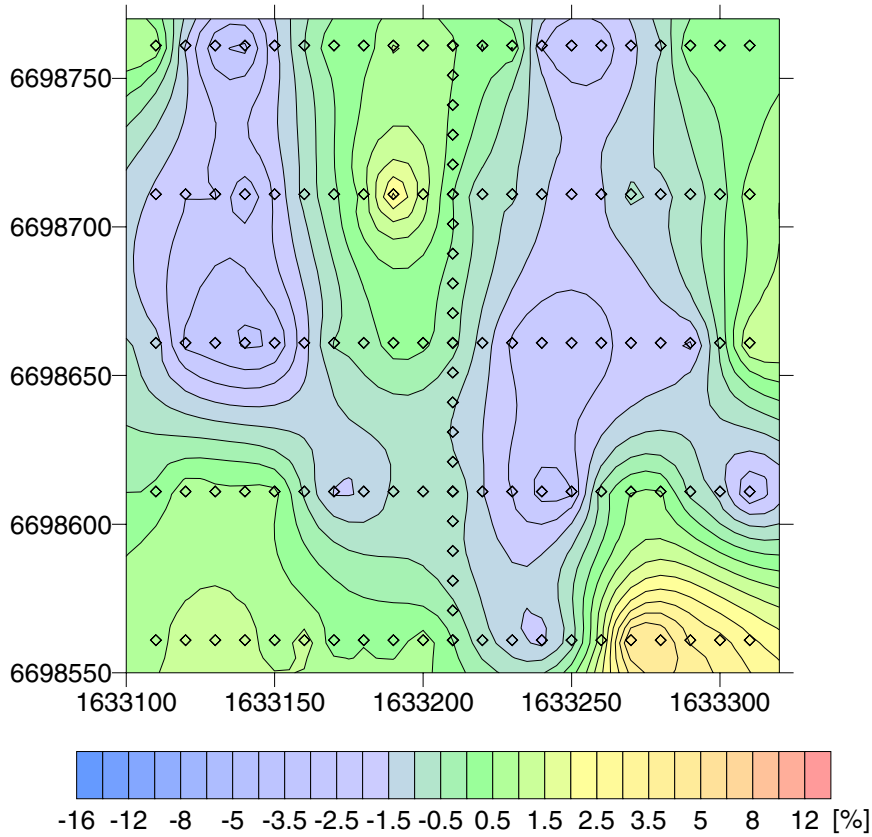
22

Profil 1631380E

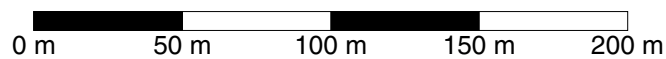


KFM02

Slingram, Imaginärkomponent 14080 Hz

