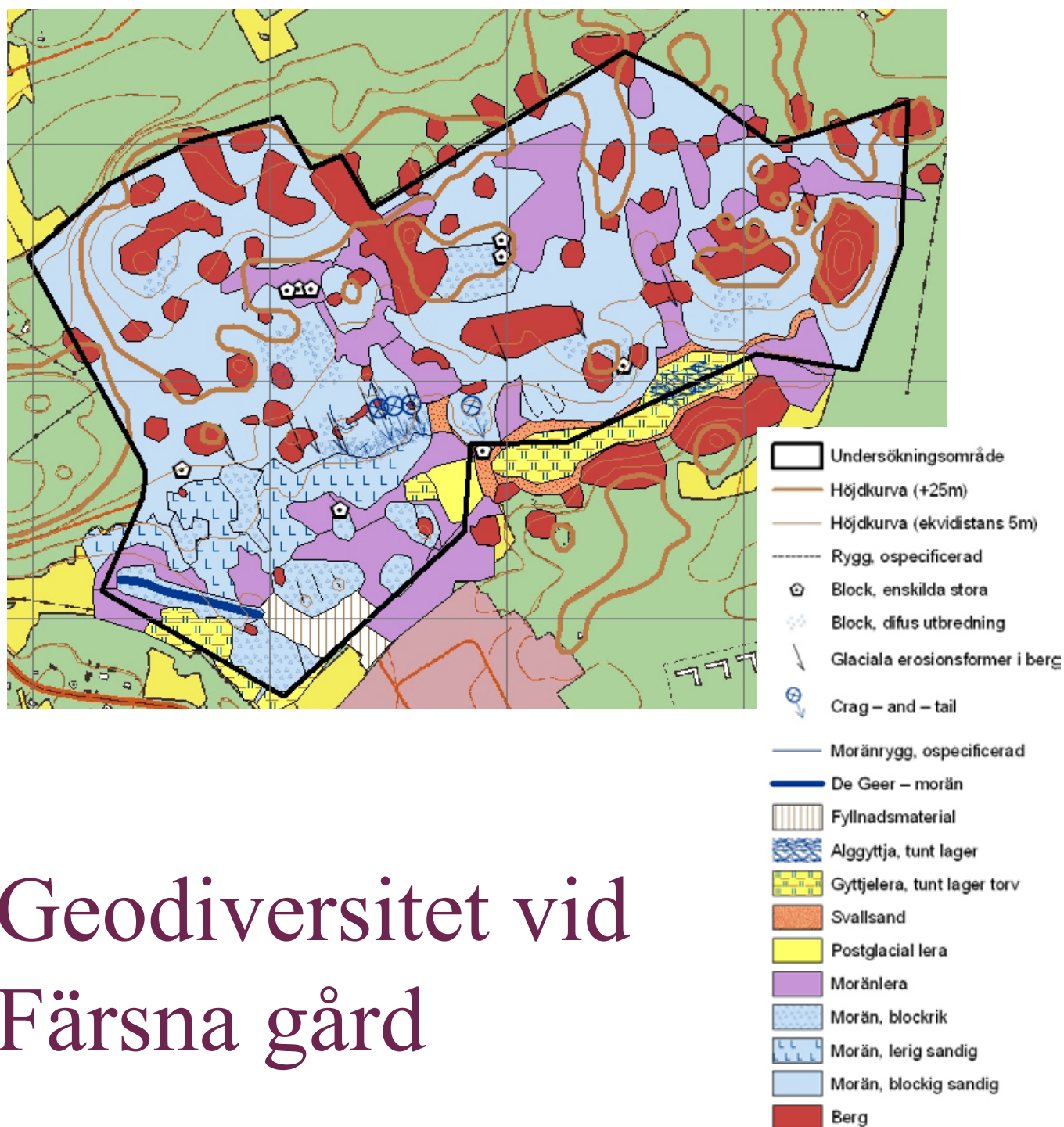




Geodiversitet vid Färsna gård

På omslaget visas karta över jordarter och landformer vid Färsna gård.

Projektansvarig:	Magnus Bergström
Författare:	Mikael Lindqvist
Fotografier:	Mikael Lindqvist (där inte annat anges)
Publiceringsår:	2011

Norrtälje kommun har tagit initiativ till projektet *Geodiversitet vid Färsna gård*. Rapporten utgör en del av projektet *Färsna - skötselplan för ett tätortsnära område vid Norrtälje* som är ett av delprojekten i *Lokala naturvårdssatsningen (LONA)* som genomförs av Norrtälje kommun under åren 2005 - 2010. Projektet har finansierats av Norrtälje kommun och Länsstyrelsen i Stockholms län, genom statliga bidrag till lokal naturvård. Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll.

Rapporten ingår som nr 42 i serien *Naturvård i Norrtälje kommun*. Den kan beställas från Norrtälje kommun, Box 800, 761 28 NORRTÄLJE eller laddas ner från hemsidan www.norrtalje.se.

Rapporten bör citeras: Lindqvist, M. 2011: Geodiversitet vid Färsna gård. Naturvård i Norrtälje kommun nr 42.

Sammanfattning

Norrtälje kommun har tagit initiativ till projektet Färsna - skötselplan för ett tätortsnära område vid Norrtälje, som är ett av delprojekten i Lokala naturvårdssatsningen (LONA) vilken genomförs under åren 2005 - 2013. Projektet har finansierats av Norrtälje kommun och Länsstyrelsen i Stockholms län, genom statliga bidrag till lokal naturvård. Syftet är att ta fram förslag till skötselplan för Färsna med förslag till föreskrifter vid ett eventuellt inrättande av kommunalt naturreservat. Skötselplanen skall redovisa lämplig skötsel för att bevara områdets växt- och djurliv samt kulturvärden samtidigt som området ska kunna nyttjas för det rörliga friluftslivet. Skogsområdet och naturbetesmarkerna vid Färsna har dokumenterat höga naturvärden och är av stor betydelse för friluftslivet i Norrtälje stad. Norrtälje kommunfullmäktige har vid sex tillfällen beslutat att inriktningen är att skydda Färsna gård och de omkringliggande värdefulla markerna som naturreservat.

För att komplettera de befintliga kunskaperna om den biologiska mångfalden har denna kartering genomförts av områdets geologi för en bedömning av områdets geodiversitet och geologiska naturvärden. Författare av rapporten är Mikael Lindqvist. Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll. Geodiversiteten har karterats med avseende på geologiska och geomorfologiska element. Frågeställningar rör framförallt landskapets kvartära utveckling och huruvida det finns objekt som bör lyftas fram eller är i behov av skydd och tillsyn.

Geodiversiteten vid Färsna gård är intressant. Den är inte mer än måttligt hög till hög, men högre än förväntat. Under karteringen har det framgått att frågeställningarna kunde ha optimerats genom att avgränsas mera. Berggrundsgeologiskt är geodiversiteten låg-måttlig. Även om flera händelser kan observeras, består berget huvudsakligen av typisk granodiorit med typisk strukturgeologi för regionen. Kvartärgeologiskt är geodiversiteten hög, med en variation av glacialt och postglacialt betingade element.

Särskilt intressanta geotoper i Färsnaområdet är:

- En lokal med delvis bandade granodioritida bergarter, pegmatitgångar, förkastningar och med möjlig rest av en vulkanit.
- En lokal med rödfärgad granodiorit, rivningsbreccia och sentida mineraliseringar.
- Förekomsten av genetiskt tre skilda moräner, varav två möjligtvis tillhör olika stadialer och den tredje som är kalkrik med isräfflad ordovicisk kalksten, möjligtvis tillhörande Bottenhavets surge.
- Välutbildad solitär De Geer-morän från senaste deglaciationen.
- Exceptionell isräfflad rundhäll med tydligt plockad läsida i granodiorit (resistent) i välutbildad crag-and-tail.
- System av crag-and-tails huvudsakligen i betesmark.
- Högre i topografin finns tunn ursvallad morän med stora block.
- Våtmark utbildad i ett sent skede av strandförskjutningen med pappersgyttja överlagrande lergyttja.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
Introduktion.....	5
Bakgrund.....	5
Syfte.....	5
Frågeställningar.....	6
Platsbeskrivning.....	6
Bakgrund.....	7
Geodiversitet.....	7
Tidigare publicerad litteratur.....	8
Östra Upplands geologi och glacialmorfologi.....	9
Berggrund.....	9
Jordlager samt glaciala erosionsformer i berg	10
Jordlagrens ytformer.....	18
Kartering och klassifikation.....	19
Berggrund.....	19
Geomorfologi och jordlager.....	20
Datahantering.....	20
Geodiversitet vid Färsna gård.....	21
Berggrund.....	21
Glaciala erosionsformer i berg.....	33
Jordlager.....	36
Glaciala bildningar.....	36
Jordlagrets ytformer.....	44
Postglaciala bildningar.....	49
Värdering av geodiversiteten.....	52
Slutsatser – geotoper.....	53
Tackord.....	54
Referenser.....	54
Appendix	
Appendix 1: Nyckelord	58
Appendix 2: Iugs Qapf-klassifikation av bergarter	64
Appendix 3: International Stratigraphical Chart 2004	65
Appendix 4: Karta över berggrunden	66
Appendix 5: Karta över jordarter och landformer	67
Appendix 6: Detaljkarta över södersluttande moränområde	68
Appendix 7: Profil av områdestypiska jordarter	69
Appendix 8: Karta på områden med skyddsvärde	70

Introduktion

Bakgrund

I Naturvårdsverkets författningssamling definieras naturmiljön som ”det som brukar kallas naturen, såsom berggrund, jordlager och dess ytformer, yt- och grundvatten, skilda naturmiljöer både på land och i vatten samt växter och djur”. Begreppet naturmiljön ska tolkas vidsträckt och bör även inkludera landskapsbilden, kulturlandskapet och ”all natur, inte endast värdefull eller orörd natur, och således omfatta även naturmiljön i tätortsnära områden” (NFS 2001:15, 21 juni 2001).

Norrtälje kommun har tagit initiativ till projektet Färsna - skötselplan för ett tätortsnära område vid Norrtälje, som är ett av delprojekten i Lokala naturvårdssatsningen (LONA) vilken genomförs under åren 2005 - 2013. Projektet har finansierats av Norrtälje kommun och Länsstyrelsen i Stockholms län, genom statliga bidrag till lokal naturvård.

Syftet är att ta fram förslag till skötselplan för Färsna med förslag till föreskrifter vid ett eventuellt inrättande av kommunalt naturreservat. Skötselplanen skall redovisa lämplig skötsel för att bevara områdets växt- och djurliv samt kulturvärden samtidigt som området ska kunna nyttjas för det rörliga friluftslivet.

Skogsområdet och naturbetesmarkerna vid Färsna har dokumenterat höga naturvärden och är av stor betydelse för friluftslivet i Norrtälje stad. Norrtälje kommunfullmäktige har vid sex tillfällen beslutat att inriktningen är att skydda Färsna gård och de omkringliggande värdefulla markerna som naturreservat:

1991-12-16 Fördjupad översiktsplan för Färsna gård.
1992-06-29 Fördjupad översiktsplan Norrtälje stad
1993-09-27 Fördjupad översiktsplan Storsten-Vingelebacke
2000-02-12 Program för Färsna gård
2004-03-29 Utvecklingsplan Norrtälje stad
2004-04-26 Översiktsplan Norrtälje kommun

För att komplettera de befintliga kunskaperna om den biologiska mångfalden har denna kartering genomförts av områdets geologi för en bedömning av områdets geodiversitet och geologiska naturvärden. Författare av rapporten är Mikael Lindqvist. Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll.

