

# Kompletterande undersökning år 2015 av ytnära geologi, hydrologi och biologi i Bunge Ducker 1:64 och omgivande Natura 2000-områden

I målet rörande Nordkalk AB:s ansökan om tillstånd till  
bergtäkt och vattenverksamhet på fastigheten Bunge Ducker  
1:64 i Gotlands kommun (Mål nr M 5431-14 i MÖD)



NATURVÅRDSVERKET

---

*"Experience shows that many hydrogeologists mistakenly assume that if karst landforms are absent or not obvious on the surface, then the groundwater system will not be karstic. This assumption can lead to serious errors in groundwater management and environmental impact assessment, because karst groundwater circulation can develop even though surface karst is not apparent. Diagnostic tests are available to clarify the situation. The prudent default situation in carbonate terrains is to assume karst exists unless proved otherwise."*

*Karst Hydrogeology and Geomorphology*  
Derek Ford och Paul Williams (2007)

---

*"Almost all drinking water in Gotland is groundwater and is mainly found in karst limestone. However, the unpredictable location and geometry of the karst cracks and caverns makes it very difficult to estimate groundwater storage and movement, as well as contamination transport."*

*Journal of Hydrology* 424-425 (2012) 184-195  
Perttu, Person, Erlström & Elming

NATURVÅRDSVERKET

# Kompletterande undersökning år 2015 av ytnära geologi, hydrologi och biologi i Bunge Ducker 1:64 och omgivande Natura 2000-områden

I målet rörande Nordkalk AB:s ansökan om tillstånd till  
bergtäkt och vattenverksamhet på fastigheten Bunge Ducker  
1:64 i Gotlands kommun (Mål nr M 5431-14 i MÖD)

## **Naturvårdsverket**

Tel: 010-698 10 00 Fax: 010-698 10 99  
E-post: [registrator@naturvardsverket.se](mailto:registrator@naturvardsverket.se)  
Postadress: Naturvårdsverket, 106 48 Stockholm  
Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

© Naturvårdsverket 2015

## **Omslag:**

Karstspricka på fastigheten Bunge Ducker 1:64.

© Krister Mild

# Innehåll

<b>1. SAMMANFATTNING</b>	<b>6</b>
<b>2. BAKGRUND OCH SYFTE</b>	<b>11</b>
2.1. Bakgrund	11
2.2. Syftet med denna rapport	11
2.3. Avgränsning	12
2.4. Gamla och nya Natura 2000-områden	14
<b>3. GENOMFÖRANDE</b>	<b>15</b>
3.1. Genomförda fältstudier	15
3.2. Flygbildstolkning	16
3.3. Tidsåtgång (Omfattning)	16
3.4. Tillstånd etc.	16
3.5. Företeelser som karterats	16
<b>4. RESULTAT</b>	<b>18</b>
4.1. Karstsprickor och mindre slukhål på bar kalkhäll	18
4.1.1. Karstsprickor	18
4.1.2. Mindre slukhål	35
4.2. Karstsprickor som vegetationslineament där jordar täcker berggrunden	37
4.3. Karstsprickor som vegetationslineament i våtmarker	47
4.4. Täta ospruckna berghällar	56
4.5. Större slukhål och andra inströmningsstrukturer	58
4.6. Grundvattnets in- och utströmningsområden	61
4.7. Våtmarker	66
4.7.1. Torvbildande våtmarker	66
4.7.2. Rikkärr	68
4.7.3. Äkta vätar	70
4.7.4. Fukthedar och "pseudovätar"	71
4.7.5. Våtmarkernas vegetationsfördelning	75
4.8. Ytvattenflöden	76
4.8.1. Ytvattenflöden – rinnande vattendrag	76
4.8.2. Ytavrinning på täta hållar	78
4.8.3. Diffus ytavrinning genom morän(-ryggar)?	80
4.9. Grundvattenutflöden (källflöden)	83
4.9.1. Källflöden på "fast mark" (utanför våtmarkerna)	83
4.9.2. Källflöden i våtmarkerna	85
4.9.3. Runda källflöden i våtmarkerna	89
4.10. Blekeutfällning och kalktuffbildning	92
4.10.1. Blekeutfällning i våtmarkerna	93
4.10.2. Kalktuffbildning i våtmarkerna	96
4.10.3. Artesiskt formad bleke och kalktuff	97
4.11. Vattnets temperatur, pH och konduktivitet	99

NATURVÅRDSVERKET RAPPORT

Kompletterande undersökning år 2015 av ytnära geologi, hydrologi och biologi i Bunge Ducker 1:64 och omgivande Natura 2000-områden

# 1. Sammanfattning

Denna rapport redovisar Naturvårdsverkets undersökningar sommaren 2015 av ytliga berggrundsförhållanden och tillhörande vattenförhållanden i ett område på norra Gotland. Undersökningarna har omfattat fastigheten Bunge Ducker 1:64 samt ett omgivande område, inklusive Natura 2000-områdena Bräntings haid, Bästeträsk samt Gildarshagen. Vi har sett ett behov av att förbättra kunskapsunderlaget i dessa delar, då bedömningen av risken för skada på Natura 2000-områdena är central i prövningen.

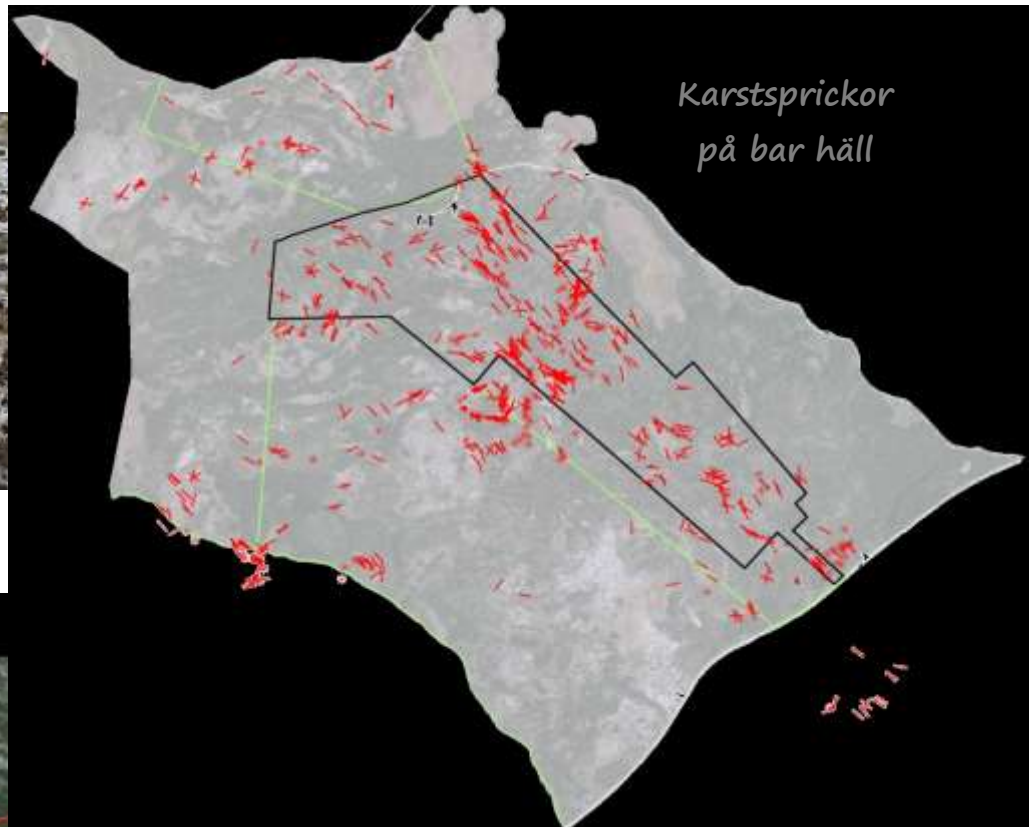
Vid sidan av dessa inventeringar har även olika typer av geofysiska undersökningar genomförts, på uppdrag av Naturvårdsverket, av Bo Olofsson (professor i miljögeologi). De två geofysiska rapporterna – *VLF mätningar i Bräntings Haid Natura 2000-område* respektive *Geofysiska mätningar vid Bunge Ducker 1:64 och dess gränser mot Natura 2000-områdena Bräntings haid, Bästeträsk och Bluttmo myr* – bör läsas tillsammans med denna rapport. Medan denna rapport beskriver förhållandena på ytan eller mer ytnära, behandlar de två andra geologin och hydrogeologin mer på djupet.

**De data som i fält karterats av Naturvårdsverket skiljer sig på ett stort antal punkter från de bedömningar som tidigare redovisats för området**, främst i miljökonsekvensbeskrivningen i ansökan om kalkbrytning i Bunge Ducker 1:64.

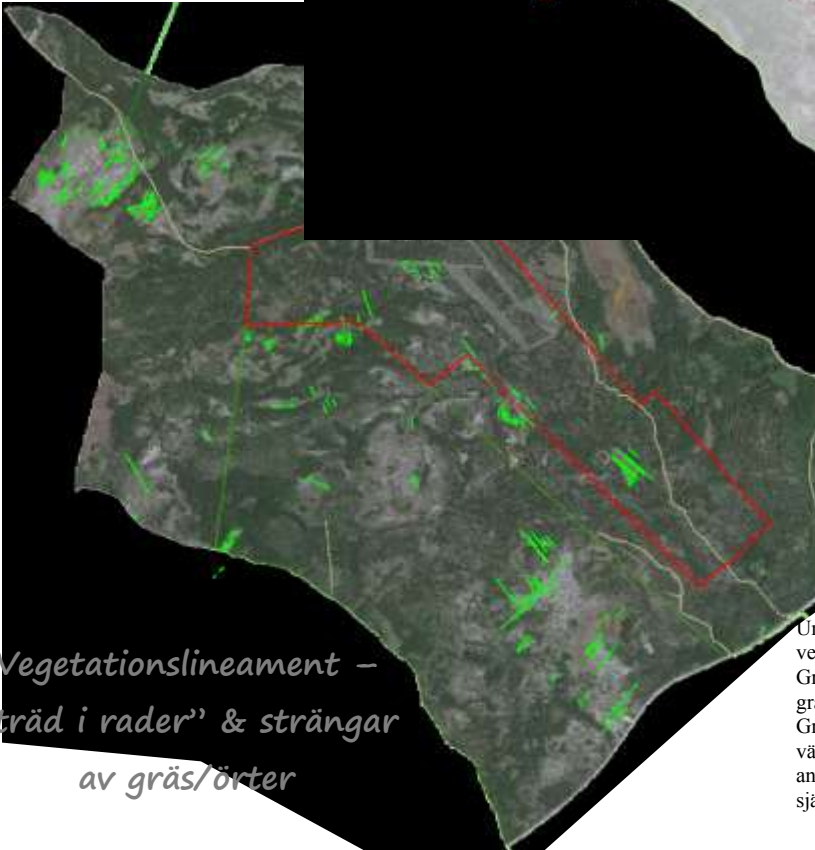
## Huvudsakliga slutsatser:

- I princip hela undersökningsområdet – inklusive det sökta täktområdet och angränsande delar av de angränsande Natura 2000-områdena har uppsprucken och karstifierad berggrund.
- Karstsprickorna och de underliggande karstsystemen är viktiga vatten-transportörer som styr den huvudsakliga bortledningen av områdets regn- och grundvatten. Dessa vattenförande strukturer styr också viktiga yt- och grundvattenflöden för områdets naturtyper och arter. Karststrukturerna binder samman det sökta täktområdet med de angränsande (sedan tidigare befintliga) Natura 2000-områdena. Detta stärker bilden av att täktområdet med omnejd (inklusive hela det av regeringen nyligen utpekade utökade Bästeträsk Natura 2000-område) är en ekologiskt och hydrologiskt sammanhängande helhet.
- Även områdets våtmarker ligger på uppsprucken karstifierad berggrund (inte täta eller sprickfria hållar). Vissa (främst temporära våtmarker i fukthedar) utgör inströmningsområden för regnvatten till karstsystemen. Flera av våtmarkerna (främst rikkärr) har konstaterats utgöra såväl utströmningsområden för grundvatten (under vårens högvattenflöden), som inströmningsområden (under sommarens låga grundvattennivåer). Dessa rikkärr är med andra ord sammankopplade hydrologiskt med områden både ovanför respektive nedanför. Några av de lägst belägna våtmarkerna (främst större agmyrar) förefaller huvudsakligen vara utströmningsområden och är ofta vattenförande året om.





Karstsprickor  
på bar håll



Vegetationslineament -  
"träd i rader" & strängar  
av gräs/örter

grovt uppspruckna att en tydlig  
sprickriktning är svår att bedöma.

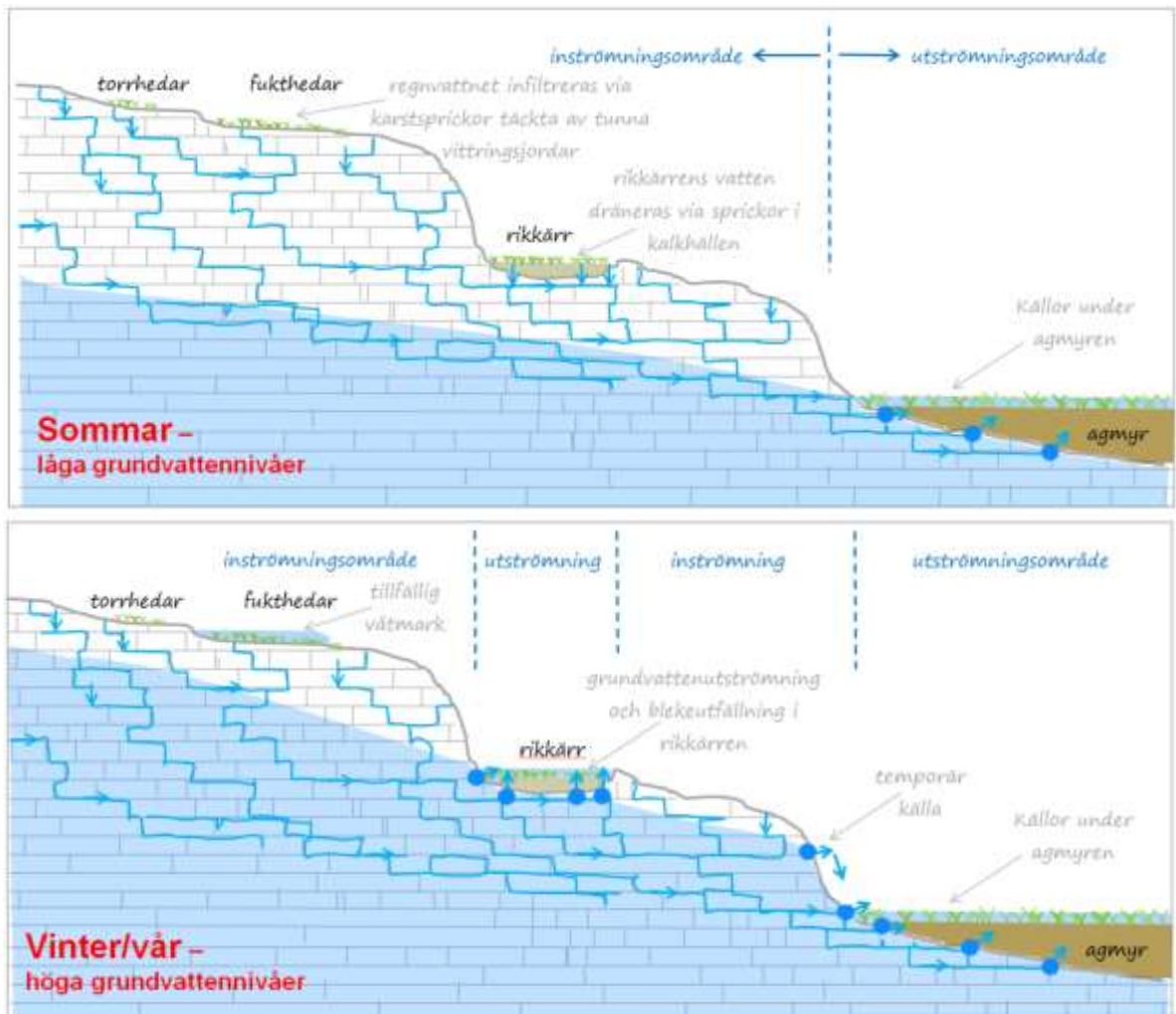


Undre kartan visar vegetationslineament där vi kunnat  
verifiera att de speglar en underliggande karstspricka.  
Gröna streck på öppen mark är främst ört- och  
gräslineament på tunna vittringsjordar eller i våtmarker.  
Gröna streck i skog är trädlineament - vanligen tallar  
växande i rad med rötterna i en karstspricka. Det verkliga  
antalet vegetationslineament - särskilt trädlineament - är i  
själva verket hundrafalt fler än de karterade.



Ett rikkärr där grundvatten tränger upp via den kraftigt uppspruckna berggrunden. De streckade vita linjerna i fotot visar vegetationsklädda karstsprickor. Notera den omfattande blekeutfällningen mellan sprickorna. Pilen i flygfotot visar samma plats som i fotografiet t.v. Enligt MKB:n anges berggrunden vara tät och huvudsakligen sprickfri i dessa kärr.

- Rikkärren i exempelvis täktområdet och i angränsande områden är delvis grundvattenmatade, särskilt under de delar av året då grundvattenytan står högt. Under vattnets uppehållstid i karstsystemen sker en omfattande kemisk vittring av kalk. I utströmningsområdena för grundvattnet fälls den kemiskt lösta kalken ut som bleke. Att rikkärren tillförs grundvatten visas bl.a. av den omfattande blekeutfällningen, men också av en rad andra företeelser (se rapportens resultatdel).



Grundvattnets principiella strömning genom området under olika årstider enligt undersökningsresultaten. Ljusblå ytan markerar berg med i princip sammanhängande grundvatten. De blå linjerna visar några mer vattenförande spricksystem. Blå cirklar med uppåtriktade pilar markerar grundvattenutflöden. Notera också att rikkärren fungerar som utströmningspunkter vid höga grundvattennivåer och som inströmningspunkter när grundvattennivåerna är låga. Med andra ord är de ekologiskt och hydrogeologiskt ihopkopplade med områdena såväl ovanför som nedanför. OBS att vertikalskalan är överdriven.

**Sammantaget ger Naturvårdsverkets karterade data en förklaringsmodell av områdets hydrogeologi, hydrologi och ekologi som i avgörande delar skiljer sig från den som tidigare presenterats (framför allt i bolagets miljökonsekvensbeskrivning). I stort styrs områdets grund- och ytvattenberoende ekologi av ett komplicerat samspel mellan ett mycket stort antal karstsprickor som täcker hela området (och som utgör dräneringspunkter för**

regnvattnet) och grundvattennivåernas stora variationer i karstsystemen och kalkstenslagren under årets olika månader. Våra data visar att området är mycket heterogent vad gäller strukturgeologi, hydrogeologi, hydrologi och ekologi och att homogeniserade beräknings- och förklaringsmodeller därför inte är lämpliga. Det är därför heller inte lämpligt att använda årsmedelvärden i sådana beräkningar, givet de mycket stora årstidsvisa hydrologiska variationerna.

De temporära våtmarker som bildas i inströmningsområdenas fukthedar hänger ihop med att karstsprickorna under dessa delvis tätas av lera, och att regnvattnet därför kan hållas kvar under vintern/våren. I utströmningsområdena är det i högre grad grundvatten som har en viktig roll i bl.a. rikkärrens hydrologi. När grundvattnet står högt fungerar sprickorna i områdets rikkärr (och agmyrar) som utströmningspunkter. Den kemiska vittringen i karstsystemen innebär att bleke fälls ut i dessa våtmarker när grundvattnet når ytan. Grundvattenmatningen och utfällningen av kemiskt vittrad kalk är en av förutsättningarna för att rikkärren förekommer just där de gör inom området. När grundvattnet under sommaren står lågt fungerar sprickorna i rikkärren istället som inströmningspunkter för vattnet. Överskottsvatten i rikkärren leds under högvattenflöden genom bäckstrukturer nedströms, eftersom kärren omges av högre liggande kalkberggrund. Rikkärrens (och agmyrarnas) hydrologi är därför intimt sammankopplad med grundvattnets nivåer i de anslutna spricksystemen. Denna modell förklarar också varför t.ex. rikkärren huvudsakligen torkar upp under sommaren, trots att de ofta ligger i grunda baljor i berggrunden.

Den modell som tidigare presenterats har istället byggt på att området endast delvis är uppsprucket och att berggrunden i övriga områden företrädesvis är tät och sprickfri. I de senare områdena anges regnvattnet rinna över sprickfria hållar eller genom moränlager innan de når t.ex. rikkärren som anges ligga på tät berggrund. I högvattenlägen anges vattnet från våtmarkerna rinna diffust genom tunna morän-lager på de täta hållarna mot lägre liggande områden (och våtmarker). Denna modell saknar dock stöd i våra observationer och i karterade data. Denna modell kan inte heller förklara varför bleke enbart finns i vissa våtmarkstyper, eller varför olika naturtyper förekommer på vissa platser men inte på andra.

#### **Övriga, mer detaljerade, slutsatser:**

- I flera gränsområden mellan den sökta täkten och de direkt angränsande Natura 2000-områdena, förekommer omfattande karstifierad sprickbildning. Det gäller exempelvis ett område i täktens nordöstligaste del; i de omdiskuterade våtmarkerna på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och täktområdet; men också invid och över den så kallade ytvattendelaren mellan Gildarshagen Natura 2000-område och sydligaste delen av täkt- och verksamhetsområdet. Sprickornas orientering i dessa exempel förbinder täktområdet med de angränsande/näraliggande Natura 2000-områdena.
- Inom undersökningsområdet finns många hundratals trädlineament – d.v.s. långa linjer med tallar på rad, och på vittringsjordarna och i våtmarkerna finns också

hundratals vegetationslinement av gräs och örter. Vi har verifierat att flertalet av dessa gräs- och trädlinjer speglar karstsprickor som ligger dolda under jordtäcket. Vår bedömning är att flertalet vegetationslineament visar på sådana dolda karstsprickor. Det är således inte bara undersökningsområdets öppna hållar och berg i dagen som genomkorsas av sprickor, utan även t.ex. våtmarker och skogsmark.

- Det finns endast mindre ytor där kalkhällarna är ospruckna på ytan, d.v.s. saknar synliga karstsprickor. Det innebär att storskalig ytavrinning av regnvatten över kalkberget normalt inte förekommer – eftersom regnvattnet snarast dräneras ner i berggrundens grundvattensystem via karstsprickor. Ett undantag är de grundvattenmatade våtmarkerna, där överskottsvatten avrinner längs ytan vid höga grundvattennivåer. Det undantaget beror dock inte på ospruckna hälltytor.
- Våtmarkerna i gränsområdet mellan det sökta täktområdet och norra delen av Bräntings haid Natura 2000-område omges av aningen högre berggrund (och inte enbart av morän), vilket i normalfallet omöjliggör för våtmarkernas vatten att diffust rinna *över* höjdryggarna nedströms. Våtmarkerna dräneras istället vid högvattenflöden huvudsakligen av bäckar i terrängens lågpunkter, och vid låga grundvattenflöden via karstsprickor under våtmarkerna.
- Eftersom berggrunden är uppsprucken i flertalet våtmarker krävs tätande lerlager för att temporärt hålla kvar vattnet i inströmningsområdets fukthedar. I rikkärren (och agmyrarna) är det sprickorna i hällen som delvis försörjer våtmarkerna med vatten när grundvattennivåerna är höga. Samma sprickor transporterar istället bort vatten vid lägre grundvattennivåer. Rikkärrens ekologi är därför intimt sammankopplad med grundvattnets nivåvariationer under året.
- Det utströmmande grundvattnet i dessa sprickor i våtmarkerna kommer från karstsystem vilket bl.a. visas av omfattande utfällning av färsk bleke, bildning av mjuk kalktuff, förekomst av artesiskt formad bleke, vegetationens fördelning, samt vattnets temperatur, pH och konduktivitet. Det finns inget stöd i våra observationer att ytavrinnande regnvatten eller kemisk vittring på plats i våtmarkerna kan ge upphov till blekeutfällning i aktuell omfattning. Tvärtom visar resultaten, i linje med gängse vetenskapliga rön, att grundvatten behövs.
- I gränsområdet mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och det sökta täktområdet förekommer ett femtontal runda källflöden i rikkärren. Vid undersökningen har berghällen under källorna frigjorts och denna uppvisar korsande eller mötande karstsprickor som kan förklara den punktvisa utströmningen.
- Grundvattenutströmningen och blekeutfällningen bedöms vara en av förutsättningarna för förekomsten av områdets rikkärr. Utströmmande grundvatten med blekeutfällning har inte observerats i någon av undersökningsområdets fukthedar/fuktängar.

## 2. Bakgrund och syfte

### 2.1. Bakgrund

I det pågående målet rörande Nordkalk AB:s ansökan om tillstånd till bergtäkt och vattenverksamhet på fastigheten Bunge Ducker 1:64 i Gotlands kommun (nu mål nr M 5431-14) – har sökanden och motparterna i viktiga delar olika uppfattningar om geologin, hydrogeologin, hydrologin och ekologin – samt hur dessa omständigheter riskerar påverka angränsande Natura 2000-områden om den sökta täkten kommer till stånd.

I samband med domstolarnas miljöprövning av Nordkalks ansökan om täktverksamhet i Bunge Ducker 1:64, har Naturvårdsverket genomgående anfört att det hydrogeologiska underlaget i MKB:n är bristfälligt och behöver kompletteras för att riskerna för att skada livsmiljöerna i de direkt angränsande Natura 2000-områdena ska kunna bedömas på ett korrekt sätt. Sedan 2008 har vi framfört att det förekommer direkta brister och, av oss bedömda, omfattande felaktigheter i underlaget. Vi har också påpekat att det i princip helt saknas hydrogeologiska studier i de angränsande eller omgivande Natura 2000-områden som faktiskt är de som riskerar att skadas av täktverksamheten.

Trots omfattande brister i miljökonsekvensbeskrivningen har det inte lett till att underlaget kompletterats på det sätt som vi anser är nödvändigt för en miljöprövning. Eftersom unika naturvärden står på spel, har vi inte sett någon annan utväg än att göra ytterligare utredningar på eget initiativ. Det här tillvägagångssättet är extraordinärt eftersom det är sökanden som enligt miljöbalken ansvarar för ett tillräckligt prövningsunderlag.

Denna rapport redovisar därför resultatet av flygbildstolkningar och fältstudier av ytnära geologi, hydrologi och ekologiska/biologiska företeelser. Undersökningsområdet omfattar det sökta täktområdet i Bunge Ducker 1:64 samt omgivande områden, inklusive Natura 2000-områdena Brättings haid, Bästeträsk respektive Gildarshagen. Fältarbetet har genomförts av Conny Jacobson och Krister Mild, Naturvårdsverket. Båda har genomgått universitetsstudier med biologisk-geovetenskaplig inriktning, och har flera decenniers erfarenhet av biologiska inventeringar och praktiskt naturvårdsarbete – såväl som konsulter i privat regi, och som handläggare i statens tjänst. Flygbildstolkningen har huvudsakligen utförts av Krister Mild. Rapporten är författad av Krister Mild samt faktagranskad av Conny Jacobson. Rapporten är också internt granskad och godkänd enligt Naturvårdsverkets beslutsordning.

Bo Olofsson, professor i Miljögeologi på KTH i Stockholm, har deltagit i fält för att utföra markpenetrerande geofysiska undersökningar med georadar (GPR), geoelektriska metoder (resistivitmätningar) samt elektromagnetiska metoder (VLF och slingram). Resultaten från dessa undersökningar redovisas i två separata rapporter.

### 2.2. Syftet med denna rapport

Syftet med de kompletterande undersökningarna är att förbättra faktaunderlaget i de delar där sökanden och motparterna har mest divergerande uppfattningar, samt i de geografiska områden där vi bedömer att adekvata struktur- och hydrogeologiska undersökningar inte har genomförts. Det senare avser alla tre angränsande och närliggande Natura 2000-områden samt särskilt gränsområdet mellan den sökta täkten

och Bräntings haid Natura 2000-område (där flertalet av de omdiskuterade våtmarkerna/rikkärren är belägna). Bättre kunskap om dessa förhållanden är nödvändiga för att förstå områdets ekologi och biologi och därmed de konsekvenser täkten skulle få för de närliggande Natura 2000-områdenas arter och naturtyper.

För dokumentera dessa förhållanden har vi:

- i fält och i flygbilder karterat och dokumenterat relevanta geologiska och hydrogeologiska företeelser, primärt avseende karstsystemen i täktområdet och de närliggande Natura 2000-områdena och hur dessa hänger ihop hydrologiskt
- i fält och i flygbilder karterat och dokumenterat biologiska/ekologiska företeelser som indikerar geologi och hydrogeologi där denna inte är direkt synlig,
- och sammanställt resultaten i denna rapport.

De geologiska, hydrogeologiska och biologiska företeelser som aktivt eftersöktes under i fältkarteringarna i april och juli 2015 är sammanställda i tabell 1, i avsnitt 3.5, nedan. I mer detalj har syftet med studien varit att belysa ett antal geologiska, hydrogeologiska och biologiska företeelser som är viktiga för en korrekt förståelse för den sökta täktens påverkan på omgivande Natura 2000-områden. Särskilt viktigt har det varit att bidra till att klarlägga om innehållet i miljökonsekvensbeskrivningen är tillfyllest och om föreslagna skyddsåtgärder är funktionella utifrån de geologiska och hydrogeologiska egenskaper som föreligger i dessa områden.

Viktiga frågor att besvara har därför varit:

- Huruvida bergrunden består av tät eller karstifierad kalksten (d.v.s uppsprucken och karstvittrad, vilket gjort sprickor etc större);
- Om våtmarkerna ligger på tät eller uppsprucken och/eller karstvittrad berggrund;
- Om våtmarkerna är delvis grundvattenmatade eller inte;
- Om blekeförekomsterna i våtmarkerna är kopplade till uppträngande grundvatten från karstsystemen eller inte;
- Om tydliga platser för grundvattenutflöden kan hittas;
- Om inströmnings- och utströmningsområden för grundvatten kan identifieras, och hur de i så fall ligger i förhållande till Natura 2000-områden och sökt exploateringsområde.

## 2.3. Avgränsning

De här redovisade undersökningarna har avgränsats till täktområdet samt omgivande Natura 2000-områden, och gäller sådant som kan iakttas i fält eller i flygbilder (figur 1). Studien har utökad omfattning i gränsområdena mellan norra Bräntings haid och det sökta täktområdet; norra delen av täktområdet och södra delen av Bästeträsks Natura 2000-område; samt mellan södra delen av täktområdet och angränsande delar av Natura 2000-områdena Gildarshagen respektive södra Bräntings haid (figur 2).

Bästeträsks respektive Gildarshagens Natura 2000-område har av tids- och kostnadsskäl endast i mindre grad omfattats av denna undersökning. Vidare har undersökningen inte heller mer än marginellt berört den geologiskt mycket intressanta sänkan öster om Bunge Ducker 1:64 där bl.a. Ojnare myr är beläget, och där omfattande tektoniska zoner sedan tidigare rapporterats av bl.a. SGU.



**Figur 1.** Bilden t.v. Undersökningsområdet. Den röda streckade linjen markerar översiktligt det område som undersökts i denna rapport. Den sökta tåkten är markerad i gult och Natura 2000-områdena med gröna linjer. Bilden t.h. Det röda området som upptar merparten av bilden är det nya utvidgade Natura 2000-området Bästeträsk som beslutats av regeringen 31 augusti 2015. Grönmarkerade områden är de gamla Natura 2000-områdena (som nu är inkluderade i det utvidgade Natura 2000-området). Tåkten är markerad med en tjock röd linje. Grundkartor: © Lantmäteriet



**Figur 2.** De slingrande vita linjerna är spårmarkeringar från en GPS och visar i vilka delar av det översiktligt markerade området i Figur 1 som Naturvårdsverket inventerat mer i detalj 13-17 april och 11-19 juli 2015. Ju tätare de vita linjerna ligger desto mer noggrant är delområdena inventerade. Områden med tjockare moränlager, svallsediment, flygsand eller mer omfattande vittringsjordar är generellt mer översiktligt dokumenterade eftersom dessa jordarter försvårar den geologiska karteringen. Områden med våtmarker, kala kalkhällar eller områden med tunna vittringsjordar har kartlagts mer noga – likaså geologiska anomalier eller intressanta biologiska/ekologiska företeelser. © Jacobson & Mild. Flygbild: © Lantmäteriet.

Av praktiska skäl och med tanke på tidsåtgång har de olika företeelserna följts upp med olika noggrannhet. Undersökningen har heller inte gjort något försök till bergartskartering, d.v.s. att koppla olika geologiska och hydrogeologiska företeelser till olika typer av bergarter i området. I den mån det gått att bedöma i fält, har vi ibland

gjort noteringar om olika företeelser kopplar till någon av de bildningsmorfologiska huvudgrupperna revkalksten och lagrad kalksten.

När det gäller förekomsten av våtmarkstyper har den del av undersökningsområdet som ligger söder om väg 148, d.v.s. södra Bräntings haid Natura 2000-område samt Gildarshagen Natura 2000-område, inte karterats.

## 2.4. Gamla och nya Natura 2000-områden

Den 31 augusti 2014 beslutade regeringen om nya och utvidgade Natura 2000-områden på Gotland. För undersökningsområdets del innebär det bl.a. att de tidigare Natura 2000-områdena Bästeträsk, Bräntings haid och Gildarshagen slagits samman till ett enda nytt stort Natura 2000-område med namnet Bästeträsk (SE 0340120). I detta nya område ingår också stora arealer tidigare oskyddad mark, bl.a. hela det av Nordkalk sökta täktområdet i Bunge Ducker 1:64, samt det av SMA Mineral sökta utvidgade täktområdet i Bunge Stucks 1:368. Omfattningen av det nya utvidgade Natura 2000-området Bästeträsk framgår av kartan i figur 1, ovan, där även de äldre Natura 2000-områdena markerats som en jämförelse.

I denna rapport används för enkelhets skull de äldre beteckningarna för berörda Natura 2000-områden såsom de var innan september 2015, eftersom de då överensstämmer med hur de beskrivs i miljökonsekvensbeskrivningen, samt i hittillsvarande domar.



## 3. Genomförande

De metoder som använts för att klarlägga förekomsterna av olika företeelser redovisas mer i detalj under respektive företeelse. T.ex. redovisas använd metod för att kartera karstsprickor på bar berghäll i resultatavsnittet för detta. Avsnittet nedan ger en övergripande information om hur arbetet lagts upp.

### 3.1. Genomförda fältstudier

Naturvårdsverket har, inom arbetet med den aktuella täktprövningen, besökt området i stort ett tjugotal gånger under 2000-talet. Förutom att bidra till vår bild av geologi, hydrologi, naturvärden och utpekade naturtyper i stort, har dock inga systematiska undersökningar som redovisats i rapportform genomförts av oss förrän under 2015. Daterade noteringar finns från ett fältbesök i april 2008 för att kartera permanenta våtmarker, förstå hur ytavattenavrinningen mellan Bräntings haid och det sökta täktområdet såg ut i verkligheten, samt omfattningen av blekeutfällning i områdets våtmarker. Den kalla vintern 2011 besökte vi området två dagar i februari för att kartera källor och uppträngande grundvatten. Delar av resultaten från dessa mindre undersökningar ingår i denna rapport.

Den 26 mars 2015 besökte Naturvårdsverket gränsområdet mellan Bräntings haid Natura 2000-område och Bunge Ducker 1:64 för att dokumentera blekeutfällning och för att leta källflöden inför synen på den aviserade huvudförhandlingen i Mark- och miljööverdomstolen i april 2015. I det vattenstånd som rådde vid denna tidpunkt kunde vi konstatera omfattande sprickbildningar i ett av de större rikkärren och en omfattande blekeutfällning i samband med dessa sprickor, vidare förekomst av tydliga källflöden och även uppträngande grundvatten i form av konformade blekehögar under vattenytan (se aktbil. 126, 15 april 2015). Det blev vid detta tillfälle uppenbart att en detaljerad fältstudie var nödvändig eftersom våra fynd i avgörande delar skiljer sig från redovisade data i MKB:n samt bolagets geologiska och hydrogeologiska bedömningar – men också skiljer sig diametralt från mark- och miljödomstolens bevisvärdering i domskälen i deldom (i mål nr. 3666-13) 2 juni 2014.

Den 13-17 april 2015 genomförde Naturvårdsverket egna fältundersökningar på plats. Förutom Naturvårdsverket deltog Bo Olofsson (Professor i Miljögeologi på KTH, Stockholm) som konsult. Vi genomförde olika typer av fältundersökningar, geologiska karteringar och elektromagnetiska mätningar (VLF) under fem dagar. Under april-juni bearbetades dessa data, kompletterades med GIS-analys (främst flygbildstolkning). Som en följd av resultaten från fältkarteringarna och VLF-mätningarna beslutade Naturvårdsverket att genomföra en fördjupad geofysisk studie för att dels försöka verifiera resultaten från fältkarteringarna i april och dels för att förbättra kunskapsunderlaget om täktens påverkansområde. Syftet var att mer i detalj kunna detektera sprickzoner, större vattenförande karstsystem och för att undersöka om de detekterade topografiska och ytgeologiska lineamenten relaterar till djupare liggande strukturer i berggrunden.

Den 11-19 juli 2015 genomfördes därför ett stort antal geofysiska undersökningar av Bo Olofsson och Robert Earon. Dessa geofysiska undersökningar kommer att redovisas i en egen rapport – så även de elektromagnetiska VLF-mätningar som gjordes i april 2015. I samband med dessa geofysiska undersökningar fortsatte Naturvårdsverket på egen hand de karteringar som påbörjades i april 2015 och som redovisas i denna rapport. Särskild vikt lades på att följa upp de flygbildskarteringar och annan GIS-analys som gjordes i

maj-juni detta år. Exempelvis har ett stort antal träd- och vegetationslineament som i flertalet fall först upptäckts vid studier av flygbilder, verifierats i fält med hjälp av en jordkäpp (geokäpp) och i vissa fall genom grävning.

