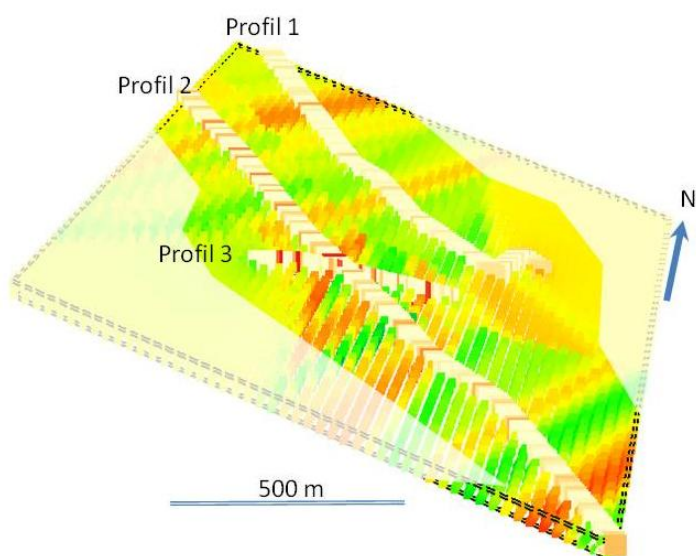




# VLF mätningar i Bräntings haid Natura 2000-område



**Bo Olofsson**  
**2015-09-23**

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	3
UPPDRAGETS SYFTE OCH UPPLÄGGNING .....	3
GENERELL PLATSBESKRIVNING .....	4
METODIK .....	6
RESULTAT.....	7
<i>Profil 1</i> .....	7
<i>Profil 2</i> .....	9
<i>Profil 3</i> .....	11
<i>3D-analys</i> .....	13
DISKUSSION OCH SLUTSATSER .....	13
REFERENSER .....	14

## **Sammanfattning**

VLF-mätningar har utförts längs tre profiler i nordvästra delen av Bunge Ducker 1:64 och angränsande våtmarks- och Natura 2000-områden. Syftet har varit att studera eventuell förekomst av ytliga respektive djupare branta strukturer i kalkstenen. Mätningarna utfördes under april 2015. Bearbetning av mätdata har utförts med VLFCon och data har filtrerats på olika djupnivåer. Analyserna visar på en relativt riklig förekomst av ytliga svaga anomalier, troligtvis representerande karststrukturer samt ett antal kraftigare och djupare anomalier som kan bero på mer generell uppspräckning av kalkstenen. Lokalt kan de djupare anomalier även bero på lokal förekomst av salt grundvatten. Pseudo-3D-modellering av data visar att det är högst sannolikt att flera av de anomalier som påträffats har en utsträckning mot det planerade täktområdet och sammanfaller med lineament som tidigare indikerats genom flygbilds- och fältstudier av SGU.

## **Uppdragets syfte och uppläggning**

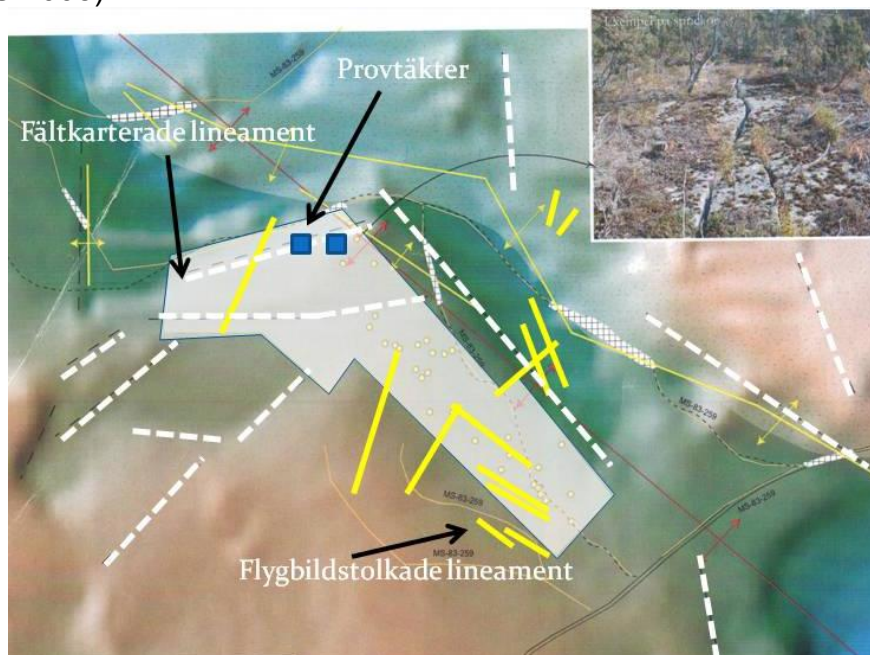
I samband med ansökt täktverksamhet på Bunge Ducker 1:64 har alltsedan 2007 från tillsynsmyndigheter och av dessa anlitate externa experter, efterlysts omfattande undersökningar av mark- och grundvattenförhållandena i gränsområdet mellan den planerade tåkten och Natura 2000-området Bräntings haid. Eftersom den planerade Bunge-tåkten skär av i stort sett samtliga flödesvägar från Bräntings haid mot Ojnare myr och sedan vidare mot Natura 2000-området Bästeträsk har det av Naturvårdsverket bedömts av största vikt att flödesvägarna kartläggs även under markytan. Flödet kan ske såväl genom ytvattendrag som genom grundvattenströmning. De åtgärder som av Nordkalk AB planeras i detta område är att genom ett avgränsande dike parallellt med tätkanten samla upp det avrinnande vattnet och leda detta runt tåkten mot Ojnare myr. Det inrinnande grundvattnet planeras efter rening, bland annat vid behov med membranteknik likaså återföras som ytvatten till Ojnare myr. I nordväst, där tåkten direkt skär av en våtmark planeras en s k sildamm, dvs en semipermeabel damm som för all framtid ska fungera såväl dränerande som fördröjande, beroende på flöde, årstid mm, allt för att efterlikna naturliga vattenståndsvariationer i våtmarken. Konceptet bygger även på att våtmarken har en så tät botten att de ytliga flödena kan kontrolleras genom sildammen och bakomliggande dike.