Syfte

Denna studie omfattar en geologisk kartering av fastigheten Färsna gård i Norrtälje kommun med syftet att ge underlag för en bedömning av områdets geodiversitet och geologiska naturvärden. Undersökningen utgår från geovetenskapliga frågeställningar om landskapsutvecklingen, med avseende på både berggrund och jordtäckte, men där störst fokus har legat på jordtäcket och dess formelement. Området för det planerade naturreservatet kommer förmodligen att motsvara fastigheten Färsna, även om de exakta gränserna för naturreservatet inte är bestämda (Bergström pers. komm. 2007).

Studien är viktig för ökad medvetenhet och förståelse för naturen och landskapsutvecklingen. Ett viktigt syfte med studien är att identifiera geovetenskapliga lokaler i närmiljön till Norrtälje stad för att visa hur miljön, klimatet och landskapet förändrats på olika tidsskalor. Syftet har således varit att beskriva landskapsutvecklingens huvuddrag främst efter den senaste istiden. Studien visar också på områdets geodiversitet i ett större geovetenskapligt perspektiv. Arbetet kan t ex användas som bakgrund till en kommunal plan motsvarande en LGAP (Local Geodiversity Action Plan), vilket är ett dokument där geologiska objekt listas och prioriteringar görs med avseende på geodiversiteten för bevarande eller skydd (Wheeler 2005).

Frågeställningar

Projektets frågeställningar är: Vad omfattar områdets geodiversitet? Vilka geovetenskapliga objekt finns? Hur och när har de geovetenskapliga objekten bildats? Finns det objekt som bör lyftas fram i naturreservatet eller är i behov av skydd och tillsyn?

Platsbeskrivning

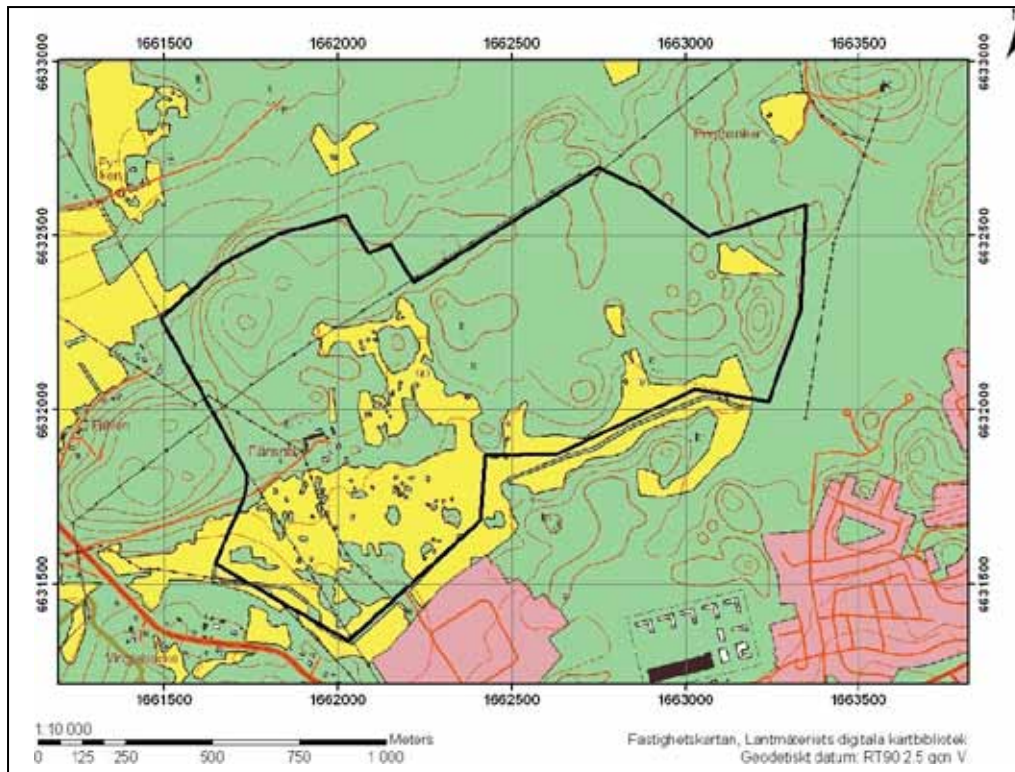
Området vid Färsna gård, ca 2 km norr om Norrtälje stad (figur 1, 2) är ett natur- och kulturlandskap som består av skogar och öppen mark, särskilt betes- och åkermarker. Idag gränsar området till bebyggelsen i utkanten av Norrtälje stad. Fastigheten Färsna är cirka 100 ha stor.

Området framhålls som viktigt att lyfta fram för natur- och kulturmiljön samt för friluftaktiviteter. Det har en örtrik flora och i skogarna finns nyckelbiotoper enligt Skogsvårdsstyrelsen (Skötselplan för Färsna 2007). Det förekommer även arkeologiskt intressanta objekt som lämningar från bronsåldern och husgrunder från 1700-talet.

Området ingår i ett regionalt sett relativt platt landskap tillhörande det subkambriska peneplanet (Lidmar–Bergström 1996), men lokalt är det relativt kuperat. Den småkuperade terrängen ger området en småskalighet, något som följer berggrundens ytformer och det i östra Svealand dominerande sprickdalslandskapet. Småskaligheten resulterar i stora variationer inom ett litet område.



Figur 1. Norrtälje i översiktskartan (Kartunderlag efter Lantmäteriet 2007).
Undersökningsområdet ligger strax norr om Norrtälje stad.



Figur 2. Undersökningsområdet i Fastighetskartan (Kartunderlag efter Lantmäteriet 2007). Undersökningsområdet motsvarar huvudsakligen fastigheten Färsna gård ca 2 km norr om Norrtälje stad vilken redovisas med svart linje.

Bakgrund

Geodiversitet

Begreppet geodiversitet är en geovetenskaplig parallell till biologins biodiversitet. Fokus bör inte läggas vid prefixen geo- och bio- utan snarare vid ordet diversitet. Vare sig det handlar om utveckling eller bevarande är samspelet av olika element det som utgör naturen.

Terminologi, resonemang och värderingar om geodiversitet som de används i Sverige förklaras av Johansson (2000 & 2002) och behandlas översiktligt av Sveriges Geologiska Undersökning (2008). Geodiversitet betyder i princip den komplexa variationen av berggrund, jordarter, landformer och processer som formar landskapet (Johansson 2000). *Geotop* är det tyska begreppet för en geologisk lokal, motsvarigheten till engelskans "geosite", framförallt med avseende på naturskydd (Sveriges Geologiska Undersökning 2008). I rapporten förekommer geovetenskapliga begrepp förklaras i appendix 1.

Ett område med låg geodiversitet har en liten variation av *geovetenskapliga objekt*. Ett exempel kan t ex vara en öken, där variationen av objekt är liten, endast ett fåtal geovetenskapliga processer eller komponenter är aktiva eller på plats, dock är vissa objekt mycket framträdande som t ex olika typer av dyner i en sandöken. I en stenöken är i regel också geodiversiteten liten, men vissa geoelement kan vara mycket typiska, t ex vindslipade block med ventifakter. Relikta ventifakter på hållar kan vara objekt av mycket högt värde, då de berättar om ett tidigare klimat (Lagerbäck 2007). Geotopen är vanligtvis geoobjekt, t ex en håll som uppvisar flera olika geoelement.

Ett exempel på en mycket viktig geotop med hög geodiversitet är området vid platåberget Billingen i Västergötland. Sveriges Geologiska Undersökning anser att Valle härads kamelandskap vid Billingen

är av riksintresse (Sveriges Geologiska Undersökning 2008). Billingen är av intresse för flera geovetenskapliga discipliner och uppvisar exempelvis en nästan komplett avsättning med sedimentära bergarter från kambrosilur. I stratigrafin finns bland annat över 400 miljoner år gamla fossil av bläckfiskar. De sedimentära bergarterna finns bevarade för att gångbergarten diabas intruderade konkordant mellan de sedimentära bergartslagren och har skyddat de sedimentära bergarterna som ligger därunder från nednötning. Även för den senare geologiska historien har området vid Billingen varit betydelsefullt. Det var vid Billingen som den slutgiltiga tappningen av den Baltiska issjön anses ha ägt rum (Björck 1995). I det pass som bildades mellan berget och den norrut retirerande inlandsisen passerade på kort tid vatten motsvarande 26 meter avsänkning av issjön. Det finns kalspolade hållar och bankar av rullstensblock väster om Billingen, vilka tyder på mycket höga vattenflöden.

Tidigare publicerad litteratur

Geodiversitet har funnits som ett begrepp under några decennier. Trots det är dess terminologi relativt ny. Det initiativ som IUGS (International Union of Geological Sciences) tog år 1995 med projektet GEOSITES blev en brytpunkt (Cleal et al 1999). Därefter har samarbetet ProGEO ("The European Association for the Conservation of the Geological Heritage") varit en stor aktör i arbetet. Vidare har till exempel UNESCO stött arbeten att identifiera "geosites".

Sveriges Geologiska Undersökning är en av grundarna till föreningen ProGEO och bygger en databas där svenska geotoper dokumenteras (Sveriges Geologiska Undersökning 2008). Sveriges Geologiska Undersökning har skrivit remisser och publicerat ett par uppsatser (Johansson et al 2002 och Karis et al 2001) som berör geodiversitet. Naturvårdsverket har inte behandlat ämnet i samma utsträckning som Sveriges Geologiska Undersökning.

Boken "Geodiversitet i nordisk naturvård" behandlar ämnet med många exempel både från nationella och internationella scenarier (Johansson 2000).

Ett exempel på en utredning är Wheeler (2005) rörande Cornwall och Isles of Scilly. Det är en LGAP (Local Geodiversity Action Plan), vilken syftar till att i ett större perspektiv belysa betydelsefulla geovetenskapliga element och bedöma skyddsvärdet. I Sverige förekommer utredningar av geodiversitet endast i en liten omfattning, främst på kommuner och andra mindre administrativa enheter.

SGU har genomfört en översiktlig kartering av berggrunden i Uppland i skala 1:300 000 (Sund 1957), och senare en mer detaljerad kartering i i skala 1:50 000 (Möller & Stålhös 1974; Persson & Stålhös 1991). Enligt Sveriges Geologiska Undersöknings digitala karttjänst Berggrundskarta (2007) ska Färснаområdet till största delen innehålla vulkaniter i en annars mera plutonisk berggrund.

Färснаområdets jordarter har karterats av Sahlström (1947) i skala 1:400 000 och av Persson (1998), i skala 1:50 000. Kartan av Sahlström (1947) är mer generaliserad och anger ett tunnare jordtäckte i östra Uppland än i västra, med stora arealer karterade som berg i dagen och morän. I kartan av Persson (1998) är andelen lera större än vad som är utsatt av Sahlström (1947).