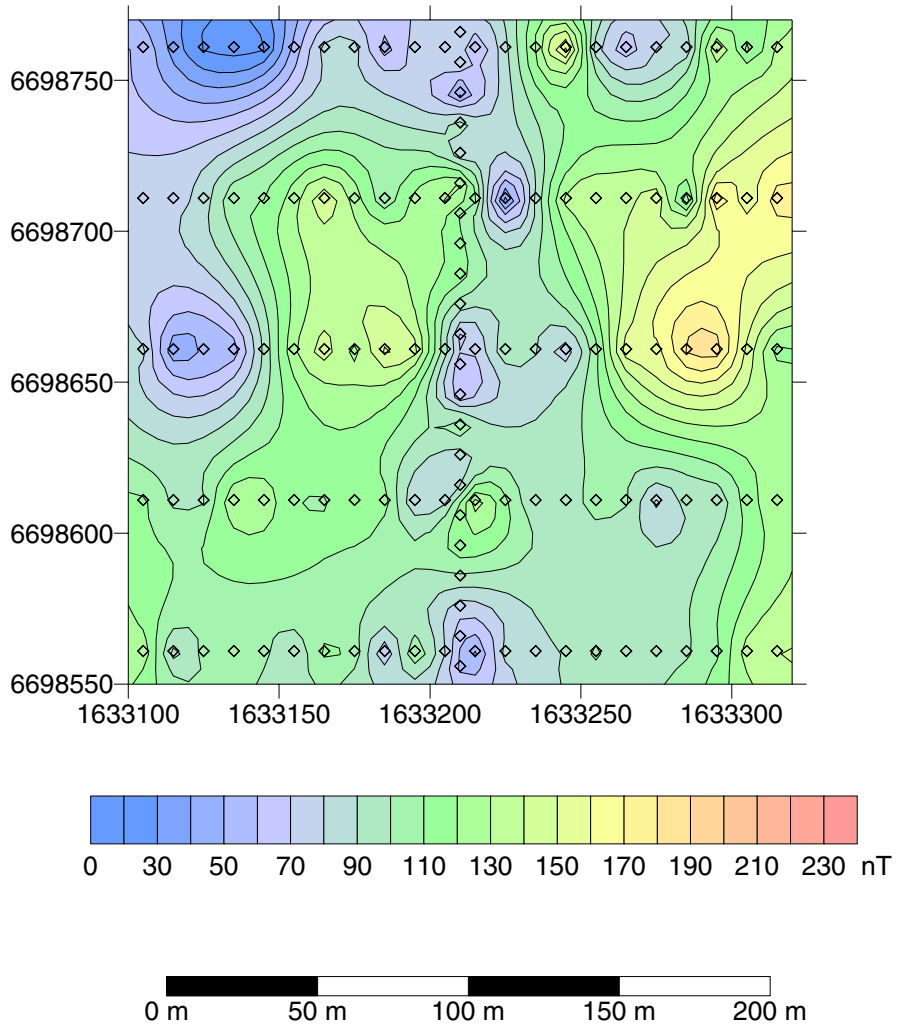


Slingram, Realkomponent 14080 - 1760 Hz

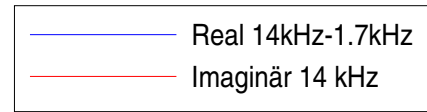
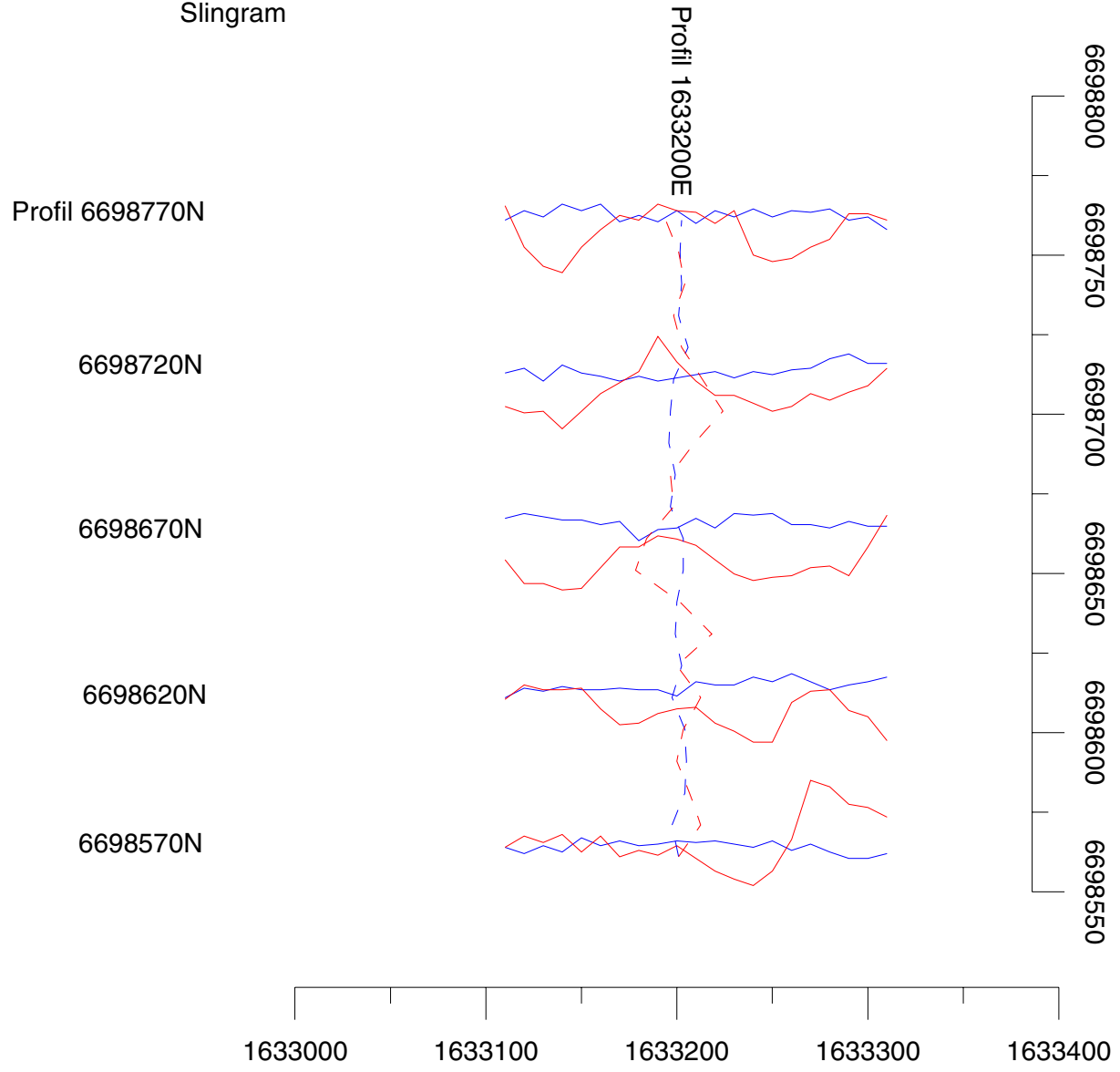