SGU(2005) har genom flygbildsanalys kartlagt en mängd strukturer som löper från Bräntings haid in i täktområdet, dessutom genom fältobservationer identifierat en mängd lineament som löper SV-NO nordväst om täktområdet samt några ost-västliga lineament i norra delen av täktområdet, figur 1. Ett av dessa sammanfaller med ett av provbrotten (det västra) som uppvisade ett kraftigt vatteninflöde. SGUs bedömning har varit att våtmarkerna i nordvästra delen av täktområdet och omgivande områden utgörs av vätar på tät botten (SGU 2005, 2009, IVL 2006). Karstsprickor har tidigare endast dokumenterats från de nordöstra och centrala delarna av täktområdet, parallellt med nordöstra tätkanten och Ojnare myr.

Inga undersökningar har tidigare genomförts nordväst om täktområdet som stöder eller förkastar den beskrivna modellen. Inga sprickmätningar eller geofysiska mätningar har presenterats från Bräntings haid och inga vidare studier av de angivna lineamenten har tidigare utförts. Enstaka korttidsprov-pumpningar har genomförts en bit från Natura 2000-områdena men nästan inga mätpunkter har funnits att tillgå inom

dessa. Således har egentligen knappast några hydrogeologiska undersökningar tidigare utförts i Bräntings haid.

Naturvårdsverket har bett AQUATER HB att genomföra en översiktlig studie av karstförekomster och brantstående strukturer i området nordväst om den planerade Bungetäkten. Föreliggande rapport redovisar en generell studie med VLF (Very Low Frequency) längs några profiler i Bräntings haid. VLF-studier har av SGU tidigare endast genomförts längs linjer i östra och nordligaste täktområdet samt öster om täkten (SGU 2008).

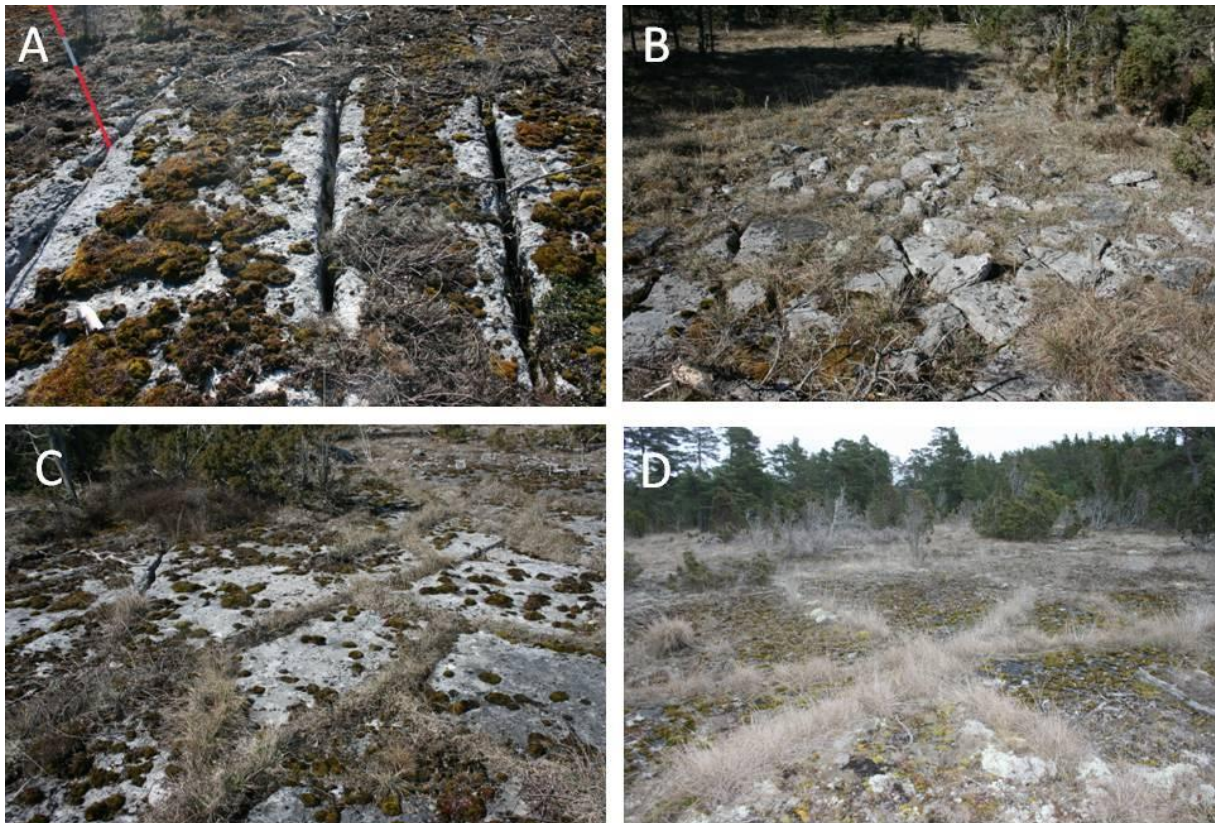


**Figur 1** Av SGU karterade lineament. Vita streckade linjer visar fältkarterade topografiskt indikerade lineament samt gula linjer flygbildstolkade lineament som, enligt SGU, sannolikt härrör från strukturer i berggrunden. Gula ringar i östra delen av täktområdet visar hällobservationer med sprickdata. (modifierad från SGU 2005)