Beskrivningen till Geologiska kartbladet Uppsala SO (Möller & Stålhös 1974) och kartbladet Uppsala (Lundegårdh & Lundqvist 1956) behandlar prekvartära och kvartära bildningar liksom den kombinerade berggrunds- och jordartskartan "Kartbladet Norrtälge" (Svedmark 1887). Svedmark har karterat undersökningsområdets hållar till stor del som dioritoida bergarter till skillnad från till exempel Persson & Stålhös (1991) som anger att området ingår i en grupp av sura-intermediära vulkaniter. Svedmark (1887) anger för övrigt till exempel förekomster av korsande isräfflor, dubbelmorän, glacial mörgel och svartlera.

Det finns även en större mängd publicerade artiklar, vilka några kommer att diskuteras längre fram.

Östra Upplands geologi och glacialmorfologi

Berggrund

Uppland tillhör den södra regionen av den Svekokarelska provinsen, som anses härstamma från en orogenes (bergskedjeveckning) för 1 750 – 1 900 miljoner år sedan, och som successivt har eroderats ned till rotzonen. Provinsen tillhör ett av jordens kontinentala sköldområden, den Baltiska skölden, och har idag än mindre utbredning än den ursprungliga. Den sträcker sig längs stora delar av Sveriges östra sida och inbegriper även det mesta av Finland till Karelen i öster (Lundqvist 1979).

De orogent betingade bergarterna tillhörande den södra regionen är från olika stadier av orogenesen och består av vulkaniter, metavulkaniter, metasediment, plutoniter, och metamorfa bergarter, t ex gnejser (Sveriges Geologiska Undersöknings digitala karttjänst Berggrundskarta 2007). Bergarterna representerar en stor del av bergartscykeln. Dåligt representerade är t ex de sedimentära bergarterna eftersom berggrunden till stor del utsatts för metamorfos, i sannolikt flera skeenden, men inte alltid till den grad att ursprungsbergarten inte är igenkännbar. Bergarterna benämns därför ofta gnejsgranit, metavulkanit, metasediment etc. Upplands bergarter är främst tidig–orogena (Persson & Stålhös 1991).

De äldsta bergarterna i den Svekokarelska provinsen är egentligen sedimentära skiffrar och sandstenar, avlagrade i vatten, från omkring samma tid som den Svekokarelska orogenesen inleddes (Persson 1997). De sedimentära bergarterna har till stor del metamorfoserats till gråvackor, glimmerskiffrar, migmatiter och gnejser som t ex ådergnejsen som är särskilt vanlig i Södermanland.

Vulkaniterna som extruderade i ett tidigt skede av den Svekokarelska orogenesen i Uppland hade övervägande felsisk (fältspat – kiselrik) eller intermediär sammansättning.

Mafiska och intermediära plutoniter, främst gabbror och dioriter, är oftast äldre än de vanligare granitoiderna (Persson 1997). Granitoida bergarter samt gnejsgraniter beskrivs ofta som tidig–orogena eller som tillhörande ”de äldre djupbergarterna”. De kan oftast skiljas från de sen–orogena granitoida bergarterna, som har en betydande utbredning. Tidig–orogena plutoniter har gett åldrar på 1 880 – 1 890 miljoner år (Persson 1997). De sen – och postorogena graniterna eller granitoida plutoniterna i Bergslagen och Stockholm är vanligtvis omkring 1 800 miljoner år. De är ofta finkornigare än de tidig–orogena bergarterna och vanligtvis rika på sura gångbergarter, särskilt pegmatit. Ett exempel på de sen–orogena bergarterna är stockholmsgraniterna (Persson 1997). Stockholmsgranit vid Frescati i Stockholm har daterats till 1 803 miljoner år (Ivarsson & Johansson 1995). De sen–postorogena granitoida bergarterna kan även de vara grovkorniga. Då är de inte sällan porfyriska, som t ex uppsalagraniten och vaxholmsgraniten som ofta tillhör batoliterna. Uppsalabatoliten är troligtvis den största (Persson 1997).

I Uppland är batoliterna de förhärskande plutoniterna, vilka är stora komplexa djupintrusiv delade i flera olika magmakroppar. De har långsamt stelnat på stort djup och har vanligen stora kristaller. Bergarterna är främst dioriter, granodioriter, graniter, tonaliter och kvartsmonzoniter.

Genom regionalmetamorfos under orogenesens huvudfas och via bl a den Kaledonska orogenesen i fjällen (Kambrium–Silur) formades mycket av berggrundens strukturer. De strukturer som påträffas i berggrunden är inte alla associerade med den Svekokarelska och den Kaledonska orogenesen utan har till stor del uppstått under mindre senorogena händelser och även till viss del under kvartär. Postglacial tektonik, så kallad ”neotektonik”, har tolkats som en effekt av trycklätnader under och/eller efter den senaste deglaciation (Mörner 2004 och 2005).

De nederoderade bergskedjorna uppvisas idag som rotzonerna i ett geomorfologiskt mycket plattare landskap än vad det varit. I detta peneplan uppträder dock strukturer som särskilt i Kolmården och Mälardalen kan kallas för ett sprickdalslandskap. Dock ska noteras att per definition är inte alla sprickliknande formationer sprickor. Fanerozoisk berggrund är bevarad endast i ett fåtal delar av landet och har en stor utbredning i Östersjösänkan (Lidmar–Bergstöm 1996). Det subkambriska peneplanet, som huvudsakligen inkluderar östra Sverige, även sydvästra Svealand och nordvästra Götaland är s.k. urberg där tidigare täckning av Fanerozoisk berggrund funnits.

Jordlager samt glaciala erosionsformer i berg

Den senaste nedisningen av Skandinavien, Weichsel, inleddes för ca 115 000 år sedan och den maximala utbredningen inträffade för omkring 20 000 år sedan (figur 3). Den slutliga övergången till ett interglacialt klimat sker vid övergången till Holocen för ca 11 700 år sedan. Det tar dock ytterligare ca 3 000 år innan all is smält bort från Skandinavien. Jordarterna indelas ofta i huvudklasserna glaciala och postglaciala, där glaciala jordarter omfattar t ex morän, isälvsmaterial och glaciallera och postglaciala jordarter t ex sjösediment och torv.

Räffelsystem som skär varandra anger två huvudsakliga isrörelser, med den äldsta i princip NV – SO och den yngre i mer N – S orientering (Persson 1992). Ytterligare ett system av isräfflor uppträder NNO – SSV, men endast i östra Uppland och antyder en isrörelse från Bottenhavet.

Jordtäcket i området har till största delen sannolikt bildats under den senaste deglaciationen (Persson 1997). Jordtäcket består till stora delar av morän (Persson 1997), vilken uppträder i sex typer med avseende på kornstorleksfördelningen. Stenriktningsanalyser (fabric) av den förhärskande moräntypen indikerar en avsättning norr ifrån, vilket sammanfaller med den senaste kända isrörelsen i området (Persson 1992). Detta stöds också av litologiska studier, då särskilt leriga moräntyper innehåller ordovicisk kalksten. Samma bergarter som förekommer i Bottenhavet norr om undersökningsområdet.

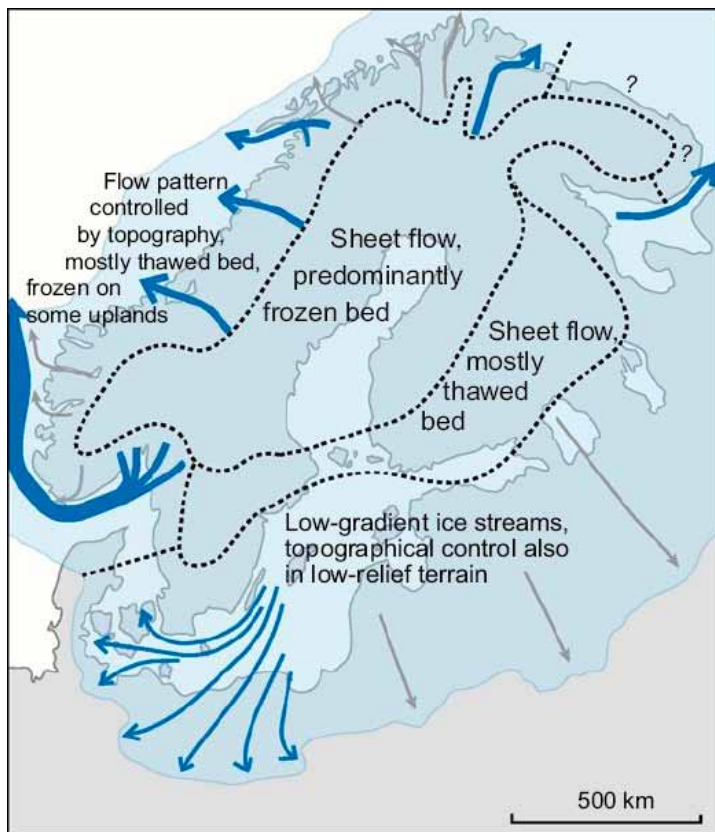
Rikblockig, ofta storblockig morän är vanligt förekommande i regionen (Persson 1997) och koncentrationer av block i markytan är vanligt förekommande. Orsaken är sannolikt att blocken är residualer efter erosion och/eller svallning. Normalblockig sandig morän dominerar men även sten- och blockfattig lerig morän förekommer samt moränlera på några platser (Persson 1997). Komplexa lagerföljder förekommer, men deras utbredning och vad de indikerar är inte klart. Precis väster om undersökningsområdet har en stratigrafi invid sjön Ludden med dubbla avsättningar morän dokumenterats (Persson 1997). Förekomster av dubbla moränbäddar har även Svedmark (1887) observerat och det är möjligt att de har en större utbredning än vad som hittills är känt.

I området kring Forsmark, i Norrtälje stad med omnejd, på Blidö och på en del andra platser förekommer moränlera (Persson 1997), men annars dominerar urbergsmorän, omväxlande med lera i dalgångarna.

Det förekommer kalkrika sediment, med block och stenar bestående av kalksten. De kalkrika jordarterna i norra Uppland är ett resultat av att inlandsisen plockat upp ordovicisk kalksten från Bottenhavet och avsatt som kalkrika moräner och leror i norra Uppland (Strömberg 1989). Sedimentära, kambrosiluriska bergarters förekomst, utbredning och stratigrafi i Bottenhavet har dokumenterats med refraktionsseismik av Axberg (1980).

Lera förekommer inte alltid i den utsträckning som är normal för östra Svealand. Särskilt i de nordöstliga delarna av Uppland, är den glaciala lera tunn eller närmast obefintlig (Strömberg pers. komm. 2008). På Uppsalaslätten finns dock stora mäktigheter av lera. Förekomsten av lera i Uppland kan sägas vara strängt avgränsad till centrala och sydvästra delarna av landskapet särskilt kring städerna Uppsala och Enköping (figur 4). Utbredningen av lera fortsätter ca 50 km norrut från Uppsala, längs de större dalarna och rullstensåsarna (Karlsson 2007).

Västra och östra Uppland särskiljs av högre topografi och i jämförelse med slättområdena i väster är östra Uppland fattigt på leror, men det finns för närvarande ingen bevisning för att lera inte skulle ha avsatts i östra Uppland under den senaste deglaciationen. Persson (1997) nämner en avsättning glacial lera i Norrtälje som dokumenterats i samband med geotekniska undersökningar vid byggnationen av vattenverket.



Figur 3. LGM och botten temperatur hos istäcket (Efter Kleman & Glasser 2007).
 "Last Glacial Maximum", isens största kända utbredning under Weichsel-nedisningen)
 Figuren visar isens bottenförhållanden och flödesvägar. (Efter Kleman & Glasser 2007).