## 3.2. Flygbildstolkning

Tolkning av flygbilder har utförts visuellt i GIS-system, med digitalisering direkt på skärm och skärmdumpar av relevanta utsnitt till rapporten. Hela det undersökta området har sökts igenom systematiskt både i digitala IRF-stereoflygbilder och i digitala ortofoton med vanlig färgsättning (d.v.s. färger så som ett normalt mänskligt öga och vanliga kameror ser dem). IRF-stereoflygbilder är flygbilder där infraröda våglängder omfattas av fotot, som färgsatts på sedvanligt sätt för att underlätta tolkning av bl.a. vegetation, och där två bilder kombineras för att ge en stereobild d.v.s. 3D-bild. För närmare detaljer om de företeelser som eftersökts, och de kriterier som använts, se respektive avsnitt under ”Resultat”, nedan.

För att höja kvaliteten på resultaten har flygbilder från flera tidpunkter granskats, närmare bestämt:

- vårbilder från 2014 (med 0,25 m upplösning)
- sommarbilder från 2014 (med 0,25 m upplösning)
- sommarbilder från 2010 (med 0,5 m upplösning)
- vårbilder från 2007 (med 0,5 m upplösning)

## 3.3. Tidsåtgång (Omfattning)

Fältundersökningarna under 2015 föregicks av omfattande studier av flygfoton. Själva fältarbetet genomfördes 11-15 april samt 11-19 juli 2015. Därefter har omfattande GIS-analys (främst flygbildstolkning i stereo) också genomförts under augusti och september. Därtill har tillkommit tid för generell analys, rapportskrivande m.m.

## 3.4. Tillstånd etc.

För Natura 2000-området Bräntings haid har Länsstyrelsen i Gotlands län godkänt att Naturvårdsverket, genom att på ett icke förstörande sätt lyfta undan morän respektive vittringsjord med hjälp av spade, undersöka stickprovsvis om trädlineamentens tallar står i sprickor. Dessutom har de godkänt att vi lyfter undan sediment i några cirkelkällor i rikkärr för att verifiera om genesen beror på uppträngande grundvatten i sprickor. Sedimenten har därefter återbördats på exakt samma sätt som de låg innan. Alla övriga karteringsmetoder inklusive användandet av en jordkäpp (geokäpp) för att kartera sprickor täckta av jordlager, samt de geofysiska undersökningarna, har av Naturvårdsverket bedömts ligga inom ramen för allemansrätten eftersom de är icke-förstörande samt att de inte påverkar pågående markanvändning.

## 3.5. Företeelser som karterats

Under fältkarteringen har vi aktivt eftersökt geologiska, hydrogeologiska, hydrologiska och biologiska/ekologiska företeelser som kan öka förståelsen för hydrogeologin inom det undersökta området. Dessa företeelser listas i Tabell 1, på nästa sida.

Undersökta företeelser i fält & i flygbilder	Egenskaper	Redovisning	Karteringsmetod
Karstsprickor och mindre slukhål på bar kalkhäll	Riktning	Kartor, sprickdiagram	I fält och på flygbild
	Längd och djup	Översiktligt	I fält och på flygbild
	Närliggande sprickor	Översiktligt	I fält och på flygbild
	Sprickmönster	Översiktligt	I fält och på flygbild
	Stenvittrat ytberg	Översiktligt	I fält och på flygbild
	Större områden med uppsprucket karstvittrat ytberg	Kartor	I fält och på flygbild
	Sprickförekomst i olika kalkstenslager, samt på olika höjd över havet	Översiktligt, deskriptiva exempel	Endast i fält
Karstsprickor som vegetationslineament där morän och vittringsjordar täcker kalkberget	Samma underkategorier som ovan, men dessutom:		
	Moränens utbredning	Översiktligt	I fält och på flygbild
	Flygsandens och svall-sedimentens utbredning	Översiktligt	I fält och på flygbild
	Vittringsjordarnas utbredning	Översiktligt	I fält och på flygbild
Karterade linements överensstämmelse med publicerade lineament	Deskriptiva exempel, kartor	Litteraturstudier	
Karstsprickor som vegetationslineament i våtmarker	Samma underkategorier som karstsprickor på bar häll, ovan:		
Täta ospruckna hållar	Utbredning	Kartor	I fält och på flygbild
Större slukhål och andra inströmningsstrukturer	Punktvis förekomst	Kartor	I fält
Grundvattnets in- och utströmningsområden	Utbredning	Översiktligt	I fält och på flygbild
Våtmarker - Torvbildande våtmarker - Rikkärr - Äkta vätar - Fukthedar och "pseudovätar" - Våtmarkernas vegetationsfördelning	Utbredning	Kartor	I fält och på flygbild
Ytvattenflöden - Ytvattenflöden – rinnande vattendrag - Ytavrinning på täta hållar - Diffus ytavrinning genom morän(-ryggar)	Riktning, storlek, förekomst, tillfälliga eller permanenta	Kartor, deskriptiva exempel	I fält och på flygbild, SMHI:s databaser
Källflöden - Källflöden på "fast mark" (dvs utanför våtmarkerna) - Källflöden i våtmarkerna - Runda källflöden i våtmarkerna	Riktning, storlek, punktvis förekomst, tillfälliga och permanenta	Kartor, deskriptiva exempel	Endast i fält
Blekeutfällning och kalktuffbildning - Blekeutfällning i våtmarkerna - Kalktuffbildning i våtmarkerna - Artesiskt formad kalktuff och bleke	Punktvis förekomst, utbredning, årscykel	Kartor, deskriptiva exempel	Endast i fält
Vattnets temperatur, pH och konduktivitet	Punktvis förekomst	Översiktligt, deskriptiva exempel	Endast i fält

**Tabell 1.** Karterade företeelser/objekt under fältarbetet 13-15 april samt 11-19 juli 2015. För källor och ytvattenflöden har även egna erfarenheter från tidigare år tagits med.

## 4. Resultat

### 4.1. Karstsprickor och mindre slukhål på bar kalkhäll

#### Sammanfattning:

- Karstsprickor och mindre slukhål är rikligt förekommande och lätt detekterbara i undersökningsområdets alla synliga hållar och berg i dagen.
- I flera gränsområden mellan den sökta täkten och de direkt angränsande Natura 2000-områdena, förekommer mycket omfattande sprickbildning. Det gäller exempelvis ett område i täktens nord(öst)ligaste del, samt i de omdiskuterade våtmarkerna på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och täktområdet.
- Det förekommer rikligt med karstsprickor alldeles inpå båda sidor om, men även över, den s.k. ytvattendelaren mellan Gildarshagens Natura 2000-område och sydligaste delen av täkt- och verksamhetsområdet.
- De längsta sprickorna har varit drygt 150 meter långa, största bredden 25-30 cm och de djupaste nådde mer än 2 meter ned till nästa berglager.
- Den vanligaste sprickorienteringen är NV-SO, därefter NO-SV. Vissa delar är så kraftigt uppspruckna att en entydlig sprickriktning inte kan avgöras.
- Där olika kalkbergarter möts eller där solitära revkroppar förekommer i lagrad kalksten, ändras ofta sprickriktningarna lokalt.
- Omfattande och plötsliga ändringar av sprickriktningen markerar vanligen topografiska avvikelser som sannolikt relaterar till djupare liggande strukturer i berggrunden.

#### 4.1.1. Karstsprickor

##### *Bakgrund, definition och metod*

I miljökonsekvensbeskrivningen (MKB:n) från 2006 anges bl.a. att det främst är i de östra och sydöstra delarna av täktområdet som en riklig förekomst av karstsprickor uppträder. Det anges vidare bl.a. att de västra och nordvästra delarna av täktområdet har ”tätt berg” med ”avsaknad av sprickor” men att det ”är oklart hur långt in i Bräntings haid dessa förhållanden råder”. Senare MKB-material saknar uppgifter om förekomsten av karstsprickor i de områden som omger det angivna verksamhetsområdet, inklusive de angränsande Natura 2000-områdena Bräntings haid, Bästeträsk och Gildarshagen. För att följa upp uppgifterna i MKB:n om karstsprickor, samt för att läka kunskapsbristen om berggrundens sprickmönster i de områden där sådan information saknas, har vi karterat karstsprickor på detaljnivå inom i princip hela undersökningsområdet.

Karstsprickor är kemiskt vittrade sprickor. De varierar i längd och bredd. När regn- och ytvatten träffar på en karstspricka dräneras vattnet ned i sprickan och vidare genom underliggande karstsystem.

Det är av allt att döma så att dessa karstsprickor ursprungligen bildats under äldre tidsperioder med annan nederbörd och klimat än idag. Att de bildats för länge sedan hindrar dock inte att karststrukturerna fortfarande leder bort vatten och dessutom, om än långsamt, fortsätter att vidgas.

Detalj kunskap om den Gotländska karsten saknas i stor utsträckning. Det finns mycket lite publicerat om karstens utbredning på djupet; karstakviferernas vattentransporterande förmåga på olika platser; omfattningen av den kemiska vittringen i dagens karstsystem; samt i vilken omfattning och i vilka geografiska områden den upplösta kalkens kalciumjoner fälls ut som bleke eller kalktuff. Det är vidare fortfarande okänt från vilka karstsystem några av Gotlands största källutflöden härstammar.

På Gotland dominerar ett slags ”småskalig/småbruten” karst jämfört med den som dokumenterats på mer sydliga breddgrader i världen. Det beror till stor del på Gotlands relativt flacka topografi – den hydrauliska gradienten blir helt enkelt för liten jämfört med exempelvis centrala och södra Europas välkända karstområden. I de senare förekommer jättegrottor, kollapsade karstsystem, hela floder som försvinner ner i kolossala slukhål (doliner), och kommer ut igen i stora källor. I sådana områden kan hela landskap ha formats av karstsystems eroderande och underminerande verksamhet. Trots att den svenska och Gotländska karsten normalt verkar vara mer småbruten, så finns Lummelundagrottan som ett exempel på ett stort och kilometerlångt grottsystem som bildats genom kemisk vittring via karstsystem.

Även om detalj kunskap saknas om de Gotländska karstsystemen innebär bildningen av karst däremot definitionsmässigt alltid att de karstsprickor som idag kan detekteras på ytan i inströmningsområden är vattenledare till djupare liggande och vattentransporterande karstsystem eller karstsprickor. I utströmningsområden kan sprickorna fungera både som ut- och inströmningspunkter för vatten, beroende på att grundvattenytan varierar under året (se avsnitt 4.6, 4.9.2, 4.9.3 och 4.10 för en mer detaljerad diskussion)

Karstsprickorna har eftersökts genom att aktivt leta efter jordfria berghällar, berg i dagen, som sedan avsökts efter synliga sprickor. I viss mån styrdes färderna genom terrängen av medhavda flygbilder/kartor där berg i dagen tidigare markerats. Många sprickor har också hittats slumpvis när små fläckar av bar håll plötsligt skymtade fram i områden som i övrigt är täckta av morän, vittringsjordar och svallsediment. Hur området är genomsökt i fält redovisas i figur 2. Hela undersökningsområdet har också granskats med hjälp av flygbilder från ett flertal olika fotograferingsår.

De karstsprickor vi funnit har var och en positionsbestämts med hjälp av GPS samt rikttningsbestämts med hjälp av syftkompass. Innan karteringen startade avsåg vi att mäta längden, bredden och djupet på varje enskild spricka, samt avståndet mellan näraliggande sprickor. P.g.a. det mycket stora antalet karstsprickor som noterades var vi av tidsskäl tvungna att överge längd-, bredd- och djupmätningar, samt exakta avstånd mellan närliggande sprickor. Vi har därför bara noterat några extremer. I flygbildskarteringen har dock längden på vissa sprickor, samt förekomst och avstånd mellan närliggande sprickor gått att mäta i efterhand.

Vi har enbart noterat sprickor som är äkta karstsprickor. Det innebär att de ska visa tydliga tecken på kemisk karstvittring och att sprickorna därmed utgör vattentransportörer till djupare liggande lager av berggrunden. Vi har enbart karterat sprickor som är ordentligt vidgade av kemisk vittring. Eftersom karstsprickorna oftast är 5-25 cm breda är de lätta att skilja från de millimeterbredda eller endast antydda tensionssprickorna som också förekommer rikligt på kalkhällarna i området (se figur 3 och 4 för skillnader).



**Figur 3 och 4.** En äkta karstspricka (t.v.) och icke karstsvittrad spricka (t.h.). Båda västra delen av Bunge Ducker 1:64 på gränsen till Bräntings haid Natura 2000-område. © Krister Mild

Den absoluta majoriteten av karstsprickor på bar kalkhäll som vi karterat har varit öppna sprickor. Ofta är dessa sprickor dock helt eller delvis fyllda med organiskt material, morän och liknande och överväxta med vegetation. Dessa vegetationsklädda sprickor är vanligen lätta att detektera genom att de löper som strängar av gräs och örter över i övrigt jordfria hållar (se figur 10,11 och 16). Vi har inte karterat dessa vegetationssträngar som karstsprickor, såvida de inte:

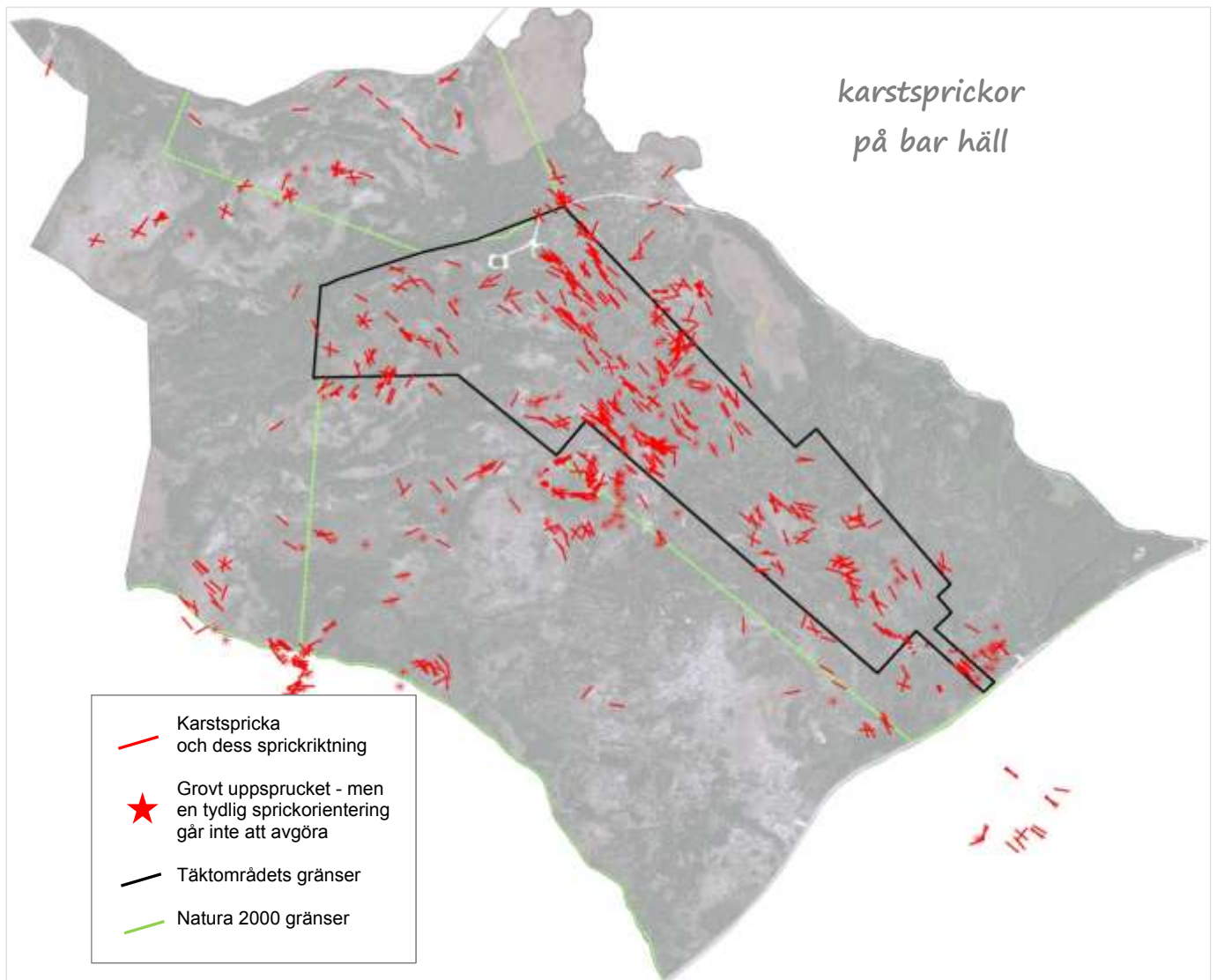
- gått att följa tills de övergår i en öppen karstspricka, eller ett öppet slukhål, eller
- det med hjälp av en s.k. jordkäpp (geokäpp), genom grävning eller genom att lyfta undan en tuva av grässträngen gått att påvisa en underliggande karstspricka.

Vidare har vi *inte* under denna rubrik karterat de rader av träd (oftast tallar och enar) som växer i de karstsprickor som täcks av morän och vittringsjordar som just karstsprickor såvida de inte också växer på öppen håll och sprickan är synlig mellan trädstammarna. Detta fenomen med träd i rader (träddlineament) behandlas istället under avsnittet 4.2, nedan. Även de gräs- och örtsträngar som förekommer där vittringsjordar eller våtmarker täcker kalkberget, och som speglar för ögat osynliga karstsprickor, avhandlas i avsnittet 4.2 respektive 4.3.

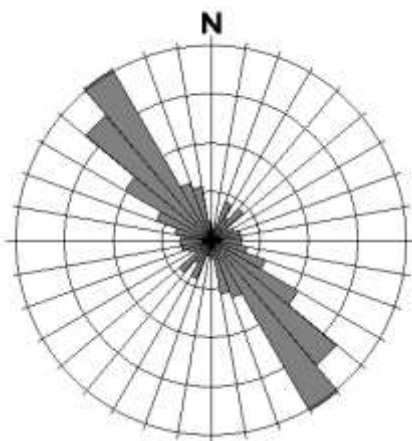
#### *Resultat och slutsatser*

Karstsprickor förekommer rikligt i alla delar av undersökningsområdet som uppvisar berg i dagen, d.v.s. bara hållar utan jordtäckte. I de delar av området som täcks av morän, svallsediment, vittringsjordar eller våtmarker kan man inte lika enkelt se om den underlagrande hållen är uppsprucken eller inte. Den rikliga förekomsten av olika typer av vegetationslineament (se avsnitt 4.2 och 4.3) visar dock att i princip hela undersökningsområdet förefaller vara rikligt täckt av karstsprickor. Där små hållar sticker upp över markytan i områden som domineras av täckande jordarter, är kalkhällan i princip alltid uppsprucken, vilket är ytterligare en indikation på att hela området är täckt av karstsprickor. Även de två rapporterna med resultaten från de geofysiska undersökningar som gjordes parallellt med denna studie visar att så är fallet.

I flera gränsområden mellan den sökta tåkten och de direkt angränsande Natura 2000-områdena, förekommer mycket omfattande sprickbildning. Det gäller exempelvis ett område i tåktens nord(öst)ligaste del (se figur 13), samt i de omdiskuterade våtmarkerna på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och tåktområdet (figur 37).

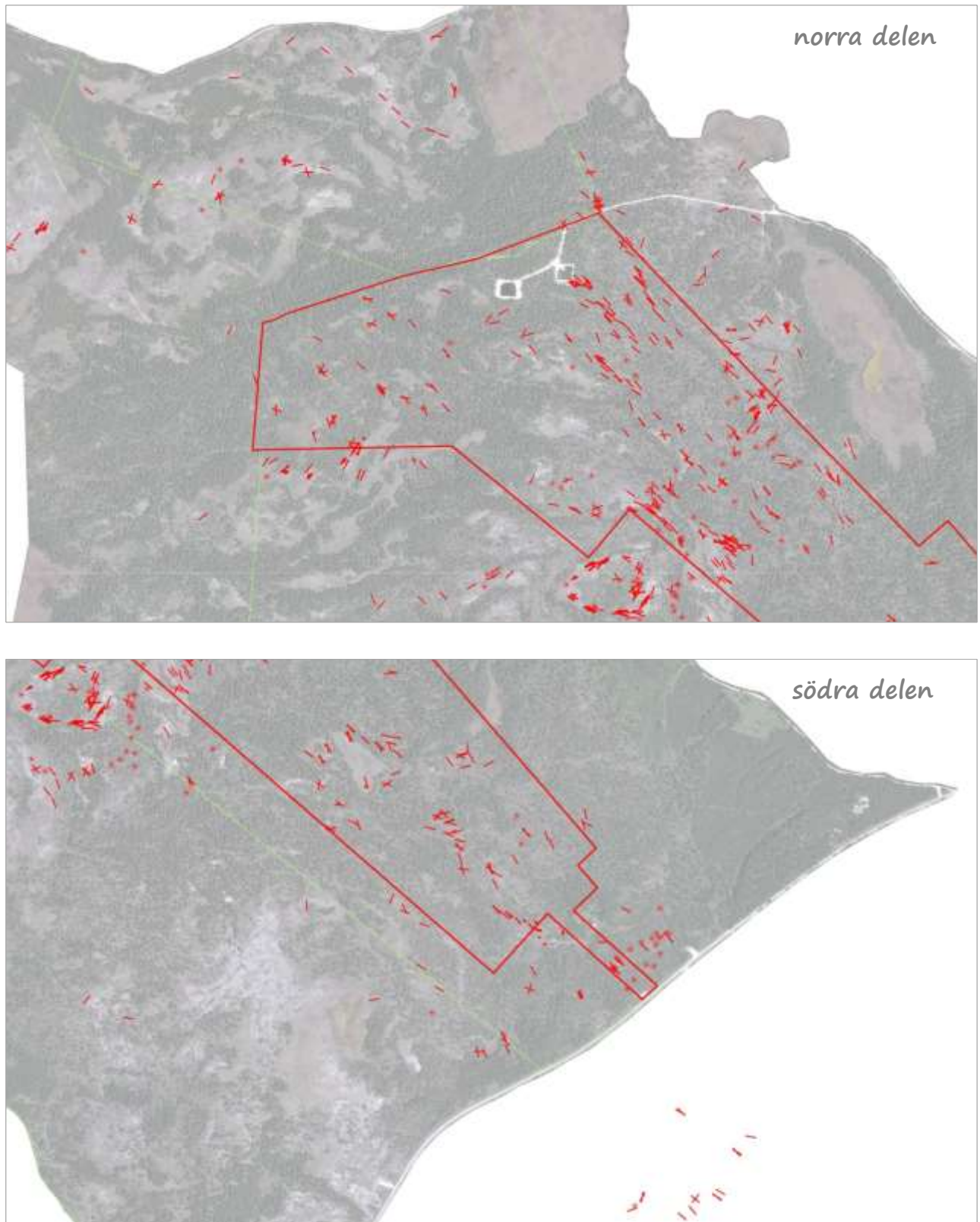


**Figur 5a.** Förekomsten av karstsprickor på bar kalkhäll. Streckens riktning visar karstsprickornas orientering och har bedömts med syftkompass. Notera att NV-SO riktningar dominerar. Streckens längd speglar dock inte sprickornas verkliga längder. Stjärnor markerar områden som är grovt uppspruckna och karstifierade men där en tydlig sprickorientering inte går att avgöra. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet



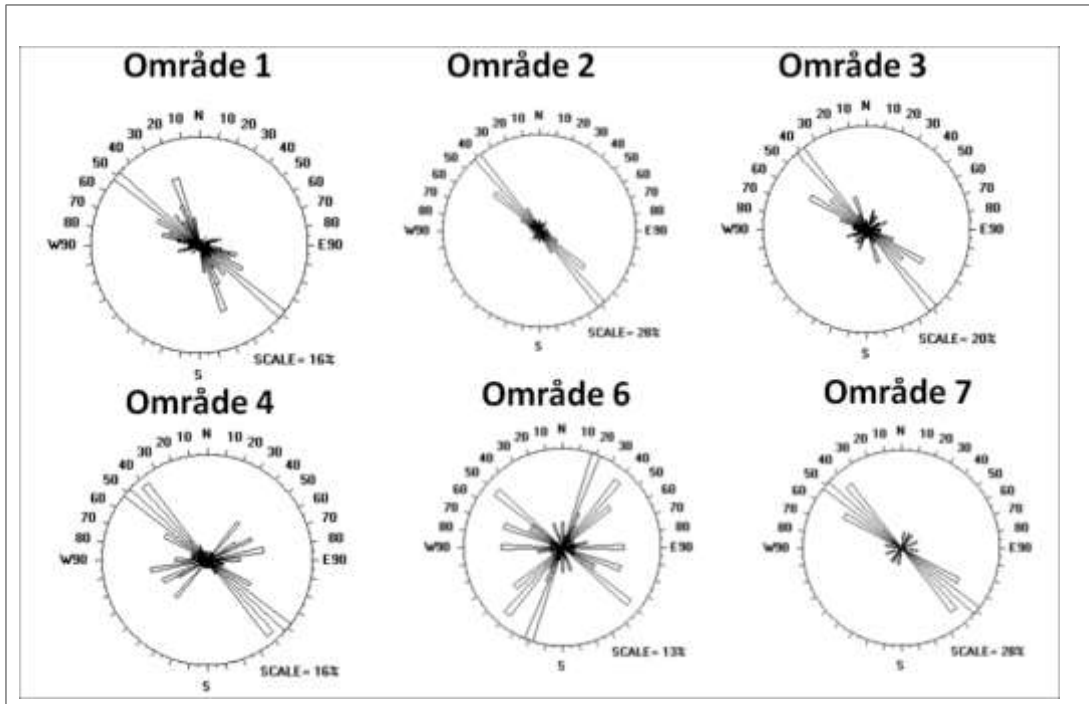
**Figur 5b.** Sprickros för alla inmätta karstsprickor, hela området. Sprickor åt NV-SO dominerar klart, men även SV-NO förekommer frekvent, t.ex. i rikkärren i norra Bräntings haid. Övriga riktningar är ovanligare, men kan lokalt givetvis ha betydelse. Undersökningsområdet är inte homogent. Se vidare Figur 5 d- 5 j.

## Karstsprickor på bar kalkhäll



**Figur 5c.** Förekomsten av karstsprickor på bar kalkhäll. Uppförstorade varianter av figur 5a. Övre bilden visar norra delen, och den undre bilden södra delen av undersökningsområdet. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet

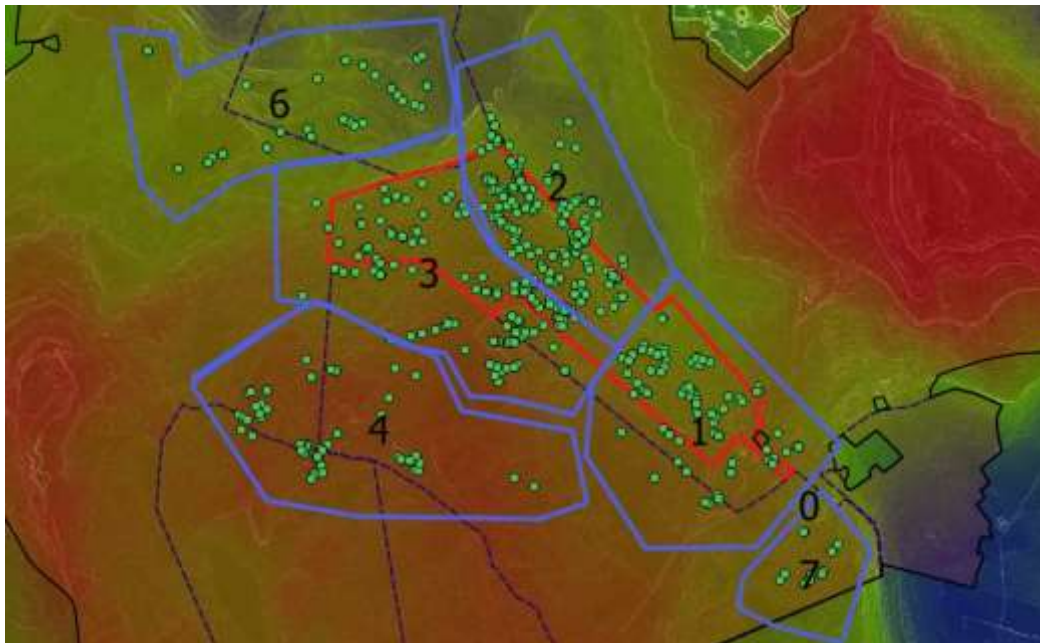




**Figur 5 d – 5 i. Dominerande sprickriktningar uppdelat på delområden** (se figur 5 j nedan).

Figuren visar vilka kompassriktningar som är vanligast för inmätta karstsprickor på bar kalkhäll, uppdelat på sex delområden enligt Figur 5 j (nedan). Även inom respektive delområde förekommer olika sprickriktningar.

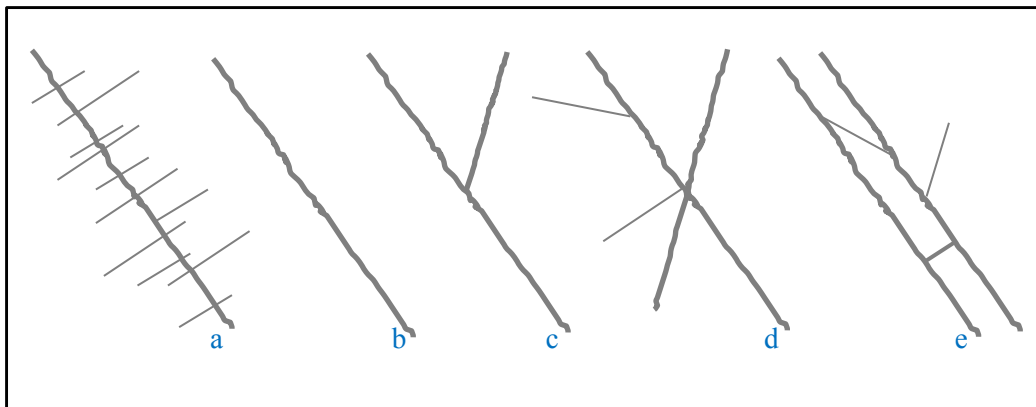
Notera särskilt att område 1 (sökta täktens södra/sydöstra del) har två tydliga sprickriktningar, varav en mer nordnordvästlig. Båda riktningarna pekar mot en hydraulisk förbindelse mellan dessa områden och lägre liggande områden i Gildarshagen natura 2000-område och källkupolerna i Bluttmo myr. Även område 7 (den del av Bräntings haid Natura 2000-område som ligger söder om väg 148), d.v.s. ytterligare åt söder jämfört med område 1, har samma tydliga sprickorientering.



**Figur 5 j.** Delområden för analys av dominerande sprickriktningar (karstvittrade sprickor på häll). Prickarna markerar inmätta sprickor. Röd avgränsning för sökt kalktäkt. Blå avgränsning för delområden för sprickanalysen (figur 5 d – 5 i). Den färgstarka bakgrundsbilden i färger från blått till rött är höjddata, där det röda är högst och blått lägst höjd över havet.

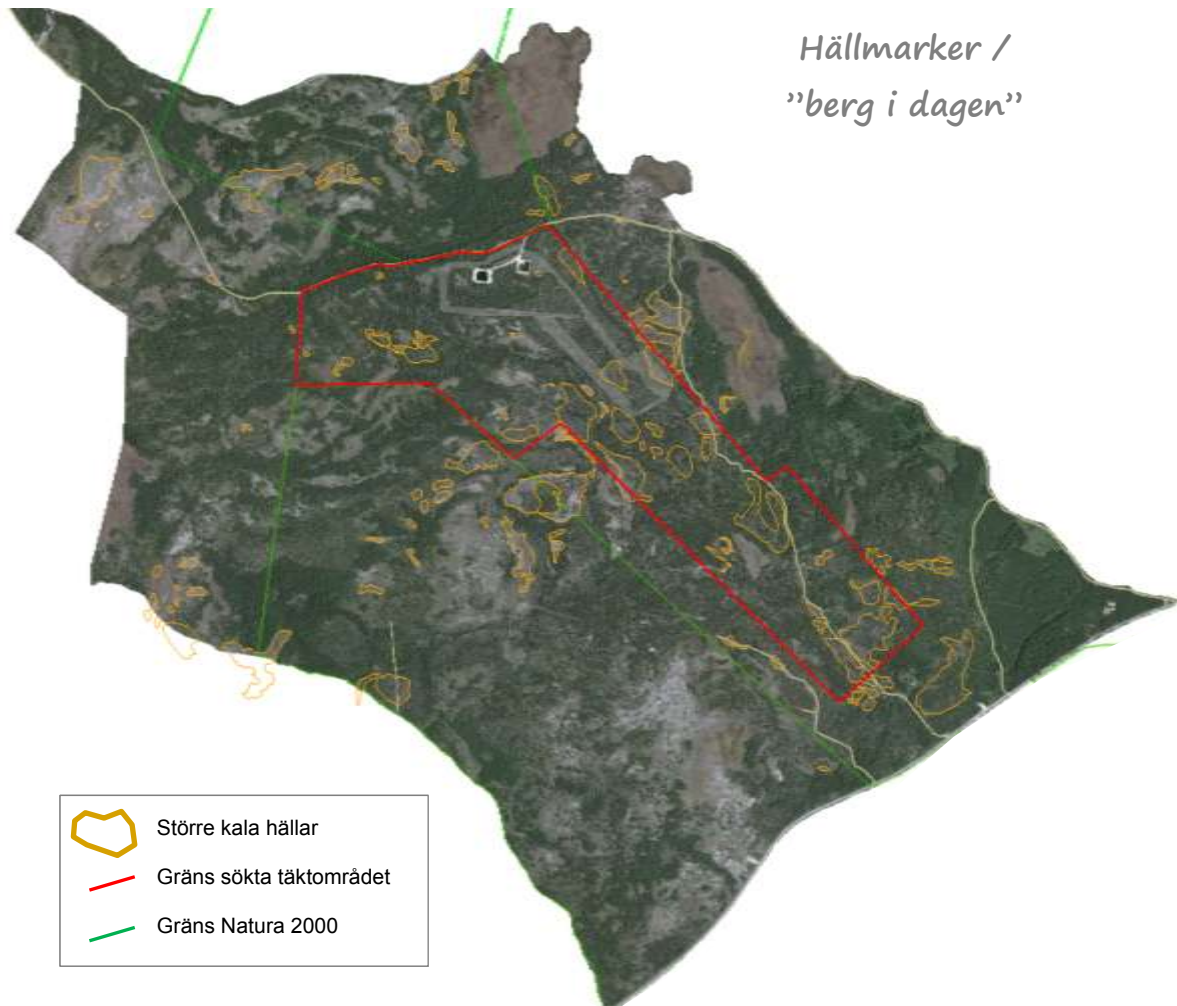
Det förekommer även rikligt med karstsprickor alldeles inpå båda sidor om, men även över, den s.k. ytvattendelaren mellan Gildarshagens Natura 2000-område och sydligaste delen av täkt- och verksamhetsområdet. Den dominerande sprickorienteringen i detta delområde är NV-SO, d.v.s. åt ena hållet mot Bluttmo källmyrar i Gildarshagen Natura 2000-område. Givet den generella stupningen av kalkstenslagren åt SO på norra Gotland blir denna koppling än tydligare.

Inom det undersökta området finns ett antal dominerande huvudsprickriktningar. Sett över hela undersökningsområdet dominerar NV-SO sprickor stort, därefter följer sprickor orienterade NO-SV. I övrigt har ett stort antal sprickriktningar noterats (se figur 5). I vissa delar av undersökningsområdet är ytligt liggande kroppar av revkalksten så kraftigt uppspruckna och karstifierade att inga tydliga sprickriktningar går att urskilja (se figur 8, 10, 12, 16-19) – de har markerats som stjärnor i figur 5. De större dominerande sprickorna överkorsas ofta av aningen smalare sprickor som ofta är tvärställda (90-180 grader) eller snedställda (ca 45-135 grader) i förhållande till huvudsprickorna. Ibland stöter man på sprickor som avviker från detta mönster eller där ett större antal sprickor möts tillsynes utan något tydligt bakomliggande mönster.

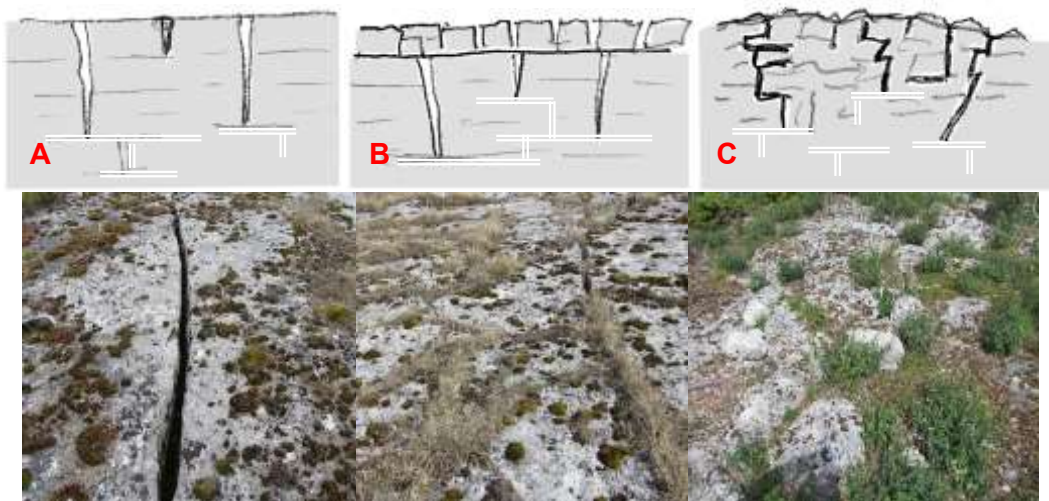


**Figur 6.** Schematiska exempel (a-e) på några av de vanligaste karstsprickmönstren som karterades inom det undersökta området. Grövre streck markerar huvudsprickor och smalare kortare streck småsprickor.