### **Generell platsbeskrivning**

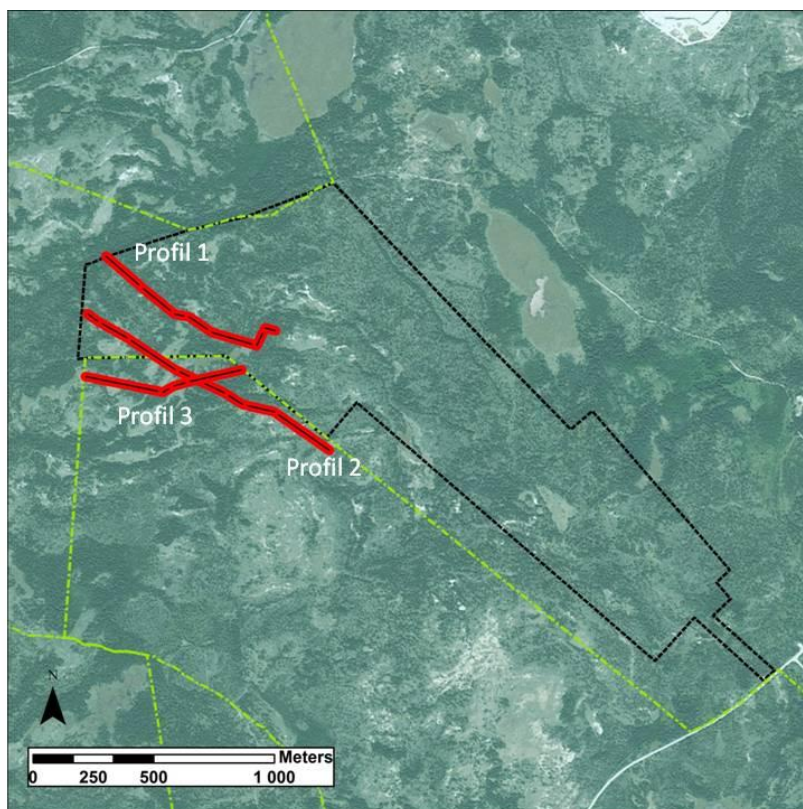
Undersökningsområdet utgör den nordvästligaste delen av täktområdet med omgivande våtmarker inom och norr om Bräntings haid. Området består av kalksten i form av revkalksten samt lagrad kalksten. Stora delar av området har berg i dagen eller med ett tunt lager av kalkstensmorän. Våtmarkerna, som ställvis kan antas vara säsongpåverkade och periodvis även kan torka ut helt, innehåller lokalt inslag av bleke och även kalktuff som inte kan förklaras enbart utifrån nederbördsmatad ytavrinning. Botten på våtmarkerna är okulärt ofta kraftigt uppsprucken och frostsprängd, figur 2B. En stor mängd karstsprickor finns i området nordväst om Bungetäkten, dvs inte bara i nordöstra täktområdet. Dessa är ofta öppna 5-10 cm och dess ytligaste delar kan följas vertikalt 1-1.5 m, figur 2A. Deras ofta stora jämnhet i djup tyder på att det ca 1-1.5 m ner finns horisontella dränerande skikt som kan transportera vattnet subhorisontellt tills det träffar på andra brantstående sprickor och kan flöda vidare neråt. De subhorisontella lagringsplanen kan även mynna ut i lägre terrängavschnitt och bilda lokala våtmarker.

Inom vissa delar är karstprickorna svårare att upptäcka eftersom de inte är blottade utan fyllda av jord och vegetation i ytan, figur 2C,D. I många fall utgör orienteringen av träd- och buskrader det enda synliga spåret av karstprickornas riktning. Inom de säsongspåverkade våtmarkerna utgör tydliga stråk av gräs- och starrarter indikationer på berggrundens uppspräckning. Förekomst av dränerande bergstrukturer mellan Natura 2000-området och täktområdet skulle kunna leda till att de skyddssystem för vattenförändringar i omgivande våtmarker som planerats inte fungerar.



**Figur 2.** *Karstprickor i NV delen av täktområdet och närliggande våtmarker. A: breda karstprickor, B: frostsprängning av uppsprucken berggrund, C, D: karstprickor indikerade genom vegetation*

VLF-profilernas orientering framgår av figur 3.



**Figur 3** VLF-profilernas sträckning

### **Metodik**

Generellt använder sig VLF-metoden av sändare på stora avstånd som sänder med låg frekvens, 15-25 kHz, ofta för kommunikation under svåra förhållanden, bland annat med ubåtar.

Det primära elektromagnetiska fältet kan generera en ström i och på ytan av elektriskt ledande objekt, vilket i sin tur genererar ett sekundärt elektromagnetiskt fält som avviker i fas och riktning från det primära fältet. Eftersom det primära fältet vanligtvis är horisontellt, kan i stort sett endast brantstående strukturer generera ett mätbart sekundärfält. VLF-metoden lämpar sig därför väl för att detektera brantstående vattenledande strukturer, t ex vattenförande brantstående sprickor i berg. Däremot kan inte flacka strukturer i allmänhet generera mätbara anomalier (dvs avvikelser från normalförhållanden).

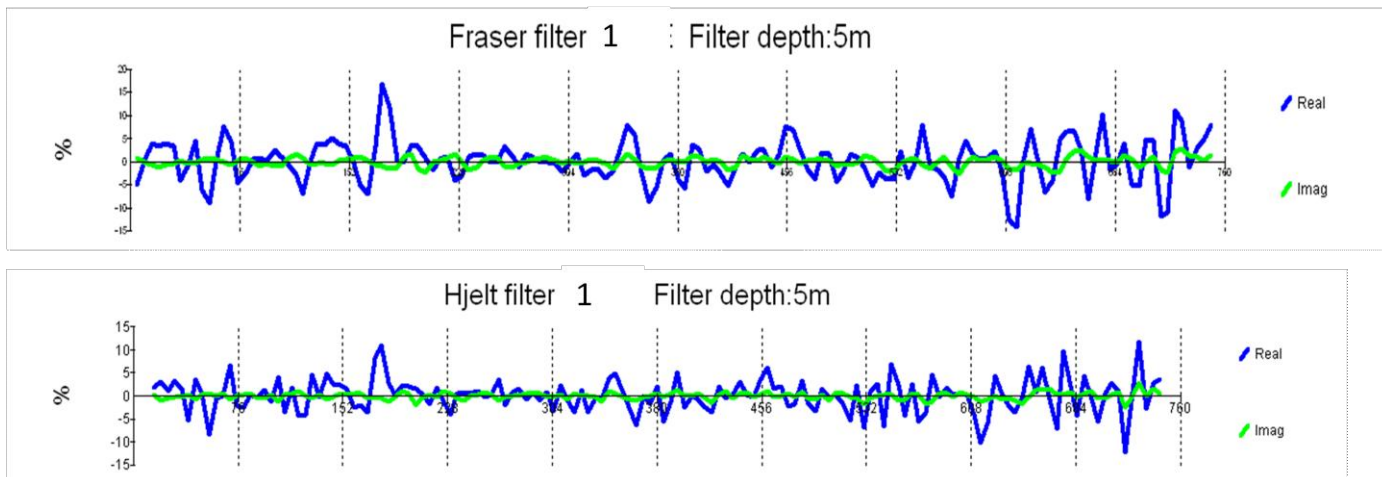
Mätningarna är utförda med ABEMs VLF-system Wadi. Huvudsakligen användes sändare med frekvenserna 16.4 kHz och 20.9 kHz beroende på mätlinjernas orientering. Mätavståndet var 5 m. Bearbetning och presentation är gjord med programmet VLFCon utvecklad av AQUATER HB.. Rådata har filtrerats med Fraser och Hjelt-filer på olika djup, vilket även möjliggjort presentation av vertikala strukturer på djup ner till 40 m. Utsträckningen av strukturerna på djupet är dock högst osäker. Såväl *in-phase* som *out of phase* presenteras (kallas fältets realdel och imaginärdel). Svaga elektriska ledare (t ex en vattenfylld spricka) ger sällan några utslag i imaginärdelen. För en djupare beskrivning av mätteknik och VLF-teori hänvisas till Reynolds (2011).