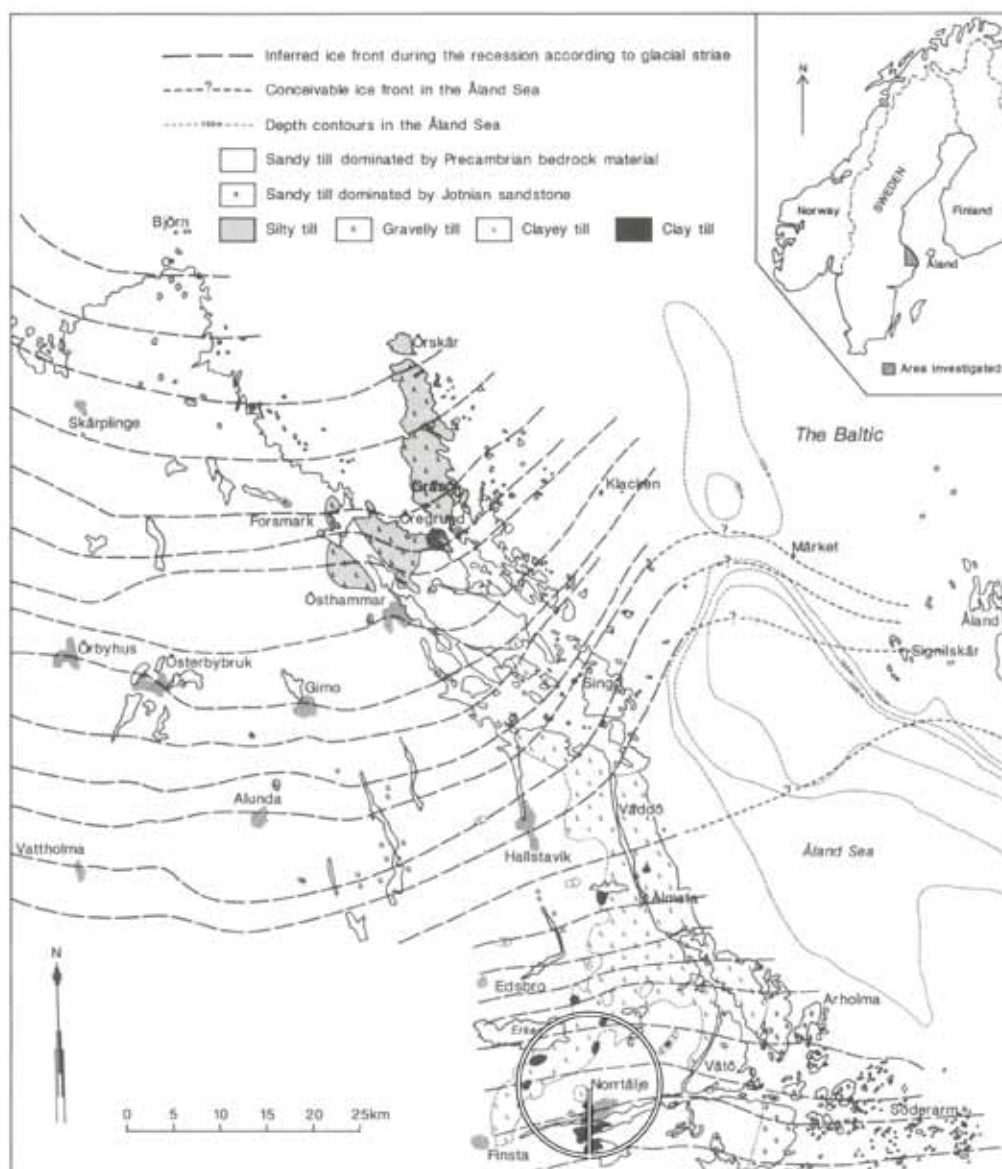
Figur 4. Jordarter i Uppland (Karlsson 2007; modifierad efter Sahlström 1947). Förenklad jordartskarta över Uppland. Kalt berg och morän dominerar i östra Uppland och sorterade vattenavsatta finsediment i dalgångarna i västra Uppland. Största förekomsten av sjöar är i västra Uppland och förekomsten av våtmarker är störst i norra delen av landskapet. (Efter Karlsson 2007; efter Sahlström 1947).

Isrecessionen i östra Sveland har daterats med hjälp av lervarvskronologi (de Geer 1912). Den senaste revideringen av tidsskalan (Figur 5 och 6; Strömberg 1989) visar att avsmältningen av området runt Norrtälje skett ca 10 300–10 200 lervarvsår år BP (antal år före år 1950) och att avsmältningshastigheten var ca 250 m/år (Persson 1997). Strömbergs rekonstruktion visar även en uppdelning av isen mellan Sveriges kust och Bottenhavet, och en möjlig förekomst av en isdom i Bottenhavet. Senare undersökningar av den svenska lervarvskronologin har dock visat att minst 875 år saknas i den holocena delen av tidsskalan, vilket innebär att deglaciationen av Norrtäljeområdet skedde för ca 11 200–11 100 år sedan, dvs. i början av Preboreal.

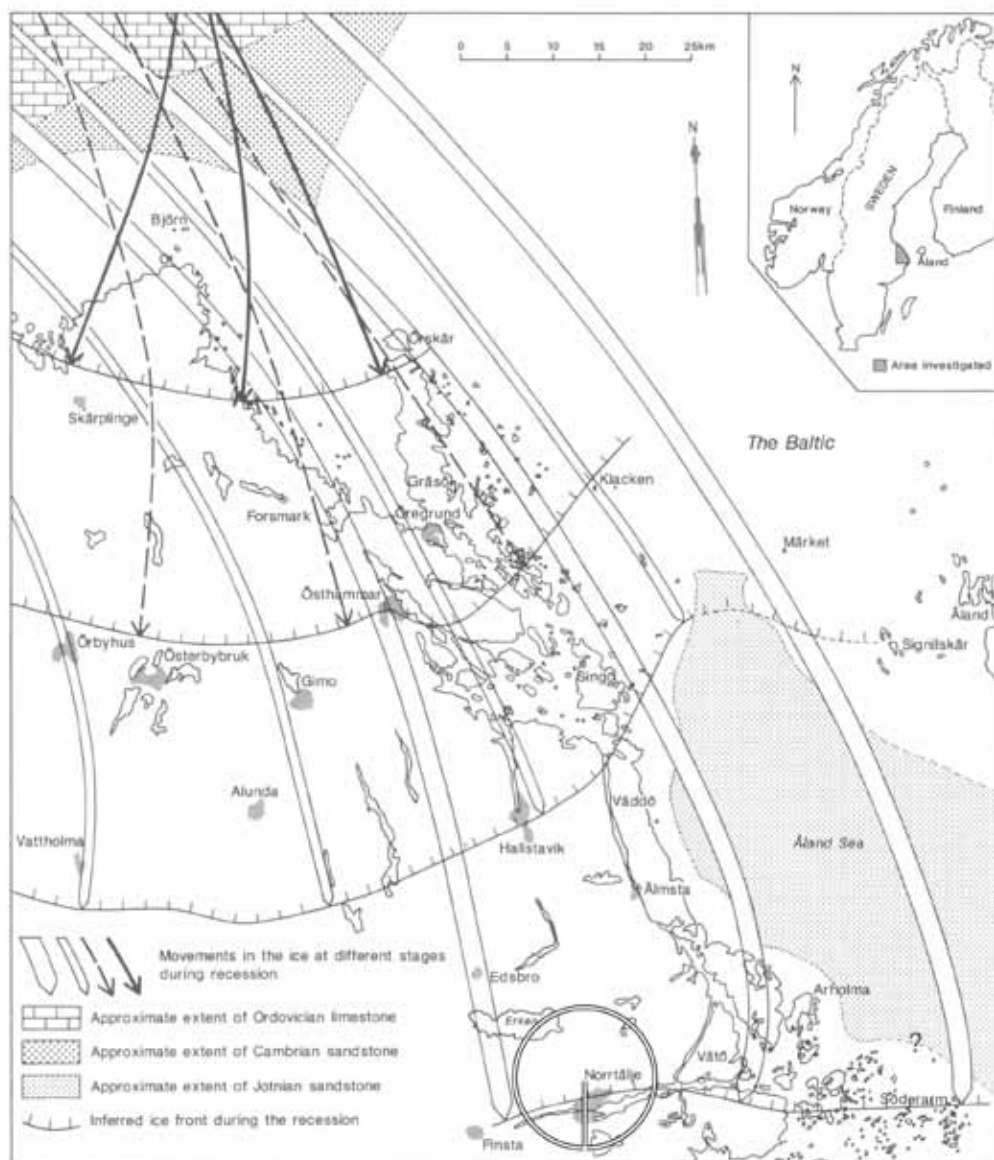
Den s k fläckzonen ("The spot zone") är ca 100 varv i den glaciala leran som innehåller fragment av kalksten i sandfraktionen (Strömberg 1989). Anledning till sanden har diskuterats att ha varit isfrontens läge vid södra gränsen av de proterozoiska bergarternas sträckning, men med existerande lervarvskronologi senast reviderad av Strömberg (1989), verkade detta osannolikt då isranden torde ha retirerat vidare till området kring Kvarken, mellan Bottenhavet och Bottenviken. Det är möjligt att kvarvarande is eller lokalt framryckande is i Bottenhavet på grund av surging (plötslig eller abrupt och stark tillväxt samt kollaps av isens hydrologiska system en- och supraglacialt (Menzies 2002) resulterat i djupa kalvningsbukter som gett upphov till fläckzonen. Surging i Bottenhavet har senare även föreslagits av Lundqvist (2007) (Figur 7). Lerig morän är vanligt förekommande i de östliga delarna av Uppland, vilket kopplas samman med förekomsten av sedimentära bergarter i Bottenhavet och isrörelsen (Strömberg 1989). Längre västerut finns inte samma koncentration av lerig morän, vilket förklaras av en mer nordlig isrörelse.

Tunna avsättningar med lera är dokumenterade från flera delar av norra och östra Uppland, bland annat av Ising (2005). De mörka vinterskikten var blågrå och sommarskikten rosa med fragment av kalksten (Hedenström 2003; Hedenström & Risberg 2003). Kontakten till överlagrande sediment är abrupt och typiskt erosivt betingad. Bristen på glacial lera i östra Uppland har bl.a. diskuterats av Brydsten (1999), som föreslog att starka nordliga strömmar kan ha eroderat utsatta delar av jordlagren. Den glaciala lera som avsatts kan ha eroderats och eventuellt omlagrats tidigt efter avsättningen. Marint liggande glacial lera överlagras på många platser i östra Uppland av vågutspolade rester från terrestriska jordar, vilka i sig överlagras av postglacial lera (Brydsten 2006). Detta tyder på att det föregått en kraftig erosion innan den postglaciala leran avsattes.