KFM02

Magnetisk totalfältsanomali

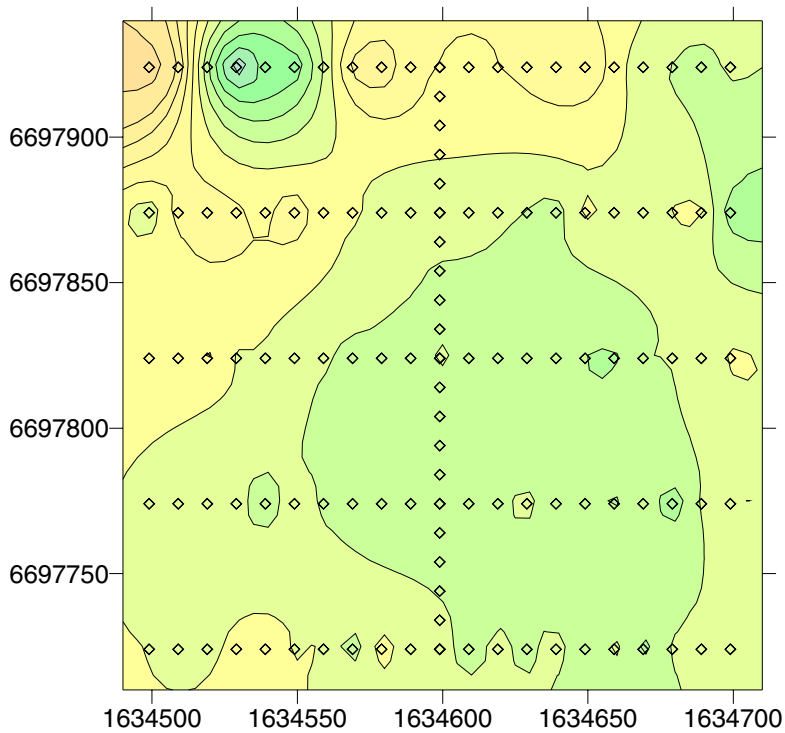
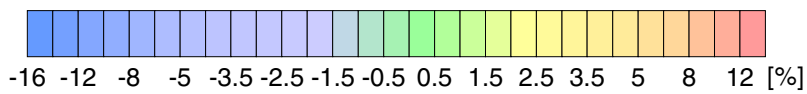
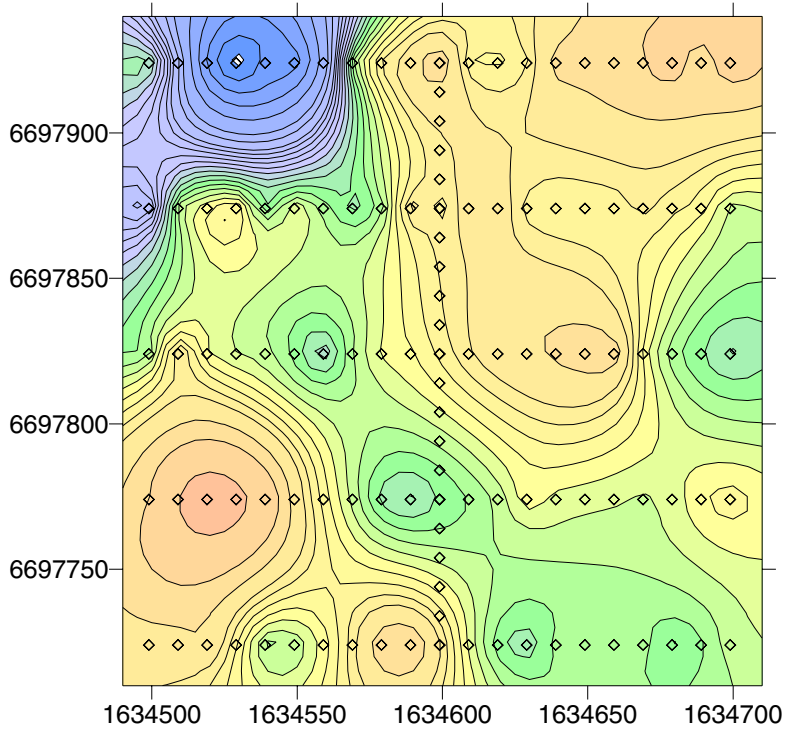