Lokalt i undersökningsområdet kan en sprickriktning helt dominera. Sprickorna är då ofta breda, djupa och långa, och ligger dessutom ofta parallellt med bara en till två meters mellanrum. Så är exempelvis fallet i det sökta täktområdets nord(ost)ligaste hörn nära gränsen till Bästeträsk Natura 2000-område (se figur 16), samt centralt i samma täktområde nära gränsen till nordöstra delen av Bräntings haid Natura 2000-område (se figur 9 och 14). Alldeles väster om det senare området, på gränsen mellan Bunge Ducker 1:64 (men alldeles utanför täktområdet) och Bräntings haid Natura 2000-område ligger ett cirkelformat område med kalkhällar. Längst ytterkanten löper ett mycket stort antal karstsprickor varav vissa är över 100 meter långa. Sprickorienteringen följer därmed ytans runda form. Centralt på den lätt domformade ytan är sprickorna färre men de är där orienterade efter undersökningsområdets huvudsprickriktning, d.v.s. i NV-SO (se figur 10).



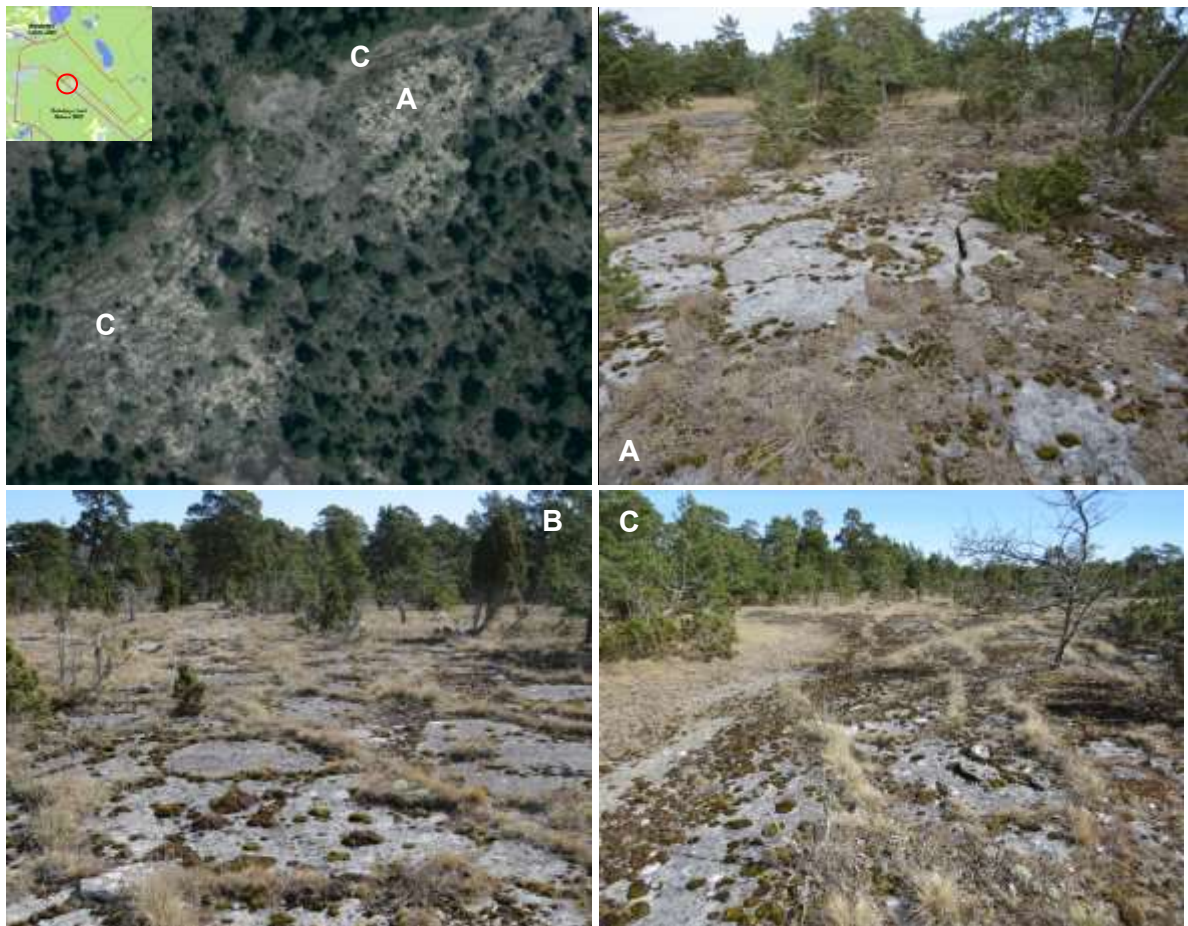
**Figur 7.** Karterade större hållar utan täckande vegetation eller jordarter. Många karstsprickor förekommer dock på så små hållytor i annars jordartstäckta områden, att dessa fläckar av "berg i dagen" inte karterats som håll. Notera att våra hållytor inte nödvändigtvis sammanfaller med *naturtyperna* karsthällmark respektive basiska berghällar. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet



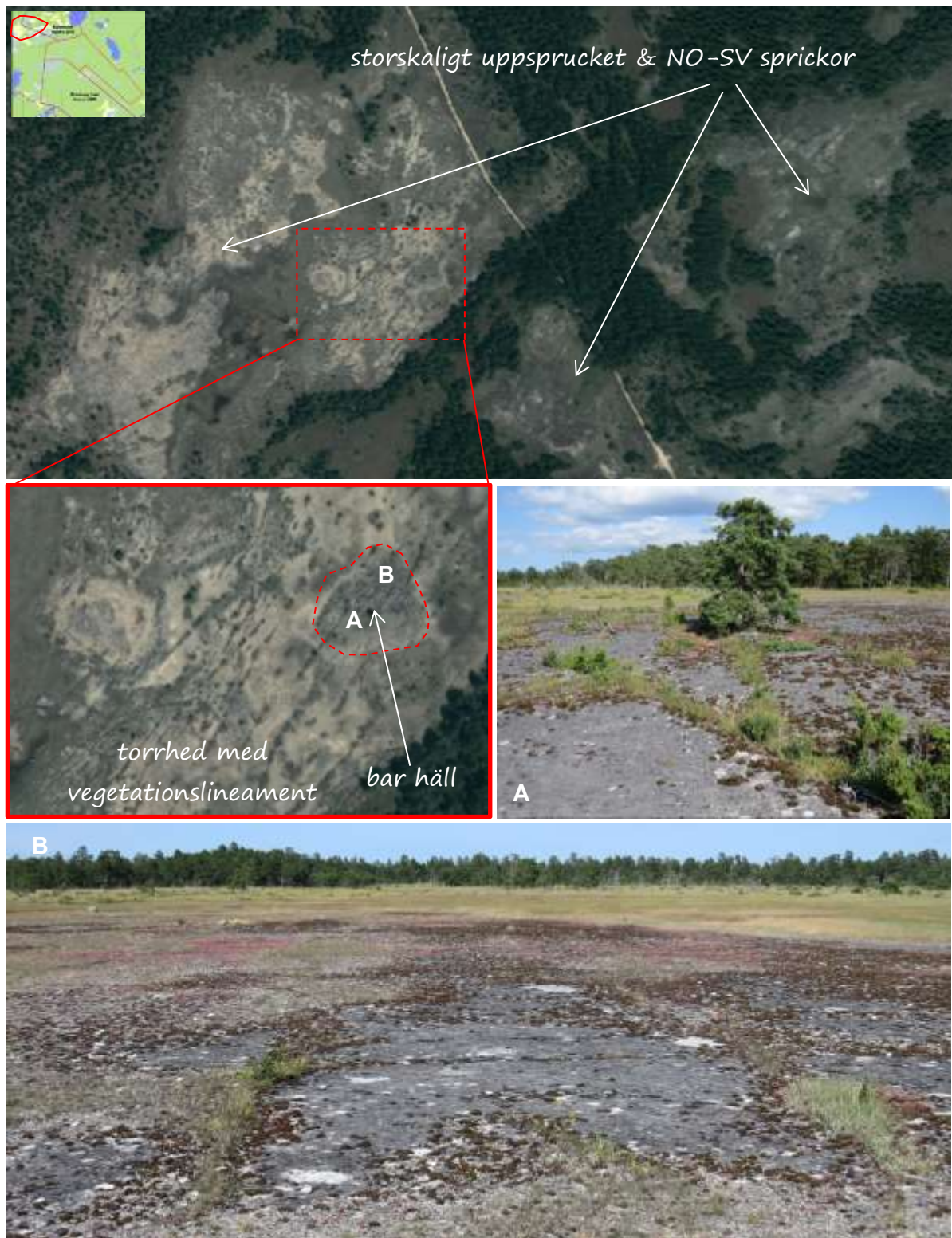
**Figur 8.** De tre vanligaste varianterna av karstsprickor. "A". Ofta långa, djupa och parallella sprickor. Förekommer såväl i lagrade kalkstenar som i revkalksten. "B". Samma som "A" men täckta av ett lager kalksten som är uppsprucket i alla riktningar (ofta frostsprängd). "C". Mångformiga, rikliga och grova sprickor i alla riktningar i oregelbundet lagrad revkalksten. "C" kan även överlagras "A". Notera att botten av respektive spricka ansluter till horisontella flacka dräneringsplan (se figur 48 för en principskiss av grundvattnets omväxlande vertikala och horisontella rörelse genom kalkberggrunden). © Krister Mild.



**Figur 9.** Ett område i centrala Bunge Ducker 1:64 med ett stort antal långa och grova karstsprickor. Sprickorna löper här över bar håll (fotot t.v., samt vita ringen i flygbilden), men fortsätter även som trädlineament, eller som lägre vegetationslineament tvärsöver våtmarken i fotots vänsterkant. © Krister Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet



**Figur 10.** Ett mycket kraftigt uppsprucket område på gränsen mellan Bunge Ducker 1:64 och östra Bräntings haid Natura 2000-område. **Bild A** visar ett grovt uppsprucket lager (25-50 cm tjockt) där ingen särskild sprickorientering går att urskilja. Förutom karstvittring är blocken också påverkade av frostsprängning. Detta lager underlagras av en kalkhäll (**bild C**) med 15-130 m långa karstsprickor. Just i detta parti är sprickorna fyllda med finsediment och vegetationsklädda. I **bild B** tränger de långa sprickorna i det undre lagret "igenom" det grovt uppspruckna övre lagret. © Krister Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet



**Figur 11.** Ett storskaligt uppsprucket område i nordvästra delen av undersökningsområdet. Karstsprickorna syns antingen som öppna eller vegetationsklädda sprickor på bar håll, eller som vegetationslineament på tunna lager av vittringsjord med torrhetsvegetation. © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet



**Figur 12.** Ännu ett storskaligt uppsprucket område i nordvästra delen av undersökningsområdet. I bild "B" och övre delen av "A" syns oregelbundet uppspruckna (delvis frostsprängda) kalkhällar. Dessa underlagras av en kalkstenshäll som också är mångformigt uppsprucken, men där långa och djupa sprickor i NO-SV orientering dominerar. Flygfoton: © Lantmäteriet



**Figur 13.** Ett område i nordostligaste hörnet av den sökta tåkten (vit streckad linje) på gränsen till södra Bästeträsk Natura 2000-område. Här finns ett stort antal långa och djupa karstsprickor i revkalkstenen. I fotot (röda ringen i flygfotot) löper fem parallella sprickor orienterade NV-SO. Notera även de många trädlineamenten i och utanför den vita streckade linjen i flygfotot (och se även avsnitt 4.2). © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.

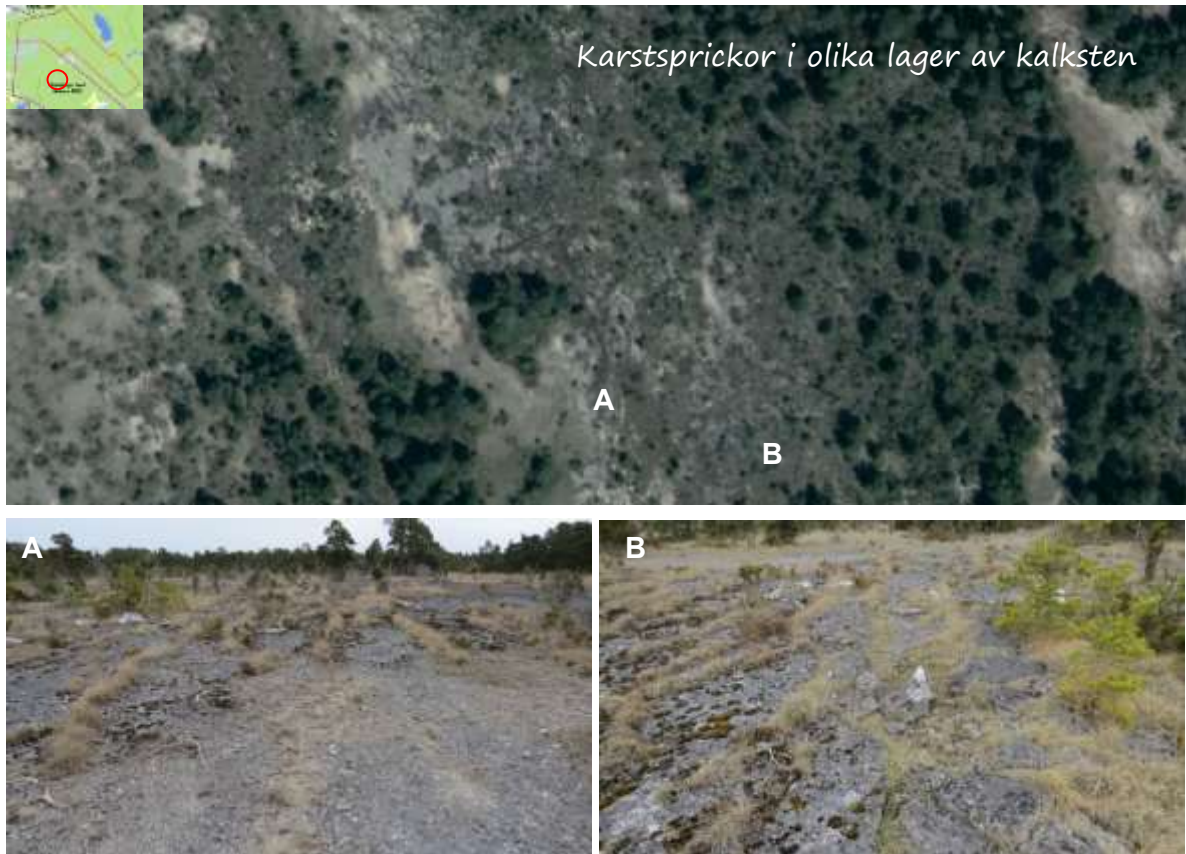


**Figur 14.** Ett område (vitstreckad linje) i norra delen av Bunge Ducker 1:64. Även här finns ett stort antal långa och djupa karstsprickor i revkalksten. I fotot löper flera intilliggande parallella sprickor med NV-SO orientering (röda ringen i flygfotot). © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.

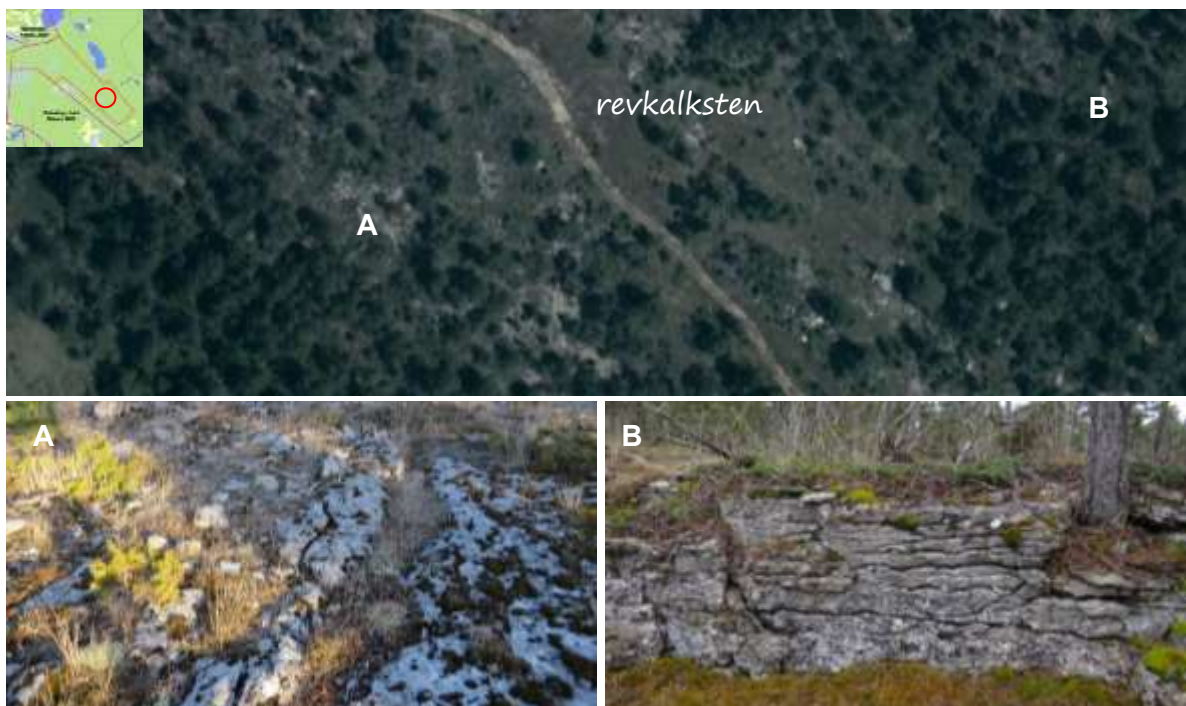




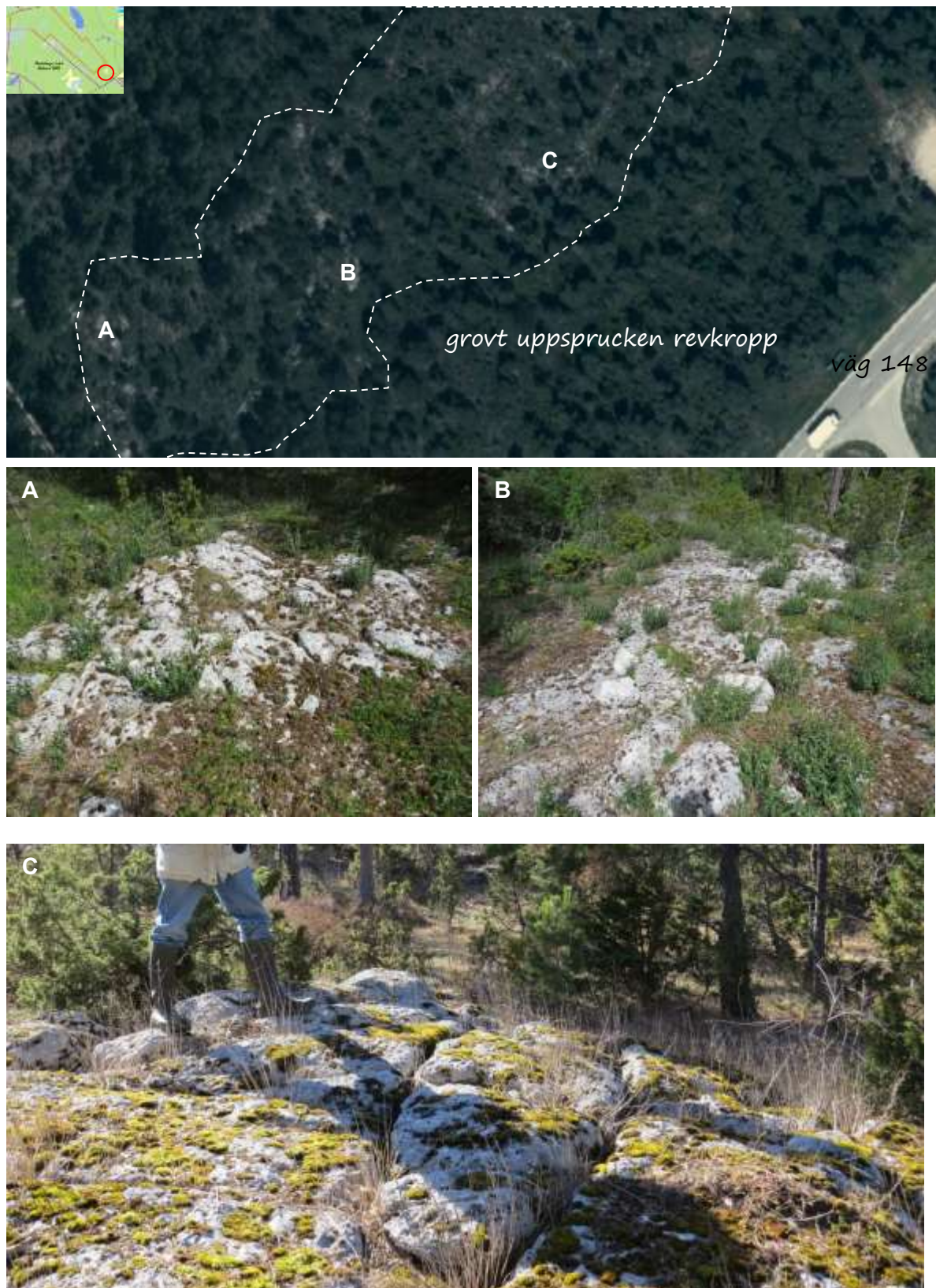
**Figur 15.** Ett område i östra delen av den sökta täkten (vit streckad linje). Revkalkstenen är här kraftigt karstifierad med sprickorientering åt både NV-SO, NO-SV och O-V. De sprickor som är riktade NO-SV och O-V är de grövsta vi funnit i området (upp till 35 cm breda). I fotot (röda ringen i flygfotot) syns en av dessa breda sprickor. © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.



**Figur 16.** Ett område i centrala norra Bräntings haid Natura 2000-område. I bild "A" syns långa sprickor orienterade i NV-SO. Dessa överlagras i partier av kalkstenslager som är uppspruckna i alla riktningar (foto "B"). Blockens sprickor är dels karstifierade men visar även spår av frostsprängning. © Krister Mild. Flygbilder: © Lantmäteriet.



**Figur 17.** Ett område i södra Bunge Ducker 1:64. I bild "A" syns stora men oregelbundna karstsprickor (huvudsakligen orienterade NV-SO) i revkalksten. I bild "B" syns ett hak där revkalkstensens oregelbundna lagring och kraftiga men oregelbundna uppsprickning tydligt framträder. © Krister Mild. Flygbild: © Lantmäteriet.



**Figur 18.** Alldeles söder om det sökta täktområdet ligger en ca 5 m hög höjdrygg med grovt uppsprucken och karstifierad revkalksten. Oftast går inga tydliga sprickriktningar här att urskilja, även om enstaka längre NV-SO sprickor karterats. © Krister Mild. Flygbild: © Lantmäteriet.



**Figur 19.** En del av södra Bunge Ducker 1:64 som domineras av en oregelbundet lagrad revkalksten – som i detta fall i partier är grovt uppsprucken utan tydlig sprickorientering (bild "A" och "B"), men ibland visar hållar med dominerande NV-SO orienterade karstsprickor (bild "C"). © Krister Mild. Flygbild: © Lantmäteriet.

På flera platser i området går det att se hur tunnare lager av kalksten som är grovt uppsprucket åt alla håll, eller har smalare sprickor orienterade i en viss riktning, överlagrar ett hårdare undre lager med grövre karstsprickor som är orienterade åt andra håll.

På flera platser där en dominerande huvudsprickriktning plötsligt ersätts av sprickor med en annan orientering sker också tydliga topografiska förändringar i terrängen, som t.ex. plötsliga höjdskillnader, klintkanter/större hak, sänkor (d.v.s. våtmarker) och förekomst av källor (grundvattenutflöden). Vår slutsats är att såväl dessa förändringar i topografi som förändringen i sprickornas orientering, sannolikt relaterar till djupare liggande strukturer i berggrunden. Sådana djupare förekommande strukturer kan vara förkastningar, större sprickzoner, större karstakvifärer, bergartsgränser, isolerade revkroppar m.m. Ett sådant område är norra delen av Bräntings haid Natura 2000-område där NO-SV sprickor dominerar söder om, men också i, de våtmarker som fortsätter in i det sökta täkt-området. Norr och nordost om våtmarkerna vrids sprickorienteringen över till NV-SO.

Längden på karstsprickorna varierar vanligen från några enstaka, upp till 20-30, meter. I vissa områden förekommer dock rikliga inslag av sprickor som är mellan 50-70 m långa, och i vissa av de undersökta områdena i rapporten förekommer sprickor som är upp till 120-150 meter långa. Karstsprickornas bredd varierar mellan 5-35 cm, men är oftast 10-15 cm breda. Djupet är vanligen omöjligt att okulärt bedöma eftersom sprickorna ofta kröker sig utom synhåll mot djupet, samt ofta – men i varierande grad – är fyllda med nedramlat organiskt material eller grus/stenar. Djupet som går att bedöma ligger ofta på 30-70 cm, men sprickans synliga botten ligger relativt ofta uppemot en meter ned. Endast ett mindre antal sprickor uppvisar djup ned till 150 cm och den djupaste sprickan vi noterat inom undersökningsområdet uppmätte 210 cm. I de fall man ser sprickbotten syns ibland ett horisontellt uppsprucket kalkstenslager.

Våra karteringar och observationer på ytan kan inte svara på hur djupt ned i berggrunden sprickorna i karstsystemet når och inte heller hur djupt ned i berggrunden vattenförande karstsprickor och sprickplan förekommer. Förekomsten av blekeutfällning (se avsnitt 5.10) och utströmning av grundvatten (5.9.2) i mer nedströms liggande våtmarker i utströmningsområdena (5.6), visar dock på en relativt lång uppehållstid i berggrunden och att det handlar om ett grundvatten som åtminstone rör sig under de 1,5-2 meter som är djupet från markytan till karstsprickornas botten. De två geofysiska rapporterna visar att de vattenförande karstsprickorna ibland går relativt djupt. För en mer detaljerad redovisning se dessa.

#### **4.1.2. Mindre slukhål**

##### *Bakgrund, definition och metod*

Mindre slukhål är runda eller ovala hål i kalkhällen. De är normalt relativt små, mellan 10-40 cm i längd/diameter. De förekommer antingen isolerat på ospruckna hållavsnitt eller i anslutning till karstsprickor. Dessa hål kan ofta vara själva förstadiet till karstsprickorna, där vattnet först letade sig ned innan hela sprickan vittrat upp kemiskt. Att så är fallet kan enkelt förstås om man studerar ett antal karstsprickor. Här och var längs sprickorna syns allmänt ovala vidgningar av samma form och storlek som de mindre slukhålen. Att slukhålen verkligen är början till en karstspricka kan vidare förstås när man studerar ospruckna hålltytor med enstaka eller ensamma små ovala slukhål. När man kikar ned i dessa hål med hjälp av en ficklampa syns ofta en underliggande kemiskt vittrad och vidgad spricka, som inte syns på ytan.



**Figur 20.** T.v. ett mindre slukhål (17 cm) på en till synes osprucken håll. Notera "mikrokarsten" i form av små skälliknande strukturer på väggarna, vilket visar att denna kavitet bildats/vidgats genom kemisk vittring och vattendränage. Inne i slukhålet finns en ca 2 meter djup dold karstspricka orienterad NO-SV. Överst t.h. ett annat slukhål (19 cm) som sträcker sig som ett rör ca 1 m ned innan horisontella uppspruckna lager tar över. Nederst t.h. visar botten av samma slukhål. Både slukhål och sprickor har ofta en särpräglad och fuktighetsgynnad flora och fauna. Alla tre foton från södra delen av Bunge Ducker 1:64. © Krister Mild

Dessa "osynliga" sprickor förefaller ha ungefär samma längd och orientering som de på ytan synliga karstsprickorna. Några av kalkhällarnas tallar står isolerade i sådana ensamma slukhål (se figur 21). Vissa av slukhålen förefaller vara rörformiga ända ned tills de träffar nya uppspruckna horisontella lager eller att rören på olika djup är fyllda av jordarter eller nedramlad förna (se figur 20, ovan).



**Figur 21.** Tallar som växer i slukhål på en i övrigt tät håll. Tallen t.v. (död) är ca 16 cm i diameter vid markytan, medan tallen t.h. är ca 30 cm i diameter ovanför den stöttande "rotknölen". Båda finns på gränsen mellan västra delen av Bunge Ducker 1:64 och Bråntings haid Natura 2000-område, © Krister Mild

### Resultat och slutsatser

Små slukhål förekommer rikligt i alla delar av undersökningsområdet där också karstsprickor förekommer. Vi har inte karterat förekomsten av små slukhål eftersom de finns tillsammans med karstsprickor, och ger ungefär samma information.

## 4.2. Karstsprickor som vegetationslineament där jordar täcker berggrunden

### Sammanfattning:

- Inom undersökningsområdet finns många hundratals trädlineament – d.v.s. långa linjer med tallar på rad.
- På områdets vittringsjordar framträder också hundratals vegetationslineament av gräs och örter.
- Vi har verifierat att flertalet av dessa gräs- och trädlinjer speglar karstsprickor som ligger dolda under jordartstäckten.
- Det innebär att inte bara undersökningsområdets öppna hållar och berg i dagen genomkorsas av sprickor. I princip är all kalkberggrund i undersökningsområdet uppsprucken – även den som är täckt av olika jordarter.

### *Bakgrund, definition och metod*

Vid studier av flygbilder innan de första regelrätta inventeringarna i april 2015 kunde vi konstatera hundratals exempel på hur områdets tallar står ordnade i tydliga linjer. På samma sätt observerades i flygbilderna smala strukturer över många vittringsjordar som består av lägre vegetation (främst olika gräs och örter). Eftersom det är väl känt att områdets tallar ofta står med sina rötter i karstsprickorna uppstod frågan om de observerade trädraderna (trädlineamenten) och övriga vegetationslineament kan spegla karstsprickor som ligger dolda under lager av morän eller vittringsgrus. Vid inventeringarna i april och juli 2015 har vi därför aktivt uppsökt de trädlineament och övriga vegetationslineament som hittats vid flygbildstolkningarna.

En oväntad svårighet har varit att trots att dessa trädlineament är mycket enkla att detektera på flygbilder så är de oftast förbluffande svåra att se när man befinner sig på marknivå, även om man har en detaljupplöst flygbild där trädlineamenten finns markerade, att orientera sig efter. Lägre vegetationslineament på vittringsjordar framträder dock tydligt även i fält. Ett annat problem är att det i flygbilder och ibland i fält kan vara svårt att skilja vegetationslineament som kopplar mot berggrundens karstsprickor mot andra typer av linjära strukturer (topografiska lineament). Sådana strukturer kan vara skapade av människan (t.ex. stigar, körspår, diken, planteringar, gränsdragningar, gallringsgator, etc.) eller ha en geomorfologisk koppling (t.ex. kvartärgeologiska lämningar av morän, sand och andra jordarter; inklusive strandvallar och moränryggar, men också klintkanter, samt strukturer skapade av rinnande vatten och våtmarker etc.). De senare kan visserligen koppla mot underliggande bergartsstrukturer men speglar inte underliggande karstsprickor såsom de i denna rapport karterade träd- och vegetationslineamenten.

Vi har via flygbilder aktivt letat efter olika typer av vegetationslineament som sedan följts upp i så stor omfattning som varit möjlig under fältinventeringarna. För att avgöra om lineamenten underlagras av en karstspricka har vi använt en jordkäpp (geokäpp), men i några fall har vi även grävt ned till berggrunden.

### *Resultat och slutsatser*

I det undersökta området är det uppenbart att många av tallarna, och särskilt på de öppnare kalkhällarna eller där eventuellt moränlager är tunt, står direkt med sina rötter i dessa vattenförande sprickor (se figur 26-32). Vissa tallar står dessutom ”som om

planterade” direkt i isolerade små runda slukhål (se figur 21). På de öppna kalkhällarna och på de tunnaste vittringsjordarna är detta komiskt uppenbart. Där moränen och vittringsjorden helt täcker hällarna går det inte att bekräfta okulärt att tallarna faktiskt står i sprickor, även om den övergripande logiken med träd i rader i ett landskap som i övrigt uppvisar en stor andel bar kalkhäll med långtgående och djupa sprickor, naturligtvis indikerar att så är fallet. Dessa ”trädrader” är vidare huvudsakligen orienterade i samma riktningar som de synliga öppna karstsprickorna.

Av de i flygbild karterade trädraderna har det i ca 65 (av 70 fall) kunnat konstateras att även de trädrader som växer där jordartslager helt täcker kalkhällarna – ändå står på rad med rötterna i karstsprickor. Ibland bildas sådana rader/linjer även av andra trädslag, främst av en och rönn, men då blir linjerna kortare, eller så övergår de strax i rader av tall. När trädraderna är särskilt framträdande bildas lineamenten av att tallarna växer i två till tre dikt an liggande parallella sprickor. Dessa topografiska lineament av tallar i rader är av varierande längd. Längden går bara att avgöra från flygfoton, och varierar inom undersökningsområdet från några tiotals till flera hundra meter. Oavsett längd brukar observatören på marken oftast bara notera att en handfull tallar står på rad. På andra delar av Gotland kan dessa tall-lineament bli kilometerlånga (se foto 26, nedan).

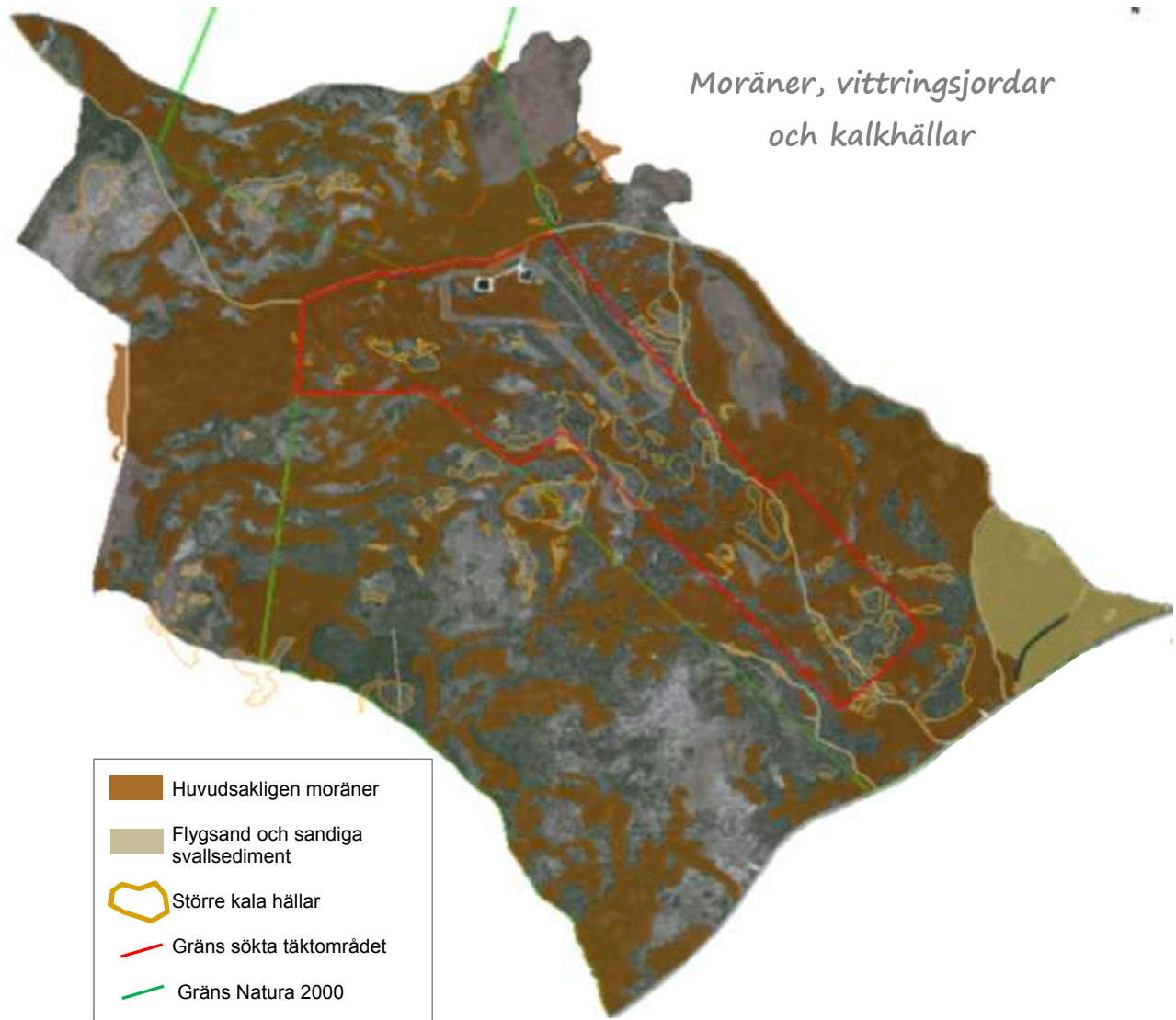
De vegetationslineament som främst består av gräs och örter förekommer ofta där tunna vittringsjordar täcker hällarna. De är lätta att kartera i fält och det har varit lika lätt att med en jordkäpp (geokäpp) verifiera att även dessa speglar underliggande karstsprickor. Att dessa vegetationslineament verkligen speglar underliggande sprickor går ofta att bedöma okulärt då strängarna av gräs ofta övergår i en öppen karstspricka där det tunna täcket av vittringsjord ersätts av en bar kalkhäll

Likt trädlineamenten kan gräslineamenten ibland bli mer än hundra meter långa. Dessa strängar av gräs och örter avviker ju ofta tydligt från den övriga lågväxta vegetationen på vittringsjordarna genom att vara frodigare, tätare och något högre. Det beror enligt vår bedömning främst på att karstsprickorna är fyllda med finsediment som erbjuder växterna bättre näringsunderlag och vattentillgång jämfört med de mer näringsfattiga och torra vittringsjordarna ovanpå hällen.

I undersökningsområdets sydöstra del har inga trädlineament kunnat upptäckas vilket enligt vår bedömning troligen beror på att de där förekommande sedimenten av svallsediment och flygsand är så mäktiga att träden inte kan eller behöver ha sina rötter i karstsprickor, snarare än att berggrunden där är tät och osprucken.

Vegetationslineament saknas även i de större agmyrarna, vilket vi bedömer bero på det större jorddjupet, inklusive en vanligen välutvecklad torvhorisont.