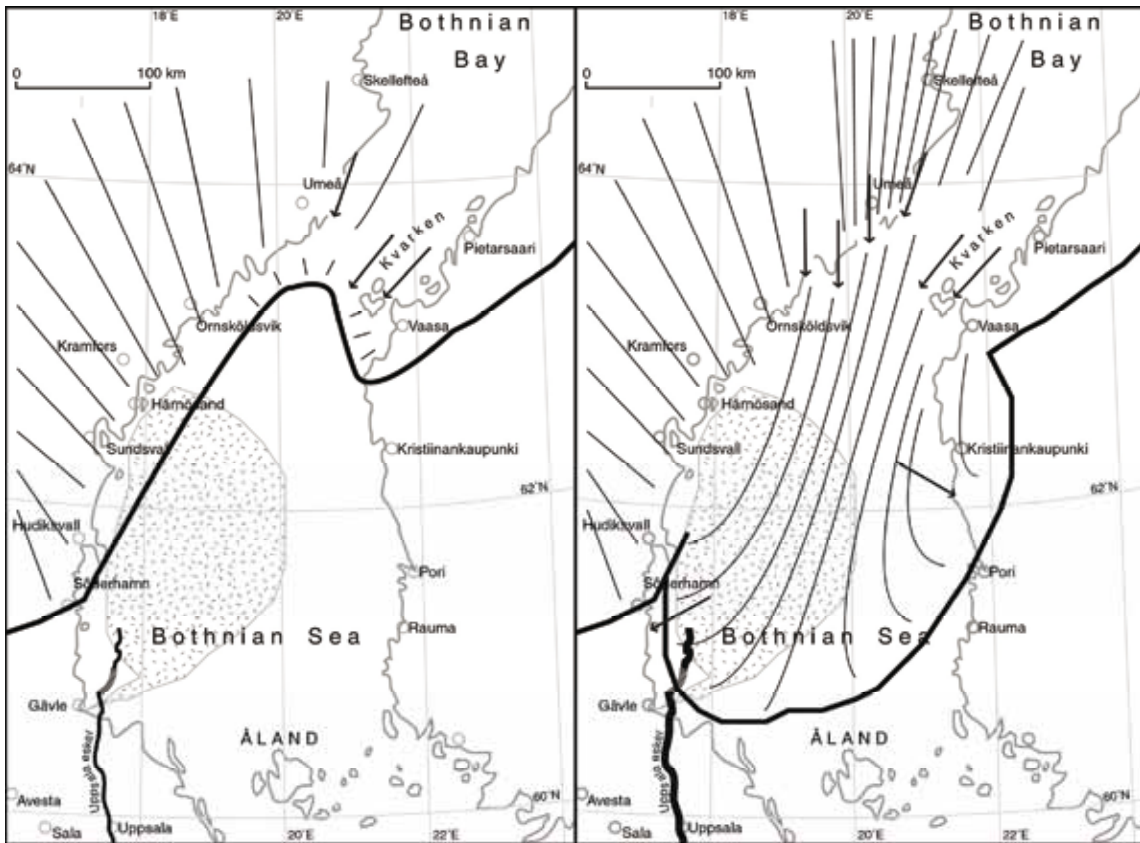
Kraftig erosion av lera i nordöstra Uppland, har också påvisats av Lagerbäck et al (2005), i området kring Forsmark. Den röda varviga glaciala leran är tunn och har en ojämn kontaktyta till överlagrande sandlager innehållande enstaka stenar och block.



Figur 5. Den senaste isrecessionen över östra Uppland (efter Strömberg 1989). Isrecessionens hastighet var generellt mellan 200–300 m/år i hela området med lokala variationer mellan 50 och 1000 m/år. Figuren visar även karterad avsättning av lerig morän och moränlera. (Efter Strömberg 1989).



Figur 6. Förslag för transport av sedimentära bergarter över Östra Uppland (efter Strömberg 1989). Sedimentära, särskilt fanerozoiska bergarters stratigrafi har dokumenterats i Bottenhavet med refraktionsseismik (Axberg 1980). Dessa bergarter har transporterats med isrörelsen över till nordöstra–östra Uppland. (Efter Strömberg 1989).

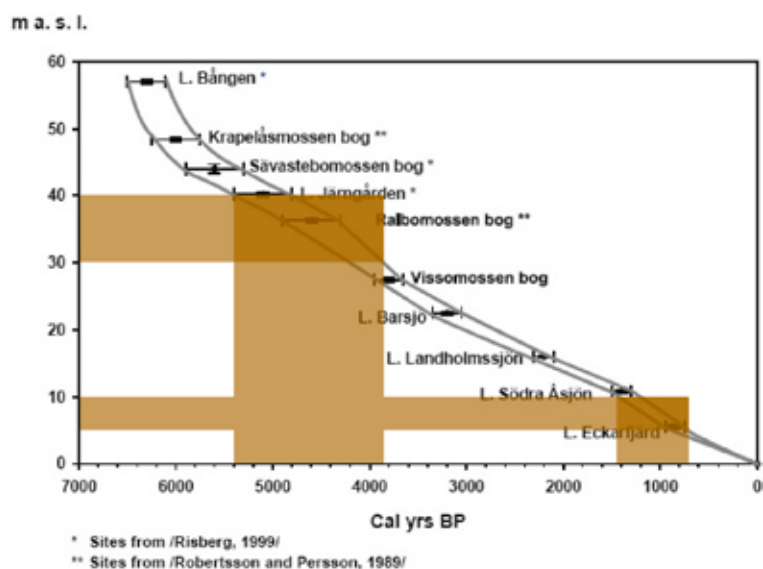


Figur 7. Bottenhavet efter surging (Från Lundqvist 2007). Baserat på tidigare undersökningar, särskilt från Kvarken, föreslår Lundqvist (2007) att åtminstone en "surge" (snabbt avancerade is) kommit från området vid Kvarken mellan Bottenviken och Bottenhavet, vilket återigen öppnar för resonemanget om en sen isdom i Bottenhavet som Strömberg (1989) tidigare föreslagit. "Surging" innebär en plötslig och stark tillväxt samt kollaps av isens hydrologiska system en- och supraglacialt (Menzies 2002). (Från Lundqvist 2007).

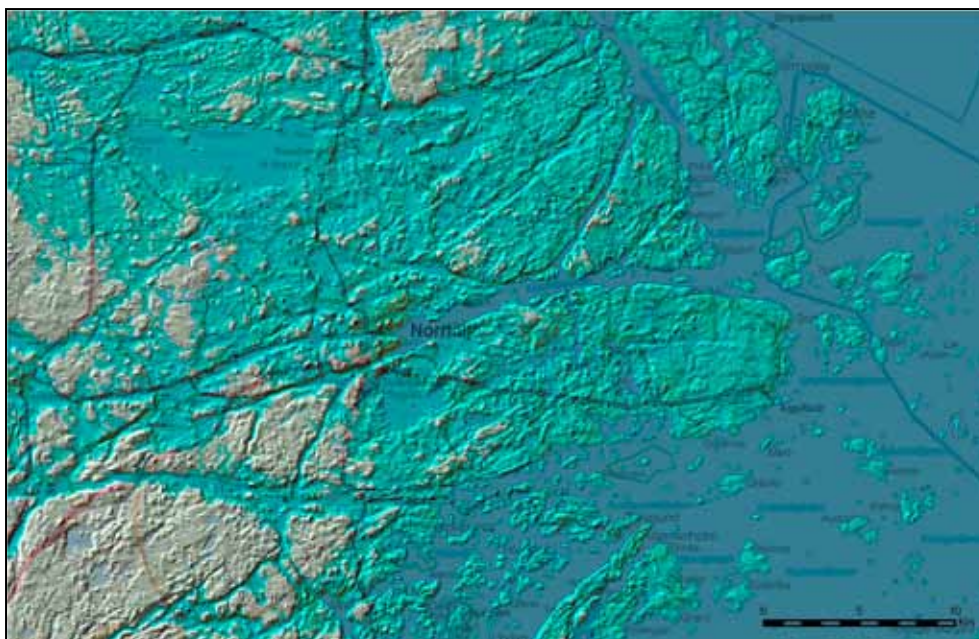
Med utgångspunkt från strandförkjutningskurvan (Figur 8, Hedenström & Risberg 2003) steg Färsna med omnejd ur havet ca 3 400 f Kr och ett skärgårdslandskap dominerade området i de drygt 1 000 följande åren. Havsnivån stod i höjd med markytan i dalen ca 550 e Kr och hade helt lämnat området 1 150 e Kr. Fördelningen mellan land och hav är illustrerad för åren 2 000 f Kr, 1 000 f Kr, 0 Kr och 500 e Kr i figurerna 9a – d.

I det topografiskt låga och flacka landskapet uppstod ett högenergiområde med kraftiga strömmar av smältvatten norrifrån. Området påverkades av kraftig vågverkan vid strandförskjutningen. Den glaciala leran bevarades i områden med mer skyddad topografi som t ex vid Uppsala (Risberg, pers. komm. 2007).

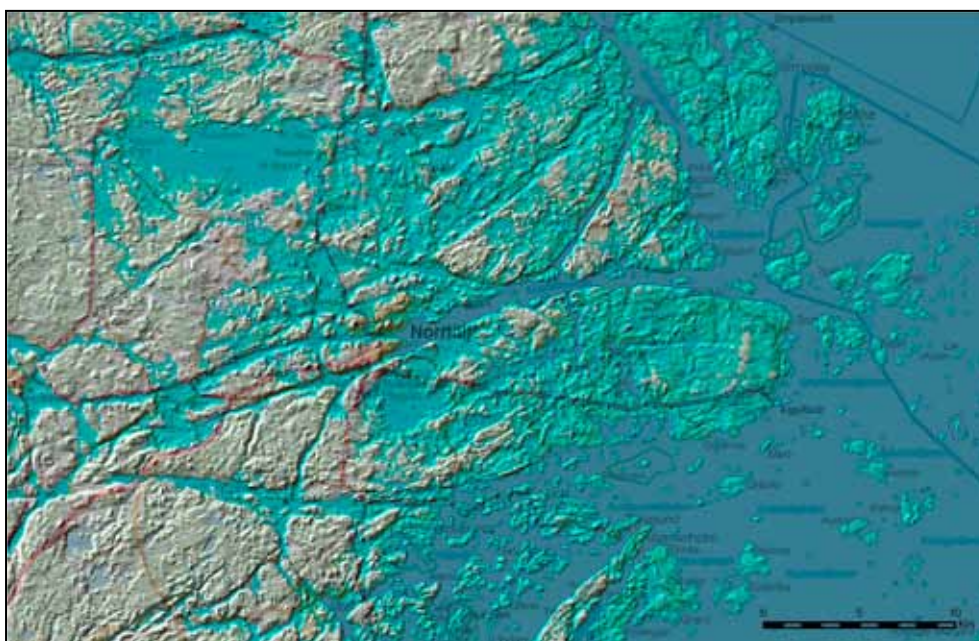
De organogena, postglaciala jordarterna domineras av sediment, såsom gyttja, och nationellt sett har gyttja en hög koncentration i Uppland, till skillnad från sedentära jordarter som torv. Gytta hittas i flera former som t ex lergyttja, algyttja, diatomégyttja och kalkgyttja. De återspeglar olika avsättningsmiljöer och till viss del även klimatet när de bildades. Den höga kalkhalten i norra Upplands gytter är ett resultat av de kalkrika moränerna i området, och genom senare omlagring och tillförsel med vattendrag har kalk ackumulerats i sjöarna.