KFM02
Slingram

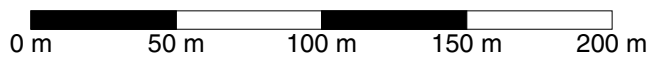


KFM03

Slingram, Imaginärkomponent 14080 Hz

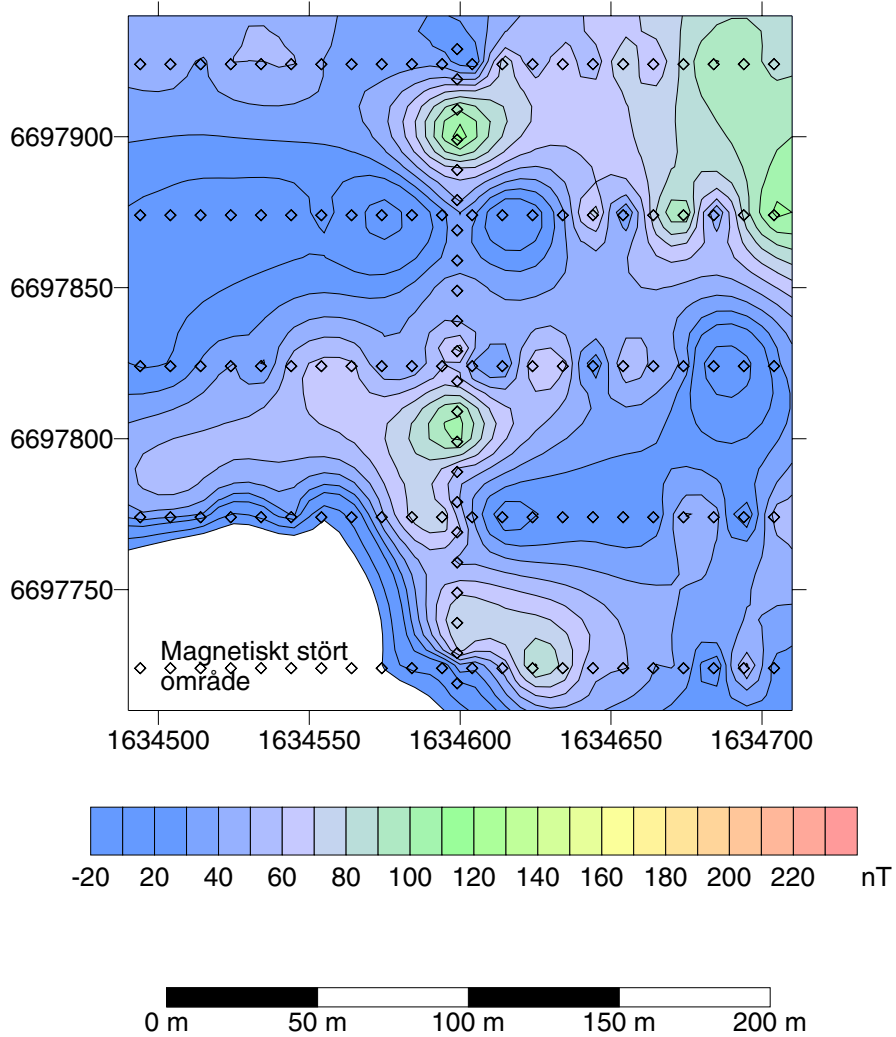