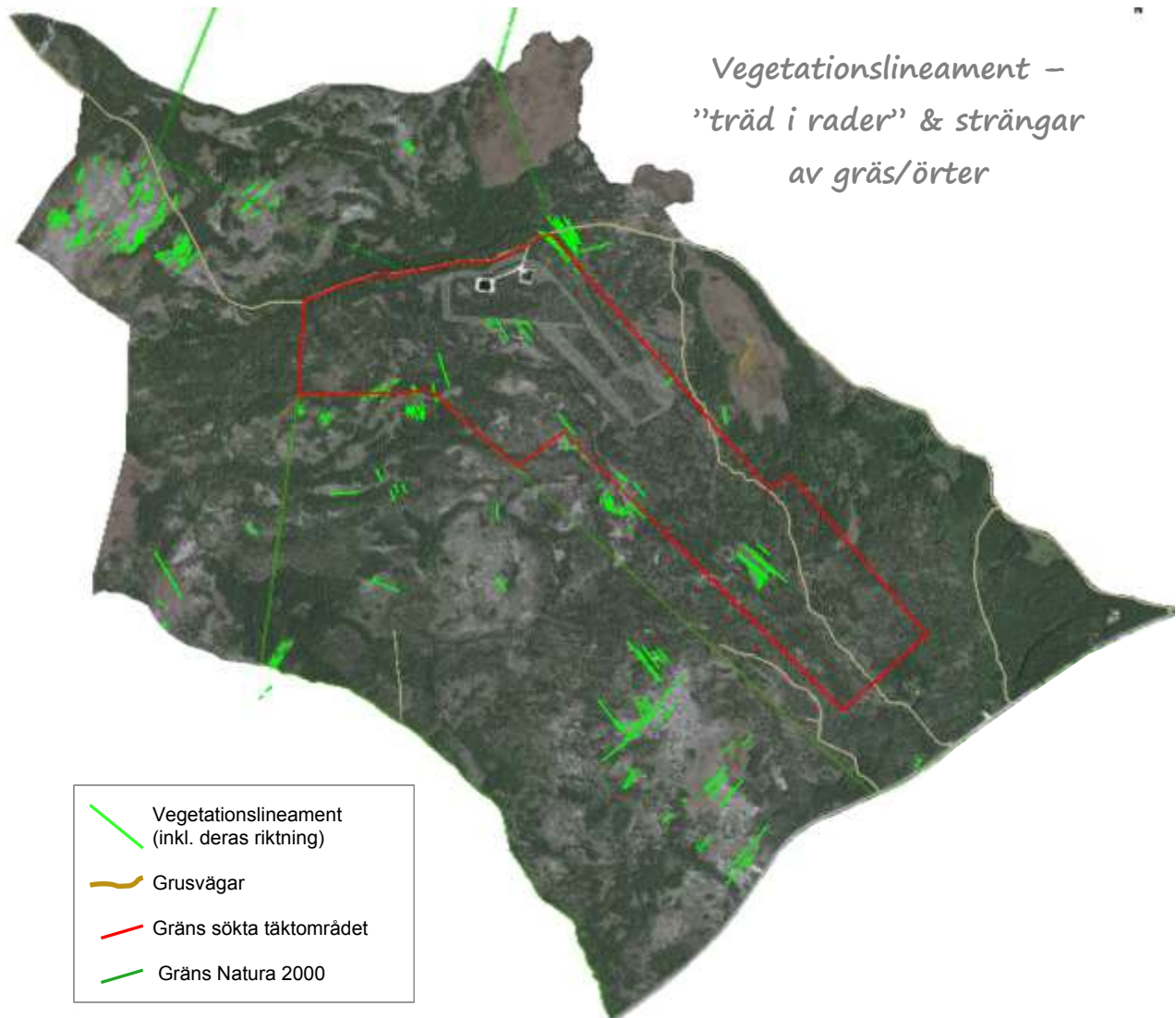




**Figur 22.** Karterade jordarter inom undersökningsområdet. Redovisning av jordarternas utbredning är mer översiktlig än övriga karterade företeelser och syftar enbart till att ge en grov bild av var karstsprickorna syns på bar håll och var de täcks av olika jordarter. Mörkbrun färg markerar huvudsakligen moräner medan ljusbrunt avser flygsand och sandiga svallsediment. De markerade ytorna med gulbrun kant är öppna hällar (se avsnitt 4.1 för detaljer). Övriga omarkerade ytor i bilden är vittringsjordar (och våtmarker, se avsnitt 4.7). Eftersom vi inte tagit någon hänsyn till jordarternas tjocklek skiljer sig denna kartering kraftigt från exempelvis SGU:s jordartskarta som generellt utgår från ett karteringsdjup om 50 cm för jordarterna. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.



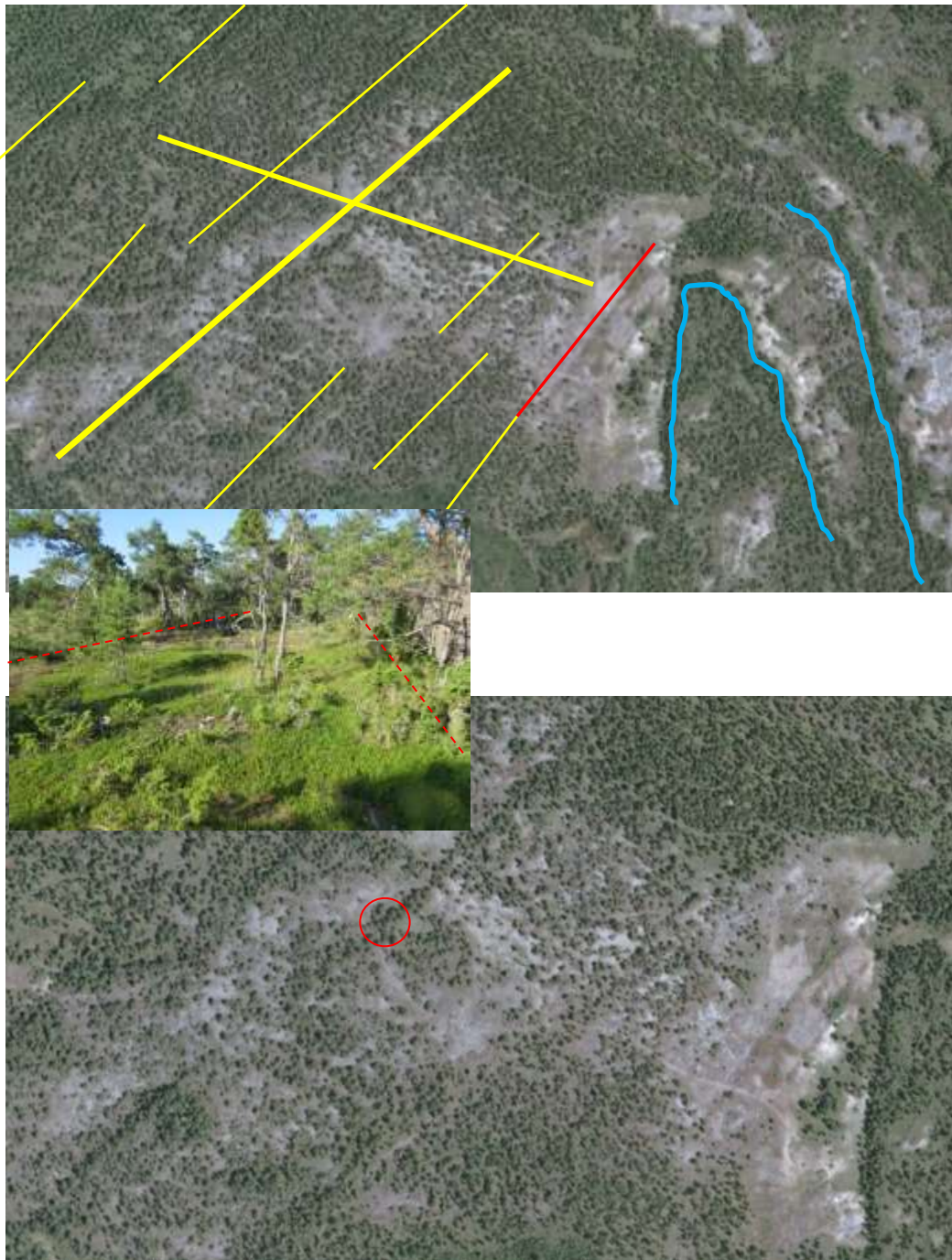
**Figur 23.** Strängar av gräs på tunna vittringsjordar i södra Bästeträsk Natura 2000-område (57°52'24.16"N, 18°56'27.44"O). Under gräslineamenten löper verifierade karstsprickor i kalkhällan. Sprickornas huvudriktning är här NV-SO, men i detta foto syns även flera korsande sprickriktningar. © Krister Mild



**Figur 24.** Vegetationslineament som verifierats spegla en underliggande karstspricka. Det verkliga antalet vegetationslineament som underlagras av en spricka – särskilt trädlineament – är i själva verket hundrafalt fler. Gröna streck på öppen mark är främst ört- och gräslineament på tunna vittringsjordar eller i våtmarker (främst fukthedar och rikkärr – se avsnitt 4.3). Gröna streck i skog är trädlineament – vanligen tallar växande i rad med rötterna i en karstspricka – oftast på morän eller vittringsjord, men ibland även på bar håll. Notera att vissa lineament kan löpa över en vittringsjord som en grässträng, fortsätta som en linje av örter över en våtmark och övergå i en öppen karstspricka där en bar håll reser sig på andra sidan våtmarken. På samma sätt kan en rad med tallar växa i en karstspricka som omväxlande löper under en vittringsjord, över en bar håll och vidare under en morän. Ju tjockare jordlager (oftast moräner och svallsediment) desto mindre tydlig blir förekomsten av trädlineament. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.



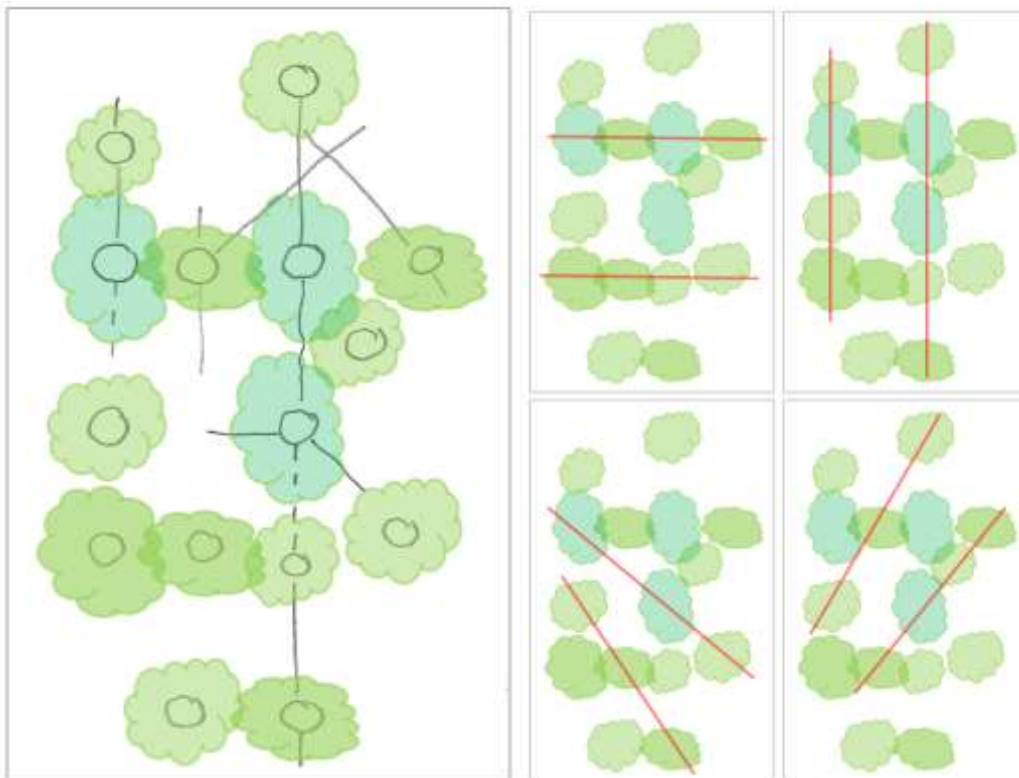
**Figur 25.** Vegetationslineament; här i form av strängar av gräs/örter som löper NO-SV över tunna vittringsjordar i södra Båsteträsk Natura 2000-område (57°52'17.97"N, 18°55'44.18"O). De underlagrande parallella karstsprickorna är verifierade med en jordkäpp. © Krister Mild



**Figur 26.** Den övre bilden visar mycket tydliga topografiska lineament som de ter sig i en flygbild. De gula strecken (placerade alldeles t.v. om) visar trädlineament, här "tallar på rad" som växer i karstsprickor. Flertalet tall-lineament är här orienterade NO-SV, på bilden syns även ett avvikande lineament riktat VNV–OSO. Dessa lineament är mycket långa – den längsta sprickan i bilden (grövsta gula markeringen) är sammanhängande i över 1 km. Den röda markeringen är en karstspricka på bar håll som söderut övergår i ett tall-lineament. De blå markeringarna är en annan typ av topografiska lineament – lägre klintkanter – som m.a.o. inte beror på en uppsprucken berggrund. Mittre bilden: Att lineamenten är särskilt tydliga och breda i detta område beror på att träden växer i två till tre mycket närliggande och parallella sprickor. Trots att dessa lineament tillhör de tydligaste exemplen på Gotland, är raderna av tallar förbluffande svåra att upptäcka när man går genom området (trädraden i den infällda bilden visas som en röd ring i nedre flygbilden). I detta fall består marken av omväxlande öppna hållar och tunna vittringsjordar, i andra områden med ett tjockare moräntäcke är det svårare att bevisa att träden verkligen växer i sprickorna eftersom normalt inga öppna sprickor syns. Den undre bilden visar samma område, men lite mer in zoomad och utan färgmarkeringar. Bilderna är från Stora Vikers ca 6 km väster om undersökningsområdet. © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet



**Figur 27.** Verifierade karstsprickor i form av trädlineament. Bilden överst t.v. är från västra Bunge Ducker 1:64 (57°51'36.92"N, 18°57'7.16"O), överst t.h. från nordöstra Bräntings haid Natura 2000-område (57°51'33.00"N, 18°57'7.73"O), och de båda nedersta är samma spricka från nordöstra Bunge Ducker 1:64 (57°51'51.95"N, 18°57'33.53"O). © Krister Mild



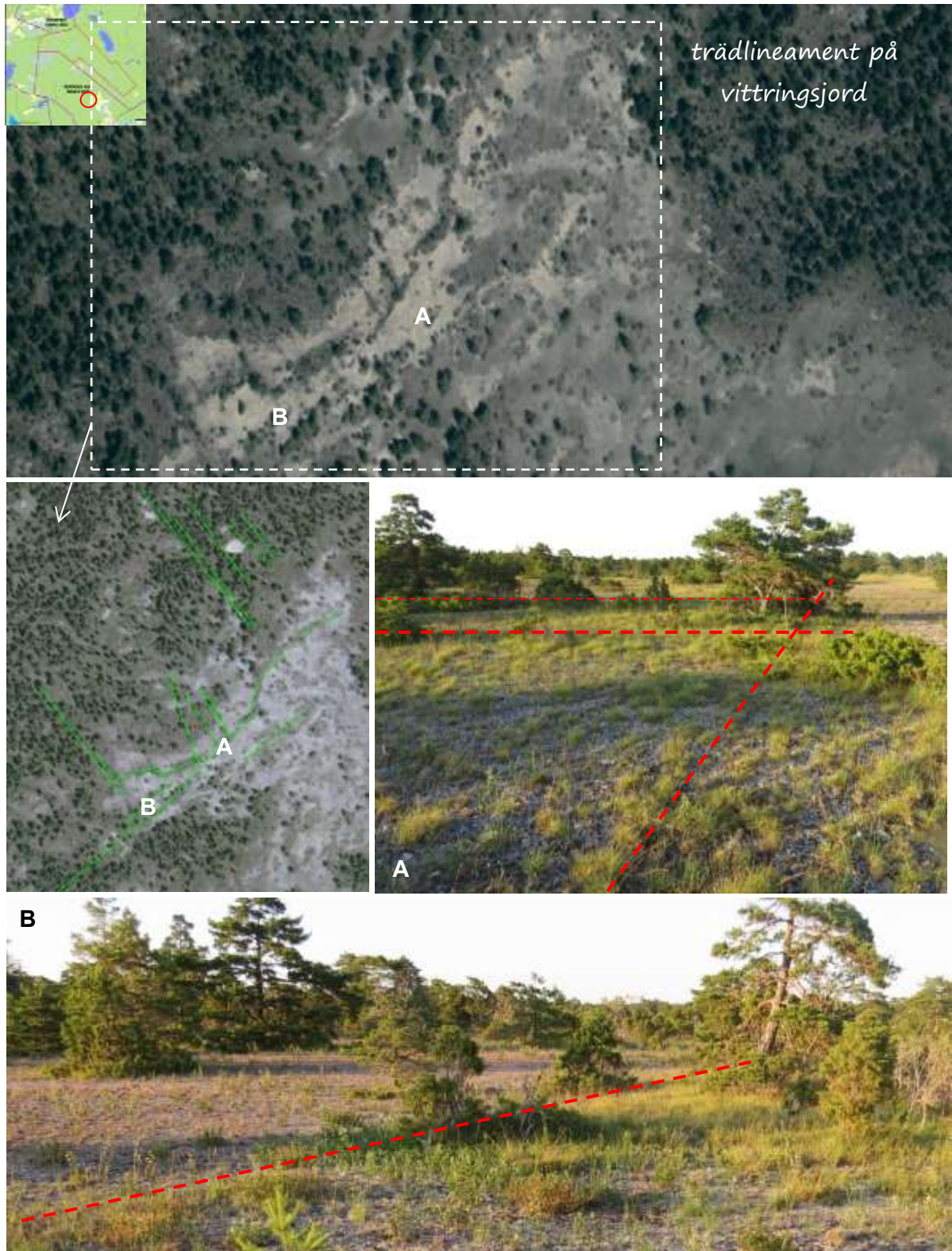
**Figur 28.** Verifierade karstsprickor i form av trädlineament. Bilden överst är från centrala Bunge Ducker 1:64 (57°51'37.84"N, 18°57'26.78"O). Den centrala sprickan löper från vänstra hörnet (där delvis dold av vegetation) upp mot den övre centrala delen av bilden. Skissen nederst t.v. visar samma område sett från ovan med tallarnas läge samt karstsprickor på bar håll (heldragen linje) samt sprickor täckta av jordarter/vegetation. De förminskade skisserna nederst t.h. visar samma tallar i en tänkt situation där sprickorna inte syns pga. att de är täckta av vittringsjordar eller morän. En mängd tolkningsbara lineament kan då teoretiskt framträda i t.ex. en flygbild, trots att den underliggande hållen i verkligheten är kraftigt uppsprucken och en NV sprickorientering dominerar. Det visar på vikten att verifiera sprickorna under lineamenten. © Krister Mild



**Figur 29.** Bilden t.v. visar hur svårt det är att upptäcka tall-lineamenten när man står på marken. I detta fall verifierades att träden står i en karstspricka genom att tillfälligt lyfta undan vegetationen och moränlagret. Bilden t.h. visar ett trädlineament som mest består av enbuskar och småtallar – som också växer i en verifierad karstspricka. Dessa lineament är lätta att se i flygbilder. Båda bilderna är från norra Brättings haid Natura 2000-område på gränsen till nordvästra delen av det sökta täktområdet. © Krister Mild



**Figur 30.** Centralt i bilden syns en tydlig strukturell topografisk anomali (hästskoformad) som beror på en ytligt liggande "kalkkropp". Trots att området är täckt av morän och våtmarker syns hur ett större antal tydliga trädlineament löper i NNV-SSO riktning. Trädraden i Figur 29 (fotot ovan t.v.) utgörs av den längre vita linjen, medan enbuskraden i figur 29 (fotot ovan t.h.) markeras med en kortare vit linje. Runt kanterna på bergkroppen syns andra trädlineament som inte har sin grund i sprickor, utan beror på ett hak. Flygbilden visar gränsområdet (röd linjen) mellan norra Brättings haid Natura 2000-område och nordvästra delen av det sökta täktområdet. Flygbild: © Lantmäteriet



**Figur 31.** Vegetationslineament – här ett mellanting mellan träd-, busk- och örtlineament – som speglar verifierade underlagande karstsprickor. De förekommer här på torrhetar på väl-dränerade vittringsjordar. Lineamenten har här både en NO-SV och en NV-SO riktning. De gröna strecken i flygbilden markerar karterade lineament som verifierats att de underlagras av en karstspricka. Som framgår av den översta flygbilden finns i detta område ett stort antal trädlineament som vi inte undersökt i fält, men där vi ändå bedömer att även de speglar en underliggande karstspricka. I bild "A" står en jordkäpp nedstucken i den korsande sprickan (röda strecken). Trädlineamenten är mycket svåra att "se" från marken. © Jacobson & Mild. © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.



**Figur 32.** Ytterligare exempel på vegetationslineament – här ett mellanting mellan träd-, busk- och örtlineament – som speglar verifierade underliggande karstsprickor. De förekommer här på torrhetar på väl-dränerade vittringsjordar, eller på temörära våtmarker (fukthedar; ljusblå markering). Lineamenten har här en NO-SV riktning. © Jacobson & Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.



**Figur 33.** Ibland maskeras att trädlineamenten (tallarna på rad) faktiskt växer i en karstspricka. I detta fall är den stora karstsprickan där tallarna har sina rötter (ljusa grå linjen) osynlig, eftersom sprickan överlagras av ännu ett kalkstenslager som är grovt uppsprucket åt alla håll. Fältskiss: © Krister Mild



### 4.3. Karstsprickor som vegetationslineament i våtmarker

#### Sammanfattning:

- Många av områdets våtmarker genomkorsas av större eller mindre vegetationslineament – långa strängar av örter, gräs eller buskar.
- Alla sådana lineament som vi undersökt utgörs av underliggande karstsprickor. Vi bedömer sammantaget att i princip alla vegetationslineament i områdets våtmarker speglar karstsprickor i den underliggande kalkhällen.
- Våra undersökningar har klarlagt att ingen av våtmarkerna på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och det sökta täktområdet ligger på tät osprucken berggrund. Kalkhällen under dessa rikkärr är istället kraftigt uppsprucken.
- I flera av våtmarkerna är sprickorna dessutom vattentransporterande (både in- och utströmning).

#### *Bakgrund, definition och metod*

I MKB:n anges bl.a. att våtmarkerna i västra delen av Bunge Ducker 1:64 och i den del av Bräntings haid Natura 2000-område som gränsar mot det sökta täktområdet ligger på täta hållmarker, och att själva förekomsten av våtmarker i dessa områden indikerar täta, sprickfria berggrundsförhållanden.

Under vårt besök i gränsområdet mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och det sökta täktområdet i mars 2015, upptäckte vi att berggrunden i dessa våtmarker inte bara var kraftigt uppsprucken, i motsats till uppgifterna i miljökonsekvensbeskrivningen, men att sprickorna dessutom var grundvattenförande.

Under inventeringarna i april och juli 2015 har vi därför försökt att, med så hög detaljeringsgrad som en fältinventering medger, undersöka om berggrunden som underlagrar resten av undersökningsområdets våtmarker är osprucken eller inte. Som grund för fältinventeringarna har vi letat efter vegetationslineament i våtmarkerna genom flygbildstolkning. I fält har vi sedan besökt alla undersökningsområdets våtmarker och med hjälp av en jordkäpp (geokäpp) eller genom grävning undersökt om vegetationslineamenten verkligen utgörs av karstsprickor eller ej.

Karterade karstsprickor eller spricksystem i våtmarkerna har antingen positionsbestämts med GPS samt att sprickornas orientering bestämts med kompass, eller så har större områden med spricksystem i kärren markerats som ytor på kartskikt. Vi har även noterat om sprickorna är vattenförande och om blekeutfällning skett runt dessa.

#### *Resultat och slutsatser*

Samtliga drygt hundratalet vegetationslineament som undersökts har verifierats vara en underliggande sedimentfylld karstspricka där vegetation etablerat sig. I våtmarkerna finns således karstvittrade sprickor i betydande omfattning. Detta har konstaterats genom att använda en jordkäpp, och i några fall genom grävning.

Undersökningen visar vidare att de vegetationsklädda karstsprickorna, i merparten av de rikkärr där de konstaterats, utgör utströmningspunkter för grundvatten åtminstone periodvis. Detta förklarar de blekeutfällningar som också finns runt dessa sprickor (se

avsnitt 4.6. 4.9.2, 4.9.3 och 4.10). Iakttagelserna bekräftar för de aktuella platserna den etablerade vetenskapliga uppfattningen att rikkärr har behov av grundvatten.

I många fall går det att följa hur karstsprickor på öppna hållar övergår i grässträngar när sprickorna fortsätter ut i våtmarken (se figur 38-39). I enstaka fall övergår sådana vegetationslineament igen i karstsprickor när de fortsätter upp på ännu en öppen håll på andra sidan våtmarken. Flera exempel finns också på hur en och samma karstspricka går att följa som öppen spricka över en håll och vidare som vegetationslineament i våtmark samt där jord täcker berggrunden.

Ett stort antal av områdets våtmarker uppvisar vegetationslineament, d.v.s. vegetation i tydliga linjer, i likhet med de områden som täcks av morän och vittringsjordar (se avsnitt 4.2). Lineamenten återfinns i alla våtmarkstyper men de är svårast att se i agkärr och agmyrar eftersom förekomsten och tjockleken på torvhorisonten (och eventuella andra jordarter) i dessa oftast maskerar eventuella underliggande sprickor och strukturer.

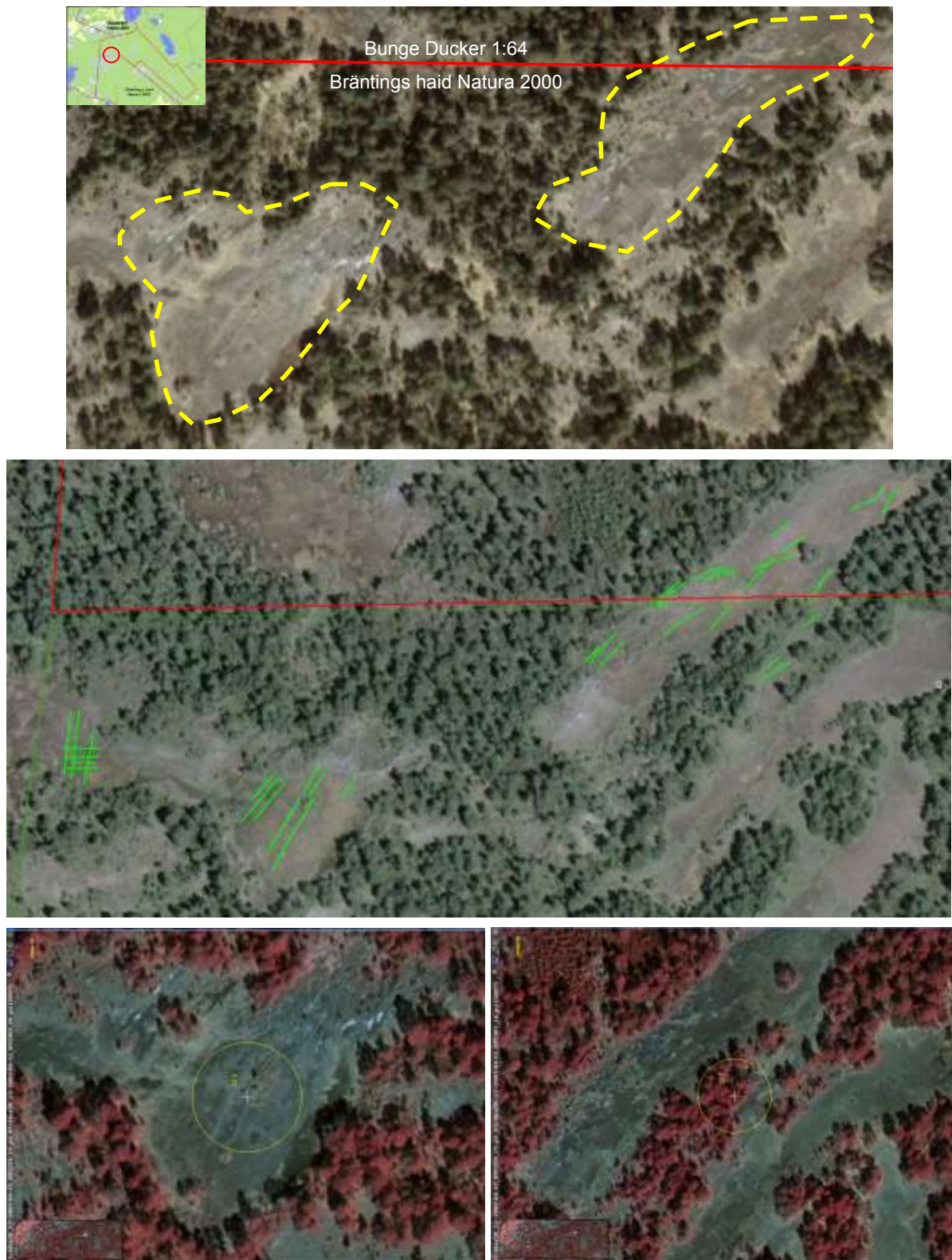
Skälen till varför vegetationslineamenten avtecknar så tydligt även när de är belägna i våtmarker som också är vegetationstäckta, förklaras utförligt under avsnitt 4.2, ovan.



**Figur 34.** Vegetationslineament i södra Båsteträsk Natura 2000-område I den grövre karstspricka som korsar denna temporära våtmark bildas ett större vegetationslineament, men notera hur ett flertal mindre sprickor som korsar den grövre – i större eller mindre utsträckning – syns som smalare och mer antydde grässträngar. © Krister Mild.

I vissa av områdets våtmarker framträder i flygbilderna lineament som är svåra eller omöjliga att se på marknivå. Flertalet lineament överlappar med karterade karstsprickor i våtmarkerna och angränsande hållar och har samma orientering som dessa öppna sprickor. Av samma skäl som varför vi bedömer att merparten av trädlineamenten på vittringsjord och morän speglar underliggande karstsprickor (se avsnitt 4.2), gör vi bedömningen att även dessa mer svårbedömda våtmarkslineament speglar underliggande sprickor i kalkhällen under kärren.

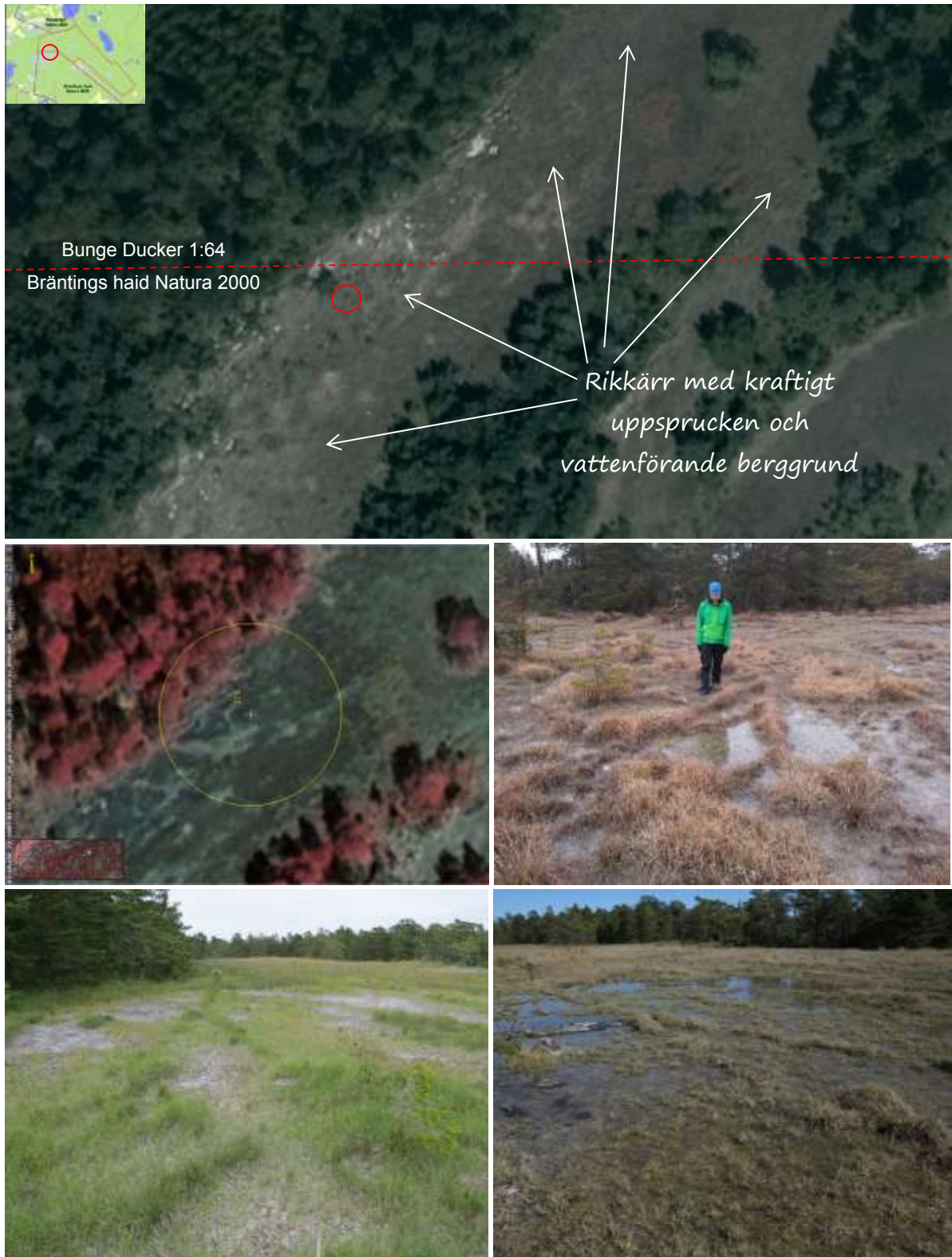
I många våtmarker är partier av berggrunden grovt uppsprucken (och därtill ofta frostsprängd) utan att någon tydlig sprickorientering framträder och utan att tydliga vegetationslineament utbildas (se figur 38 och 40). Detta fenomen är analogt med de grovt uppspruckna och karstifierade berghällar som beskrivs i avsnitt 4.1. I vissa våtmarker omväxlar sådana grovt uppspruckna delar med partier med långa och tydliga vegetationslineament.



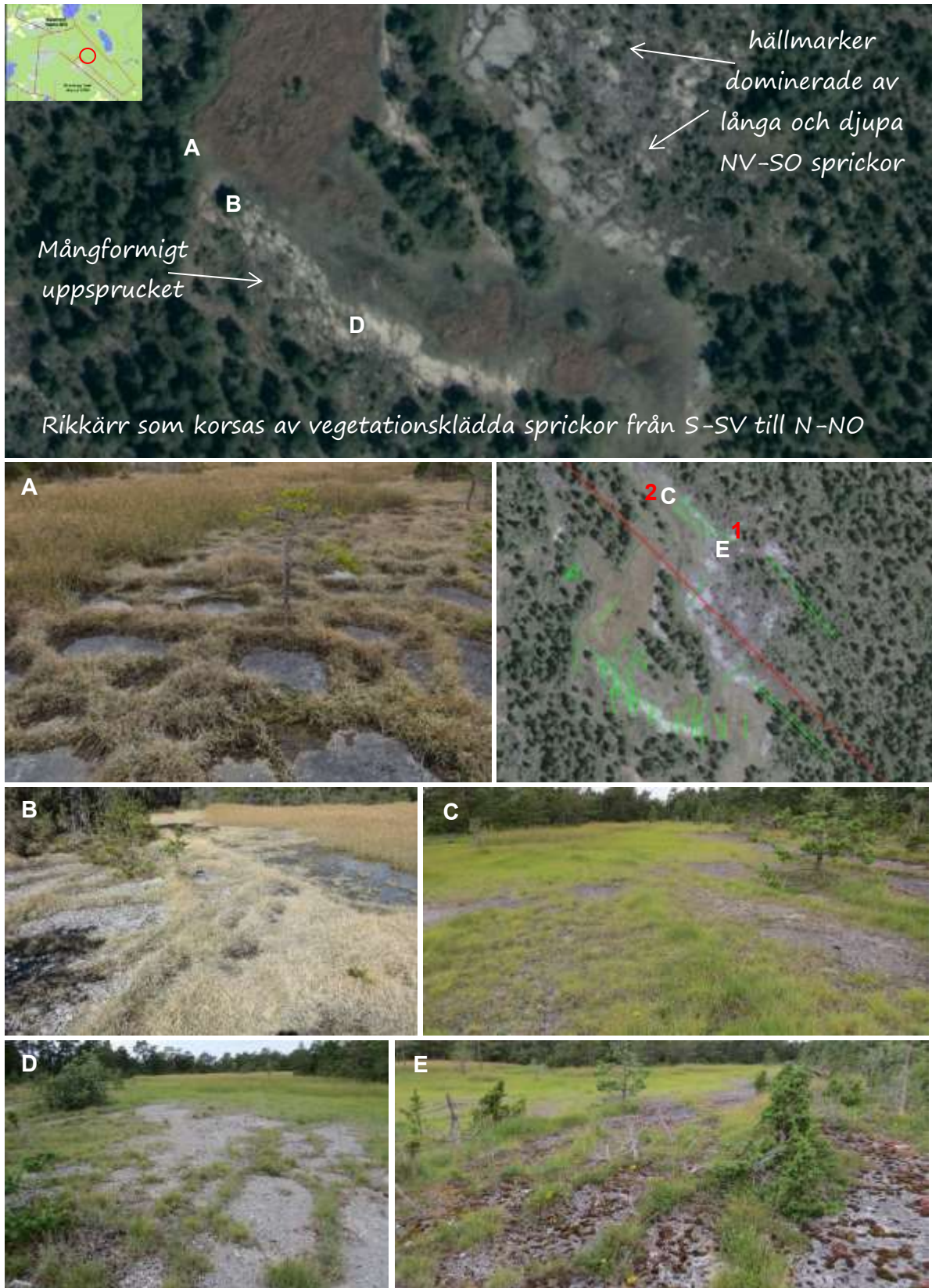
**Figur 35.** Det stora våtmarksområdet med fr.a. rikkärr på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och nordvästra delen av det sökta täktområdet. I mellersta bilden är de av oss karterade vegetationslineamenten i rikkärren markerade som gröna streck. Notera hur olika tydligt dessa strängar av gräs och örter framträder på olika flygbilder beroende på när under året dessa är tagna. Vidare framgår att det verkliga antalet vegetationsklädda sprickorna i våtmarkerna är betydligt högre i verkligheten än det antal som vi karterat. Nedre bilderna är infraröda bilder från våren där lineamenten i detta fall framträder tydligare än sommarbilden i mitten. © Jacobson & Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.