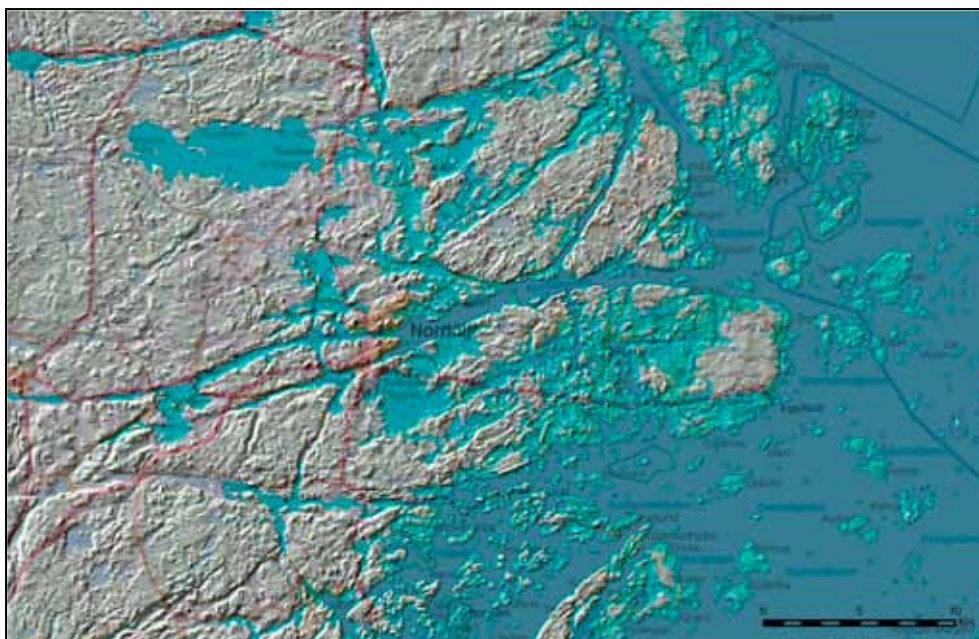
Figur 8. Strandförskjutningskurva från Forsmark, norra Uppland (Hedenström & Risberg 2003). Signifikanta nivåer av betydelse för området vid Färnsas topografi är markerade med intervall på Y-axeln och tidsintervallet som stranden har stått vid dessa nivåer är angiven på X-axeln. Intervall har använts eftersom strandförskjutningen inte är helt jämförbar mellan Forsmark och Norrtälje (Risberg et al 2005). Färnsas högsta höjder ligger nära 45 m ö.h. men ligger normalt mellan 30 – 40 m ö.h. De lägst belägna områdena ligger mellan 5 – 10 m ö.h.



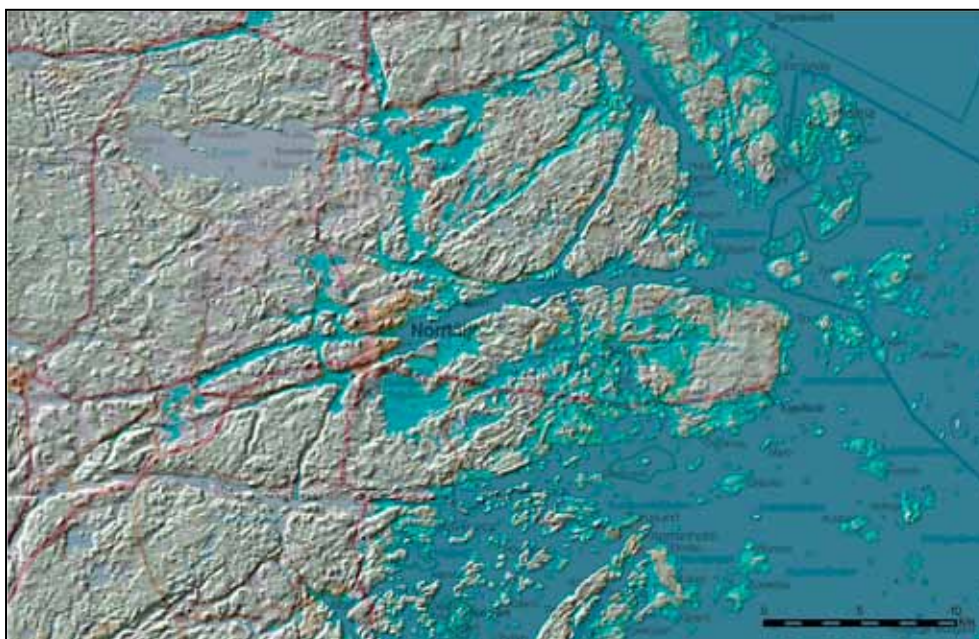
Figur 9a. Paleogeografisk karta för år 2000 f Kr (Tillåtelse av Alm 2008). Kartan representerar fördelningen av land, hav, havsvikar sjöar.



Figur 9b. Paleogeografisk karta för år 1 000 f Kr (Tillåtelse av Alm 2008). Kartan representerar fördelningen av land, hav, havsvikar sjöar.



Figur 9c. Paleogeografisk karta för år 0 Kr (Tillåtelse av Alm 2008). Kartan representerar fördelningen av land, hav, havsvikar sjöar.



Figur 9d. Paleogeografisk karta för år 500 e Kr (Tillåtelse av Alm 2008). Kartan representerar fördelningen av land, hav, havsvikar sjöar.

Jordlagrens ytformer

Geomorfologin i regionen reflekterar främst berggrunden, och jordtäcket saknar till stor del egna ytformer (Persson 1997), men det finns landformer av glacial och postglacial typ. Glacialmorfologin i denna del av landet är subglacialt och subakvatiskt bildad som exempelvis stöt- och läsidesmoräner.

Bland de mest framträdande ytformerna i Stockholmstrakten är moränryggarna, och särskilt De Geer–moränerna. Vid Ullna, öster och sydost om Ullnasjön i Vaxholms kommun finns ett system moränryggar som tolkats som en fullständig De Geer–moränserie med annuella och interannuella avsättningar (Möller 1962). 1 km nordost om Rimbo kyrka finns ett stort stråk De Geer–moräner med blockiga ovansidor (Elfström 1976). De Geer–moräner uppträder ofta i serie, men förekommer även solitärt. Höjden varierar från 1 till 3 meter och bredden från 10 till 30 m. Moränerna har ett avstånd mellan varandra på 60 till 100 m (Elfström 1976).

De Geer–moränerna anses generellt vara ackumulationsformer bildade i samband med isens recession som en randbildning vid iskanten, men det finns andra förslag om hur de har uppkommit. Ett annat förslag är att de bildats innanför isens front i sprickor genom inpressning av underliggande material (Lindén & Möller 2005).

De Geer–moränerna innehåller oftast material med en mycket låg sorteringsgrad och uppvisar ofta en komplex stratigrafi, med skjuvade lager och deformation av inblandad bottenmorän (Lindén & Möller 2005; Blake 2000). De bildas vid bottenmältande förhållanden och ansågs tidigt återspegla avsättning i en subakvatisk miljö, som i Uppland. De är associerade med slätter, särskilt lerslätter och tycks därför vara formade på ett relativt stort vattendjup, som i Färснаområdet där vattendjupet var över 100 m. (Strömberg pers. komm. 2008). Bildningsmiljön tros kunna variera. I den supraakvatiska miljön, alltså vid isavsmältning på land, kan sprickor inte nå ned till botten av isen. Vid subakvatisk avsmältning, och när stora smältvattenmängder uppstår, kan dock smältvattnet fylla sprickor i isen och smälta sig ned till isens botten. Det är i sådana sammanhang De Geer–moräner kan ha en koppling till de stora smältvattenstråken med rullstensåsar, och de förekommer ofta i anslutning till dessa. (Strömberg pers. komm. 2008). De Geer–moräner har i andra fall tolkats vara begränsade till iskanten (Lindén och Möller 2005).

Kartering och klassifikation

Huvudundersökningsområdet har av tidsmässiga skäl avgränsats till det område som sannolikt kommer att avsättas som naturreservat och endast en liten tid har avsatts för omkringliggande områden.

Undersökningen inleddes med en fältperiod och efterarbeten i början av oktober 2007 och fortsatte fyra veckor framöver.

Karteringen av Färсна har i det första skedet baserats på kartor och flygbilder och gränser för olika landskapselement har skisserats på OH-papper för att på så sätt få en bild av t ex antalet jordartsklasser. Fältkontrollerna har varit omfattande och bestämningen av bergarter, jordarter och landformer har till stor del ägt rum i fält. Klassifikationerna följer allmänt vedertagen geologisk och geomorfologisk systematik och terminologi som används i Sverige och till stor del även internationellt.

Topografi, textur, vegetation, relativ fuktighet och markanvändning har studerats i kartmaterial och IR-färgbilder i skala 1:30 000, tagna 1999–07–10, inför, under och efter fältarbetet. Flygbilderna har studerats i stereoinstrument av typen Topcon samt i dator med programmet ©Masuji SUTO and David Sykes StereoPhoto Maker 3.10. Geologiska kartor från SGU har använts för att öka förståelsen för Upplands jord- och bergarter samt landskapsutvecklingen. Geoteknisk dokumentation från exploaterade delar i närområdet har studerats men inte nyttjats i någon större grad.

Berggrund

Undersökningen är baserad på studier av SGU:s kartblad och kartbladsbeskrivningar (Persson 1997). Berggrunden har undersökts i fält med jordartskartan som grund. Information har även inhämtats från SGU:s brunnsarkiv och i tillgängliga fall även från annan geoteknisk dokumentation.

Vid behov har prover tagits i form av sk stuffer med hjälp av geologhammare. I övrigt har ingen provtagning utförts. Stuffer är handstora bergstycken, vilka kan representera en bergart eller ett fenomen som önskas undersökas ytterligare efter fältperiodens avslutande.

De stuffer som bedömts visuellt har tagits från representativa hållar i och i anslutning till undersökningsområdet. Mineralsammansättningen har bedömts med lupp (10 x förstoring), färg av streck, och hårdhet. Andelen av olika mineral är en approximativ bedömning. Bergarterna har klassificerats approximativt med hjälp av IUGS bedömningsgrunder för fältundersökningar baserade på mineralsammansättningen (se appendix 2). Vid bedömningen av metamorfa bergarter har inte IUGS bedömningsgrunder följts exakt. Beaktande har tagits till struktur och textur, såsom kristallernas storlek, och fördelningen av mineral. En etablerad terminologi hämtad från SGU:s bergartskartor av området har använts för att namnge bergarterna. Gränser mellan olika bergarter har inte varit möjliga att kartera, då små oregelbundna variationer uppträder överallt.

Geomorfologi och jordarter

Bakgrund till undersökningen har varit jordartskartan 11J Norrtälje NV i skala 1:50 000 (Persson 1998) och tillhörande kartbladsbeskrivning (Persson 1997). En första klassifikation av jordarter och landformer gjordes i flygbilder och i ett ortofoto från Lantmäteriets digitala karttjänst. Mest tid har avsatts till jordarter och landformer, och jordmånar har endast dokumenterats översiktligt. Jordmånerna beskrivs med svensk standard och med inlånade termer från *Soil Taxonomy* (Keys to Soil Taxonomy 2006). Under fältarbetet har området studerats i detalj och indelningen av jordartsklasser har förändrats allteftersom. Jordartklasserna i allmänhet är baserade på genes och sammansättning, särskilt kornstorlek och sorteringsgrad.