Slingram, Realkomponent 14080 - 1760 Hz

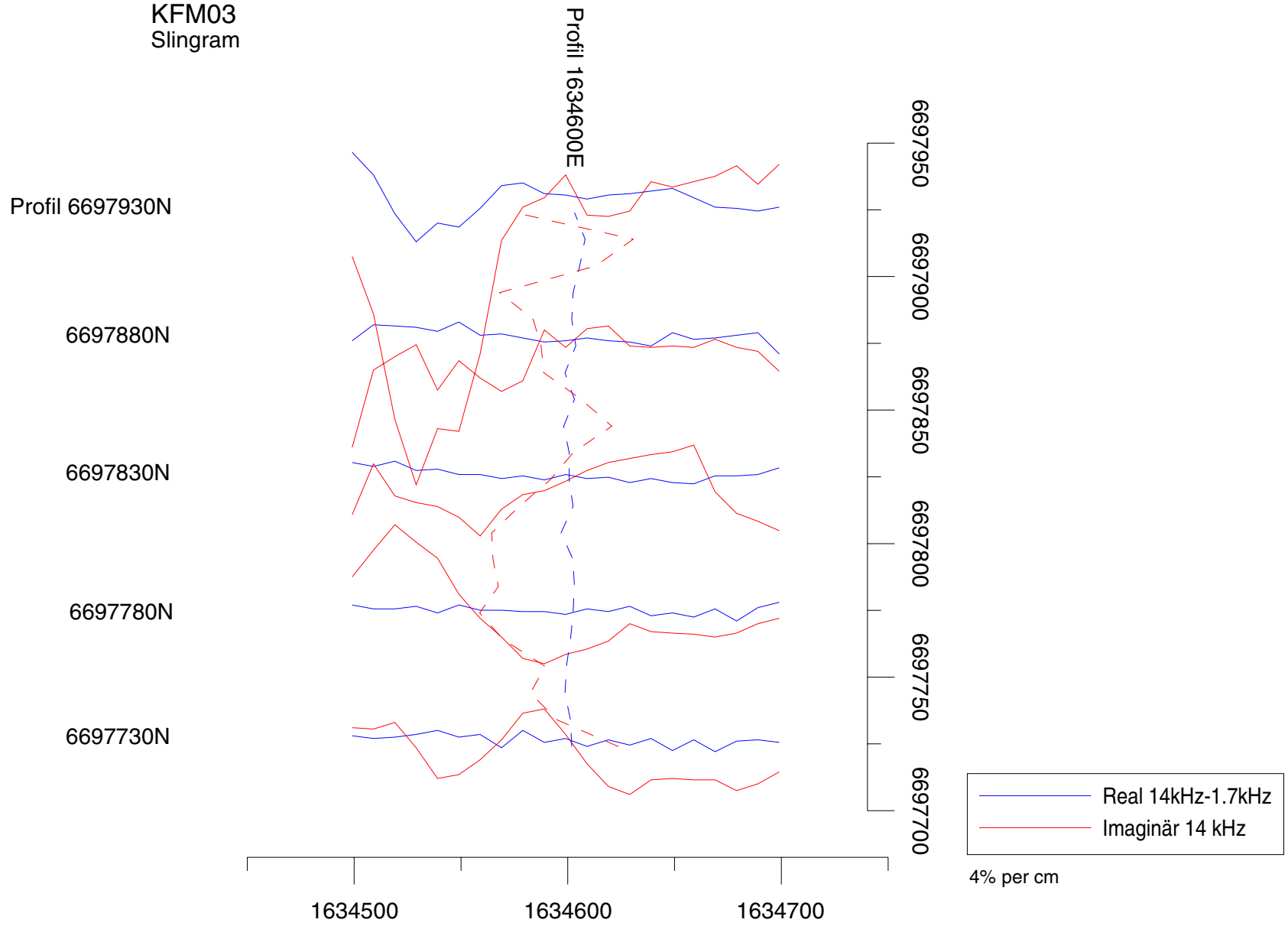


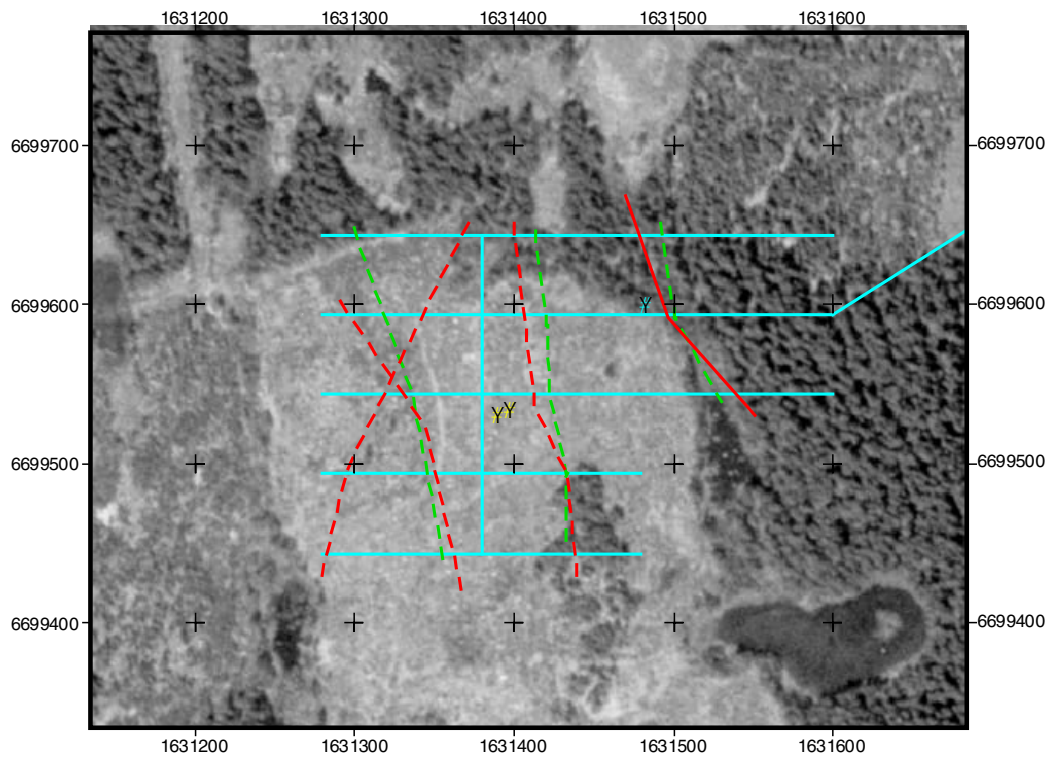