**Figur 36.** Ett rikkärr på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och nordvästra delen av det sökta täktområdet (se även figur 35, ovan). *Mitten:* De två bilderna är tagna från samma plats (röda ringen i flygfotot) i april respektive juli och visar hur rikkärren generellt ser ut vid höga respektive låga grundvattenlägen. Notera att lineamenten oftast är lättare att se under sommaren eftersom de då bildar tydligare gröna linjer över våtmarken. Karstsprickorna under vegetationslineamenten är verifierade med bl.a. en s.k. jordkäpp. *Nederst* paddans äggsnören i april, paddan själv i juli och en gotlandssnok i april. © Krister Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.



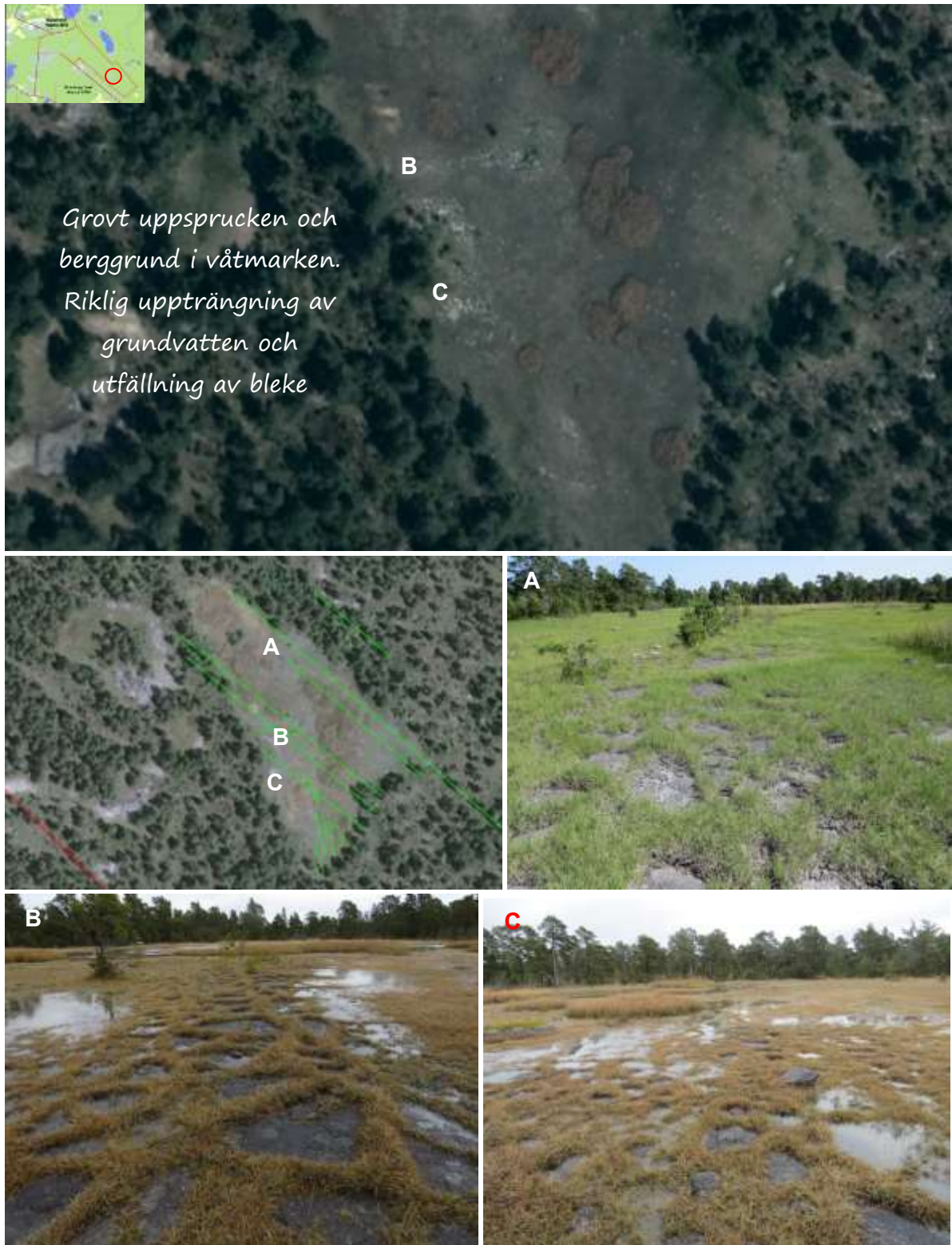
**Figur 37.** Ett rikkärr på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och nordvästra delen av det sökta täktområdet (se även figur 35, ovan). De tre bilderna är tagna från samma plats (röda ringen i flygfotot) i mars (mitten t. h.), april (nederst t.h.) respektive juli (nederst t. v.) och visar hur dessa rikkärr ser ut vid höga respektive låga grundvattenlägen. Karstsprickorna under vegetationslineamenten är verifierade med bl.a. en s.k. geokäpp. Sprickriktningen varierar men de grävsta och längsta sprickorna är orienterade i NO-SV. Även berggrunden på bar håll inne i skogskanten är uppsprucken på samma sätt. © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.



**Figur 38.** Ett rikkärr i centrala Bunge Ducker 1:64. Berggrunden under kärret är kraftigt uppsprucken. På södra sidan dominerar N-S och NO-SV sprickor. På norra sidan dominerar NV-SO orienterade sprickor. Vegetationslineamenten i kärret samt sprickorna i omgivande hällar framträder tydligt i den översta flygbilden. Foto "A" och "B" är fotograferade i april resten i juli. © Jacobson & Mild. Foton: © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.

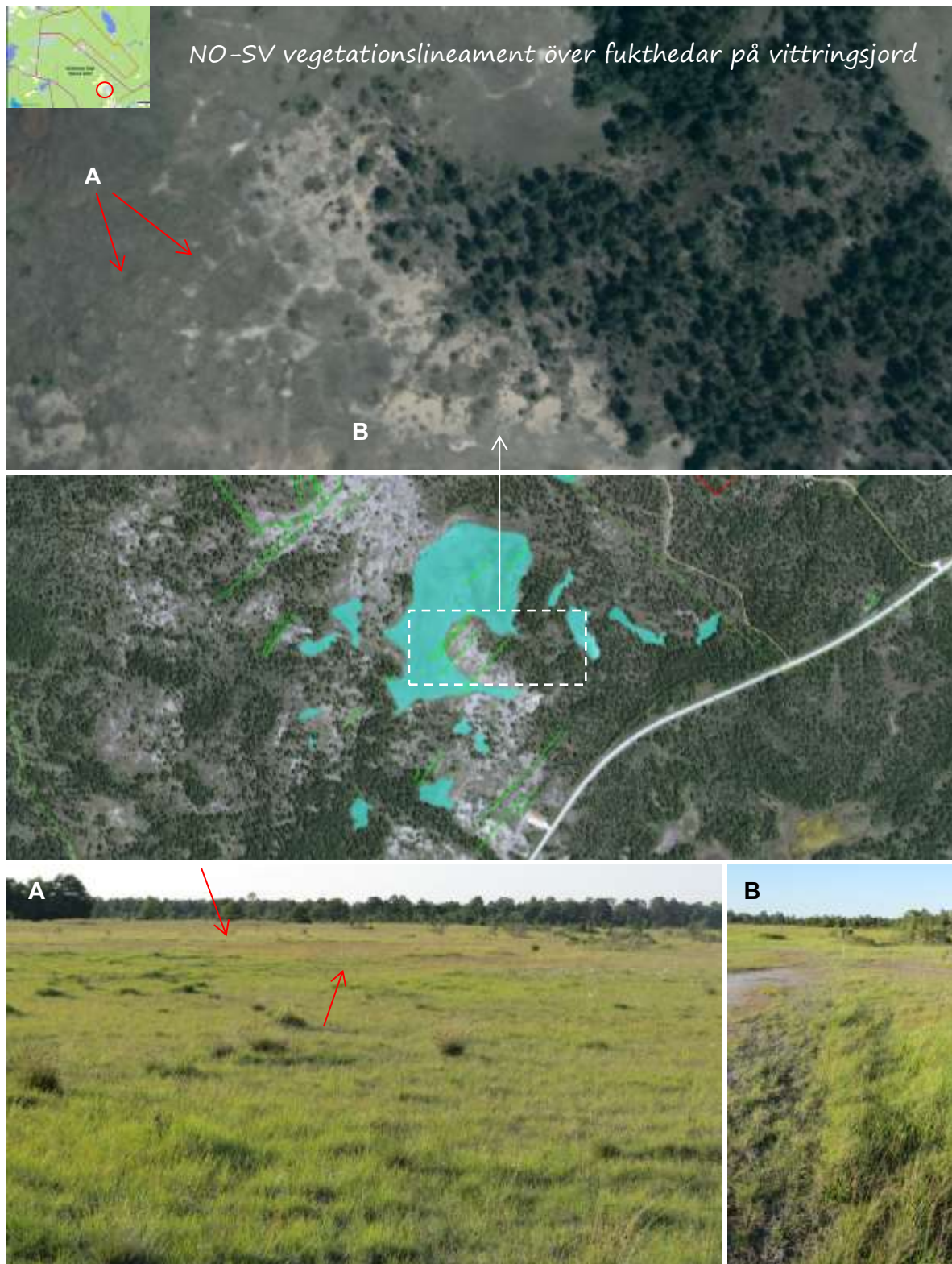


**Figur 39.** Överst ("1") en öppen karstspricka på bar håll som fortsätter över ett rikkärr i centrala Bunge Ducker 1:64. Underst ("2") samma karstspricka som i fotot ovan som fortsätter som en smal vegetationsrygg över våtmarken (från mitten av bilden ned till nedre högra hörnet). I flygfotot i figur 38 (högra bilden i andra raden), ovan, markeras var dessa bilder är tagna (röda "1-2"). Båda bilderna är från april. © Krister Mild.



**Figur 40.** Ett rikkärr i södra Bunge Ducker 1:64. Berggrunden under kärret är kraftigt uppsprucken men också frostsprängd. Överlag är sprickmönstret storskaligt och oregelbundet utan någon tydlig sprickriktning på blocken (bild "C"). Under dessa grovt uppspruckna block verkar det finnas långa och grova sprickor som förefaller orienterade huvudsakligen NV-SO. Det innebär att "block-strängar" eller vegetationslineament över våtmarken har en NV-SO riktning (bild "A" och "B"). I södra delen finns ett antal kortare vegetationslineament med en mer nord-sydlig orientering. Gröna strecken i flygbilden visar karterade vegetationslineament. Notera hur strängarna av gräs/örter övergår i trädlineament på vissa platser. Foto "A" är fotograferade i april, "B" och "C" i juli. © Jacobson & Mild. Foton: © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.





**Figur 41.** Vegetationslineament av gräs/örter som löper över fukthedar på svagdränerande vittringsjordar i den mosaik av torrhetar och fukthedar med periodiska våtmarker som upptar ett stort område i södra Bräntings haid Natura 2000-område. De långa karstsprickor (med riktningen NO-SV) som grässträngarna växer i har verifierats med hjälp av bl.a. jordkäpp. Sprickorna är fyllda med finmaterial och överlagras av ca 15 cm kalklera. Gröna strecken i flygbilden i mitten visar karterade och verifierade vegetationslineament (och de ljusblå fälten är de temporära våtmarkerna). I den övre flygbilden syns hur vissa gräslineament övergår i trädlineament. Båda fotografierna är från juli. © Jacobson & Mild. Foton: © Krister Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.

## 4.4. Täta ospruckna berghällar

### Sammanfattning:

- Det förekommer inom området inga större sammanhängande partier med hållar/berg i dagen som inte genomkorsas av karstsprickor.
- De största områdena med osprucken bar håll som karterats är inte större än ca 30x25 meter stora. De tre största ospruckna hållmarksytorna ligger dessutom i direkt anslutning till några av undersökningsområdets mest uppsruckna delar.
- Eftersom även de delar av området som täcks av våtmarker, morän och vittringsjordar bedöms vara lika uppsruckna som de vegetationsfria kalkhällarna, innebär det att storskalig ytavrinning normalt inte förekommer – eftersom regnvattnet oftast snabbt och effektivt dräneras ner genom berggrundens grundvattensystem via karstsprickor. Ett undantag är den ytavrinning som sker i vissa våtmarker vid högvattenflöden, men då inte p.g.a. täta hållar utan hög grundvattennivå.

### *Bakgrund, definition och metod*

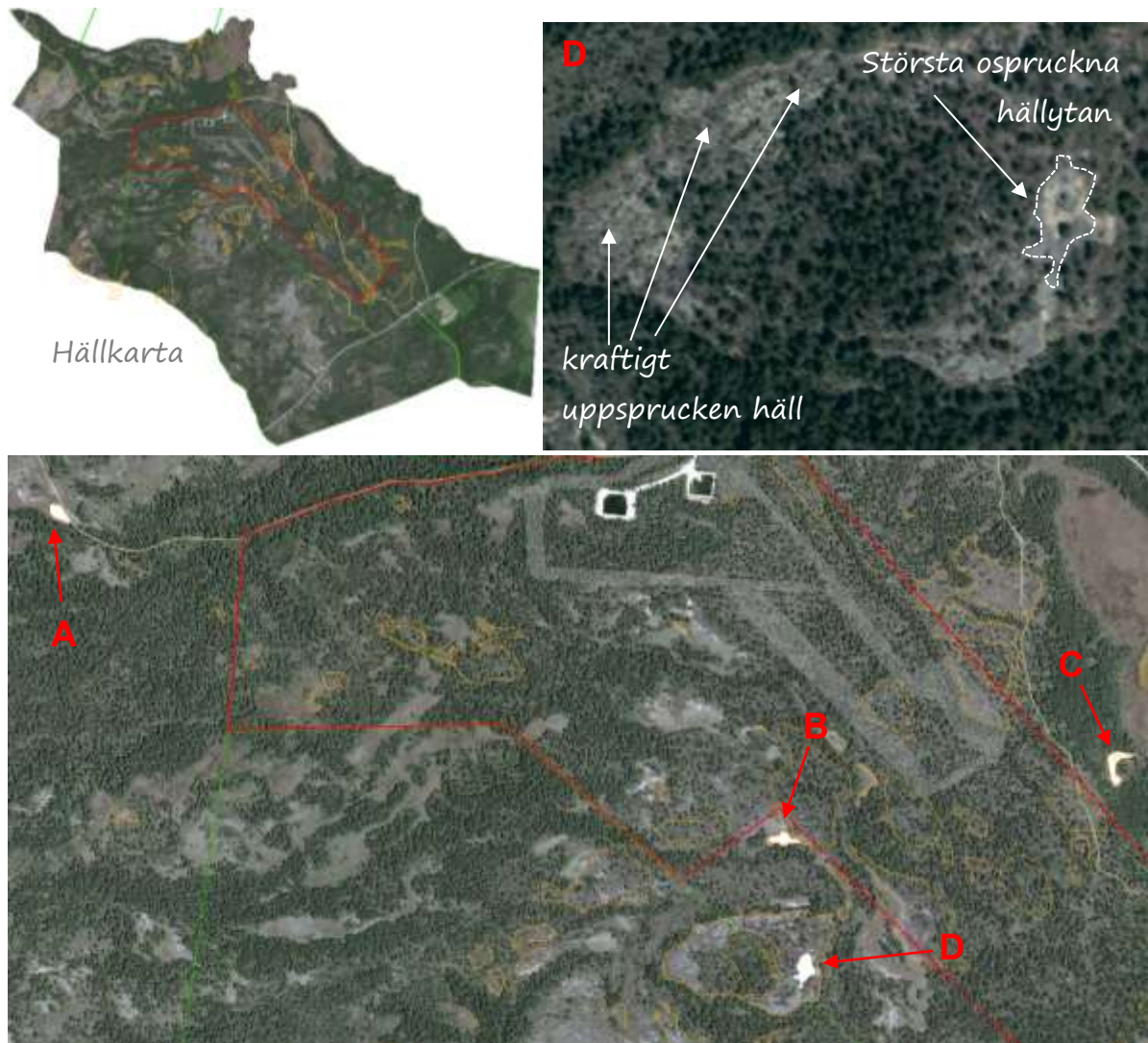
I miljökonsekvensbeskrivningen anges bl.a. att västra delen av täktområdet samt områdena i Bräntings haid Natura 2000-område består av täta ospruckna hållar och att våtmarkerna i dessa områden förses med regnvatten som rinner över hållarna från högre till lägre liggande områden. För att undersöka detta har vi därför karterat förekomsten av tät och sprickfritt ytberg inom undersökningsområdet. I alla hittade områden med berg i dagen har vi noterat om det är sprickfritt eller inte. Sprickfria hållar har markerats som ytor på kartsikt. Vi har även noterat den längsta sträckan på sådana hållar som vattnet kan rinna utan att försvinna ned i en karstspricka (uppmätt genom stegning).

### *Resultat och slutsatser*

De tre största sammanhängande ytorna med tät osprucken hållmark inom undersökningsområdet har uppmätts till ca 30x25, 30x20 respektive 25x20 meter (se figur 42). Det är alltså troligtvis de längsta sträckorna som regnvattnet kan rinna över en osprucken håll inom området innan det försvinner ner i en karstspricka för vidare transport nedströms genom grundvattensystemet. Ett intressant faktum är att de största sammanhängande ospruckna hållytorna som vi karterat samtidigt omges av några av undersökningsområdets mest uppsruckna hållpartier (se figur 10).

Eftersom stora delar av undersökningsområdet är täckt av vittringsjordar och morän (se avsnitt 4.2) finns det svårigheter med att okulärt bedöma i vilken omfattning jordartstäckets underlagras av sprickfria hållar eller inte. Som dock framgår av avsnitt 4.1-4.3 visar de vegetationslineament – i form av träd- och buskrader, samt lägre vegetationssträngar av örter och gräs – som förekommer, att det inte enbart är de öppna och vegetationsfria kalkhällarna som är kraftigt uppsruckna och karstifierade. Istället tyder observationerna på att även de områden där kalkhällarna täcks av vittringsjordar, svallsediment, moräner eller våtmarkssediment är lika kraftigt uppsruckna som de ytor som saknar jordartstäckes. Även om det under sedimenten finns större eller mindre ytor som faktiskt är täta och sprickfria på ytan så är dessa av allt att döma ändå av sådan begränsad omfattning att regn- och ytvatten inte kan rinna några längre sträckor direkt över hållarna genom jordlagren innan vattnet försvinner ned i en karstspricka. Betydande ytavrinning som hydrologiskt fenomen anses därför inte vara möjligt inom undersökningsområdet annat än vid höga grundvattenflöden i delar av

utströmningsområdena. I sådana lägen uppstår ytavrinning exempelvis i rikkärren i gränsområdet mellan föreslagen kalktäkt och norra Bräntings haid Natura 2000-område. När våtmarkerna fylls av bl.a. utströmmande grundvatten börjar ytvatten att rinna längs våtmarkerna och längs lågpunkter i terrängen (d.v.s. i bäckstråk). Denna ytvattenavrinning upphör när grundvattennivåerna sänks (se avsnitt 4.6 för detaljer).



**Figur 42.** Överst t.v. en flygbild med karterade hållar (se 5.1 för mer detaljer). Nederst ett förstort flygbildsutsnitt där de fyra största ospruckna hållmarksytorna inom undersökningsområdet är markerade som vita markeringar (A-D). Överst t.h. syns en närbild av den största ospruckna hällytan i området (D). Notera att området runt denna håll är mycket kraftigt uppsprucken, faktiskt det mest uppspruckna inom hela undersökningsområdet. Större ospruckna hålltor saknas m.a.o. inom området. © Jacobson & Mild. Flygbilder: © Lantmäteriet.

## 4.5. Större slukhål och andra inströmningsstrukturer

### Sammanfattning:

- I undersökningsområdet finns ett tiotal synliga större slukhål i några rikkärr såväl som i fukthedar.
- I två av rikkärren med dessa inströmningsstrukturer har vi också karterat spricksystem i berggrunden under våtmarken, och som konstaterats utgöra utströmningsstrukturer för grundvatten.

### *Bakgrund, definition och metod*

Med ett större slukhål avses i denna undersökning en karstvittrad hållighet av sådan storlek – på Gotland mer än 3-4 decimeter i diameter (jämför 4.1.2) – att den kan dränera stora mängder vatten ner till kalkberggrundens karstvittrade spricksystem och eventuella grottor. De mindre slukhål som diskuteras i 4.1.2, ovan, dränerar endast små mängder vatten i förhållande till de vanligt förekommande karstsprickorna i det undersökta området. De är helt enkelt för få och har för liten yta för att kunna samla in några större mängder regnvatten. Vidare leder aldrig bäckstrukturer fram till de mindre slukhål, såsom ibland är fallet med större slukhål på Gotland. Ett sådant mindre slukhål kan dock under rätt omständigheter, exempelvis om det ligger under en större våtmark, med tiden vidgas till ett större slukhål.

Att vi här valt att redovisa större och mindre slukhål separat beror på att större slukhål är inströmningsstrukturer där större ytvattenvattenmängder försvinner underjordiskt till karstsystem. Där större slukhål förekommer har de därför vanligen en avgörande betydelse för vattentransporten ner i karstsystemen. På många håll i världen men även i den svenska fjällkedjan finns slukhål där t.o.m. större vattendrag som mindre floder och åar plötsligt försvinner ner håll i berggrunden. Det vanligaste är dock att större slukhål är täckta av vegetation och ligger under befintliga våtmarker, och kan därför vara svåra att upptäcka. De utgörs ofta av konformiga fördjupningar, och syns ibland i landskapet som tydliga gropar, ibland fyllda med block, sten eller mer finkorniga jordarter. Utanför Gotland finns många exempel på kollapsade slukhål där delar av det underliggande karstsystemet rasat in och jättelika sänkor (doliner) bildats.



**Figur 43.** Ett fossilt slukhål, ca 110 cm i diameter. Det återfinns utanför undersökningsområdet i Stora Vikers. Detta slukhål, nu i en torr och väl-dränerad miljö, visar att det bildats i en äldre tid med andra hydrologiska förhållanden. Storleken indikerar att detta slukhål då troligen kunde transportera undan stora mängder vatten. © Krister Mild.

På Gotland är karstbildningen mer småskalig, och det gäller även de kända exemplen på större slukhål som här är avsevärt mindre än på många andra håll i världen. Den

vanligaste varianten på Gotland är myrar utan kända ytavlopp, och som istället dräneras underjordiskt via osynliga slukhål eller sprickor i myrarnas botten. Det mest välkända exemplet på ett slukhål som dränerar en våtmark på Gotland finns i den numera utdikade Martebo myr och som förser Lummelundagrottan med vatten. Andra mindre vanliga exempel på Gotland är när en mindre bäck försvinner underjordiskt via ett större slukhål. Eftersom flertalet slukhål i Gotlands karstområden troligen ligger dolda under våtmarker (eller andra jordlager) är de normalt mycket svåra att upptäcka. Större slukhål som ligger synliga i ytan är dock lätta att kartera i fält och ibland i högupplösta flygbilder.

#### *Resultat och slutsatser*

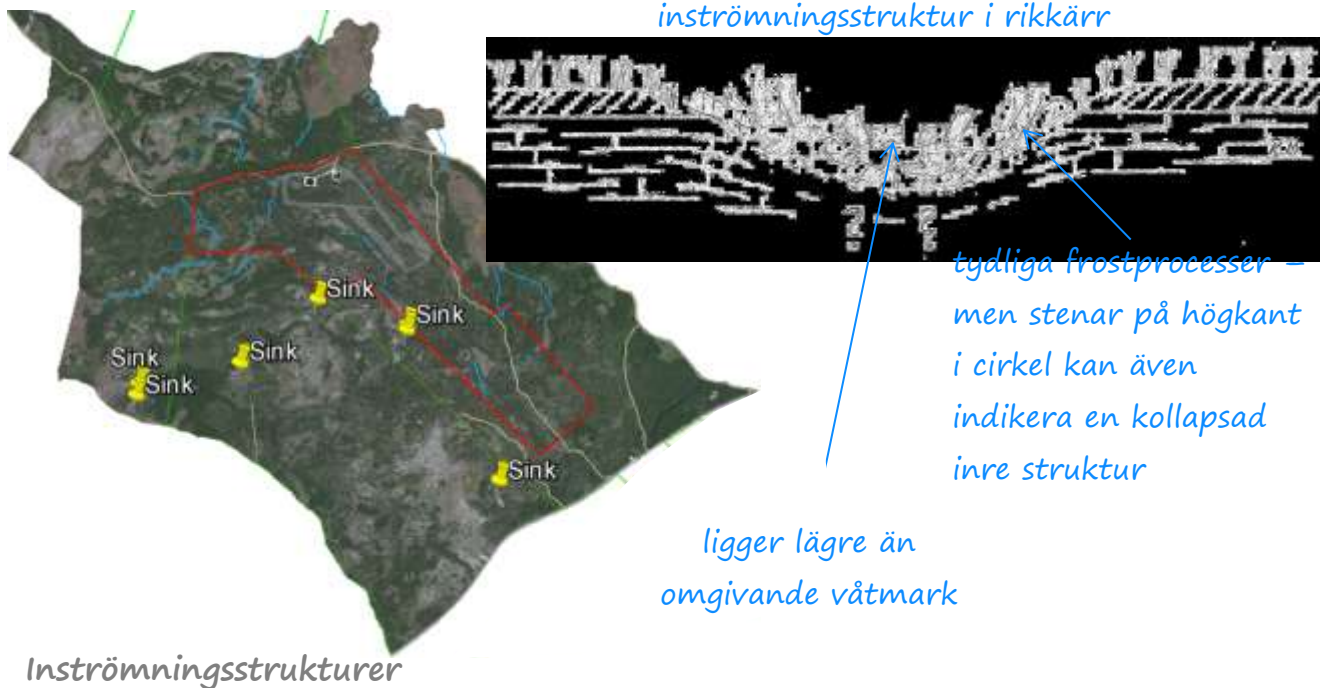
Vi har i det undersökta området inte hittat några större slukhål på öppen kalkhäll, ej heller bäckar som tydligt försvinner underjordiskt eller liknande. Däremot har vi karterat ett tiotal större slukhål i områdets rikkärr och fukthedar (se figur 44). Dessa har alla haft formen av svagt skål- eller trattformade stenskravel som saknar vegetation. Själva strukturen ligger i flertalet fall lägre än kärrens överytta och under det genomsnittliga vattenståndet i högvattenlägen. Diametern har varierat från 2,5-5 meter. I flera av strukturerna står de flata kalkblocken delvis på högkant (se figur 44-45), och i något fall tydligt orienterade i en cirkel med blockens lägsta del in mot mitten. Detta kan indikera att en underliggande karstspricka eller annan kemiskt vittrad mindre håligheter kollapsat. Stenskravlen är vidare ofta tydligt frostsprängda.



**Figur 44.** Några exempel på inströmningsstrukturer inom undersökningsområdet. Strukturerna i bilderna överst t.v. och nederst t.v. har vi i april 2015 dokumenterat att de fungerar som "slukhål" för ytvatten. Övriga inströmningsstrukturer upptäcktes först under juli samma år, då våtmarkerna var mer eller mindre torra.  
© Krister Mild.

Under karteringen i april 2015 hittades två sådana större slukhål där vi på plats kunde konstatera att vattnet från det omgivande kärret rann ned i dessa inströmningspunkter. Flertalet större slukhål i undersökningsområdet återfanns dock först under inventeringarna i juli 2015 då inget ytvatten fanns i våtmarkerna. Observationerna visar att även dessa utgör inströmningsstrukturer – t.ex. är utseendet mycket likartat för samtliga dessa strukturer; de är vegetationslösa trots att centrum för stenskravlet ligger lägre än kärrets genomsnittliga vattenyta; samt att skorplavtäcket på kalkblocken i stenskravlet är uttunnat (jämfört med kalkhällar i omgivning) vilket visar att de utsätts för rinnande vatten. Vidare saknas det decimetertjocka täcket av bleke som överlagrar kalkhällan i resten av rikkärret.

Intressant att notera är vidare att några av dessa inströmningsstrukturer finns i rikkärr där vi också konstaterat grundvattenförande sprickor och en omfattande blekeutfällning (se bl.a. 4.9.2). Även om dessa två skilda strukturella funktioner inte ligger i direkt anslutning till varandra så finns de ändå i varandras relativa närhet. Det visar att rikkärr i området kan fungera både som utströmningsområde för grundvatten under högvattenflöden (se även 4.3, 4.6 och 4.9.2) och som inströmningsområde.



**Figur 45.** De karterade inströmningsstrukturernas läge. Dessa strukturer förekommer såväl i in- som utströmnings-områden (se avsnitt 5.6, nedan). Skissen visar hur flera av dessa strukturer är uppbyggda. © Jacobson & Mild. Fältskiss: © Krister Mild. Flygbild: © Lantmäteriet.

## 4.6. Grundvattnets in- och utströmningsområden

### Sammanfattning:

- Karstsprickorna är effektiva borttransportörer av regn-, yt- och grundvatten över i praktiken hela undersökningsområdet.
- Undersökningsområdets högsta belägna delar domineras av tunna vittringsjordar och fungerar enbart som inströmningsområde för det regnvatten som faller över området (d.v.s. det bildas grundvatten).
- Mer nedströms liggande områden fungerar i delar av området även som betydande utströmningsområden för grundvatten under högvattenflöden.
- Vid höga vattenflöden strömmar grundvatten ut i vissa områden, t.ex. rikkärr och agmyrar). Vid större utströmning stiger vattennivåerna i våtmarkerna, och vid en tillräckligt hög nivå uppstår ytavrinning.
- När grundvattennivåerna sjunker upphör grundvattenutströmningen i dessa rikkärr och agmyrar. Vattnet slutar då att rinna av längs kärrens yta, och karstsprickorna får nu en omvänd funktion, d.v.s. som borttransportör av kärrens vatten via karstsystemen.
- Under sommarens låga grundvattennivåer är det endast de lägst belägna agmyrarna i området som fortfarande förses med utströmmande grundvatten. Rikkärr och fukthedar torkar därför då vanligen ut helt.
- Eftersom hela området bedöms vara relativt likartat uppsprucket ytavrinner inget regnvatten över hållarna eller genom de tunna jordartslagren. Ytavrinning (eller "overland flow") förefaller i området begränsad till då vissa våtmarker (främst rikkärr) övermättats av grundvatten, eller kombinerat grund- och ytvatten.

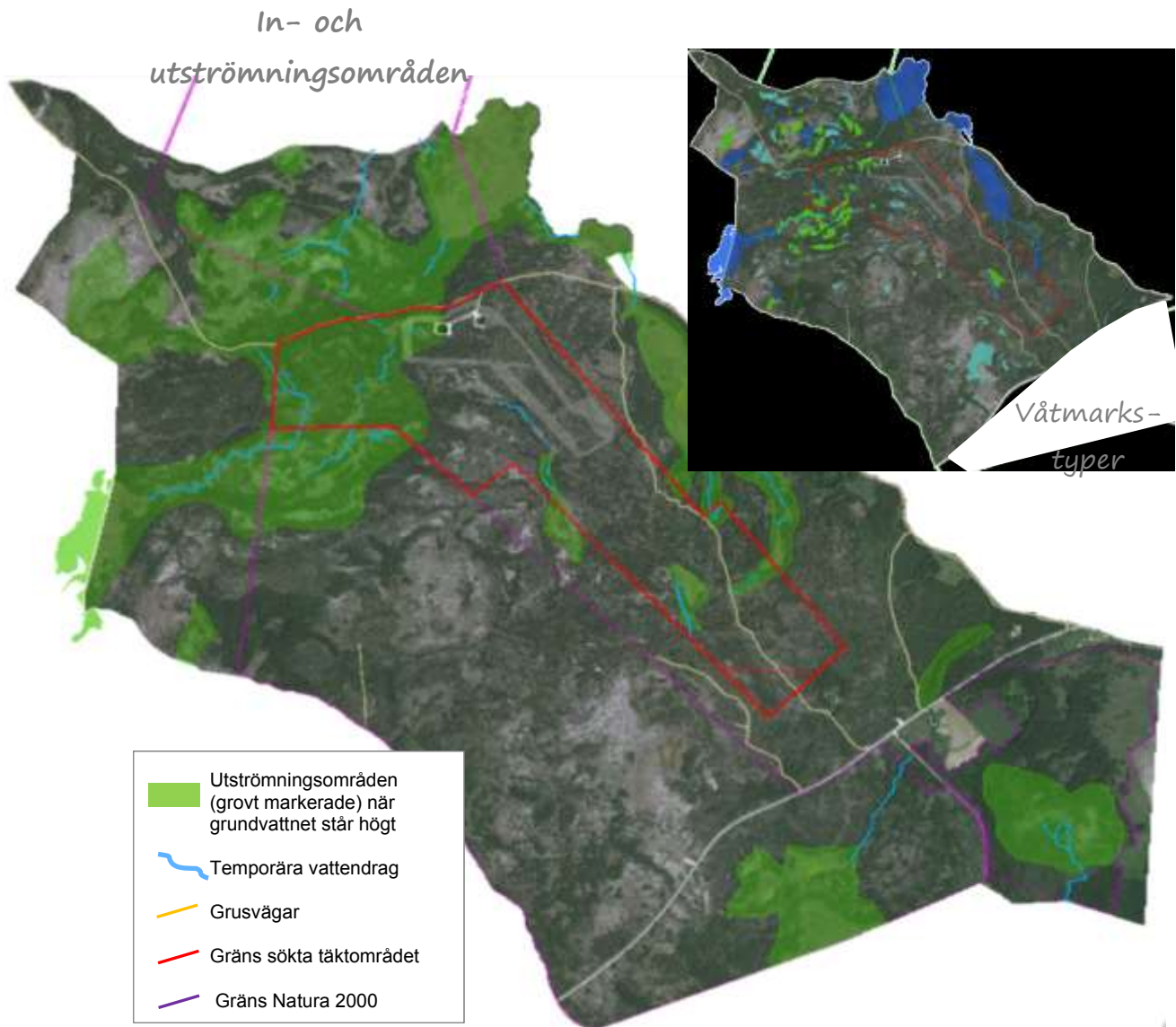
### *Bakgrund, definition och metod*

Eftersom kunskap om in- och utströmningsområden är avgörande för förståelsen av områdets hydrologi och hydrogeologi har vi med hjälp av karterade data gjort en översiktlig kunskapssammanställning om detta. Förutom av oss karterad information, genom flygbildstolkning och fältinventering, har vi även använt oss av Lantmäteriets höjddatabas.

Efter att regnvattnet nått marken kan vattnets väg genom området grovt delas in i in- och utströmningsområden för grundvatten, samt ytvattenflöden. I delar av området kan både in- och utströmning förekomma. Antingen samtidigt i direkt närhet av varandra, eller genom att en och samma plats tidvis är inströmningsområde och tidvis är utströmningsområde. I vattnets väg från områdets höglägen tills det så småningom når havet spelar karstsprickorna och övriga karstformer en avgörande roll som vattentransportörer.

### *Resultat och slutsatser*

Undersökningen visar att karstsprickorna över stora (inströmnings-)områden är effektiva borttransportörer av regn- och ytvatten. Den omfattande förekomsten av karst innebär därför också en omfattande subakvatisk vattentransport som grundvatten, och inte enbart som ytvatten och ytligt grundvatten som ofta framförts i MKB:n för Bunge Ducker. Det är utifrån inventeringsresultaten tydligt att vissa delar av undersökningsområdet huvudsakligen fungerar som inströmningsområden för regn- och ytvatten medan andra delar utgör såväl utströmningsområden för grundvatten som inströmningsområden.



**Figur 46.** Flygbilden visar hur vi tolkar in- och utströmningsområden. Gröna områdena är utströmningsområden för grundvattnet under högvattenperioder och omarkerade delar är de där ytvatten infiltrerar. Blå streck är rinnande vattendrag under högvattenflöden. Under de perioder av året då grundvattenytan står lågt, krymper det gröna området och delar av detta fungerar då även som inströmningsområden. Troligtvis är det endast vissa större agmyrar som då utgör utströmningsområden. Infällt är även en flygbild där de olika våtmarkstyperna är markerade (se 4.7 för detaljer). Observera att utströmningsområdenas areella utbredning är överdriven i kartan – som främst är tänkt som en grov översikt – eftersom utströmningen huvudsakligen sker i, och i kanten av, rikkärrn och agmyrarna (jämför infällda kartan). © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

Att de äkta karstsprickorna i inströmningsområdena effektivt transporterar bort regn- och ytvatten till underjordiska flöden i berget visas också – som förväntat – av att hållmarker med sprickor i dessa områden är torra och väl-dränerade. Genom karstsystemets försorg är därför undersökningsområdet i stort (liksom stora delar av Gotland) väl-dränerat och uppvisar en vegetation som är noga platsanpassad till de exakta yt- och grundvattenvariationer som respektive plats har. Karstsprickornas vattentransporterande förmåga visas också tydligt av att sprickor på hållmarker i inströmningsområdena inte håller permanent stående vatten ens när grundvattnet står högt.