## Resultat

Mätningarna i de tre VLF-profilerna presenteras med längdavstånd från startpunkten eftersom syftet varit att översiktligt identifiera eventuella anomalier (avvikelser) och inte att exakt bestämma läge och utformning av dessa.

### Profil 1

Profil 1 sträcker sig från tätkantens nordvästra hörn, parallellt med tätkant för att sedan vika av något åt sydost. Filtrerade data på 5 m enligt Fraser och Hjelt presenteras i figur 4. En jämförelse mellan filtrerade data på djupen 5 m respektive 15 m ges i figur 5 samt en pseudosektion med filtrering på samtliga djup i figur 6.

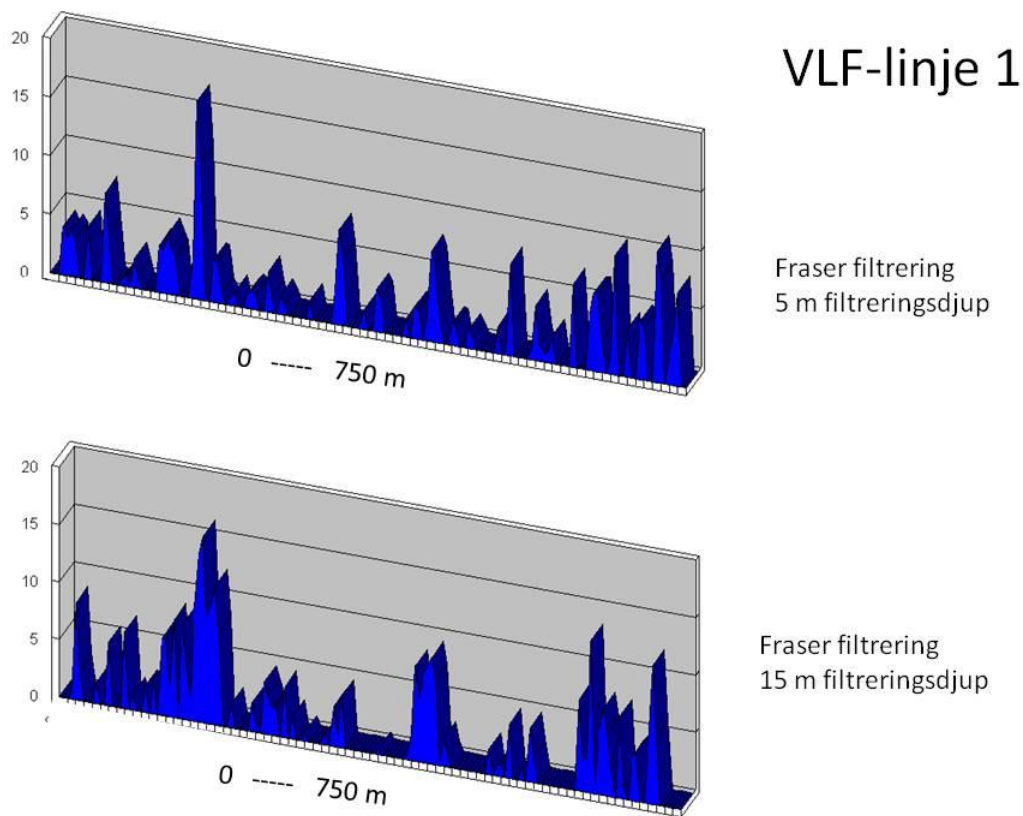


**Figur 4** VLF-profil 1, parallellt NV tätkant, fraser respektive hjelt-filter på djup 5 m.

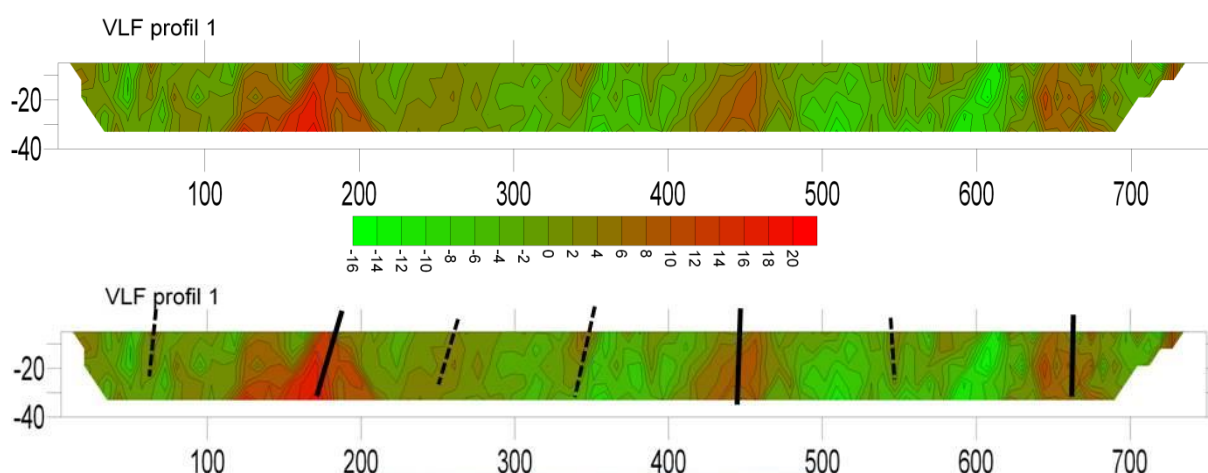
Figur 4 som är filtrerade på ytligaste nivå (0-5 m) visar ett flertal ytliga anomalier (visas som toppar i graferna). Två olika filtreringar har använts. Imaginärdelen ger ringa utslag vilket indikerar att anomalierna är svaga. Åtminstone vid några av dessa anomalier återfinns även synliga karstsprickor eller uppsprucken berggrundsytta.

Figur 5 visar skillnaden mellan filtrering på 5 respektive 15 m, dvs det finns tydligt ett flertal ytliga anomalier, troligtvis karstsprickor, som inte ger något djupare utslag. Några anomalier, speciellt i nordvästra och sydöstra delarna av linjen ger utslag även mot djupet. Endast de positiva filtrerade delarna av reallinjen visas i figurerna.

En filtrering på samtliga nivåer ner till mer än 20 m och interpolering av data presenteras som pseudosektioner i figur 6. I profilen visas även en generell analys av de starkare anomalierna.