I fält har medtagits inplastade kartutdrag och ett ortofoto hämtat från Lantmäteriets digitala karttjänst samt ett utdrag från jordartskartan 11J Norrtälje NV. I fält har glaciala erosionsformer, såsom räfflor och skärbrött på hållar mätts in med kompass och ibland fotograferats. Spade och sticksond har använts i stor utsträckning och groparna har grävts med ett djup av 50 – 60 cm eller till berg. Alla jordarter har observerats i gropar vid flertalet tillfällen och GPS – mottagare har vid behov använts för att erhålla geografiska koordinater. Sticksonden har använts som komplement till spaden för att få en bättre bild av utbredningen av en särskild jordart. När möjlighet funnits har skärningar grävts ut och stratigrafin översiktligt dokumenterats.

Jordarternas gränser har dragits, provtagningspunkter har satts ut och observerade landformer skissats på ortofotot och i jordartskartan. Gränserna mellan olika jordarter har modifierats allteftersom arbetet har fortgått. Några heldagar har avsatts till att dokumentera landformerna som med hjälp av kompass och GPS –mottagare har skissats på kartan.

Bulkprover av undersökningsområdets mest representativa jordarter har tagits för att en snabb kontroll av jordartens sammansättning ska kunna göras i efterhand. Karbonathalt har undersökts med förenklad metodik och vanligtvis endast i fält med uppskattning av reaktionens styrka vid tillsats av HCl [10%] till matrix. Stenprover av jordarter har tagits för litologiskt ändamål. Stenproverna har använts för förståelsen av jordarternas ursprung och för att identifiera eventuella olikheter mellan bulkprover av morän.

GPS–mottagare har använts som hjälpmedel för lokalisering av observerade objekt samt för provtagningsplatser. Till viss del har extra tid avsatts för detaljbeskrivning av enskilda lokaler (geotoper) och därför varierar upplösningen i data och karta något.

Datahantering

Under fältarbetet har fotografering varit ett viktigt medel för dokumentation och även med syftet att bilderna ska tjäna som pedagogiskt medel. Fotografierna är tagna med digital kompaktkamera

av modellen Minolta X21. Bildredigeringsprogram har använts med syftet att göra bilderna mer pedagogiska. De använda programmen är Free Software Foundation, Inc. GNU Inkscape 0.45.1 och Free Software Foundation, Inc. GNU GIMP 2.4.2.

Efterhand har nya geografiska och geologiska data förts in i GIS – programmet ESRI ArcGIS 9.2, med syftet att framställa geologiska kartor. Kartografin har i största möjliga mån följt den standard som används av SGU. Kartorna refererar till Rikets nät RT90 (RT90 2.5 gon V).

Geodiversitet vid Färsna gård

Tre delar av den geologiska tidsskalan finns representerade i området, dels den kristallina berggrunden som anses ha bildats under den Svekokarelska orogenesen som hade sin huvudfas för 1 800 – 1 900 miljoner år sedan under Paleoproterozoikum, dels jordtäcket som är utbildat i slutet av den senaste nedisningen, Weichsel under Pleistocen och tidig Holocen för ca 10 000 år sedan, och slutligen postglaciala bildningar från Holocen. Mellan berggrunden och jordtäcket finns en lagerlucka, *hiatus*, som omfattar nästan 2 000 miljoner år. Inga spår finns i området av jord- eller bergarter som avsatts i tidsperioden mellan paleoproterozoikum och kvartär.

Berggrund

De bergarter som förekommer uppträder omväxlande utan någon egentlig uppdelning, och är därför svåra att avgränsa från varandra utan mer ingående studier. Sammansättningen hos de huvudsakliga bergarterna är främst granodioritisk–dioritisk (figur 10) och inbegriper därmed kvarts, plagioklas och biotit. Ett flertal element av helt skilda åldrar kan observeras (figur 11), men trots detta är diversiteten relativt låg. Den huvudsakligen granodioritiska–dioritiska berggrunden är jämförbar med kartläggningen av Svedmark (1887) men skiljer sig från Persson (1998). De dioritoida bergarterna är betydligt mer vittrade än de granodioritoida, vilket kan kopplas till skillnaden i andelen av kvarts och plagioklas. Fenomenet är vanligt hos de tidig–orogena bergarterna av denna art (Mansfeld, pers. komm. 2007) och vittringen är ställvis flera cm djup (figur 12). Plagioklas som förekommer i högre grad i diorit än i granodiorit (kvartsdiorit) förekommer antagligen främst som albit i dessa bergarter, då den uppträder i anhopningar av små flak (clevelandit) (Spicer 1995). Plagioklasen är mer vittringsbenägen ju högre andel kalk den har (Spicer 1995). Kvarts är relativt plagioklas mycket mera vittringsbeständigt. Eftersom plagioklasen (sannolikt albiten) ofta är mycket vittrad är det rimligt att den håller en relativt hög kalkhalt. Biotiten som också är vittringsbenägen är i de yttre delarna av den exponerade dioriten ofta helt ”bortvittrad”. Av mörka mineral återstår något av de mafiska mineralen såsom amfibolen hornblände. De mafiska mineralen i granodioriten är något mindre utsatta än i fallet med dioriten, då kvartsen i granodioriten till större del består vittring och till någon grad kan skydda omkringliggande mineral.

I granodioriten finns vanligtvis en svag foliation (figur 13). I dalgången i södra delen av undersökningsområdet är det klart att en deformationszon påverkat bergarterna. Strykningen (orienteringen) av den huvudsakliga deformationszonen i söder är N 60° O – S 60° V i kartplanet. Det är oklart hur stupningen går, dvs. hur deformationszonerna uppträder mot djupet. Bergarterna längs deformationszonen i N 30° V – S 30° O centralt i området är främst gnejsgraniter eller orto– graniter – granodioriter som bitvis har karaktäristiska som påminner om amfibolitgnejs (figur 14 & 15).

Pegmatiterna är få inom området, men förekommer i flera former, breda massiva (figur 16 & 17), klumpformade, tunna slingriga (figur 18) samt som raka utfyllnader i sprickor (figur 19).



Figur 10. Diorit med kvartsven. Från den nordvästra delen av huvudundersökningsområdet.



Figur 11. Diorit skuren av kvartsven, skuren av förkastning.

Tre olika händelser i figur 10 och 11 avspeglas i skärningen och är relativt daterade till att dioriten är äldst, sedan kvartsvenen och yngst är förkastningen. Kvartsvenen kan tänkas illustrera två händelser, eftersom den har fyllt i en tidigare spricka till skillnad från exemplet ovan (figur 10). Bilden är tagen i den nordvästra delen av huvudundersökningsområdet.

Rak och mindre deformerad sprickfyllnad, ev. senare pegmatisk smälta än i föregående figur. Vägskärning strax väster om huvudundersökningsområdet.

Några svårbestämbara bergarter, möjligtvis ryolitiska vulkaniter uppträder ställvis i skärningarna (figur 20). Den till synes ryolitiska bergarten innehåller pyroklastliknande mineralkorn vilka kan relateras till ett vulkaniskt ursprung. Rester av vulkaniter i området skulle innebära att de massformiga bergarter som påträffas inte nödvändigtvis skulle tillhöra de tidig-orogena intrusiv som i övrigt präglar regionen, utan istället skulle kunna vara omkristalliserade delar av vulkaniterna.



Figur 12. Kraftigt vittrad diorit. 1 – 2 cm tjock stuff från en diorit. Det vita mineralet är rester efter den kraftigt vittrade plagioklasen och är relativt mjukt. Upplagd på en amfibolit. Östra delen av huvudundersökningsområdet.



Figur 13. Granodiorit med foliation och enskilt band med kvarts och plagioklas. En svagt utbildad foliation förekommer i öst–västlig riktning. Färsna gårdsplan.

Ett alternativ kan vara att det rör sig om en sen–orogen granitoid, men det är i så fall det enda fyndet i området. Om det är en rest av en sur–intermediär vulkanit är svårt att avgöra utan vidare studier. Vid lokalen uppträder andra massformiga granitioda bergarter, såsom pegmatiter omväxlande med svagt deformerade granodioriter, vilket ger berggrunden en heterogen bild. Lokalen är sannolikt påverkad av en deformationszon. SGU:s berggrundsgeologiska kartblad anger att det är sura – intermediära vulkaniter (Berggrundskarta 2007), t ex av ryolitisk sammansättning. En bergart liknande syenit, den plutonitiska motsvarigheten till nyligen nämnda vulkanit, har hittats (figur 21 & 22). Den ser dock inte naturligt röd ut för att vara en plutonit (Mansfeld, pers. komm. 2008). För övrigt har inte granitoida bergarter av denna typ påträffats någon annanstans. Det mest rimliga är att det är den tidig–orogena granodioritoid, samma som dominerar området, och som p g a närheten till deformationszonen omvandlats antingen av kaliumrika substanser från de närliggande pegmatiterna eller att rostmineral



Figur 14. Bandning i granodiorit nära deformationszon. Vål utbildad bandning. Kan betraktas som gnejsgranit eller orto- graniter – granodiorit. Bergarten är fortfarande igenkännbar som granodiorit och bör inte kallas för en gnejs. Vägs kärning strax väster om huvudundersökningsområdet.

fastnat mellan kristallerna, vilket kan avgöras i tunnslip. I kontakterna mellan pegmatit och granodioritoid uppträder en rödfärgning ytligt hos granodioriten, vilket kan vara en variant av fenomenet som särskilt har observerats i syd – sydöstra undersökningsområdet (figur 23 & 24). Liknande scenarion finns beskrivna längre söderut, i området kring Oskarshamn, och har förklarats kunna härröra från hydrotermal aktivitet (Wahlgren et al 2004).

I pegmatiten finns strödda kristaller av klorit (figur 25 – 27) som tycks vara bildade av biotit (Mansfeld, pers. komm. 2008), och tunna flak av kalcit (figur 28). Klorit uppträder ofta i bergarter som till någon grad undgått svag deformation, men det kan i nuläget inte säkerställas om bergarten är relaterad till en metamorf facies. Grönskifferfacies associeras annars med regionalmetamorfos med låg temperatur och måttligt högt tryck (Winter 2001).



Figur 15. Bandad granodiorit nära deformationszon. Väl utbildad bandning. Bilden tagen i den centrala delen av huvudundersökningsområdet.

I pegmatitrika delar av deformationszonen finns formationer av rivningsbreccia (figur 29). Deformationszonen formades efter den Svekokarelska orogenesen, sannolikt under regionalmetamorfosen relaterad till den Kaledonska orogenesen som pågick ungefär där de svensk-norska fjällen finns idag under Ordovicium – Silur. Kalciten i pegmatiten ligger tunt i sprickor och är därför troligtvis en relativt ung bildning (Mansfeld, pers. komm 2008). Karbonatbergarter har inte hittats i det fasta berget, varför kalciten är svår att förklara. Men det är rimligt att sediment, som idag inte är bevarade, avsattes före orogenesens huvudfas, men idag inte finns bevarade.



Figur 16 & 17. Granodiorit med pegmatit. Färsna gårdsplan.

Hos en del pegmatiter i deformationszonerna har hematit (Fe_2O_3) påträffats som inte är relaterad till de tidigare ev utfällningarna med rost mellan plagioklaskornen. Mineraliseringen ligger i ett tunt skikt och har sannolikt uppstått post-orogent och post-tektioniskt, kanske till och med postglacialt efter att strandförskjutningen låtit zonen syresättas (Mansfeld, pers. komm. 2008).

Det råder en del osäkerhet kring deformationszonernas antal och utbredning, och med det hur fördelningen gnejsiga, breccierade och på annat sätt deformerade bergarter, ser ut.