Det fenomen som kallas ”overland flow” bör kommenteras närmare. Det fenomenet sägs innebära att även i områden med karstsprickor kan det ske en ytavrinning över bergrunden eftersom karstsprickorna vid höga grundvattennivåer fylls helt och



överskottet då kan rinna av över hällytorna. I området visar våra undersökningar att detta endast förekommer då utströmningsområden för grundvatten, t.ex. rikkärr, får ta emot mer vatten än den underliggande karstutsluckna berggrunden kan transportera bort just då. Under högflödena och perioden efter dessa flöden kan sprickorna i rikkärren sedan efterhand tappa ur vattnet, genom de underliggande spricksystemen, för vidare transport längre ner i grundvattensystemet. ”Overland flow” hänger med andra ord på de aktuella platserna i undersökningsområdet ihop med grundvattensystemet och höga flöden i detta, och bör inte förväxlas med regnvatten som rinner över täta berghällar (d.v.s. ytavrinning).

Vi har inte observerat sådana ytvattenflöden i de högre belägna inströmningsområdena eller på berghällar (berg i dagen). Vidare anser vi att så inte kan vara fallet i området, annat än i undantagsfall, eftersom det i så fall skulle synas på vegetationen, inte minst lavtäcket på hällarna. Det skulle också framgå av hur högre vegetation som gräs, örter och buskar skulle fördela sig i förhållande till hällarnas avrinning (se även avsnitt 4.8.2).

Vattnet i en karstifierad berggrund transporteras nedåt i karstsprickor och slukhål/slukrör tills det når en osprucken del av underliggande kalkstenslager. Vattnet fortsätter då att rinna mer horisontellt (eller sidledes efter den lutning som kalkstenslagret har) tills vattnet stöter på en ny karstvittrad spricka och på nytt transporteras nedåt mot nästa horisontella lager, osv.(se figur 48, nedan). Vattnets väg genom kalkstenen är m.a.o. omväxlande vertikal och mer horisontell. Den allmänna bilden är att karstifierad berggrund är som mest uppsprucken i de övre lagren och att antalet sprickor generellt minskar mot djupet. Berggrundens vattenförande förmåga behöver dock inte minska mot djupet. I karstifierad berggrund kan därför några få djupare sprickor (eller andra hålformade kaviteter – s.k. styloliter) transportera stora volymer vatten jämfört med de mer rikligare sprickorna i ytan.

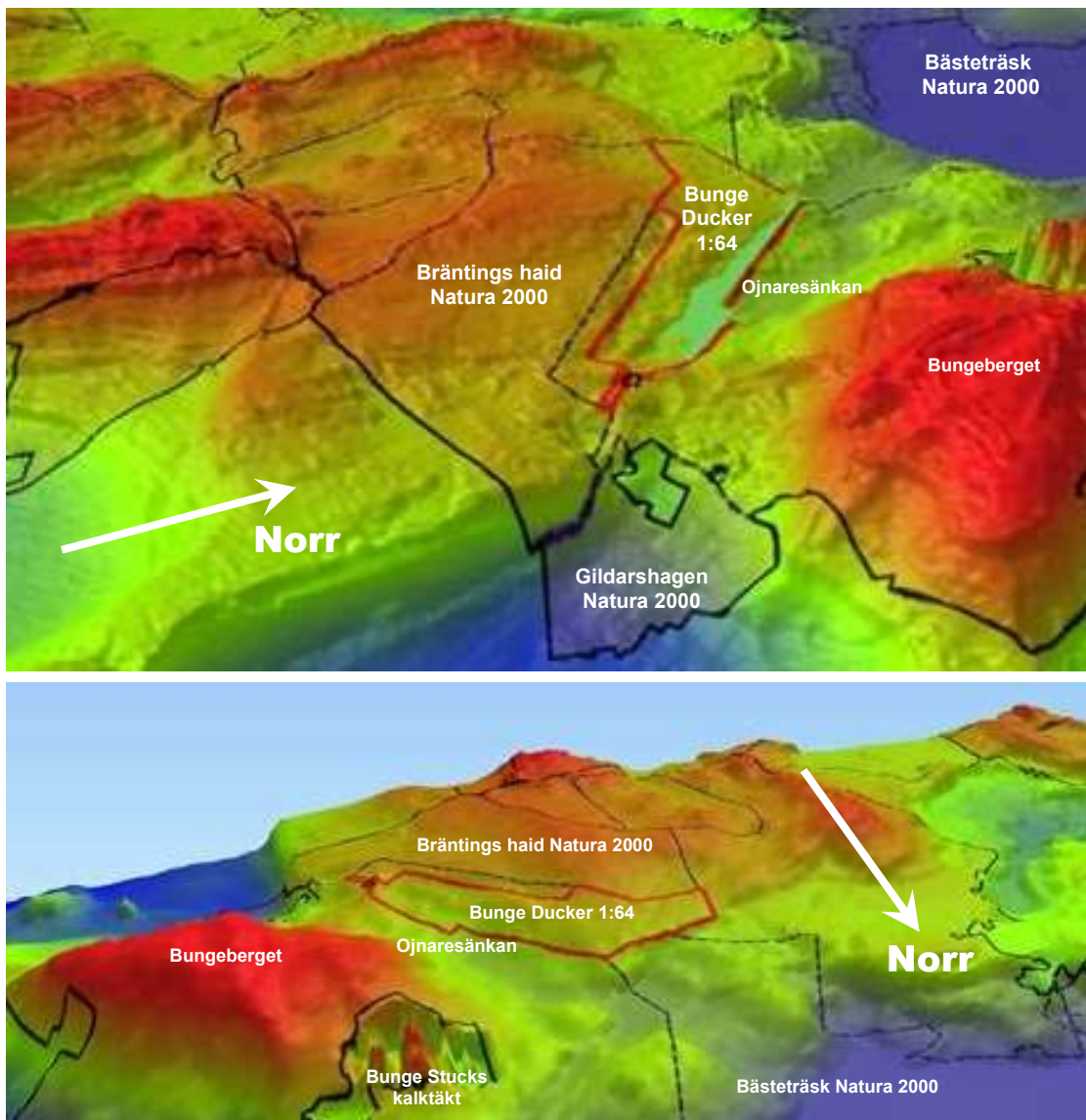
De södra och centrala delarna av Bräntings haid Natura 2000-område utgör undersökningsområdets högst belägna delar. Från högsta punkten (drygt 35 m.ö.h.) sluttar det svagt nedåt åt alla håll. Störst är lutningen åt nordost och ost ned mot Ojnaresänkan. I de högst belägna delarna dominerar tunna vittringsjordar och de tillfälliga våtmarkerna utgörs av fukthedar (se 4.7.4). Rikkärr samt agkärr med torvhorisont saknas där helt. Inventeringsresultaten visar att dessa områden fungerar som inströmningsområden för det regnvatten som faller över området (se figur 48).

Längre nedströms börjar även våtmarkstyperna rikkärr och agkärr att uppträda. Som framgår i avsnitt 4.7, 4.8 och 4.9 så är det också i dessa nivåer som framträngande grundvattenflöden, tydliga bäckstrukturer och källor börjar uppträda. Under högvattenflöden fungerar dessa områden delvis som utströmningsområden för grundvatten. På de platser där grundvatten tränger fram och det samtidigt sker en omfattande blekeutfällning, är också rikkärren belägna. Vid lägre grundvattennivåer, som exempelvis under sommarens och den tidiga höstens torrperioder, fungerar de tidigare utströmningsområdena nu som inströmningsområden för regnvatten och våtmarkernas eventuella ytvatten. Det är också endast vid årstider med högt grundvatten som agkärrens och rikkärrens överskottsvatten rinner vidare som bäckar via kalkhällarnas lågpunkter.

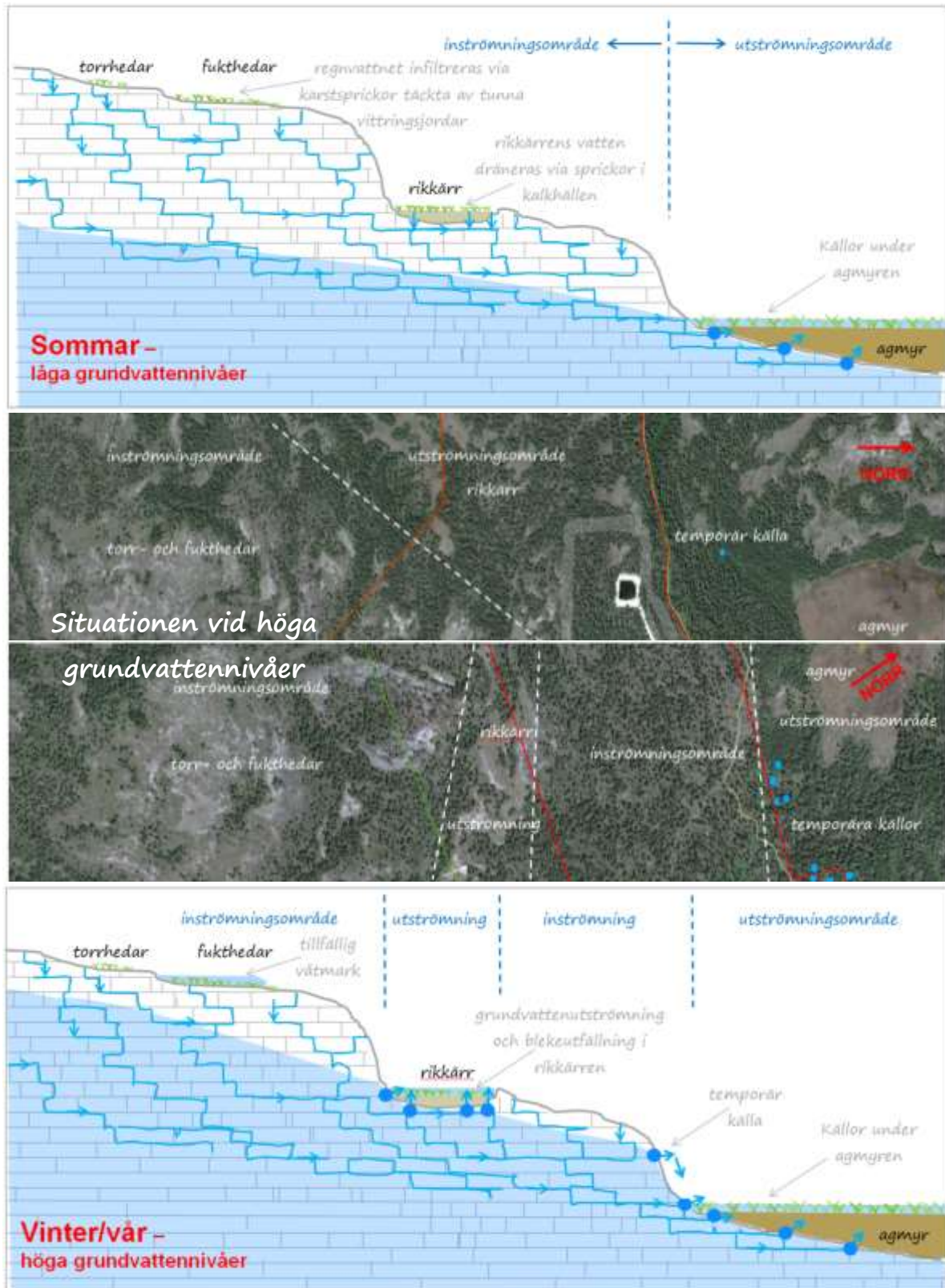
Ingen del av undersökningsområdet ligger så lågt (d.v.s. så nära havsytan) att det enbart fungerar som utströmningsområde. Eftersom hela undersökningsområdet bedöms vara relativt likartat uppsprucket och karstifierat (se avsnitt 4.1–4.3) kommer det regnvatten som faller över området överallt att rinna ner i en närliggande karstspricka och

transporteras vidare genom karstsystemen. Vi har ingenstans funnit så tät och osprucken berggrund att betydande ytavrinning av regnvatten över hållarna eller genom de tunna jordartslagren är möjlig (se 4.4 och 4.8.2). Även flertalet av våtmarkerna ligger på uppsprucken vattenförande berggrund. Fördelningen av de olika våtmarkstyperna är alltså en viktig indikation på var in- och utströmningsområdena är belägna (se figur 48-49, samt avsnitt 4.7 för en beskrivning av dessa våtmarker samt deras hydrologi).

Som framgår av karterade sprickdata (avsnitt 4.1), men också av topografiska data (se figur 47, nedan), finns det inget som talar mot att det finns ett grundvattenflöde från södra delarna av Bunge Ducker 1:64 (och angränsande delar av Bräntings haid Natura 2000-område samt Ojnaresänkans södra delar) och Gildarshagen Natura 2000-område.



**Figur 47.** Två höjdm modeller av undersökningsområdet sedda från sydost respektive nordväst. Röd färg är högst och blå färg är lägst. Som framgår av modellerna rinner grundvattnet åt flera håll inom området, samt att Bungeberget respektive Bräntings haid utgör grundvattendelare åt öster respektive väster. Grundvattnet strömmar från Bräntings haid norrut via det sökta täkt-området och vidare ner till Bästräsk. Vidare strömmar grundvattnet österut från Bräntings haid via täktområdet och ner i Ojnaresänkan, innan det transporteras norrut mot Bästräsk. Från höjdm modellerna är det också uppenbart att grundvattnet strömmar söderut från både Bungeberget och Bräntings haid mot Gildarshagen Natura 2000-område (och vidare mot Valleviken). © Lantmäteriets höjddatabas.



**Figur 48.** Grundvattnets principiella strömning genom området under olika årstider enligt undersökningsresultaten. Ljusblå ytan markerar berg med i princip sammanhängande grundvatten. De blå linjerna visar några mer vattenförande spricksystem. Blå cirklar med uppåtriktade pilar markerar grundvattenutflöden. Notera också att rikkärren fungerar som utströmningsspunkter vid höga grundvattennivåer och som inströmningspunkter när grundvattennivåerna är låga. Med andra ord är de ekologiskt och hydrogeologiskt ihopkopplade med områdena såväl ovanför som nedanför. OBS att vertikalskalan är överdriven. © Jacobson & Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.

## 4.7. Våtmarker

### Sammanfattning:

- Det finns ett starkt samband mellan våtmarkernas geografiska och topografiska fördelning och bl.a. jordartstyper samt om våtmarken ligger i in- respektive utströmningsområden.
- Vilken vegetation och vilka naturtyper som utvecklas i olika våtmarker styrs bl.a. av olika abiotiska förhållanden som ofta tydligt går att koppla mot olika jordartstyper, vattentillgång, men också av mer specifika förhållanden som blekeutfällning, grundvattenmatning etc.
- Äkta våtar – d.v.s. tillfälliga våtmarker som ligger på tät berggrund och som torkar ut sommartid genom avdunstning – förekommer inte i området.

### *Bakgrund, definition och metod*

För att öka förståelsen av områdets hydrologi och hydrogeologi, inklusive kunskap om var in- och utströmningsområden är belägna har vi besökt och klassificerat samtliga våtmarker i undersökningsområdet utom de som är belägna söder om väg 148, vilka vi var tvungna att utesluta p.g.a. tidsbrist. I karteringen har vi noterat vegetationstyp (4.7.4), våtmarkstyp (utifrån den typklassning som definieras i *Våtmarksinventeringen - VMI*), jordartstyper och dess tjocklek, samt eventuella förekomster av bleke (se 4.10), torvhorisonter, permanent vattenföring, källflöden (se 4.9.2), vegetationslineament (4.3), karstsprickor (4.1) samt inströmningsstrukturer (4.5). Syftet har inte varit att göra en noggrann kartering eller klassificering av våtmarker för sin egen skull, utan informationen har istället samlats in på en något mer övergripande nivå, och använts som ett stöd för att bättre förstå våtmarkernas (och områdets) hydrologi och hydrogeologi.

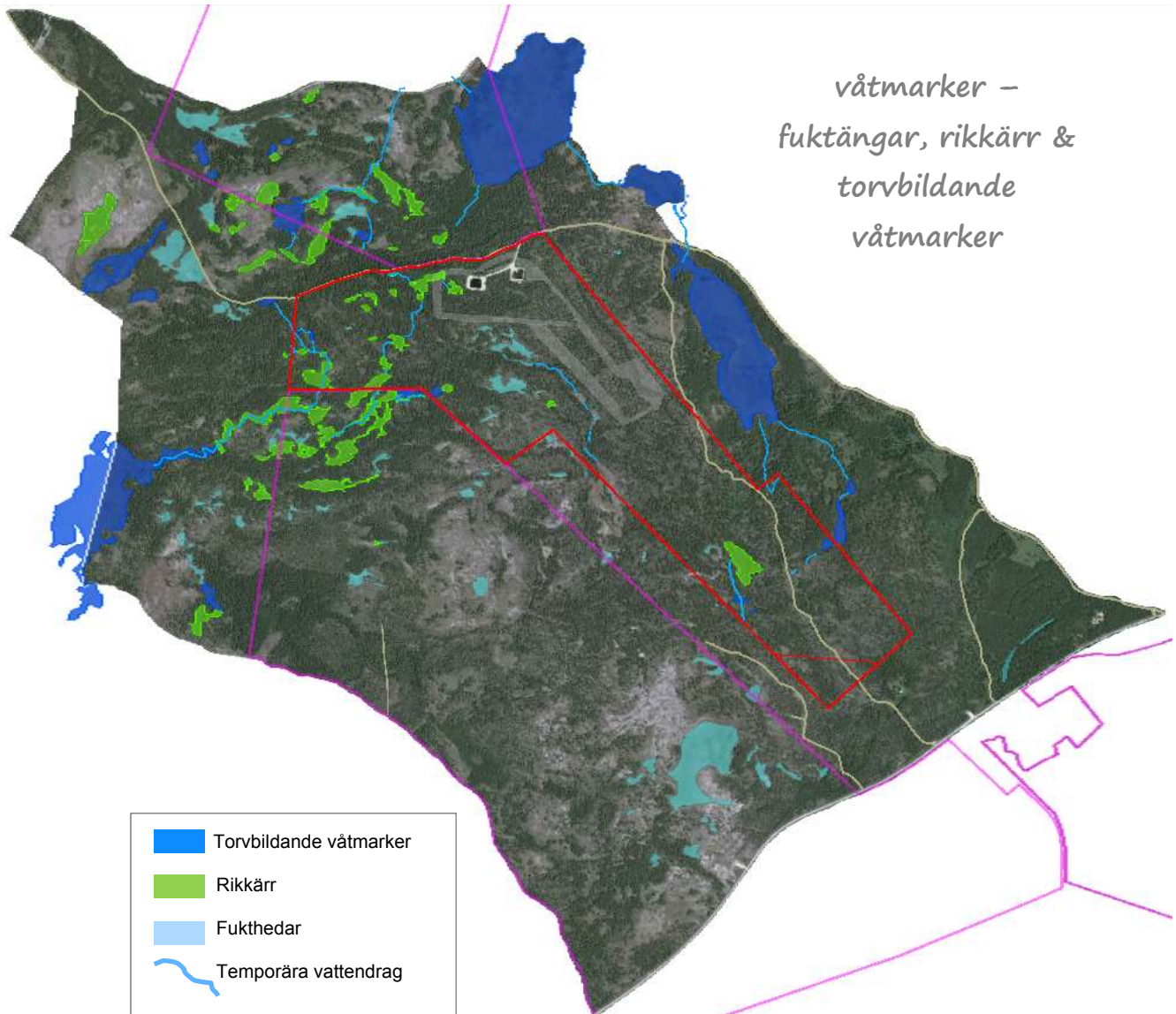
### *Resultat och slutsatser*

Vid analysen av inventeringsresultaten är det tydligt hur olika de olika våtmarkstyperna fördelar sig topografiskt, d.v.s. på olika höjd i landskapet och i olika sluttningar, vilket hänger väl samman med vilka delar av undersökningsområdet som är in- respektive utströmningsområden för grundvatten (se 4.6). Exempelvis är den enda våtmarkstypen i inströmningsområdena fukthedar. Vidare står det klart hur tydligt olika hydrogeologiska företeelser är knutna till vissa våtmarkstyper. Exempelvis är det bara i rikkärr som kombinationen av grundvattenutströmning, tydlig utfällning av bleke samt förekomst av artesiskt formad bleke och mjuk kalktuff förekommer. Eftersom det är de abiotiska förhållandena som sätter de biologiska ramarna för förekomsten av olika naturtyper och arter så kan det ovanstående också uttryckas omvänt; dvs. att en för platsen lagom mängd uppträngande grundvatten med bl.a. blekeutfällning är en förutsättning för förekomsten av områdets rikkärr.

#### **4.7.1. Torvbildande våtmarker**

De torvbildande våtmarkerna karaktäriseras av att ha en tydlig torvhorisont och är vanligen vattenförande hela året. De utgörs vanligen av agkärr/agmyrar. Dominerande art är vanligen gotlandsag som vanligen gynnas av större vattendjup, och som normalt har svårt att klara längre perioder av torrlagda förhållanden. Välkända större och namngivna exempel är Ojnare myr, Tväringsmyr, Släkmyr och Brutmyr. Några enstaka mindre men torvbildande våtmarker har karaktären av mer svårklassificerade blandmyrar. De senare ligger ofta där korttransporterat grundvatten (utan

blekeutfällning) förekommer, exempelvis på nordsidan av Littorinavallen. De har dock så liten utbredning att de inte redogörs för nedan. Ett annat undantag utgörs av Bluttmo källmyr i Gildarshagens Natura 2000-område (den redogörs närmare för under avsnitt 4.9.2).



**Figur 49.** Våtmarkstypernas schematiska fördelning inom undersökningsområdet. Mörkblå ytor markerar våtmarker med den mest betydande torvbildningen – huvudsakligen agmyrar, men i några fall andra typer av myrar med torvhorisont (avsnitt 4.7.1); ljusblå ytor markerar temporära våtmarker (olika blöta fukthedar och s.k. pseudovätar) på vittringsjordar (4.7.4); och gröna ytor markerar rikkärr med blekeutfällning (4.7.2). © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

De torvbildande våtmarkerna förekommer endast i utströmningsområdena och är huvudsakligen lokaliserade till tydliga topografiska depressioner (se figur 47-49). I flera fall visar våra observationer att dessa våtmarker delvis är grundvattenförsörjda. Troligen förekommer omfattande blekeutfällning i åtminstone vissa av dessa. Förmodligen sker i så fall grundvattenutflödena under torvlagret eftersom vi inte kunnat konstatera någon blekeutfällning på ytan i dessa, trots att några av de större myrarna (t.ex. Ojnare myr) har uppvisat relativt tjocka lager av bleke som underlagrat torven (se även 4.10). De tydligaste bäckflödena rinner också mellan några av området agmyrar (se 4.8.1).



**Figur 50.** Agmyr med ett större parti öppet vatten. Denna myr (57°50'45.45"N, 18°58'31.72"O) saknar officiellt namn men ligger alldeles norr om Brutmyr i södra Bräntings haid Natura 2000-område. Den får här representera de torvbildande våtmarker som karterats i denna rapport. Denna agmyr är permanent vattenförande och växtligheten domineras helt av ag. Tydlig blekeutfällning sker på botten av det öppna vattnet. © Krister Mild.

#### 4.7.2. Rikkärr

I områdets rikkärr överlagras kalkhällen normalt av en till två decimeter sedimenterad bleke. Vanligen ligger rikkärren i svaga depressioner i hällen, och i många fall där sluttningar övergår i mer horisontella ytor. Vegetationen domineras ofta av de för de gotländska rikkärren karaktäristiska starr- ag- och mossarterna, med ett varierande inslag av olika orkidéer. I vissa rikkärr finns någon eller några ruggar av gotlandsag. Det finns vissa gränsdragningsproblem mellan kalkfuktängar och rikkärr i området. Det går dock utanför syftet med denna rapport att hantera denna fråga. Vissa rikkärr skulle därför kunna karteras som kalkfuktängar beroende på vald definition. Det har dock ingen praktisk betydelse i detta fall eftersom syftet med våtmarksklassificeringen i rapporten är att öka förståelsen för områdets hydrologi och hydrogeologi – och inte att genomföra en fullständig vegetationskartering.

Samtliga undersökta rikkärr har uppvisat blekeutfällning, i många fall mycket riklig. Vi har m.a.o. inte funnit något enda kärr med karaktäristisk rikkärrsvegetation som inte också uppvisat blekeutfällning. Många av områdets rikkärr uppvisar tydliga vegetationslineament av gräs/starr/örter som löper som strängar över våtmarken (se figur 35-40 och 51-52). I samtliga fall där vi undersökt dessa lineament har vegetationen underlagrats av en karstspricka. I ett flertal rikkärr där blekehorisonten är tunn syns karstsprickorna tydligt (se figur 52). I ett flertal andra rikkärr syns fläckvis kraftigt uppspruckna block utan någon tydlig sprickriktning (se figur 38, 40 och 51-52). Det är endast i några få av alla områdets rikkärr där den karstifierade berggrunden inte syns vid våra besök, men vi bedömer ändå att om berggrunden skulle friläggas skulle också karstsprickor framträda även i dessa.

I flera rikkärr, bl.a. de på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och den sökta täkten, har vi kunnat konstatera uppträngande grundvatten och hur alldeles färsk bleke, i s.k. vattenfas, fällt ut. Förekomsten av kombinationen bleke och

karstsprickor i flertalet övriga rikkärr är enligt vår analys ett övertygande bevis för att rikkärren är matade med grundvatten från karstsystemen (se bl.a. avsnitt 4.9.3 och 4.10 för en utförligare redovisning).

Det innebär också att uppgifterna i MKB:n om att bl.a. rikkärren på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och täkten är efemära våtmarker på tät berggrund, vars vatten försvinner genom avdunstning, saknar stöd i våra inventeringsresultat.



**Figur 51.** Fyra exempel på rikkärr inom undersökningsområdet – alla fotograferade i juli. De har en riklig blekeutfällning men ingen är permanent vattenhållande. Vegetationen är typisk för rikkärr på Gotland, men de har också varierande inslag av agruggar. Likt flertalet rikkärr inom undersökningsområdet är berggrunden i dessa kraftigt uppsprucken och vattenförande. Överst t.v. ett rikkärr i södra centrala delen av det sökta täktområdet (57°51'27.12"N, 18°57'56.74"O). Notera de grovt uppspruckna blocken. Överst t.h. ett kärr i norra Bräntings haid Natura 2000 (57°51'47.09"N, 18°56'7.06"O). Notera de långa vegetationsklädda karstsprickorna som löper genom bilden. I bildens högra kant syns en s.k. cirkelkälla (se avsnitt 4.9.3). Nederst t.v. ett rikkärr alldeles invid provtäkterna (57°52'4.62"N, 18°56'42.10"O) som även det uppvisar kraftigt uppsprucken berggrund. Nederst t.h. ett rikkärr med riklig blekeutfällning i nordvästra delen av undersökningsområdet (57°52'12.35"N, 18°55'8.83"O). © Krister Mild.



**Figur 52.** Fyra exempel på rikkärr inom undersökningsområdet – alla fotograferade i april. Jämfört med sommarbilderna i figur 51 är kärren nu ordentligt blöta. Överst t.v. och Överst t.h. ett rikkärr på gränsen mellan norra Bräntings haid Natura 2000 och det sökta täktområdet (57°51'50.81"N, 18°56'19.57"O). Notera de vegetationsklädda karstsprickorna i vänstra bilden och den rikliga blekeutfällningen i högra bilden. Nederst t.v. ett kärr i norra Bräntings haid Natura 2000 (57°51'47.09"N, 18°56'7.06"O) – samma som i figur 51 ö.t.h., ovan. Nederst t.v. ett rikkärr i södra centrala delen av det sökta täktområdet (57°51'27.12"N, 18°57'56.74"O) – samma som i figur 51 ö.t.v., ovan. © Krister Mild.

#### 4.7.3. Äkta vätar

Vätar brukar grunda vattensamlingar som torkar ut under sommaren kallas. De finns företrädesvis på kalkberggrund på Öland och Gotland. Det finns dock ingen enhetlig definition av vad en vät är.

I denna rapport definieras en gotländsk vät som:

*Tidvis översvämmad mark som bildas i svackor i terrängen där den underliggande berggrunden är så tät att ingen infiltration kan ske. Då svackorna vattenfylls vid regn blir vattnet därför kvar tills det avdunstar. En del vätar kan få tillskott av tillrinnande ytvatten från omgivande mark och vatten från tillfälliga källor. Vegetationen är ofta osammanhängande.*

Vi har i ovanstående följt definitionen av vät i den svenska våtmarksinventeringen<sup>1</sup> (VMI). Det avgörande för definitionen är att väterna ligger på tät berggrund så att dessa tillfälliga vattensamlingar torkar ut genom avdunstning och inte genom dränering.

<sup>1</sup> Våtmarksinventeringen – resultat från 25 års inventeringar. Nationell slutrapport för våtmarksinventeringen (VMI) i Sverige. Rapport 5925. Naturvårdsverket 2009.



Avleds vattnet genom ett topografiskt betingat utlopp (bäck eller å), eller på karstvittrad berggrund genom slukhål/karstsprickor, är det definitionsmässigt inte en vät. Det kan heller inte vara en vät om våtmarken har ett tillflöde av ytvatten eller via källor som överstiger avdunstningen, dvs. om våtmarken är permanent vattenhållande under hela året.

Vi har inte funnit någon äkta vät inom undersökningsområdet, trots att flera av våtmarkerna inom undersökningsområdet kallas vät i miljökonsekvensbeskrivningen, av lokalbefolkning och i några fall av även i Lantmäteriets databas. Äkta våtar förekommer dock på andra delar av Gotland (se figur 53 för ett exempel). Att våtar saknas eller är ovanliga i områden med omfattande karstbildning är lätt att förstå eftersom regn- och ytvattnet hinner dräneras ner i karstsprickorna innan tillräckliga mängder vatten kan ansamlas i en svacka i en tät del av hällen så att en vät kan uppstå.



**Figur 53.** Äkta våtar definieras bl.a. av att ligga på tät osprucken berggrund och att vattnet försvinner (sommartid) genom avdunstning. Äkta våtar saknas inom undersökningsområdet och är generellt ovanliga i områden med omfattande förekomst av karstsprickor. Bilden är tagen utanför undersökningsområdet (i Stora Vikers 57°50'37.99"N, 18°50'8.02"O). © Krister Mild.

#### 4.7.4. Fukthedar och "pseudovätar"

Över rätt stor arealer av undersökningsområdet täcks kalkhällen av tunna vittringsjordar. Eftersom dessa jordar utgörs av lösa avlagringar som bildas på plats, direkt ur den underliggande kalkstenshällen genom vittring, varierar de i kornstorlek från leror till block. De mer blockrika vittringsjordarna är ibland svåra att skilja från grovt uppspruckna och karstifierade kalkhällar (se 4.1). Vanligast är dock mer finkorniga vittringsjordar.

##### *Torrhedar och alvarmark där vittringsjordarna är väl-dränerade*

Generellt kan vittringsjordarna delas in i väl-dränerande och svag-dränerande typer. Väl-dränerande vittringsjordar bildar vanligen ett tunt lager direkt på kalkhällen, och regn- och ytvatten dräneras snabbt undan via karstsprickor. På dessa marker dominerar torktåliga växtarter och de vanligaste naturtyperna är alvar och olika typer av torrhedar. På svag-dränerande vittringsjordar täcks hällen vanligen av ett något tjockare lager vittringsgrus som ofta underlagras av en tunnare horisont kalklera. Även om

övergångarna ofta är glidande så skiljer sig vegetationssammansättningen och förmågan att hålla ytvatten vanligen tydligt mellan vittringsjordar av olika mäktighet och dräneringstyper.

*Fukthedar och tillfälliga våtmarker där vittringsjordarna är svagdränerande*

Svagdränerande vittringsjordar ligger vanligen i flacka svackor på berghällen. När karstsprickor förekommer är dessa mer eller mindre igentäppta av lera eller andra finjordar. Eftersom borttransporten av vatten nedåt genom berggrunden är mindre och långsammare jämfört med väl-dränerade jordar, blir jordtäcket mättat med vatten under senhöst, vinter och vår.

I områden med mer ytvatten utbildas ofta en horisont av kalklera. På Gotländska jordartskartor klassificeras dessa leror ofta som moränlera, men till skillnad från moränlera har kalkleran vittrat fram på plats direkt ur den underliggande kalkberggrunden. Leran täcks, genom uppfrysningsfenomen, ofta av ett tunt lager grus eller tunna stenar. Eftersom lerlagret är delvis tätande även mot den underliggande uppspruckna hällen, bildas ofta temporära våtmarker på denna typ av mark. Naturtyperna på denna svagdränerande jordart är ofta olika typer av fukthedar.

Under vittringsjordarna inom undersökningsområdet finns nästan alltid ett mer eller mindre omfattande system av karstsprickor (se 4.2). Där sprickorna i hällen underlagrar vittringsjorden avslöjar de sig som strängar av frodigare vegetation. I de områden som vi bedömt att de enbart utgör inströmningsområden för regn- och ytvatten dominerar vittringsjordar.



**Figur 54.** Tillfälliga våtmarker på svagdränerande mark, fotograferade i juli. I dessa är det underliggande lerlagret mycket tunt varför de endast är vattenförande under kortare perioder under nederbördsrika vintrar och direkt efter år med riklig snösmältning. I bilden t.v. syns en ljus fläck där kalkleran skrapats fram. Vänstra bilden är från centrala Bräntings haid Natura 2000-område och högra bilden från centrala Bunge Ducker 1:64. © Krister Mild.



**Figur 55.** Tillfälliga våtmarker på svagdränerande vittringsjordar, fotograferade i april. Dessa våtmarker har ofta lite större areell utbredning och någon/några månaders längre varaktighet – jämfört med våtmarkerna i figur 54, ovan. Ofta är de vattenförande t.o.m. april-maj, vilket beror på att lerlagret är något tjockare – ofta 5-10 cm. Vegetationstypen som utvecklas på denna jordart är fukthed. I bilden överst t.h. har den underlagrande kalkleran skrapats fram. Dessa fukthedar ger oftast det steniga intryck som i bilderna ovan, men stenarna ligger bara som en tunn film på ytan och underlagras av ett tjockare lager lera. Stenarna och gruset har ansamlats på ytan genom uppfrysningrörelser. © Krister Mild.

### *”Pseudovätar”*

Där vittringsjordarnas lager av kalklera blir tjockare (ofta mer än 10-15 cm) bildas ofta tillfälliga våtmarker som arealmässigt är större men också är vattenhållande under längre perioder än på övriga vittringsjordar. De är ofta på kartor och i folkmun namngivna som vätar. Det som skiljer dem från äkta vätar är att de inte ligger på tät berggrund, istället underlagras de av svagdränerande vittringsjordar. Huruvida det behövs en ny definition för våt eller om denna typ av temporära våtmarker på svagdränerande vittringsjordar behöver namnges, ligger dock utanför syftet med denna rapport. I denna rapport kallas de för *”pseudovätar”*. Ett exempel på denna typ av våtmark finns i sydöstra delen av Bräntings haid Natura 2000-område som ligger norr om väg 148.

Vi har försökt besvara frågan om de största och mest långvarigt vattenhållande våtmarkerna av denna typ kan vara äkta våtar, som underlagras av tät berggrund och vars vatten försvinner genom avdunstning. Undersökningsresultaten visar dock att så inte är fallet. Övertygande bevis att de inte är äkta våtar är bl.a. förekomsten av vegetationslineament (som vi verifierat beror på underlagrande karstsprickor) samt tidpunkten för vattnets försvinnande. Vattnet försvinner nämligen mycket tidigare under året i pseudovätarna än vad som är fallet i äkta våtar. Normalt är de torra redan tidigt i april-maj, långt innan högsommarens period med hög avdunstning satt in. Det kan förklaras av att pseudovätarnas vatten försvinner genom infiltration genom de halvt genomsläppliga lerlagren och vidare ner genom kalkhällens karstsprickor.



**Figur 56.** S.k. pseudovätar på svagdränerande vittringsjordar, fotograferade i april (nederst t.v.) och i juli. Pseudovätarna är den våtmarkstyp som underlagras av de tjockaste lagren kalklera, oftast mer än 10-15 cm, och vattnet i dessa blir därför stående längre tid fram på våren – ofta under hela eller delar av maj månad. Vegetationen är oftast av fuktighets-typ, ibland med inslag av växtsamhällen typiska för fuktäng, rikkärr eller äkta våtar. Ibland blir vattendjupet och arealen mycket omfattande. Pseudoväten i bilden överst var mer än halvmeterdjup och drygt en halv kilometer bred vid vårt besök i april men helt torrlagd i juli (då fotot togs). I båda nedre bilderna syns sedimentfyllda men dränerande karstsprickor som vegetationsklädda strängar över våtmarken. Översta bilden är från det stora komplexet av pseudovätar alldeles norr om väg 148 i Bråntings haid Natura 2000-område (57°51'1.46"N, 18°57'47.70"O). Bilden nederst t.v. är från centrala Bunge Ducker 1:64 (57°51'28.89"N, 18°57'21.06"O), fotot nederst t.h. är från sydvästra delen av Bästeträsk's Natura 2000-område (57°52'15.25"N, 18°56'14.63"O). © Krister Mild.

#### **4.7.5. Våtmarkernas vegetationsfördelning**

Vilken vegetation och vilka naturtyper som utvecklas på olika platser styrs bl.a. av olika abiotiska förhållanden som ofta tydligt går att koppla mot olika jordartstyper, vattentillgång, men också av mer specifika förhållanden som blekeutfällning, grundvattenmatning etc. Det innebär att fördelningen av olika vegetationstyper inom en våtmark ofta kan förklaras av specifika abiotiska företeelser. Exempelvis är fördelningen av växttäcket och arterna i vissa våtmarker mosaikartad på ett sätt som inte låter sig förklaras på annat sätt än att den styrs av bergrundens sprickighet, källflöden, blekeutfällning och periodvis infiltration. Blekeutfällningen har vidare en nyckelroll som störningsregim, genom sin egenhet att inledningsvis förekomma i vattenfas, och som därmed tydligt kan påverka etablering av växter, bildningen av rotfilt och förekomsten av vegetationslösa ytor m.m.

## 4.8. Ytvattenflöden

### Sammanfattning:

- Områdets rinnande vattendrag är inte permanenta och är främst beroende av det vattenöverskott som visar sig i grundvattenmatade våtmarker vid höga grundvattenflöden.
- Det regnvatten som faller över området dräneras snabbt ned i karstsprickornas grundvattensystem. Ytavrinning över större ospruckna bergytor, eller genom de jordartstäckan som ställvis täcker hållarna, förekommer därför inte.
- Våtmarkerna i gränsoområdet mellan det sökta täktområdets nordvästra del och norra delen av Brättings haid Natura 2000-område omges av aningen högre berggrund (och inte av morän), vilket i normalfallet omöjliggör för våtmarkernas vatten att diffust rinna på ytan nedströms. Våtmarkerna dräneras istället vid högvattenflöden av bäckar i terrängens lågpunkter och vid låga grundvattenflöden via karstsprickor under våtmarkerna.