**Figur 5** *Jämförelse mellan fraser-filtrerade in-phase data på 5 resp 15 m djup*



**Figur 6** *VLF-profil 1. Pseudosektion från filtreringar (fraser-filter) på olika nivåer samt en grov tolkning av strukturer. Heldragna linjer utgör tydliga anomalier.*

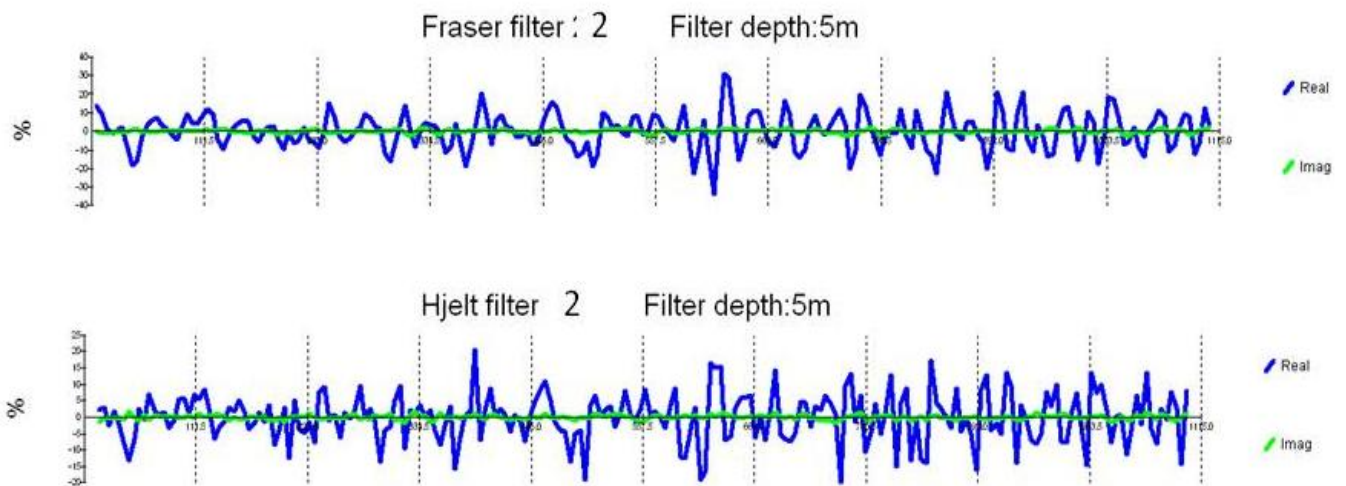
Pseudosektionerna visar ett flertal tydliga men relativt svaga anomalier (markeras med röd färg). En kraftigare anomali påträffas på avstånd 180 m från tätkantens nordvästra hörn. Flera av de svagare anomalierna är ytliga och kan utgöra vattenfyllda karstsprickor. De kraftigare anomalierna (180 m, 440 m och 660 m)



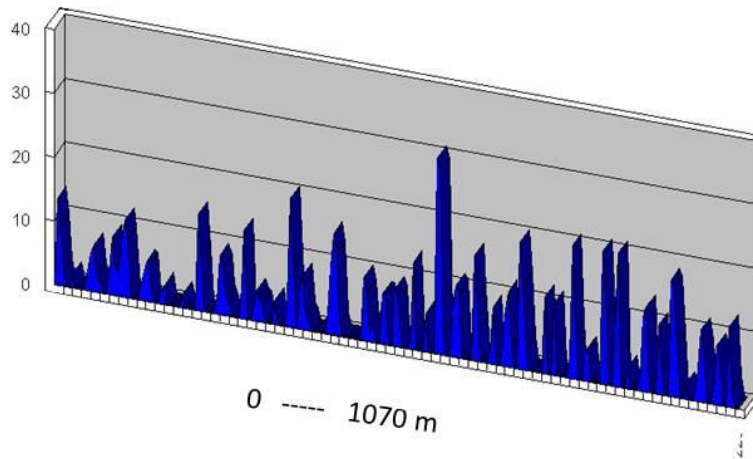
återfinns även vid filtrering på djupare nivåer, ner till minst 15 m och kan utgöra tydligare uppspräckningar av berget, t ex i anslutning till revkroppar.

## Profil 2

Profilen sträcker sig på Bräntings Haid, från en punkt ca 50 m från gränsen mot Bunge Ducker, åt nordväst, delvis parallell med profil 1, ca 200 m sydväst om denna. Filtrerade data på 5 m enligt Fraser och Hjelt presenteras i figur 7. En jämförelse mellan filtrerade data på djupen 5 m respektive 15 m ges i figur 8 samt en pseudosektion med filtrering på djup ner till mer än 20 m visas i figur 9.

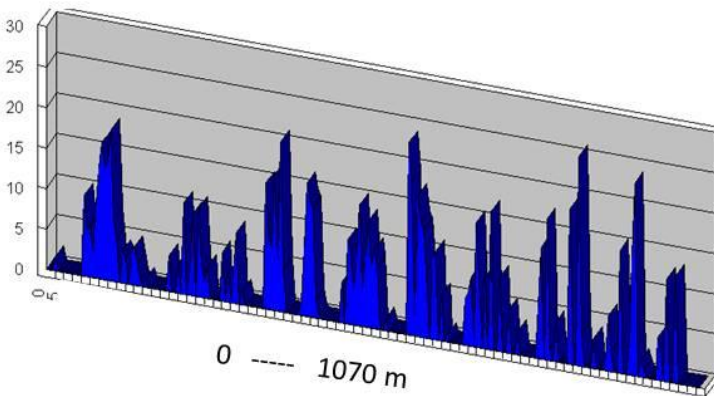


**Figur 7** *VLF-profil 2, parallellt med och ca 200 m sydväst om profil 1, nordvästlig riktning, fraser respektive hjelt-filter på djup 5 m.*