KFM03

Magnetisk totalfältsanomali







KFM03
Slingram

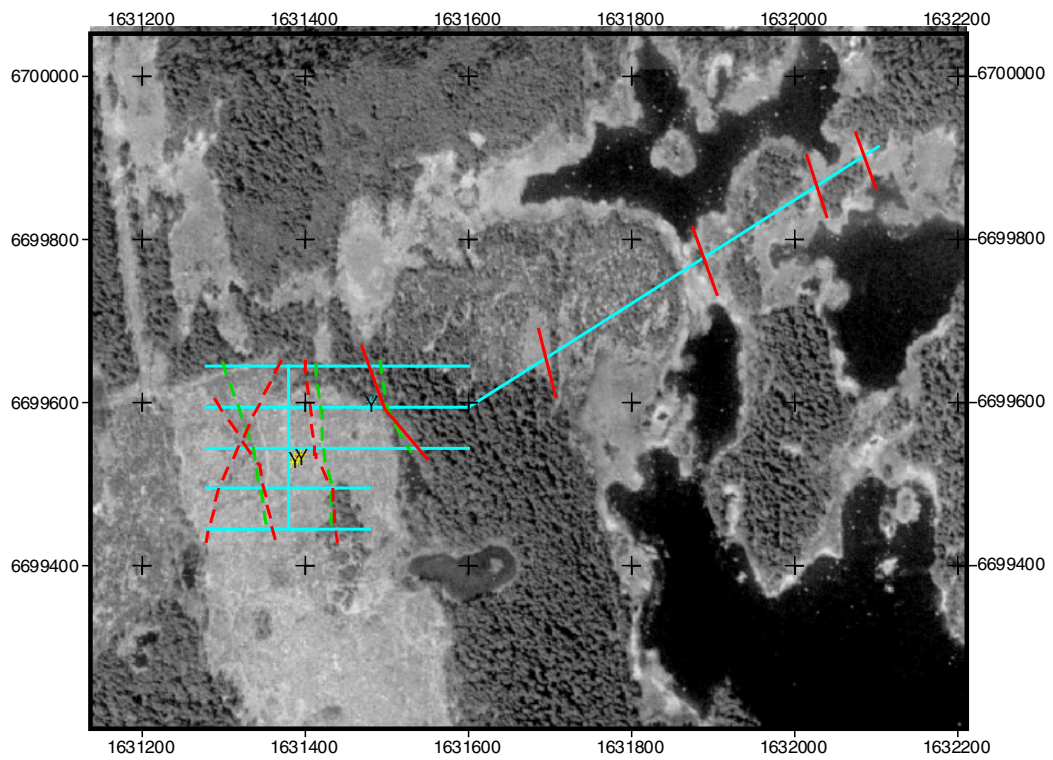




Y KFM01A,B





Y HFM01