### 4.8.1. Ytvattenflöden – rinnande vattendrag

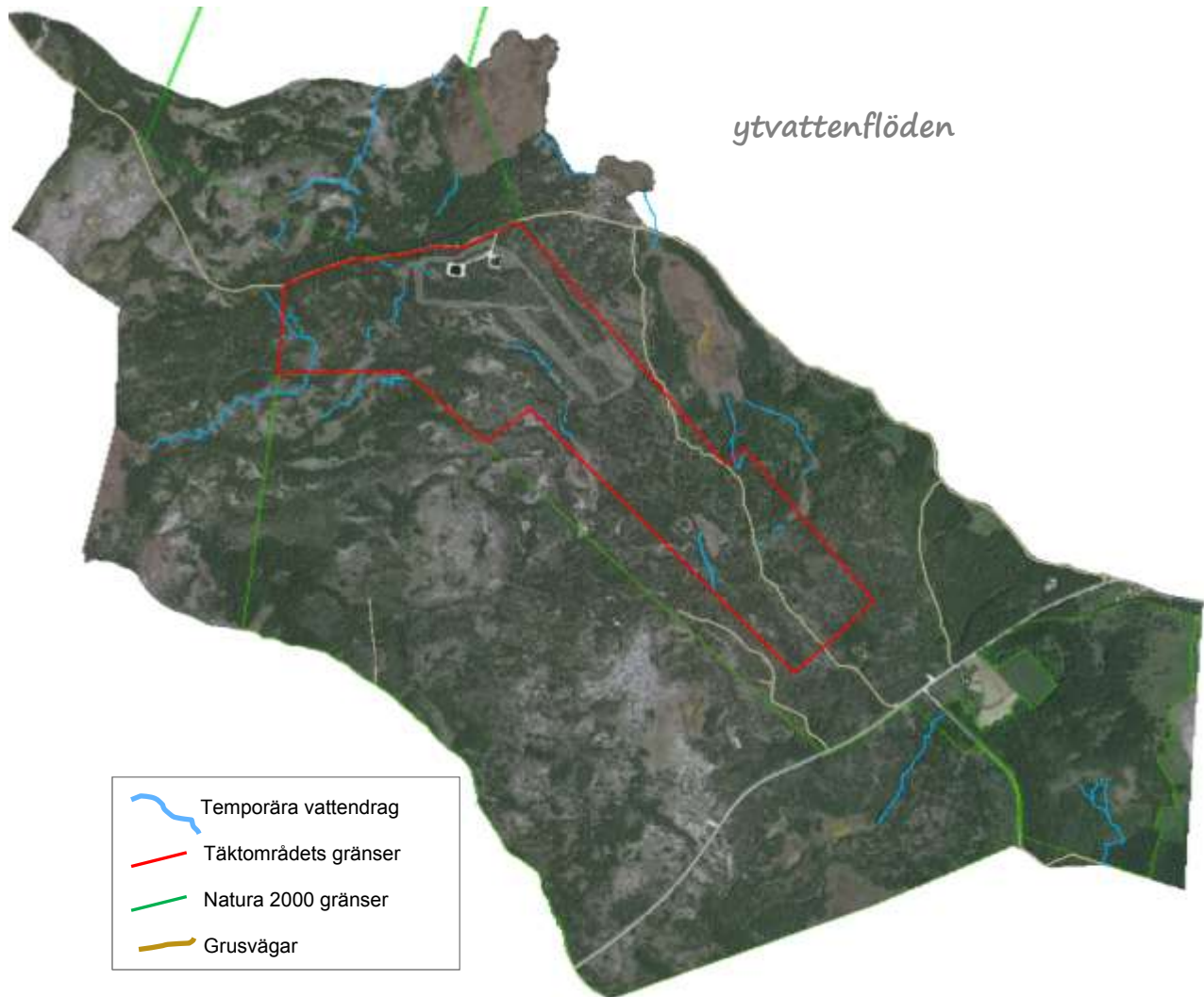
#### *Bakgrund, definition och metod*

Förekomsten av ytvattenflöden är viktiga för att förstå områdets komplicerade hydrologi. Vi har försökt kartera alla tillfälliga och permanenta rinnande vattendrag samt de strukturer de rinner i. Inför fältbesöken har vi studerat kartmaterial i MKB:n, SMHI:s och Lantmäteriets databaser över vattendrag samt gjort egna flygbildstolkningar. I fält har vi sedan besökt alla de angivna vattendrag som återfanns i ovanstående källor. Vi har även tagit hjälp av noteringar från egna besök i området från tidigare år. Vi har inga egna data på flödesvolym och årstidsvisa variationer.

#### *Resultat och slutsatser*

Inom undersökningsområdet finns inga permanenta vattendrag. De bäckar som förekommer uppstår endast under högvattenflöden, främst under höst, vinter och vår. Flödena kan då vara av stor omfattning. Under sommaren torkar vattendragen vanligen ut helt. Inte ens undersökningsområdets största ytvattenflöde – bäcken mellan Ojnare myr och Tvärlingsmyr – håller vatten under torra somrar. De rinnande vattendragen följer terrängens lågpunkter, och trots att de inte är permanenta har flertalet väl definierade bäckfåror, ibland tydligt nederoderade i berggrunden. De rinnande vattendragen/bäckarna upphör plötsligt på vissa platser för att ibland sedan uppstå igen längre nedströms. Ett tydligt exempel är de vattendrag som vid högvattenflöden rinner norrut via Brättings haid Natura 2000-område, genom det sökta täktområdets nordvästra del. När de når Littorinavallen på gränsen mellan täktområdet och Bästeträsk Natura 2000-område upphör dessa plötsligt. Ibland bildas tillfälliga våtmarker där bäckarnas vatten dämmer mot strandvallen. Nedströms Littorinavallen uppstår vissa vattendrag igen i form av källor och rinnande vattendrag. Andra tillfälliga bäckflöden, som det som rinner via våtmarker i de centrala och norra delarna av det sökta täktområdet, upphör plötsligt trots att vattnet rinner i en väldefinierad topografisk sänka som lutar nedströms. Det vattenflödet förefaller komma till ytan igen i en våtmark som ligger ca 5-7 m lägre, efter vad vi tolkar som en underjordisk transport genom den karstifierade berggrunden.

Vattendragen återfinns i utströmningsområdena för grundvatten (se avsnitt 4.6). Undersökningarna visar att de tillfälliga bäckarna uppstår under perioder med höga grundvattenflöden och att de matas med vatten från grundvattenmatade våtmarker och via (tilfälliga) källor. När grundvattenmatningen av våtmarkerna och källorna upphör (under sommaren) sinar också bäckarna. Resultaten från dessa undersökningar pekar också på att de rinnande vattendragen endast i begränsad omfattning förses med ytavrinnande regnvatten (med undantag av det regnvatten som faller över de största våtmarkerna).



**Figur 57.** Ytvattenflöden inom undersökningsområdet markerade som blå linjer. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

Våra data visar att Släkmyrs hela ytvattenavrinning i högvattenlägen passerar genom bäckflöden i nordvästra delen av det sökta täktområdet. Inget ytvatten rinner m.a.o. nedströms väster om Bunge Ducker 1:64 i denna del av undersökningsområdet (jämför med uppgifterna i MKB:n som anger att detta vatten delvis passerar väster om det sökta täktområdet).



**Figur 58.** Ytvattenflöden inom norra delen av undersökningsområdet markerade som blå linjer. Det ytvattenflöde som kommer från Släkmyr, och passerar nordvästra delen av det tänkta täktområdet, är det som är längst till vänster i bilden. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

#### 4.8.2. Ytavrinning på täta hållar

##### *Bakgrund, definition och metod*

I miljökonsekvensbeskrivningen anges att kalkhällarna över stora ytor är täta och det över dessa sker en ytavrinning av regnvatten.

Vi har därför dels undersökt hur stora ytor av täta sprickfria hållar som förekommer där ytavrinning är tekniskt möjlig och vi har på uppsruckna hållar bedömt om det finns tecken på att storskalig ytavrinning sker över hållarna vid högvattenlägen. Vi har också studerat om lavfloran indikerar vattenrörelser och översvämning.

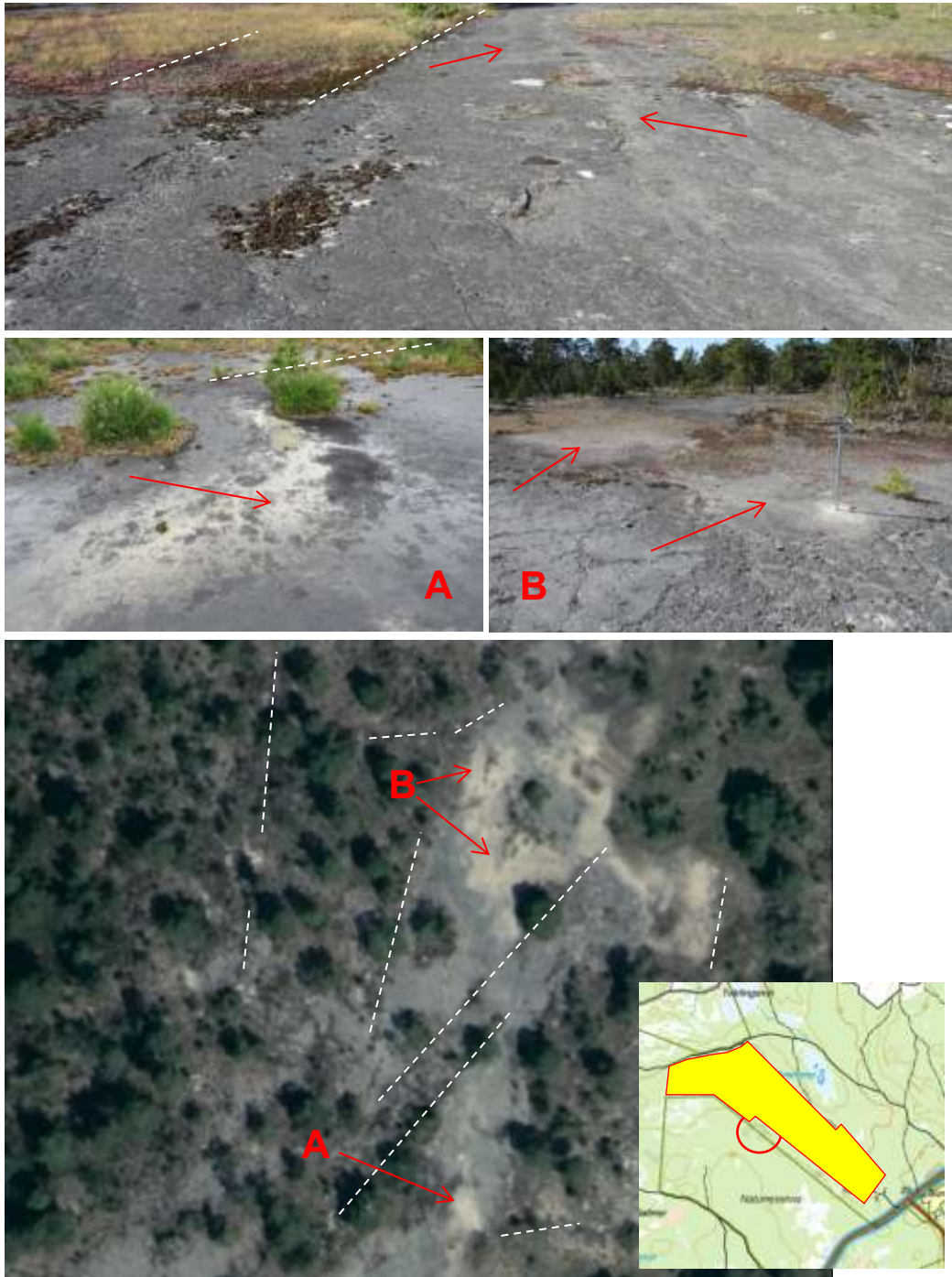
##### *Resultat och slutsatser*

Som framgår av avsnitt 4.4 finns inom det undersökta området inga större avsnitt av ospruckna hållar där ytavrinning av regnvatten kan ske. De största sammanhängande ospruckna partierna har ytor som oftast understiger 25x30 meter (se 4.4 ovan). De största ospruckna hållarna som vi karterat omges av mycket kraftigt uppsprucken och karstifierad berggrund – betydligt mer än undersökningsområdet i genomsnitt. Det finns därför inga observationer som stöder den framförda slutsatsen att ytvatten i större utsträckning rinner över täta berghällar mot lägre partier.

Möjligheten att bedöma om ytvatten kan strömma över större ytor av uppsruckna ytor med berg i dagen när dessa karstsprickor eventuellt är vattenfyllda, begränsas av möjligheten av att vara på plats när sådana förhållanden råder. Vi har själva inte observerat detta fenomen trots ett flertal besök under högvattenflöden och skyfall. Genom att studera förekomsten av skorplavar går det dock att tillförlitligt bedöma om hållarna utsätts för regelbunden ytavrinning eller inte. I andra områden i Sverige, samt de delar av Gotland, där ytavrinning regelbundet sker syns detta mycket tydligt på kalkhällarnas lavtäcke. Vid regelbunden ytavrinning tunnas lavtäcket ut påtagligt, genom att vissa arter av skorplavar missgynnas, vilket innebär att ljusare ränder bildas över sådana hållar. Detta kan även konstateras i småskalig storlek på de största



ospruckna hållarna inom undersökningsområdet. Där syns ofta 2-5 m långa ljusa ränder med uttunnat lavtäckte, där regnvattnet rinner över hållen innan det försvinner ner i närmsta karstspicka (se figur 59).



Figur 59. Där ytvattenflöden förekommer över täta hållpartier tunnans lavtäcktet ut och ljusare ränder bildas (röda pilarna). Övre bilden är från ett område utanför undersökningsområdet (Stora Vikers). Mellanbilderna samt flygbilden visar hur ytvavrinning sker i den mindre skalan på undersökningsområdets största ospruckna håll – innan vattnet försvinner ner i närmaste karstspicka (vita streckade linjer) eller små slukhål. © Krister Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

Inga tecken i lavtäcktet på omfattande ytvavrinning finns på någon av undersökningsområdets uppspruckna hållar med berg i dagen. Undersökningarna visar att ”overland flow” eller ytvavrinning på ospruckna hållar med berg i dagen inte

förekommer inom undersökningsområdet, förutom mycket småskaligt på några få och små ospruckna hållar (som dessutom omges av sprickrikt berg).

Följande episod anser vi speglar normalfallet. Den 18 juli befann sig Naturvårdsverket vid områdets största ospruckna kalkhäll samtidigt som ett timslångt skyfall passerade. Stora regnmängder föll under kort tid. På de ospruckna hällytorna rann regnvattnet ymmigt, men bara några få meter innan det försvann ner dels i små slukhål och dels i närmaste karstsprickor. Inget vatten blev stående på hällen (se figur 59-60). Inget vatten ansamlades heller i karstsprickorna.



**Figur 60.** Under det skyfall som beskrivs ovan, rann stora mängder av det regnvatten som samlades på hällen bl.a. ner i detta lilla slukhål i vänstra bilden. Notera att tunna, svårsedda sprickor syns på den tätta hällen (streckade röda linjer är lagda vänster om respektive nedanför – för att inte påverka synbarheten). Detta illustrerar elegant att karst inte alltid behöver synas på ytan. I det här fallet är det lilla slukhålet nedgången till två korsande karstsprickor som inte syns på ytan men som inte desto mindre utgör viktiga vattentransportörer. *Bilden till höger* visar hur snabbt hällen blir torr även efter ett mycket omfattande skyfall. Det vatten som stod centimeterhögt på hällen under skyfallet har bara några minuter efter att regnet upphört försvunnit i karstsprickor i bildens överkant. När hällen är fuktig syns också de tunna sprickorna tydligt (de är mycket svåra att se under torra förhållanden). I detta fall går sprickorna i alla möjliga riktningar. Det är denna typ av sprickor som i karstifierad form ger upphov till grovt uppspruckna partier med block och där en tydlig sprickorientering inte går att avgöra (se avsnitt 5.1). © Krister Mild.

Vår erfarenhet från Gotländsk karst, men också av karst från andra delar av Sverige samt världen, är att karstsprickorna är mycket effektiva bortledare av regnvatten. I Bunge Ducker har vi flera gånger under högvattenflöden sett borrhål och provtagningshål där grundvattnet står mycket nära markytan medan karstsprickor alldeles i närheten är torra (sprickornas synbara botten ligger m.a.o. betydligt djupare). Vi har aldrig noterat karstsprickor i grundvattnets inströmningsområden (se avsnitt 6.6) som är vattenfyllda, vilket däremot regelbundet förekommer i områden som ibland är utströmningsområden för grundvatten (och som en effekt av uppsträngande vatten).

#### 4.8.3. Diffus ytavrinning genom morän(-ryggar)?

##### *Bakgrund, definition och metod*

I MKB:n anges att låga moränryggar omger och avgränsar våtmarkerna i gränsområdet mellan det sökta täktområdets nordvästra del och norra delen av Bräntings haid's natura 2000-område. Vidare anges att dessa moräner dels dämmer våtmarkerna och dels att de är semipermeabla och att vattnet därför rör sig nedströms mellan områdets våtmarker via diffus ytavrinning genom dessa jordartslager.

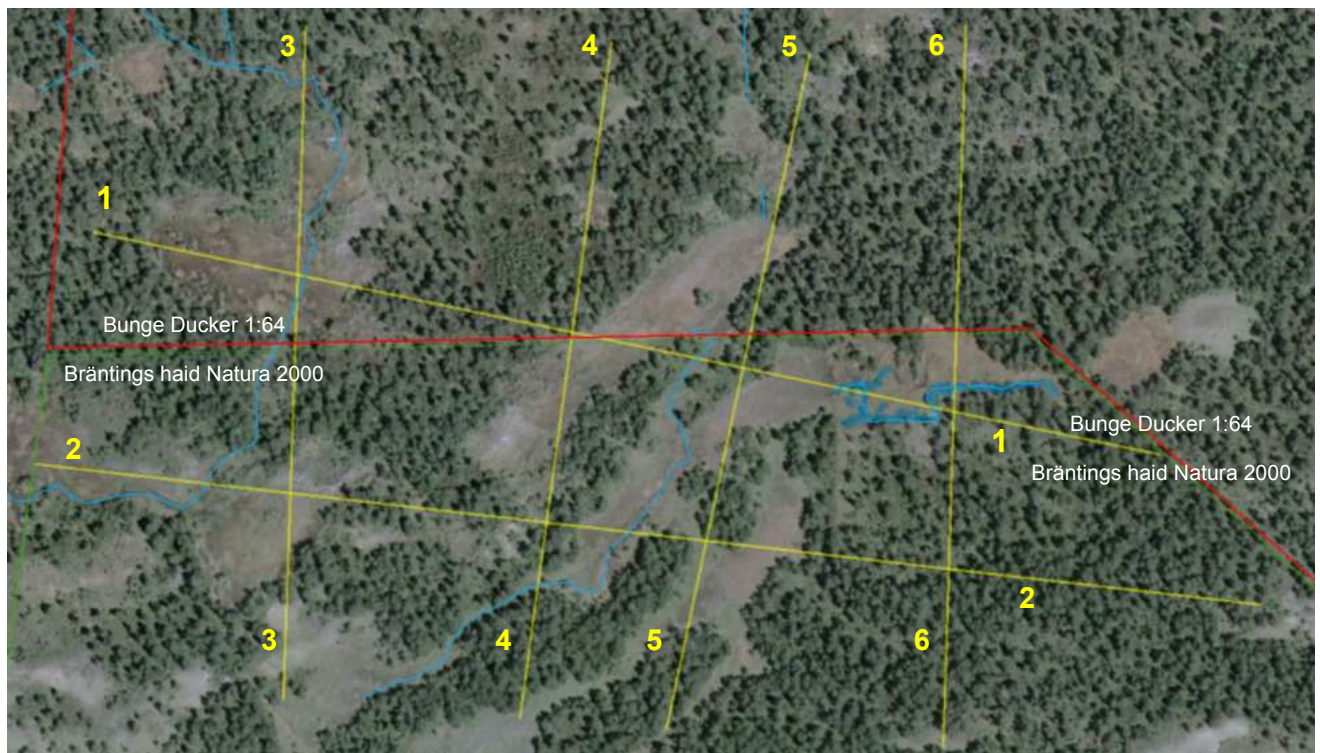
Vi har undersökt om dessa våtmarker omges av morän och om en diffus avrinning av ytvatten genom dessa är möjlig. Jordlagrens tjocklek över kalkhällen har undersökts med en jordkäpp ("geokäpp") och i några fall genom grävning. Ingen avvägning med instrument har gjorts, utan istället har höjdskillnaderna mellan våtmarkerna och

omgivande terräng dels bedömts okulärt och dels genom kontroll i GIS via Lantmäteriets höjddatabas (vilken har hög höjdnoggrannhet här, i 2 x 2 m-raster).

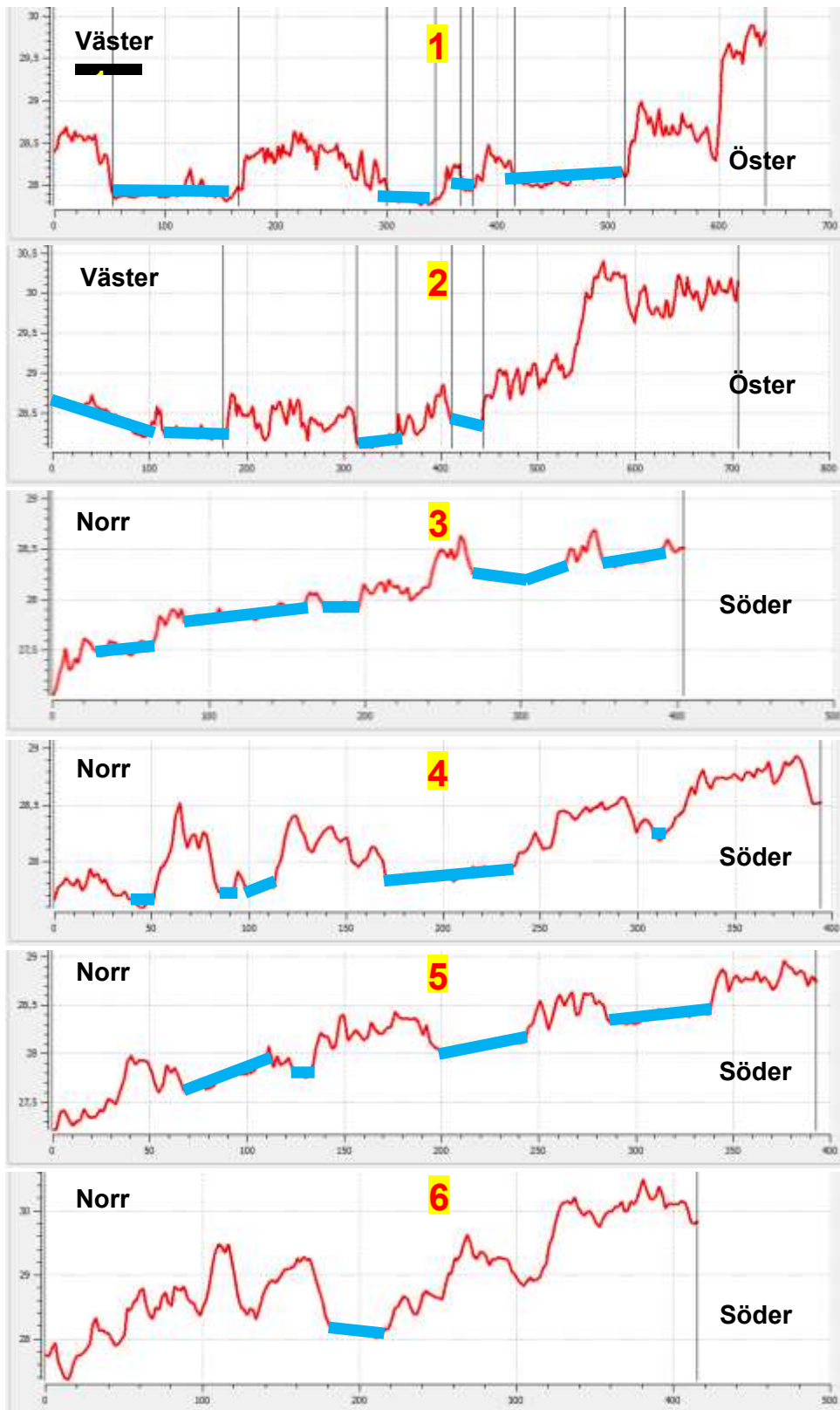
#### *Resultat och slutsatser*

De nämnda våtmarkerna ligger i svaga svackor i terrängen och omges av högre mark (från några decimeter till ca 1.5 m högre). Omgivande högre mark består huvudsakligen av låga bergryggar vilka i sin tur överlagras av ett varierande tjockt lager av morän eller vittringsjord. Jordartstäckets är här oftast 1-4 decimeter tjockt, i något fall aningen tjockare. Här och var ligger kalkhällen bar. Det är tydligt att de svaga höjdryggar som omger och avgränsar våtmarkerna huvudsakligen utgörs av låga ryggar av kalkberg – och inte av morän. Hela berggrunden är svagt undulerande och det är de högre partierna som bildar dessa bergryggar.

Om vattnet ska passera igenom de låga ryggarna av kalkberg behöver det med andra ord ske genom karstsprickor, d.v.s. som grundvattenflöden. Endast under exceptionella högvattensituationer kan det i teorin lokalt ske en översilning över de hälltytor som omger kärnen. Undersökningarna visar istället att vattnet i högvattenslägen rör sig nedströms mellan våtmarkerna via väl definierade ytvattenflöden i smala depressioner genom terrängen (d.v.s. tillfälliga rinnande vattendrag i bäckfårar). Vidare förses de aktuella våtmarkerna (så som framgår i bl.a. avsnitt 4.7, 4.9 och 4.10) dessutom med grundvatten från karstsystemen via sprickor i berggrunden. Vatten avgår också från våtmarkerna genom samma sprickor under sommarens låga grundvattennivåer.



**Figur 61.** Denna och nästa sida. Flygfotot visar gränsoområdet mellan det sökta täktområdet och norra Brättings haid Natura 2000-område där ett antal våtmarker kommer att skäras av på mitten. De numrerade gula linjerna på flygfotot motsvaras av respektive höjddiagram på nästa sida. De ljusblå linjerna motsvarar temporära rinnande vattendrag i högvattenslägen (på våren). De blå linjerna följer lågpunkter i terrängen norrut, förutom det östligaste vattendraget som rinner västerut. De beigebruna ytorna är våtmarker. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.



**Figur 62.** Höjddiagrammen på denna sida motsvaras av de nummerade gula linjerna på flygfotot på föregående sida. Diagrammen visar längden i meter på de gula linjerna i flygfotot, samt höjden över havet i meter. De ljusblå fälten visar våtmarkernas läge, men även berggrundens lutning i dessa kärr! Dessa tvärsnitt över våtmarkerna visar de betydande höjdskillnaderna (några decimeter till drygt 1,5 meter) mellan berggrunden/jordarterna och våtmarkerna. De rinnande vattendragen passerar i låglägen mellan höjdryggarna. Data ur den nationella höjddatabasen: © Lantmäteriet.

## 4.9. Grundvattenutflöden (källflöden)

### Sammanfattning:

- Ett antal grundvattenutflöden förekommer på fast mark, utanför våtmarker, inom undersökningsområdet. De utgör utströmningspunkter vid höga grundvattennivåer. Vattnet i dessa källor bedöms vara korttransporterat ytligt grundvatten eftersom ingen bleke fällt ut.
- I områdets rikkärr förekommer ofta grundvattenförande sprickor. Vid höga grundvattennivåer fungerar de som utströmningspunkter och vid låga grundvattennivåer som inströmningspunkter som då dränerar kärrens vatten.
- I gränsområdet mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och det sökta täktområdet är sådana källflöden i våtmarkerna särskilt talrika.
- Det utströmmande grundvattnet i dessa sprickor i våtmarkerna kommer från karstsystem vilket bl.a. visas av en omfattande utfällning av färsk bleke, bildning av mjuk kalktuff, förekomst av artesiskt formad bleke och mjuk kalktuff, vegetationens fördelning, samt vattnets temperatur, pH och konduktivitet.
- Grundvattenutströmningen och blekeutfällningen bedöms vara en förutsättning för förekomsten av rikkärr.
- Utströmmande grundvatten och blekeutfällning har inte observerats i någon enda av undersökningsområdets fukthedar/fuktängar. Inte heller i mer permanenta våtmarker, typ agmyrar, men där förhindras okulära studier av ett mer eller mindre tjockt torvlager.
- I gränsområdet mellan norra Bräntings haid Natura 2000-område och det sökta täktområdet förekommer också ett femtontal cirkelrunda källflöden i rikkärren. Vid undersökningen har berghällen under källorna frigjorts och dessa uppvisar korsande sprickor som kan förklara den punktvisa utströmningen.

Grundvattenutflöden (oftast benämnda källflöden i denna rapport) är viktiga att kartera för att bättre förstå dels områdets hydrogeologi, eftersom källorna ger information om grundvattenflöden i berggrundens karstsystem, dels områdets hydrologi och dels varför fördelningen av olika typer av våtmarker i området ser ut som den gör.

### 4.9.1. Källflöden på "fast mark" (utanför våtmarkerna)

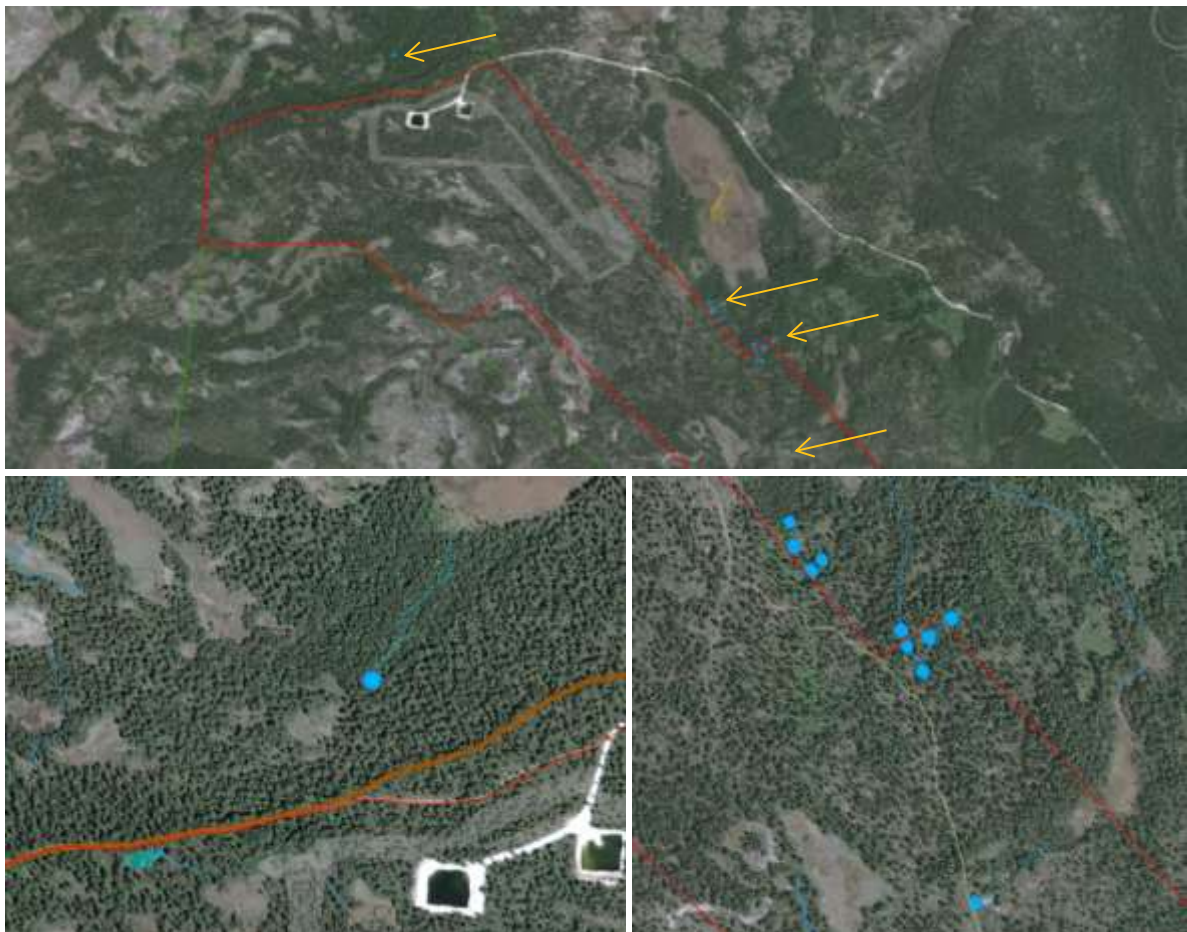
#### *Bakgrund, definition och metod*

Källflöden som kommer ut som punktkällor ur berggrunden eller ur jordarten men som inte utgör en våtmark, har markerats som GPS-punkter på en karta (se figur 63) med en beskrivning av typ av källa, förekomst av bleke, vattenföring, temperatur, pH och konduktivitet. Källorna har besökts under såväl april som juli för att notera om det förekommer permanenta källor inom undersökningsområdet. Vi har nyttjat beskrivningar av källförekomst från MKB:n, en källinventering utförd av Jörgen Pettersson, Gotlands Botaniska Förening, samt egna noteringar om källor från 2008 och 2011. Källflöden som mynnar underjordiskt i våtmarker med tydlig torvbildning går inte att upptäcka med de inventeringsmetoder som nyttjats i denna rapport. De kräver antingen förfinade geofysiska studier eller detaljerade vattenbalansberäkningar för att kunna detekteras. Det är känt sedan tidigare att Ojnare myr i stor omfattning matas av sådana källor (40 % av myrens vatten enligt MKB:n).

### Resultat och slutsatser

Vi har inte hittat några permanenta källor inom undersökningsområdet. Vid höga grundvattenflöden under höst, vinter och vår har de karterade källorna höga flöden, medan de är helt torra under sommarens torrperioder med låga grundvattennivåer. Vissa källor är tydligt ”punktförmade” som grus- och stenklädda skålar i terrängen, andra sipprar fram mer diffust genom de jordartslager som överlagrar berggrunden. Flertalet källor övergår i bäckstrukturer efter att vattnet trängt fram ur marken. Flera av de diffusa källflödena är mycket svårkarterade och tenderar att övergå i mindre våtmarker.

Källorna på fast mark (d.v.s. utanför våtmarkerna) har en tydlig geografisk fördelning inom undersökningsområdet (se figur 63). Ett antal väldefinierade punktkällor finns i gränsområdet mellan den sökta täktens östra del och Ojnare myrs sydvästra delar, där de förekommer relativt samlat längs ett moräntäckt hak/lägre klintkant. Källorna övergår i väldefinierade bäckstråk som mynnar i Ojnare myr. Ett antal diffusa och svårkarterade källflöden mynnar även centralt i södra Bunge Ducker 1:64. Nedströms (norr om) Littorinavallen i sydligaste delen av Bästeträsks Natura 2000-område finns dels ett stort och väldefinierat källflöde som övergår i en bäck som mynnar i Tvärulingsmyr, och dels ett stort antal diffusa och svårkarterade flöden på flera ställen längs slutningen som sipprar fram ur moränen norr om Littorinavallen vid högvattenlägen.



**Figur 63.** Källor på fast mark inom undersökningsområdet. Nederst t.v. En källa är belägen på norra sidan om Littorinavallen inne i södra delen av Bästeträsk Natura 2000-område. Littorinavallen syns som en brun sträng. Våtmarken som dämmer mot strandvallen syns i bildens nedre vänstra del. Nederst t.h. Alla övriga källor är samlade i ett område söder om Ojnare myr på gränsen till den sökta täktens (syd-)östra sida. Samtliga ligger i anslutning till hak och klintar i terrängen. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

Gemensamt för alla dessa källor på fastmark är att det inte förekommer någon blekeutfällning (se avsnitt 4.10) där vattnet tränger fram ur berget eller jordarten. Det talar för att dessa källflöden matas med korttransporterat grundvatten som inte har någon övermättnad på kalciumjoner. Att så är fallet är tydligt på vissa ställen, exempelvis vid Littorinavallen, där vallen dämmer upp temporära våtmarker på södra sidan. På norra sidan vallen sipprar tillfälliga källflöden fram så länge de dämnda våtmarkerna är kvar.

Inga källor/källflöden har hittats inom de områden som vi bedömer vara inströmningsområden för grundvatten (se avsnitt 4.6).

#### **4.9.2. Källflöden i våtmarkerna**

##### *Bakgrund, definition och metod*

Förutom källkupolerna i Bluttmo myr i Gildarshagen Natura 2000-område, har det inte funnits någon publicerad information om observerbara källflöden i undersökningsområdets våtmarker. I miljökonsekvensbeskrivningen har det anförts att sådana saknas eftersom våtmarkerna har uppgetts ligga på tät berggrund och vara matade av ytvattenavrinning. I februari 2008 noterade Naturvårdsverket ett omfattande grundvattenutflöde i kanten av en annars istäckt myr i norra Bräntings haid Natura 2000-område. I mars 2015 upptäckte Naturvårdsverket att några våtmarker i gränsområdet mellan den sökta tåkten och Bräntings haid Natura 2000-område var kraftigt uppspruckna och att grundvatten trängde upp ur sprickorna. Vidare noterades att det uppträngande grundvattnet hade en övermättnad av kalciumjoner eftersom en omfattande blekeutfällning skedde direkt runt sprickorna.