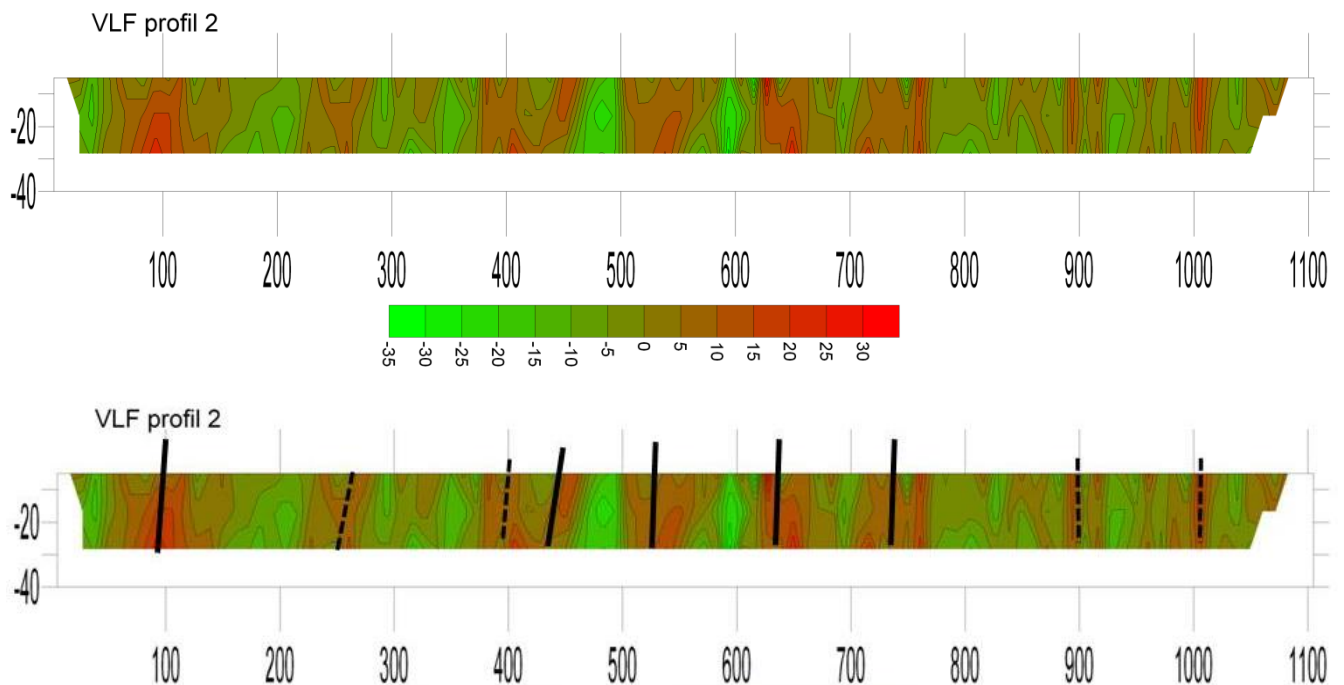
## VLF-linje 2

Fraser filtrering  
5 m filtreringsdjup



Fraser filtrering  
15 m filtreringsdjup

**Figur 8** Jämförelse mellan fraser-filtrerade in-phase data på 5 respektive 15 m djup

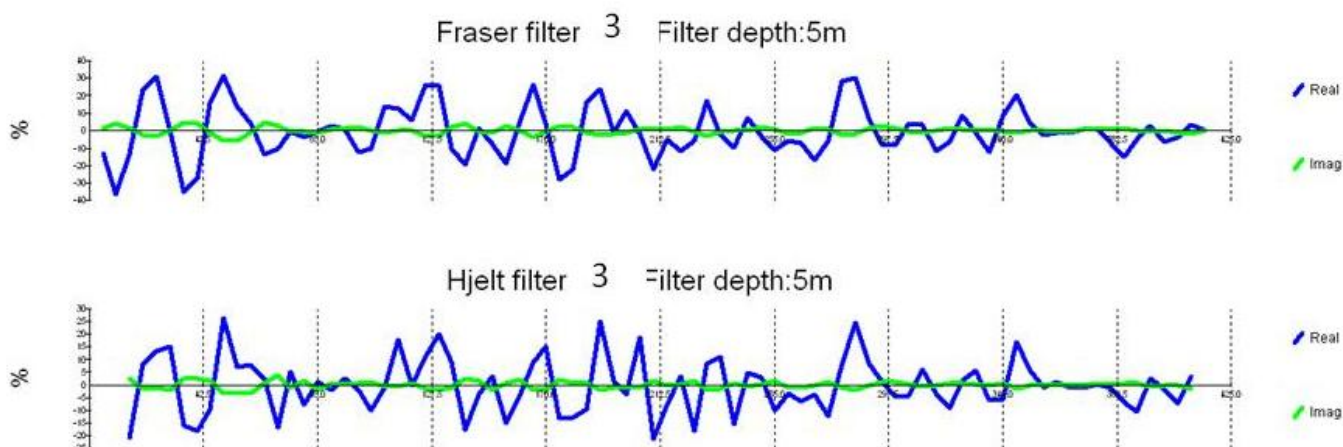


**Figur 9** VLF-profil 2. Pseudosektion från filtreringar (fraser-filter) på olika nivåer samt en grov tolkning av strukturer. Heldragna linjer utgör tydliga anomalier.

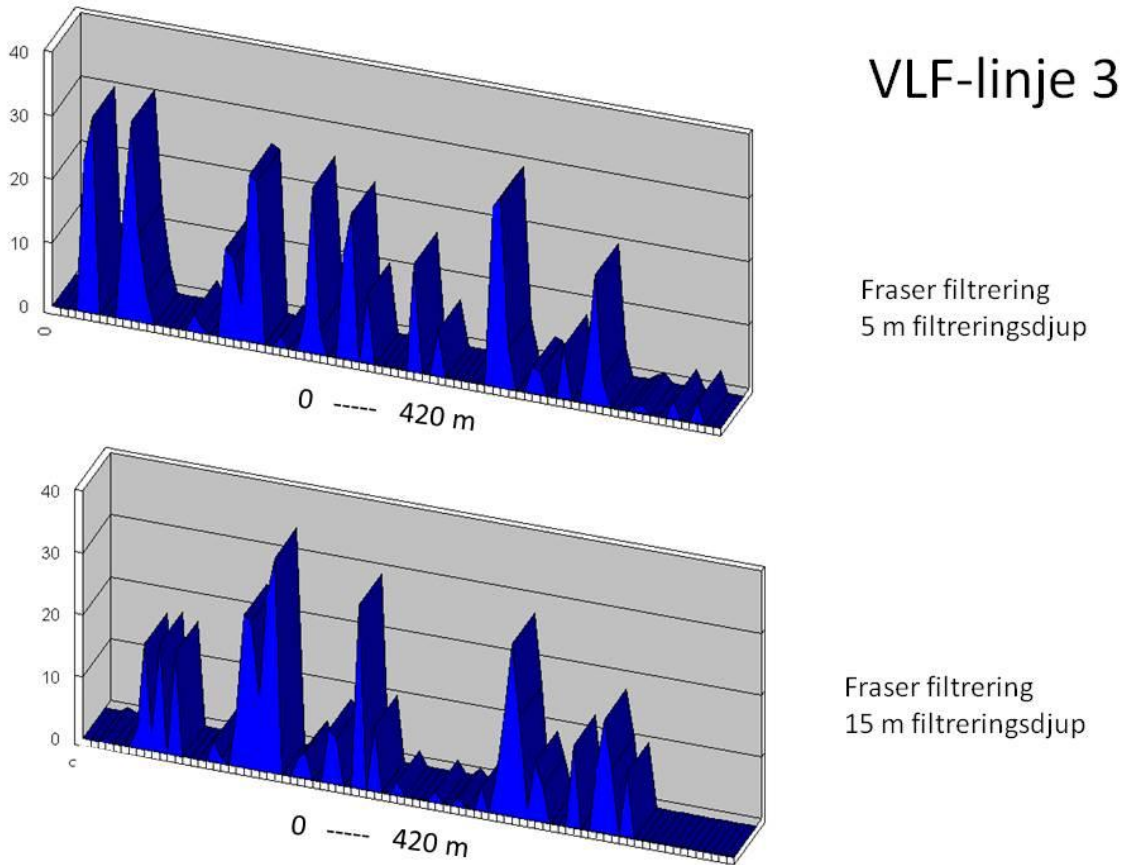
Profil 2, bortåt 1100 lång, uppvisar ett antal kraftigare anomalier, i genomsnitt ca 1/100 m. Området mellan 400 och 750 m ger ett antal kraftiga anomalier, vilket utgör södra delen av det våtmarksområde som ligger nordväst om och gränsar till det planerade täktområdet. Genomgående är anomalierna starkare än längs profil 1. De flesta av de i figur 9 markerade anomalierna är djupgående, dvs kan ses även vid filtrerade data ner till minst 20 m. Det går inte att utesluta att vissa av anomalierna som tycks vara starkast mot djupet kan bero på fickor av salt grundvatten. Figur 8 visar att det finns ett stort antal små ytliga anomalier, vilket skulle bero på relativt rikligt förekommande ytlig karst.