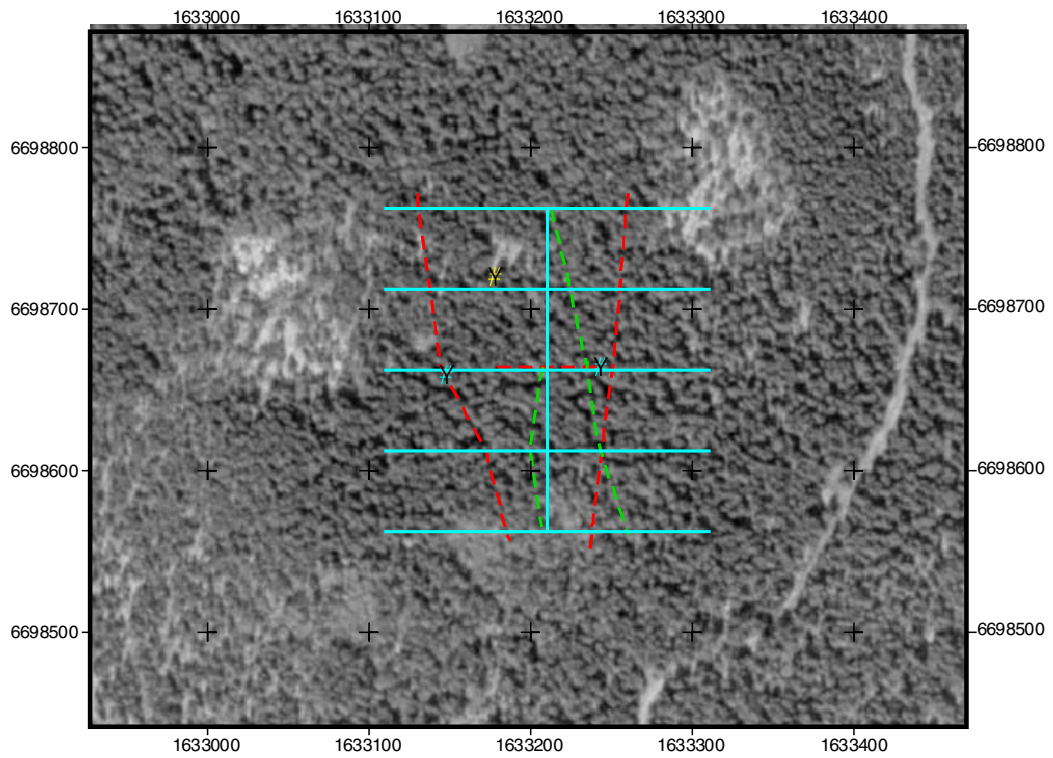
-  Mätprofil
-  Magnetisk gradient/minima
-  Svag slingramanomali
-  Tydlig slingramanomali