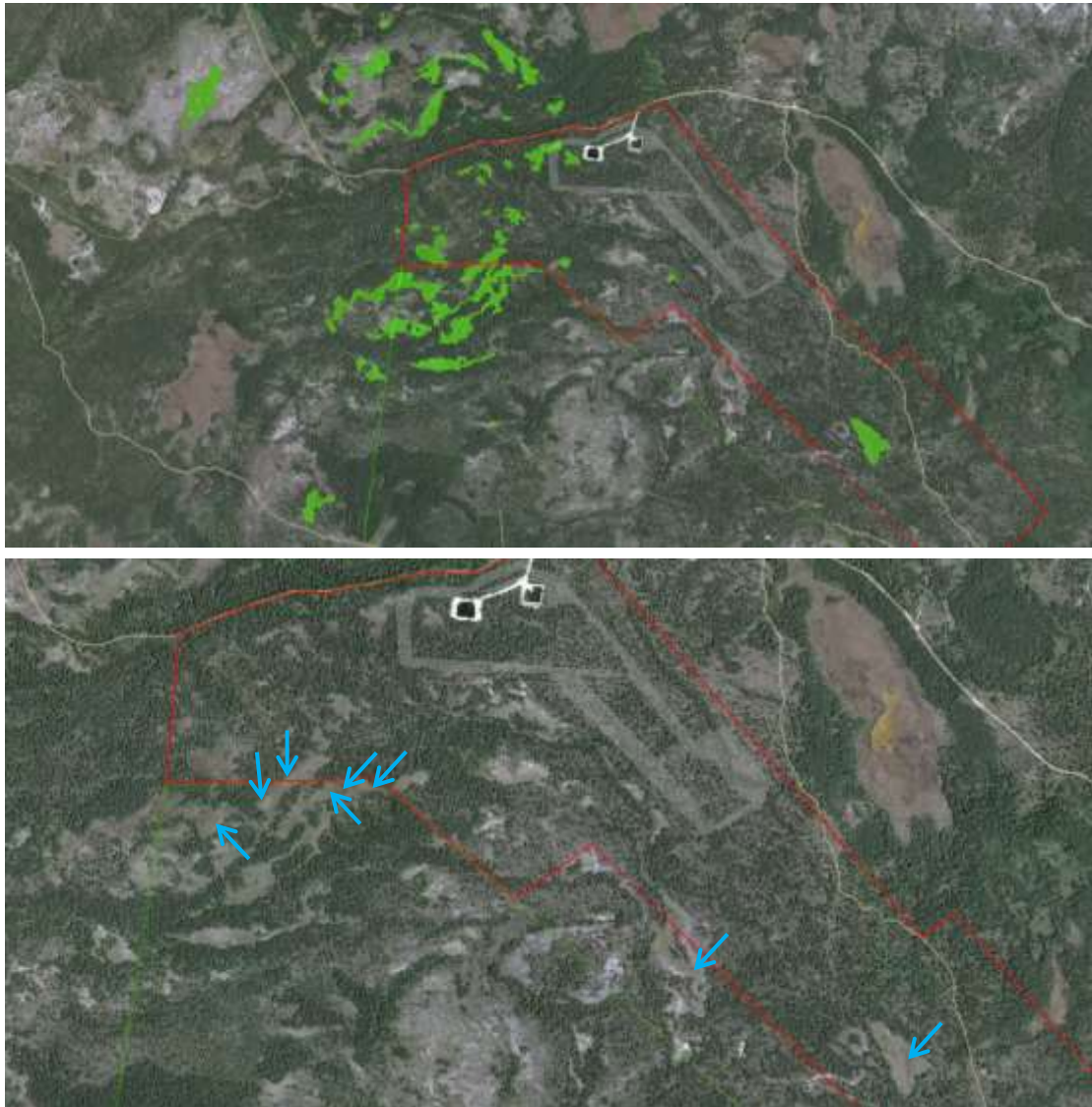
Som en följd av dessa observationer har vi under efterföljande karteringar eftersökt källflöden i undersökningsområdets våtmarker med så hög noggrannhet som möjligt. Under undersökningarna i april och juli har vi i detalj gått igenom varje enskild våtmark inom undersökningsområdet för att eftersöka källflöden och vattenförande sprickor. Sprickorna är lättast att kartera i fält men går ibland att detektera via flygfoton (se 4.1 och 4.3). De har antingen markerats som GPS-punkter eller som ytor på kartskikt (se figur 64). Karstsprickorna i våtmarkerna är vanligen fyllda med vittringsgrus eller kalkslam och framträder på ytan som vegetationslineament. Vi har med en jordkäpp (geokäpp) verifierat att alla vegetationslineament i våtmarkerna verkligen utgörs av karstsprickor (se 4.3). Vi har även noterat om blekeutfällning skett i anslutning till sprickorna.

##### *Resultat och slutsatser*

De karterade källflödena som mynnar direkt i våtmarkerna förefaller främst vara karstsprickor där grundvatten pressas upp diffus genom sprickan. I andra fall går det inte att avgöra var själva punkten där vattnet kommer ut är belägen, bara att vatten tillförs underifrån lokalt i samband med avgränsade sprickor eller spricksystem. Dessa källflöden har samtliga förekomst av utfälld bleke och i vissa fall bildning av kalktuff (se avsnitt 4.10). Samtliga våtmarker där vi konstaterat grundvattenförande sprickor utgörs av rikkärr. Inom undersökningsområdet har ingen av de tillfälliga våtmarkerna – som fukthedar och fuktängar (se 4.7.4) – uppvisat vattenförande sprickor, ej heller utfällning av bleke eller kalktuffsbildning. I de mer permanent vattenförande våtmarkerna (se 4.7.1) med tydlig torvhorisont (exempelvis agmyrar) syns heller inga vattenförande sprickor. Vi tror dock att sådana förekommer eftersom agmyrarna kan ha relativt mäktiga horisoneter av bleke, men att sådana sprickor döljs av bl.a. torvhorisonten. Iakttagelserna för de aktuella platserna bekräftar etablerade vetenskapliga synen att grundvattenutströmning (och här också blekeutfällning) är en

förutsättning för att rikkärr ska kunna utbildas. Vi bedömer också att det grundvatten som tränger fram i sprickorna härrör från karstsystemen pga. den lokala och rikliga förekomsten av bleke (se 4.10). Rikkärren med sina källflöden ligger alla inom de av oss bedömda utströmningsområdena för grundvatten (se 4.6).

Undersökningarna visar att sprickorna är grundvattenmatade under årets högvattenflöden (normalt senhöst, vinter och vår). Under sommaren, då grundvattennivåerna är låga, sker ingen utströmning utan sprickorna fungerar då som inströmningspunkter som sakta dränerar våtmarkerna på vatten (se även 4.3, 4.5, 4.6, 4.7.2 och 4.7.4 för mer detaljer om karstsprickornas funktion som både in- och utströmningspunkter).



**Figur 64.** Överst visas vilka våtmarker som vi bedömer är grundvattenmatade – här sammanfallande med områdets rikkärr. Att dessa våtmarker matas av källflöden visas av blekeutfällning samt förekomst av vattenförande sprickor, cirkelkällor, uppsprucken berggrund m.m. Utöver de källmatade rikkärren i översta bilden finns också en källmatad källmyr utanför kartbildens södra del (se nedan). I understa bilden visar blå pilar i vilka våtmarker vi i mars och april 2015 direkt noterat uppträngande grundvatten. © Jacobson & Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.





**Figur 65.** Ett av de rikkärr där vi observerat uppträngande grundvatten via den kraftigt uppspruckna berggrunden i våtmarken. De streckade vita linjerna i fotot visar vegetationsklädda karstsprickor. Notera den omfattande blekeutfällningen mellan sprickorna. Pilen i flygfotot visar samma plats som i fotografiet t.v. Notera att berggrunden är kraftigt uppsprucken i stora delar av kärret. Enligt MKB:n är berggrunden tät och huvudsakligen sprickfri i dessa kärr. Foto: © Krister Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

I norra delen av Bräntings haid natura 2000-område alldeles vid gränsen till Bunge Ducker 1:64 sker en omfattande men diffus utströmning av grundvatten i kanten av ett rikkärr (se figur 66). Detta noterades av Naturvårdsverket första gången i februari 2008 då ett isfritt stråk längs kanten av våtmarken stod i skarp kontrast till i övrigt istäckta våtmarker. Det uppträngande grundvattnet kan här inte kopplas mot synliga sprickor pga. jordartstäckets tjocklek. Det framträngande vattnet är övermättat med kalciumjoner och en omfattande blekeutfällning sker under högvattenflöden.



**Figur 66.** Flygbilden visar det öppna vatten som bildas av källflödet i högvattenlägen. Notera även ett mer punktformat källflöde (mörkblå fläck). Fotografierna visar samma område i april 2015. Den ljusgröna färgen på botten är kransalger av släktet *Chara*. Förutom de stora agmyrarna, är denna våtmark den enda inom undersökningsområdet där vi funnit kransalger. En riklig blekeutfällning sker också på denna plats. © Jacobson & Mild. Foton: © Krister Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

Den sedan tidigare kända förekomsten av källkupoler i Bluttmo myr avviker från de vattenförande karstsprickor i de rikkärr som beskrivs ovan. Här bildas istället ett femtontal kupoler med utfälld bleke och kalktuff, när det på kalciumjoner mättade grundvattnet når markytan. Kupolerna reser sig upp till en halvmetr över omgivningen och diametern varierar mellan tre och tio meter. Myren är av både fast- och mjukmattetypp och uppbyggd av ett tjockt lager av olika arter mossor som underlagras av en mäktig torvhorisont. Norr om själva källkupolerna mynnar vidare ett stort antal diffusa källor i våtmarker, som övergår i ett flertal bäckar som meandrar genom området. Utfällningen av mjuk kalktuff på bäckarnas botten är påtaglig. Bäckarna är permanent vattenförande de flesta år, även om de under vissa torrår rapporterats sina. Exakt hur vattnet artesiskt trycks rakt upp i själva källkupolerna är inte känt, men den rikliga bildningen av kalktuff visar att grundvattnet har en övermättnad av kalciumjoner vilket endast kan uppstå från (relativt långtransporterat) grundvatten från karstsystem (se 4.10). Det är dock svårt eller omöjligt att förklara källkupolernas form/struktur såvida inte grundvattnet trycks rakt upp artesiskt. Såvitt det går att bedöma utifrån erfarenheten av andra artesiskt formade jordarter i världen där genesen är studerat – bedömer vi att grundvattnet måste tränga rakt upp och punktformigt. Troligast är att detta sker genom en rund hålighet eller vid korsande sprickor i berggrunden. Vi bedömer att en diffus uppströmning via lösa jordarter, t.ex. morän, omöjligen kan förklara källornas form/struktur. Se även avsnitt 4.9.3 angående bildningen av runda källor i rikkärr.



**Figur 67.** Det blå fältet i flygbilden visar de ca 15 källkupolernas läge i Bluttmo myr i Gildarshagens Natura 2000-område. Fotona visar en källkupol (dock svårt att på bilden se att kupolen är upphöjd i förhållande till själva myren), samt en närbild där det uppträngande grundvattnet formar bleken (här infärgad av humusämnen) som en liten vulkankrater. © Jacobson & Mild. Foton: © Krister Mild. Flygfoto: © Lantmäteriet.

### 4.9.3. Runda källflöden i våtmarkerna

#### *Bakgrund, definition och metod*

I våtmarkerna i norra Bräntings haid Natura 2000-område, på gränsen mot Bunge Ducker 1:64 finns ett femtontal runda strukturer i två olika rikkärr. De avviker genom en glesare vegetation eller genom att vara helt vegetationslösa. Diametern varierar från 0.9 -3.2 meter (flertalet är dock ungefär 1-1,5 meter långa tvärsöver). Dessa strukturer har markerats som punktobjekt på kartskikt (se figur 68). De är lättast att kartera i fält, vid högt vattenstånd och innan vegetationssäsongen inletts. De framträder också på vissa flygfoton. Flera är perfekt cirkelrunda medan andra är mer eller mindre runda (se figur 69-70).

#### *Resultat och slutsatser*

Det stod redan klart under inventeringarna i april att de runda strukturerna utgjordes av källflöden eftersom det dels fällts ut mycket bleke i själva cirkeln men också eftersom små koner av bleke formades av det uppträngande grundvattnet (se avsnitt 5.10 för detaljer). Vad som förvånade var dock den cirkelrunda formen till skillnad från de smala och avlånga vattenförande sprickor som observerades i samma, samt i andra, rikkärr. Om en rund form utbildas genom artesiskt grundvatten borde man kunna förvänta sig att vattnet kommer upp som en vertikal vattenpelare från en central punkt. Det bedömdes viktigt att eventuellt kunna verifiera detta fenomen.

Under undersökningarna i juli 2015 togs (med godkännande från länsstyrelsen) därför kalkslammet i det torrlagda rikkärret bort så att den underliggande hällen blottades i sex av de runda strukturerna. Sedimenten togs upp i en precis ordning och återbördades därefter exakt i sitt ursprungliga läge. I samtliga sex undersökta runda strukturer korsade två sprickor berggrunden i centrum av cirkeln (se figur 70).

Vår slutsats är därför att de runda källflödenas form kan förklaras av att ett mer koncentrerat och punktformigt uppflyde av grundvatten sker där sprickorna korsas. Troligtvis är det kombinationen av utströmmande vatten och blekeutfällningen som gör att de är vegetationsfria eller endast glest beväxta. På samma sätt som övriga källflöden i våtmarker inom undersökningsområdet, visar den rikliga utfällningen av bleke att grundvattnet härstammar från områdets karstsystem. Källorna är temporära och tillför därför grundvatten till våtmarken endast under de delar av året då grundvattennivån står högt.



Figur 68. Cirkelkällorna har återfunnits i två i av undersökningsområdet rikkärr, båda i norra Bräntings haid Natura 2000-område alldeles vid gränsen till Bunge Ducker 1:64. Rikkärren i detta område uppvisar en rad andra fenomen som också visar på uppträngande grundvatten från karstsystemen, t.ex. uppsprucken och vattenförande berggrund; omfattande blekeutfällning m.m. © Jacobson & Mild. Flygfoton: © Lantmäteriet.



Figur 69. Exempel på cirkelformade temporära källor i rikkärr. Källorna utgör utströmningspunkter för grundvatten med övermättnad av kalciumjoner eftersom det vid fotograferingstillfället i april 2015 fanns rikligt med färsk och lös bleke i dessa. I den runda ytan saknas en sammanhängande rotfilt, till skillnad från i det omgivande kärret, och bleken bildar ett slags "lösboten-typ" ner till den underlagrande hällen. Utströmningen av grundvatten och utfällningen av bleke förhindrar m.a.o. bildande av en permanent vegetation inom cirkelytan. Båda bilderna från norra Bräntings haid Natura 2000-område, alldeles vid gränsen till Bunge Ducker 1:64 (57° 51.836'N, 18° 56.433'O). © Krister Mild



**Figur 70.** Cirkelformade källor sommartid. Överst t.v.: samma cirkelkälla som i figur 69 t.v. men fotograferade i juli 2015, och med geokäppen nedstucken i sprickkorset i den underliggande hållen. Överst t.h.: Samma källa som ö.t.v. men med den underliggande kalkhållen frilagd (bilderna t.v.). Mitten t.v.: Samma källa som i figur 69 t.h. Mitten t.h. och nederst: Ytterligare två cirkelkällor där kalkhållen frilagts. Notera de korsande eller mötande sprickorna i berggrunden centralt i respektive källflöde. © Krister Mild

## 4.10. Blekeutfällning och kalktuffbildning

### Sammanfattning:

- Omfattande utfällningar av bleke (kalkslam) förekommer i vissa av undersökningsområdets våtmarker – men saknas helt i andra våtmarker.
- Blekeutfällningarna har karterats i dels alla rikkärr, men också i några större agmyrar.
- Blekeutfällningarna är koncentrerade till grundvattenmatade spricksystem och runda utströmningsstrukturer i dessa rikkärr.
- Blekeutfällning förekommer bl.a. särskilt rikligt i gränsområdet mellan norra Bräntings haid's Natura 2000-område och det sökta täktområdet.
- Undersökningsresultaten visar sammanlagt att blekeutfällningen beror på att grundvatten mättat på kalciumjoner från områdets karstsystem strömmar ut i dessa rikkärr. Det finns inget stöd i observationerna för att ytavrinnande regnvatten eller kemisk vittring på plats i våtmarkerna kan ge upphov till blekeutfällning i denna omfattning.
- Punktvis förekommer bildning av s.k. mjuk kalktuff i området. Detta sker, förutom i vissa rinnande vattendrag, enbart i de våtmarker som via sprickor matas med källvatten från karstsystem. Det är samma våtmarker som också har den mest omfattande utfällningen av bleke.
- I några av undersökningsområdets rikkärr med riklig bildning av bleke bildas tidvis konformade högar av färsk bleke av att grundvatten pressas upp artesiskt.
- I samma källflöden kan ibland även den mjuka kalktuffen formas artesiskt av grundvattnets rörelse uppåt

### *Kemisk vittring av kalksten – teori*

Kalksten byggs huvudsakligen upp av mineralet kalcit (även kallat kalkspat) som i sin tur utgörs av kristallint kalciumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Kalksten vittrar kemiskt när den utsätts för regnvatten. Vittringen åstadkoms av olika svaga syror som har en frätande inverkan på kalk. Kalciumkarbonatet i kalkstenen blir därför över åren sakta men säkert anfrätt av den koldioxid som finns löst i regnvattnet i form av kolsyra. Kalkspatet anfrätts också av organiska syror som produceras av olika skorplavar (för att komma åt fosfor i kalken) – vilket bidrar till att kalkhällarnas yta fräts. Det kan tänkas att skorplavarnas bidrag till den kemiska vittringsprocessen kan vara betydande, eftersom deras utsöndrade syror, och då främst oxalsyra, löser kalk mer effektivt än kolsyra (Syers & Iskander 1973<sup>2</sup>). Under syroras frätande inverkan bildas kalciumvätekarbonat,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Det är i vått tillstånd ett vattenlösligt salt, som transporteras bort med ytvattnet. Den kemiska vittringen har tilltagit det senaste halvsekle genom surt nedfall från luftföroreningar, men på . Hur omfattande den kemiska vittringen är på kalkhällarna i området genom regnvattnets och skorplavarnas försorg är dock inte känt eller kvantifierat.

Även om storleksordningen av den kemiska vittringen genom regnvattnets försorg är okänd för Gotländska förhållanden är det genom internationell forskning väl känt att den mest omfattande kemiska vittringen sker i kalkberggrundens karstsystem och inte

<sup>2</sup> Syers, J.K. & Iskander, I.K. 1973. Pedogenetic significance of lichens. V. Ahmadjian, M.E. Hale (Eds.), *The Lichens*, Academic Press, New York (1973), s. 225–248.

på ytan. I stillastående vatten på täta karsthållar eller i sjöar är den kemiska vittringen i normalfallet i princip obefintlig.

Den mest omfattande kemiska vittringen sker i karstsystem där de vattentransporterande karstsprickorna överlagras av organiskt material, exempelvis under kärr, myrar och sjöar. För att den kemiska vittringen av kalkstenen ska bli effektiv behöver koldioxidtrycket öka och pH minska. Det sker främst genom att syret förbrukas när vattnet rinner genom det organiska materialet. Det förändrade trycket, den ökade kolsyrehalten och den lägre temperaturen nere i berggrundens karstsprickor innebär också att den kemiska vittringen av kalk blir mer effektiv, och att avsevärt mer kalk övergår i jonform än vad som är fallet när regnvatten faller direkt på kalkhällen. Mer kalciumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) i mineralet kalcit kan då omvandlas av kolsyran till kalciumvätekarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

När grundvatten mättat med joner når ytan i en källa, en spricka eller någon annan utströmningspunkt sker tryckavlastning, en temperaturhöjning, en snabb ökning av syrehalten, koldioxidtrycket minskar och pH ökar och den fria kolsyran avgår. Det innebär att grundvattnet som i karstsystemet varit mättat med bl.a. kalciumjoner inte längre kan hålla alla joner i lösning, och kalciumkarbonat fälls då ut i stor mängd efter att grundvattnet trängt fram över markytan. Sker utfällningen i vatten bildas jordarten bleke (kalkslam) – som i färskt tillstånd befinner sig i en halvt svävande vattenfas.

När kalciumjonerna fälls ut aggregeras de ofta i kornform runt någon liten partikel i vattnet. Den färska bleken blir därför lite grymig i konsistensen – lite som välling eller lös finspackel. I ett par dagar efter att den fällts ut förblir bleken halvt flytande strax under vattenytan men sjunker allteftersom ner och sedimenterar slutligen på botten av källan/sjön/våtmarken.

#### **4.10.1. Blekeutfällning i våtmarkerna**

##### *Bakgrund, definition och metod*

Det är sedan tidigare känt att många våtmarker i undersökningsområdet uppvisar omfattande blekeutfällning medan andra inte gör det. Eftersom blekeutfällning i en våtmark visar att vatten från spricksystemen strömmar ut där, är blekeutfällningar viktiga att kartera. Blekeutfällningar kan endast karteras i fält och det görs bäst under grundvattnets högsta nivåer under senhöst, vinter och allra bäst under våren innan växtsäsongen dragit igång. Bleken har också ett mycket karaktäristiskt utseende i torkat tillstånd och kan därför inventeras även under sommarens torrperioder. Vi har inventerat blekeutfällningen genom att besöka samtliga av undersökningsområdets våtmarker.

När bleken väl sedimenterat i våtmarkerna kan den vara svår att skilja från kalklera och kalkgyttja. Kalklera (se avsnitt 4.7.4, ovan) består ju främst av fysiskt och kemiskt vittrade lerpartiklar från kalkstenen och går därför att knåda till en boll. Drar man med ett finger över lerytan bildas ett slätt och glatt spår. Försöker man knåda en boll av bleken faller den sönder och drar man med ett finger över ytan blir det ett ojämnt och grymigt spår. Kalkgyttja är kalklera med en varierande grad av organiskt material inblandat – ibland är materialet nedbrutet och gyttjan får då en slät konsistens likt lera, men är mörkare och brunare i färgen. Ibland är materialet endast delvis nedbrutet och leran är då uppblandad med ruttande växtdelar.



**Figur 71.** Fotot t.v. visar ett exempel på nyligen sedimenterad bleke (kalkslam) i ett rikkärr. Notera den korniga strukturen Fotot t.h. visar kalklera under en fukthet. Notera den typiska lerkonsistensen. Detta är en vittringsjord som bildats på plats, och där kalkgrus och småsten ansamlats på ytan genom uppfrysningrörelser. Båda bilderna är från Bräntings haid Natura 2000-område. © Krister Mild

Under sommarens torrperioder går det fortfarande att inventera i vilka våtmarker som blekeutfällning sker, eftersom den bleke som sedimenterat samma år bildar omisskännliga uppåtsträvande U-formade ”korvar”. Äldre bleke från tidigare år som sedimenterat och som bildar en jordartshorizont i vissa kärr blir dock alltmer svår att skilja från kalklera och kalkgyttja ju fler år som går.



**Figur 72.** När den bleke som avsatts under årets högvattenflöden torkar under sommarens torrperioder bildas karaktäristiska uppåtsträvande korvar, som lätt skiljs från torkat kalklera och kalkgyttja. © Krister Mild

Områden med tydliga utfällningar av bleke har markerats som punkter eller ytor på kartskikt vid inventeringen. Vi har också noterat i vilken typ av våtmark som blekeutfällningen sker och vilka höjdlägen topografiskt.



### *Resultat och slutsatser*

Blekeutfällning har endast noterats i områdets rikkärr, aldrig i vittringsjordarnas fukthedar. Den utfällda bleken är vanligen koncentrerad runt spricksystem och cirkelkällor i rikkärren (eftersom dessa fungerar som utströmningspunkter för grundvattnet). I många rikkärr med blekeutfällning har vi dock inte lyckats detektera själva utströmningspunkterna för grundvattnet. Blekeutfällning sker också i de större agmyrarna som exempelvis Ojnare myr och Tvärlingsmyr. Troligtvis sker grundvattenutströmningen nära botten under den permanenta vattenytan eftersom dessa myrar har omfattande lager med bleke under relativt mäktiga torvhorisonter. I ytan syns inte blekeutfällningen i dessa myrar i normalfallet. Mindre våtmarker med torvhorisont och som är mer permanent vattenförande kan också ha blekeutfällning under torvhorisonten men detta har av tidsskäl inte kunnat bekräftas då grävning av torvhorisonten varit för svårt under de inventeringsförhållanden som förevarit. Blekeutfällningen i rikkärren sker främst under årets högvattenlägen och upphör helt under sommarens torrperioder, medan utfällningen i agmyrar i utströmningsområdena troligen kan ske året om.

Ovanpå kalkhällen består undersökningsområdets rikkärr av ett en till ca tre decimeter tjockt lager av bleke. I fukthederna underlagras istället den temporära vattenytan av kalklera eller ibland kalkgyttja. Att större mängder bleke endast fällt ut i våtmarker där grundvatten från karstsystemen mynnar, framgår mycket tydligt från inventeringsresultaten, eftersom det endast är i vissa våtmarker som blekeutfällningen sker. Om regnvattnet genom ytavrinning över kalkberget, genom avrinning genom moränen eller vittringsjordarna, eller när vatten ansamlas i en permanent våtmark eller sjö skulle kunna ge upphov till ett vatten mättat på kalciumjoner – så skulle blekeutfällning var mer jämnt spridd över områdets våtmarker. På samma sätt skulle i så fall alla källor uppvisa blekeutfällning, inte som nu enbart vissa. Skulle bleken i kärren/myrarna/källorna ha sitt ursprung från avrinnande ytvatten, eller ytligt grundvatten så skulle inga koncentrationer noteras och bleken borde istället vara jämnt spridd över alla våtmarker

Utifrån inventeringsresultaten är det entydigt att utfällning av större mängder bleke utgör punkter/ytor där grundvatten med kemiskt vittrad kalk från karstsystem kommer i dagen som källflöden. Det finns också ett mycket omfattande vetenskapligt stöd för detta påstående.

När bleken bildas i blöta miljöer är vattenhalten mycket hög och den utfällda kalciumkarbonaten är delvis flytande. En varierande mängd bleke transporteras därför vidare sekundärt från utströmnings- och bildningspunkten vid högvattenflöden i våtmarkerna. På så sätt sprids med tiden tunna lager kalkslam över hela våtmarken, vilket också är skälet till att många av rikkärren i undersökningsområdet är uppbyggda på en bädd av bleke från någon till några decimeters tjocklek.

I de primära bildningspunkterna (källsprången) bildas större ansamlingar av färsk bleke. Ofta är dessa ytor vegetationsfria eller är endast glest beväxta, vilket beror på att blekebildningen fungerar som en störningsregim som håller många växtarter borta. Färsk bleke är helt enkelt en alldeles för lös och rörlig jordart för flertalet växter att etablera sig i. Även själva vattenutströmningen kan dämpa vegetationstillväxten.

I de gotländska sjöar som matas med källvatten från karstområden, sker omfattande utfällningar av bleke på bottnarna, det finns beskrivet från exempelvis sjön Bästeträsk alldeles norr om undersökningsområdet.

#### 4.10.2. Kalktuffbildning i våtmarkerna

##### *Bakgrund, definition och metod*

Under vissa omständigheter kan den utfällda kalciumkarbonaten vara av sådan omfattning att den med tiden bildar en porös bergart som kallas kalktuff. Kalktuff är bl.a. känd för att den kan kapsla in växter och andra föremål. När det biologiska materialet försvunnit, kvarstår då avtryck av t.ex. växter som hålrum i kalktuffen. Kalktuff är m.a.o. den bergart som bildas när kalciumkarbonat fälls ut i stor mängd, medan bleken är den lösa jordarten av samma utfällda kalk. Förutsättningarna för mineralbildningen är olika på olika platser och den utfällda kalciumkarbonaten kan därför vara allt från hårdare till mjukare bergart – kalktuff – och vidare till en lös jordart (ofta med hög vattenhalt) – bleke. I nutid är bildningen av kalktuff i Sverige blygsam, och troligen inte av sådan omfattning att den är bergartsbildande. De svenska bergartsbildande avlagringarna av kalktuff avsattes främst under tidig postglacial tid, exempelvis de vid Benestads backar i Skåne, Skultorp i Västergötland samt i Jämtland. På Gotland finns ett antal dokumenterade förekomster av kalktuff, vissa fossilförande med avtryck av växter och snäckskal. Inga förekomster av kalktuff har dock rapporterats från det undersökta området med undantag från källkupolerna i Bluttmo myr i Gildarshagen natura 2000-område.

##### *Mjuk kalktuff*

Mjuk kalktuff är en variant av kalktuff, eller en mellanform mellan bleke och kalktuff där cyanobakterier har en avgörande roll i bildningen. Den mjuka kalktuffen är mycket vanlig på Gotland och överlagrar ofta bleken på vissa bottnar i sjöar och i mer vattenrika myrar. Den bildar ofta centimeter- till decimeterstora mångformiga strukturer – ofta ovaler eller halvrunda bildningar. I källor samt i bäckar bildas ofta centimeterstora knotttror av mjuk kalktuff på träbitar och stenar, medan rundare och större bildningar ligger på botten. Även andra mer komplicerade strukturer kan bildas som rör, ”draperier” etc. Ytan på den mjuka kalktuffen är ofta grönskimrande. Vi har kunnat konstatera att strukturerna kan kollapsa under torrperioderna för att byggas upp på nytt under årets blöta månader. Mjuk kalktuff förekommer endast i områden på Gotland där kalkrikt grundvatten mynnar som källor – på markytan, i kärr, myrar, bäckar eller på sjöbotten. Den saknas alltså helt i vissa typer av källor och våtmarker. Kunskapen om mjuk kalktuff på Gotland är bristande och en mer detaljerad analys ligger därför utanför syftet med denna rapport.

Den mjuka kalktuffen kan ha vissa likheter med den s.k. ”skyfallsalgen” *Nostoc commune* – som egentligen är en frilevande cyanobakterie, där cellerna hänger ihop i långa kedjor så att de bildar en koloni – och som efter regn sväller den upp till en brungrön geléklump. Den förekommer ofta i de källor och rikkärr där mjuk kalktuff bildas. Om man bryter av en bit *Nostoc* består den enbart av en enhetlig gelemassa, medan den mjuka kalktuffen har en central kärna av mjuk ”sammanbakad” kalk omgiven av en tunn hinna av grönaktiga cyanobakterier – ungefär som ett litet chokladpåskägg omgivet av ett tunt lager mörkgrön mint. Likt *Nostoc* återuppstår den mjuka kalktuffen efter sommarens perioder av torra när våtmarkerna åter vattenfylls.

Områden med tydliga utfällningar av mjuk kalktuff har vid inventeringen markerats som punkter eller ytor på kartskikt.



**Figur 73.** Ett exempel på mjuk kalktuff i en bäck i Gildarshagens Natura 2000-område. Här bildar den mjuka kalktuffen centimeterstora "knottor" på en sten. © Krister Mild

#### *Resultat och slutsatser*

Den mjuka kalktuffen förekommer rikligt i de större rinnande vattendragen inom inventeringsområdet även om dessa torkar ut sommartid. Exempelvis finns de i bäckarna mellan Ojnare myr och Tväringsmyr, i de källmatade bäckarna i Gildarshagens Natura 2000-område, samt i stor mängd på botten av sjön Bästeträsk (den sistnämnda dock utanför undersökningsområdet). Därutöver förekommer mjuk kalktuff i de av områdets rikkärr där särskilt omfattande blekeutfällning sker i via sprickor i berggrunden eller i runda utströmningsstrukturer. Särskilt vanligt är det därför i rikkärr i gränsområdet mellan norra Bräntings haid och det sökta täktområdet. Även i centrala södra delen av det sökta täktområdet förekommer en sådan våtmark (se figur 64). Likt bleke och "hård" kalktuff visar den mjuka kalktuffen på förekomst av uppsträngande grundvatten från karstsystem.

#### **4.10.3. Artesiskt formad bleke och kalktuff**

##### *Bakgrund, definition och metod*

Under besöket i mars och inventeringarna i april 2015 upptäckte vi förekomsten av små strukturer av bleke och mjuk kalktuff som formades av artesiskt uppsträngande grundvatten. Exempel på artesiskt formad bleke/kalktuff i den större skalan är källkupolerna som förekommer i ett flertal källmatade myrar på Gotland. Sådana kupoler finns exempelvis i bl.a. Mästermyr och Bluttmo myr. Kupolerna byggs upp av ackumulationer av bleke och kalktuff i torvlagret runt själva källan. Områden med förekomst av artesiskt formade bleke eller kalktuff har markerats som punkter eller ytor på kartskikt.

##### *Resultat och slutsatser*

Under vårens besök och karteringar 2015 noterades att utfälld bleke och mjuk kalktuff bilda kan bilda formationer i den mindre skalan som är artesiskt formade av det uppströmmande grundvattnet. Små konformade högar av färsk bleke hade bildats under vattenytan där artesiskt grundvatten trycks rak upp i en punktformad sprickighet. Dessa formationer var oftast 5-10 cm i diameter och ungefär lika höga. Dessa



**Figur 74.** Exempel på artesiskt foramad bleke och mjuk kalktuff i utströmningspunkter under vattenytan i olika rikkärr. I bilden överst t.v. och mitten t.v. syns formationer som består av lös bleke och som kollapsar när man tar i dessa. Övre bilden en närbild och undre bilden en mer utzoomad variant av samma utströmningspunkt. Bilden överst t.h. visar en upphöjd hög med mjuk kalktuff i en utströmningspunkt. Bilden mitten t.h. visar samma mjuka kalktuff som i bilden ovan, men nu i handen. Nedersta bilden visar en utströmningspunkt med en blandning av konformad bleke och partier med mjuk kalktuff. Vid de röda pilarna syns t.o.m. det utströmmande grundvattnet och blekepartiklar. Bilden ö.t.v. och m.t.v. från södra delen av Bunge Ducker 1:64 (57°51'26.75"N, 18°57'57.44"O); ö.t.h. och m.t.h. från ett rikkärr precis på gränsen mellan norra Bräntings haid och nordvästra Bunge Bucker 1:64 (57°51'50.68"N, 18°56'18.89"O); och nedersta bilden från ett större källflöde i norra delen av Bräntings haid Natura 2000-område, alldeles på gränsen till det sökta täktområdet (57°51'49.87"N, 18°56'27.74"O). © Krister Mild

blekehögar liknade små miniatyrvulkaner. De kollapsar vid häftiga vattenrörelser, om man tar i dem, men även när vattennivån sjunker, eller om utströmningen upphör. Bildningen underlättas troligen av att färskt utfälld bleke befinner sig i en halvflytande vattenfas innan den efter några dagar börjar sedimentera. I de våtmarker där bleke-

formationerna observerades förekom också mjuk kalktuff som även den formats av det artesiska vattentrycket. Kalktuffen hade ett mycket varierande utseende, t.ex. noterades runda, rörformade eller gardinliknande strukturer. De var ofta 3-7 x 5 cm i storlek. Troligen utgör de små konformade blekehögarna början på bildning av mjuk kalktuff.

Dessa tillfälliga strukturer/formationer har bara återfunnits i de rikkärr där grundvattenmatade spricksystem och cirkelformade utströmningsstrukturer förekommer. Flera har förekommit rakt ovanför den punkt där två sprickor korsas centralt i cirkelkällorna i rikkärren (se 4.9.3). I några fall gick det t.o.m. tydligt att se hur grundvattnet trycktes rakt upp genom formationen av bleke eller den mjuka kalktuffen genom att små blekepartiklar följde vattnets rörelse. Formationerna är uppenbarligen av tillfällig natur. När rikkärren torkar ut sommartid, kollapsar den mjuka kalktuffen och bildar tillsammans med annat nedbrutet organiskt material, alger och cyanobakterier, en tunn sörja av grönbrun detrius. Av de artesiska strukturer som hittades i mars och april, hade samtliga kollapsat, upplösts och torkat in vid återbesök i juli 2015.

## 4.11. Vattnets temperatur, pH och konduktivitet

### *Bakgrund, definition och metod*

Vattnets temperatur, pH och konduktivitet kan bidra med viktig information om vilken typ av vatten det handlar om. Grundvatten som kommer fram i källor sommartid är kallare än vatten som avrinner på ytan eller som samlas i en sjö eller ett kärr. Ett vatten som runnit genom ett karstsystem har högre pH än regnvatten. Vattnets konduktivitet, d.v.s. elektriska ledningsförmåga, speglar mängden lösta salter i vattnet (ökad jonkoncentration ger högre konduktivitet). Områdets näringsfattiga ytvatten har lägre konduktivitet, medan grundvatten från ett karstsystem där kemisk vittring pågår, har en hög jonkoncentration och därför uppvisar högre konduktivitet. Vi har mätt dessa fysiska parametrar i några få källflöden och kärr med hjälp av fältinstrument av märket Hanna. Syftet har inte varit att genomföra en regelrätt undersökning utan mera varit ett sätt att få ytterligare indikationer på vad som är källvatten, ytvatten m.m.

### *Resultat och slutsatser*

Pga. tidsbrist gjordes endast några få mätningar under karteringarna i april 2015 och resultaten ska här därför endast ses som grova indikationer. Som väntat hade utströmmande grundvatten i fasta källor och diffusa källflöden i genomsnitt annan temperatur än våtmarker med stillastående vatten – exv. fukthedar och agmyrar men även jämfört med rikkärren. I rikkärrens utströmningspunkter för grundvatten var som förväntat t.ex. konduktiviteten något högre än i exempelvis våtmarktyperna fukthedar och agkärr, men också jämfört med de källflöden som mynnar på fastmark i det sökta täktområdets östra del.

Resultaten indikerar att det, under vissa förhållanden och årstider, kan gå att använda denna typ av enkel mätutrustning för att exempelvis separera grundvatten som korttransporterats genom jordartslager eller genom ytliga sprickor från det grundvatten som härstammar från längre transport i karstsystemen m.m. Framtida studier borde kunna utvärdera dessa karteringsmöjligheter på Gotland eftersom den tekniska utrustningen är såväl billig i inköp som smidig att använda. Även om undersökningarna av vattnets temperatur, pH och konduktivitet i detta fall saknar tillräcklig omfattning så pekar de ändå i samma riktning som övriga karteringsresultat – nämligen att rikkärren inte enbart matas av ytvatten, utan i betydande omfattning förses med grundvatten från karstsystemen.