### Profil 3

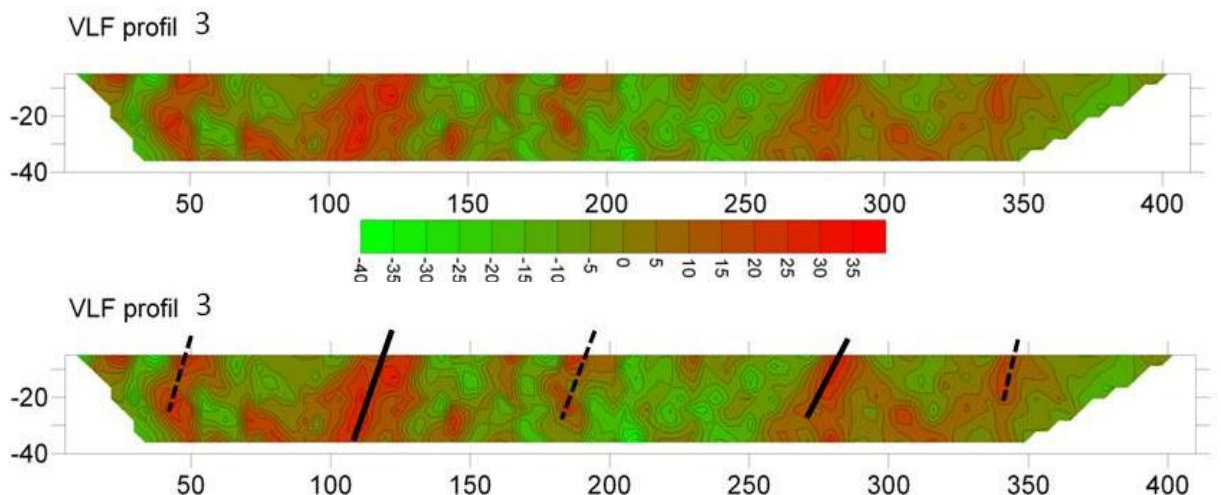
Profil 3 sträcker sig i östlig riktning, från gränsen Risungs-Bräntings Haid, in på Bunge Ducker, figur 2. Filtrerade data på 5 m enligt Fraser och Hjelt presenteras i figur 10. En jämförelse mellan filtrerade data på djupen 5 m respektive 15 m ges i figur 11 samt en pseudosektion med filtrering på samtliga djup i figur 12. Dessvärre inträffade förlust av data från de västligaste delarna av profilen (ca 200 m) och profilen är därför något kortare än vad som visas i figur 3.



**Figur 10** VLF-profil 3, väst-östlig genom nordligaste delen av Bräntings Haid. Figurerna visar fraser- respektive hjelt-filter på djup 5 m.