Y KFM01A,B

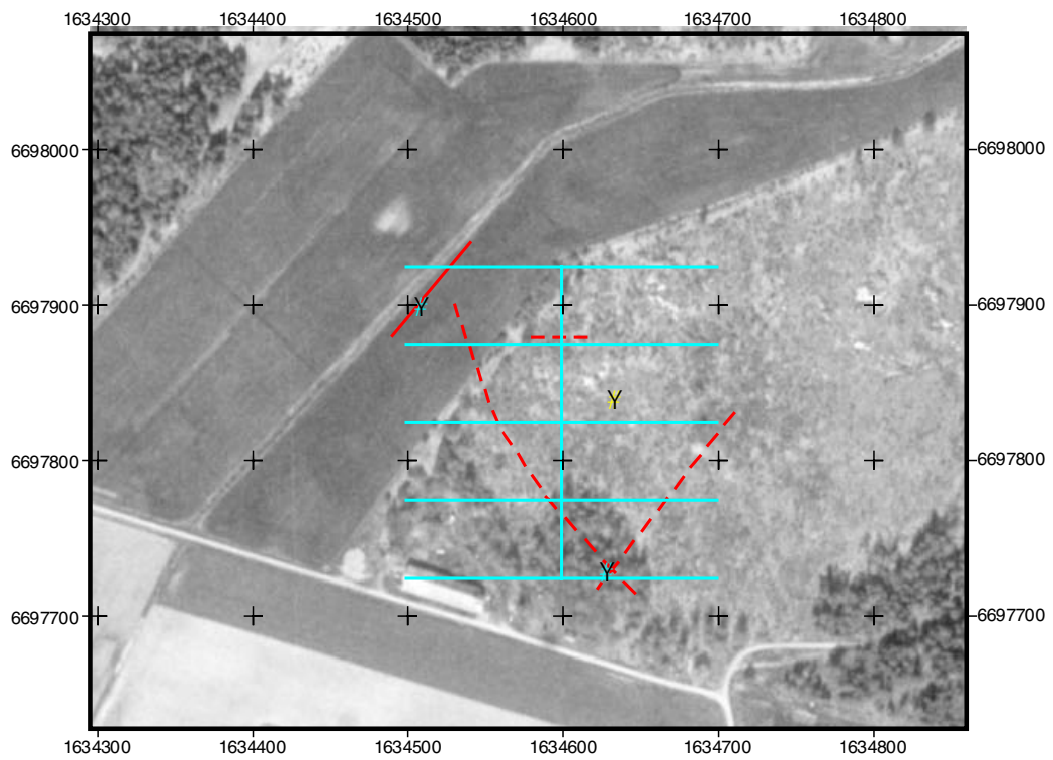
Y HFM01

-  Mätprofil
-  Magnetisk gradient/minima
-  Svag slingramanomali
-  Tydlig slingramanomali







- Y KFM02, förslag
- Y Spolvattenhål, två alternativa förslag

-  Mätprofil
-  Magnetisk gradient/minima
-  Svag slingramanomali
-  Tydlig slingramanomali



- Y KFM03, förslag
- Y Spolvattenhål, två alternativa förslag

-  Mätprofil
-  Magnetisk gradient/minima
-  Svag slingramanomali
-  Tydlig slingramanomali