**Figur 11** *Jämförelse mellan fraser-filtrerade in-phase data på 5 resp 15 m djup*

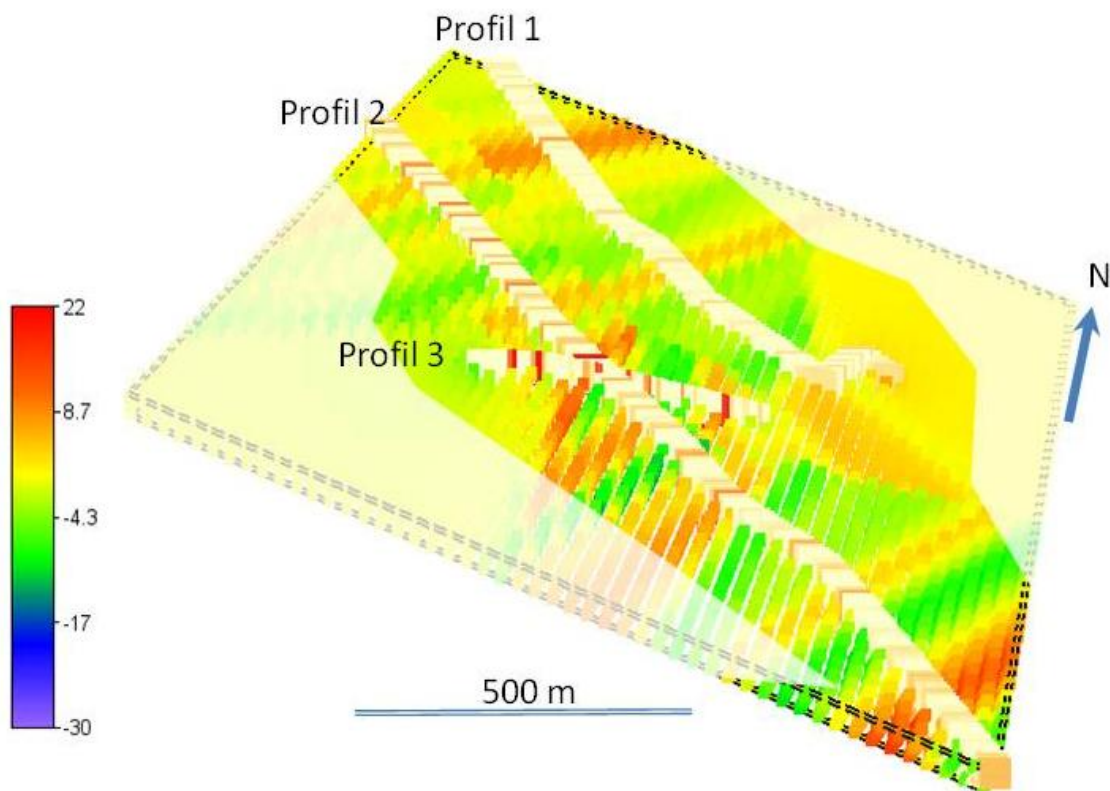


**Figur 12** *VLF-profil 3. Pseudosektion från filtreringar (fraser-filter) på olika nivåer samt en grov tolkning av strukturer. Heldragna linjer utgör tydliga anomalier.*

Figur 10-12 visar endast de centrala och östligaste delarna av profil 3 på grund av dataförlust. Centrala delen av profil 3 (0-150 m) samt dess östligaste del uppvisar ett antal måttligt starka anomalier. De ger även utslag på djupare filtreringsnivåer. Profilen ger ungefär samma antal tydliga anomalier (ca 1/100 m) som profil 1 och 2.

### 3D-analys

Samtliga mätdata har koordinatsatts utifrån GPS-mätningar. En sammantagen interpolerad pseudo-3D sammanställning visas i figur 13. Interpolationen baseras på isotrop IDW (inverse distance weighting) men ger bara en möjlig tolkning eftersom det endast finns tre icke parallella linjer med filtrerade mätdata. Linjära anomalier parallella med profil 1 och 2 kommer att underrepresenteras. Modellen visar dock att flera av de mer ost-västliga anomalierna kan vara sammanhållna. Orienteringen och det generella läget hos dessa anomalier sammanfaller relativt väl med de fält- och flygbildskarterade lineament som SGU visat redan 2005 (SGU 2005) och som presenteras i figur 1. VLF-undersökningen indikerar att dessa lineament är elektriskt ledande, vilket kan bero på jonhaltigt vatten, kanske med innehåll av salt grundvatten på större djup. Det nordligaste av dessa lineament kan sträcka sig mot det västra provbrottet där ett kraftigt inflöde av grundvatten med förhöjd kloridhalt uppkom.



**Figur 13** En modellerad pseudo-3D-bild av filtrerade real-data från tre VLF-profiler. Kraftigare anomalier visas i rödaktiga färger.

### Diskussion och slutsatser

Syftet med VLF-mätningarna har varit att översiktligt indikera eventuell uppspräckning av kalkstenen i nordvästra delen av täktområdet och omgivande våtmarks- och Natura 2000-områden. I dessa områden har inga karststrukturer tidigare dokumenterats. Inte heller har några geofysiska undersökningar utförts trots att sådana i regel är icke-förstörande och relativt enkla att genomföra. Mätningarna, liksom visuella iakttagelser längs mätlinjerna visar att det finns ett flertal ytliga och relativt svaga anomalier, troligtvis härrörande från ytlig och vattenförande karst. Många av dessa utgörs av upp till någon decimeter breda och ställvis vattenförande karstprickor som kan följas tiotals meter. Sådana synliga karstfenomen indikeras

endast ner till 1-2 m varefter flödet avleds genom flacka strukturer tills det antingen påträffar djupare liggande vertikala strukturer eller leds mot lokala utströmningsområden i form av våtmarker. En förutsättning för att karststrukturer ska uppkomma är dels förekomst av sprickor och lagringsplan, dels en bortledning av vatten med löst kalk (Ford & Willams, 2007).

Profilerna uppvisar ett större antal små ytliga anomalier troligtvis härrörande från ytlig karst. Ett antal kraftigare anomalier återfinns också som kan härröra från zoner av sprucket berg. Filtrering på olika djupnivåer visar att dessa återfinns även på djupare nivåer, >20 m. En del av dessa är starkast på större djup och det går därför inte att utesluta att en del av dessa även innehåller förhöjda salthalter. Det går dock inte att utifrån de få mätlinjer som utförts i denna undersökning exakt bestämma zonernas orientering. Den pseudo-3D- bild som presenteras och som baseras på isotrop IDW utgör således endast en möjlig tolkning av anomaliernas orientering.

Flygbildstolkning och fältmätningar av SGU (2005) har tidigare presenterat flera orienteringar av lineament i området, dels i orientering nordost-sydväst , dels orientering nord-syd. Dessa lineament har inte tidigare följts upp av SGU men antas bero på strukturer i berggrunden (SGU 2005). Det är högst sannolikt att flera av de anomalier som påträffats genom VLF-mätningarna beror på lineament med innehåll av jonhaltigt vatten och tycks delvis sammanfalla med de av SGU karterade lineamenten. Topografiska och geofysiska indikationer tyder således på att de nordvästra delarna av Bunge Ducker 1:64 samt omgivande våtmarker i och norr om Bräntings haid kan ha hydraulisk förbindelse i form av vattenförande strukturer som även har en djupare utsträckning.

## **Referenser**

- Ford, D., Willams, P., 2007: Karst Hydrogeology and Geomorphology. John Wiley & Sons Ltd.
- IVL, 2006: Miljökonsekvensbeskrivning av Bungetäkten. Etablering av kalktäkt på Ducker 1:64, Bunge socken, Gotland. IVL Rapport U1793, 2006-04-11
- Reynolds, J., 2011: An introduction to applied and environmental geophysics. Wiley
- SGU, 2005: Fördjupade hydrogeologiska undersökningar för planerat stenbrott vid Rute-Bräntingshajd. Delrapport avseende: Berggrunds-/strukturgeologisk modell. SGU rapport 2005-12-07.
- SGU, 2008: Beskrivning av berggrundsförhållanden och tolkning av geofysiska mätningar i anslutning till Bungetäkten. SGU rapport 2008-04-24
- SGU, 2009: Yttrande angående ansökan om tillstånd till bergtäkt och vattenverksamhet på fastigheten Bunge Ducker 1:64, Gotlands kommun samt därtill hörande följdverksamhet. SGU 2009-04-27