Figur 18. Deformerad pegmatit i amfibolit/granodiorit. Pegmatiternas ursprung är vattenrika smältor som tros vara det sista som bildas i en magmadifferentiering. Pegmatiten visar en lägre kompetens att motstå deformation än värdbergarterna. Vägskärning strax väster om huvudundersökningsområdet.



Figur 19. Pegmatit i amfibolit/granodiorit.

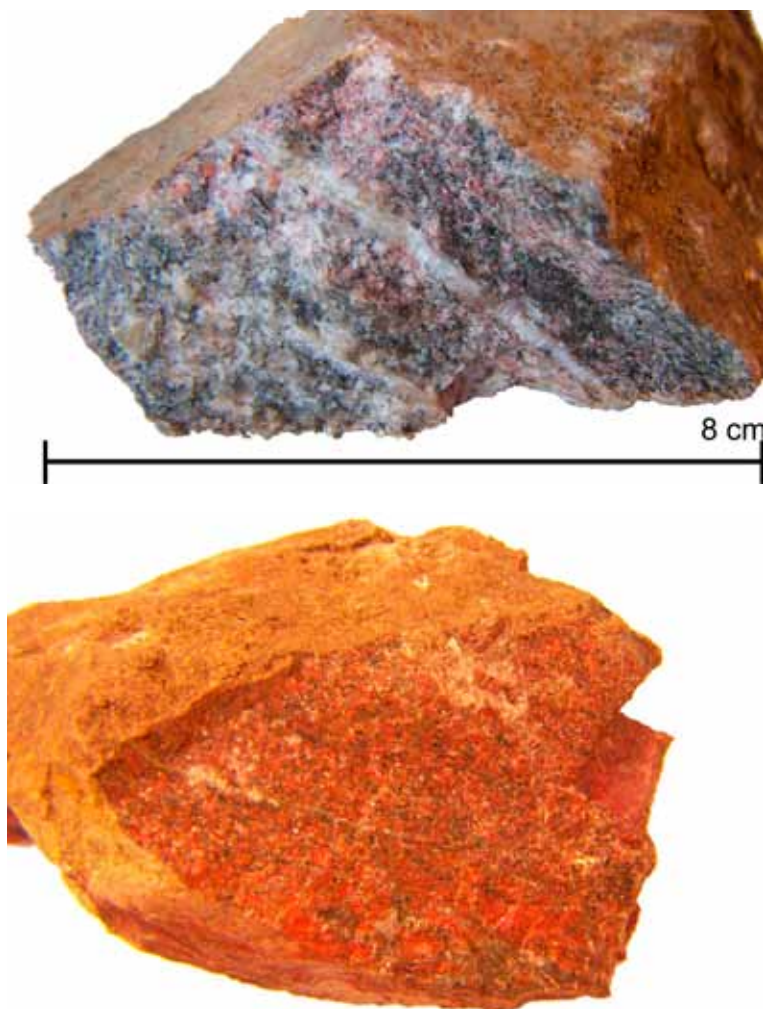
Slutsatsen blir att områdets bergarter tolkas som granodioriter – dioriter, mörkgrå – grå medelkorniga, hornbländeförande plutoniter med små lokala företeelser av bandning där deformationszonerna sträcker sig. I pegmatiterna förekommer accessoriska mineral och ställvis påträffas rivningsbreccior (dynamisk breccia) (Mansfeld, pers. komm. 2008). Det finns inga spår av sedimentära bergarter eller metasedimentära bergarter som t ex gråvacka, bergarter som annars är vanliga i regionen (Berggrundskarta 2007). Den enda påträffade gångbergarten är pegmatit. Inga bergarter befinner sig i högre metamorft facies än epidot–amfibolitfacies, vilket inte heller är vanligt förekommande. I de metamorfa bergarterna har inga granater påträffats, vilka skulle om de funnits indikera de metamorfa bergarternas ursprung som sediment. De metamorfa bergarterna är koncentrerade till deformationszonerna.



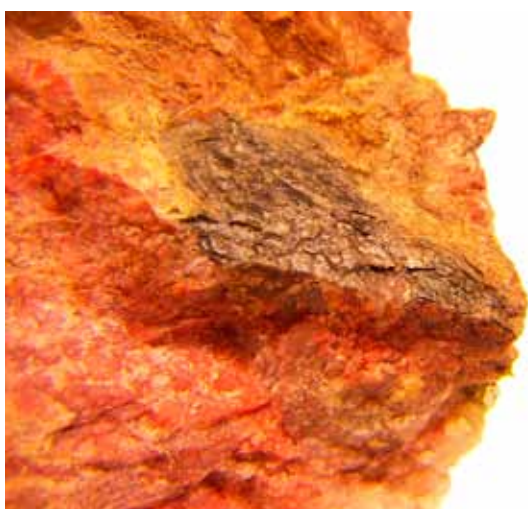
Figur 20. Ospecificerad bergart. Denna bergart har stora likheter med vulkaniter. Den uppvisar t ex delar med porfyrisk struktur. Det är den bergart som det råder mest osäkerhet omkring. Bergartens kända utbredning i området är sannolikt liten, då den bara påträffats på en enda plats. Bergartens förekomst och omgivande miljö talar emot att det är en vulkanit. Porfyrisk sen-orogena graniter förekommer i regionen, men har i övrigt inte påträffats i området. Vägsjärning strax väster om huvudundersökningsområdet.



Figur 21 & 22. Ospecificerad bergart. Vid första anblicken blir frågan om det är en grovkornig metavulkanit eller finkornig plutonit. Den är massformig och sannolikt inte en metavulkanit. Vägsjärning strax väster om huvudundersökningsområdet.



Figur 23 & 24. Rödfärgad granitoid från nära en deformationszon. I stoffen överst syns den tidig-orogena granodiorit som dominerar i området och som har röda mineralkorn där annars gråvit plagioklas kan ha suttit. Kalium från ortoklasen i pegmatiten eller järn från grundvattnet via deformationszonen är möjligtvis orsaken till denna rödfärgning (Mansfeld, pers. komm. 2008). Stuffer hämtade direkt utanför huvudundersökningsområdets syd – sydöstra sida.



Figur 25 – 27. Sekundär biotit i pegmatit från en deformationszon. I pegmatiten finns mineral som bildats sekundärt, här klorit med ursprung i biotit. Kloriten indikerar här att pegmatiten påverkats av deformationszonen. Deformationen associeras med regionalmetamorfos. Stuff hämtad direkt utanför huvudundersökningsområdets syd-sydöstra sida.



Figur 28 & 29. Kalcit och hematit i en ospecificerad bergart samt en rivningsbreccia. Överst: Det vita mineralet är kalcit och har bildats sekundärt och tillhör inte bergarten. Förekomsten av karbonatmineral är förbryllande. Det grå mineralet med metallglans är hematit, järn(III)oxid som fällts ut när järnhaltigt grundvatten kommit i kontakt med syre. Det är antagligen en kvartär bildning. Nederst: Rivningsbreccia från en av deformationzonerna. Bedömningen gjord med hjälp av Mansfeld (pers. komm.2008). Stuffer hämtade direkt utanför huvudundersökningsområdets syd-sydöstra sida.

Glaciala erosionsformer i berg

Hällkarteringen visar på en stor mängd hällar över hela området, särskilt i skogen där jordtäcket ofta är mycket tunt. Hällarnas utformning kan härledas till isrörelsen, med slipad stötsida och bruten läsida. Väl utbildade exemplar av rundhällar finns på många platser i området (figur 30).



Figur 30. Rundhäll sedd från sydväst. Bergskärnan till crag-and-tail. (se Jordlagrets ytformer och appendix 6). Pilen visar isrörelsen över området. Centralt i södra huvudundersökningsområdet.

Inte alla berghällar uppvisar strukturer som säkert kan tolkas som erosionsformer från den senaste isrörelsen. Dock förekommer isräfflor på flertalet hällar. Isräfflorna förekommer i minst två olika riktningar, där den äldsta har skyddats i skalfacetter (figur 31). Denna isrörelse har en riktning i NV – SO (N $\sim 50^\circ$ V) och är äldre än det dominerande räffelsystemet som har en orientering NNV – SSV (N $\sim 32 - 22^\circ$ V).

Andra förekommande erosionsformer är *grooves* dvs. breda djupa isräfflor, vilka förekommer med samma riktning som det förhärskande räffelsystemet (figur 32) samt skärbrott av typen ”*crescentic gouges*” (figur 33). Skärbrotten visar inte på isrörelsen i samma utsträckning som isräfflorna, då orienteringen av varje skärbrott kan variera i högre grad. Med hjälp av isräfflor och till viss del även andra glacialmorfologiska formelement kan den yngsta isrörelsen inom området anges som NNV-lig.

På läsidan av rundhällarna har ibland en läsidesmorän utformats, vilken tillsammans med en bergskärna ger upphov till crag-and-tailbildningar vilka är ryggformer utsträckta parallellt med isrörelseriktningen (se kapitel Jordlagrets ytformer).



Figur 31. Isräfflor i NV – SO (till höger i bild) och NNV – SSO (till vänster i bild). Centralt i södra huvudundersökningsområdet.



Figur 32. Isräfflor av typ "grooves" i NNV – SSO. Centralt i södra huvudundersökningsområdet.



Figur 33. Skärbrött av typen "crescentic gouges". Kompassen visar den generella isrörelseriktningen NNV – SSO. Skärbröten avviker därifrån, men har sinsemellan inte heller en konsekvent orientering. Centralt i södra huvudundersökningsområdet.



Figur 34. Isräfflor främst orienterade NNV – SSO. Äldre isräfflor i NV – SO (orienterade som kompassen snöre) avskurna av isräfflor i NNV – SSO. Kartan är orienterad ~N – S. Centralt i södra huvudundersökningsområdet.

Jordlager

Jordarterna i området är framförallt glacialt utbildade under slutfasen av den senaste istiden. Jordarterna har en principiell lagerföljd med glaciala sediment närmast berget, därefter sorterade vattenavsatta sediment och sist blandjordarter samt organogena jordarter.

Den dominerande jordartsklassen är diamikton, dvs osorterade sediment vilka huvudsakligen förekommer i två huvudgrupper; en grovkornig och en finkornig. De är båda tolkade som morän, dvs jordarter bildade av material som transporterats med inlandsisen och avsatts utan eller med ringa inverkan av smältvatten. Den grovkorniga moränen kallas i fortsättningen sandig morän och den finkorniga benämns moränlera. De är vanligen stratigrafiskt åtskilda och har antagligen olika ursprung, med tanke på skillnaden i sammansättning. Moränleran kan sägas uppträda fläckvis i topografiskt lågt liggande områden. Den sandiga moränen tycks fortsätta under moränleran. Den sandiga moränen respektive moränleran tros ha avsatts var för sig.

Sand förekommer med skiktning som normal gradering och revers gradering, dels som linser i morän, dels som svallsand. I ytskikten av svallsanden finns spridda förekomster av grus och sten. Svallsanden har svallats ut från högre områden i samband med landhöjningen. Glacifluviala jordarter saknas helt förutom som sorterade linser i moränen.

Sorterade kohesionsjordarter såsom glacial och postglacial lera är förhållandevis ovanliga i området, och har endast en liten utbredning centralt i södra delen av huvudundersökningsområdet, vilken är en av de lägsta punkterna i området. Leran är där blå, homogen, fuktig och plastisk. Leran observerades i ett uppgrävt dike med en mäktighet av ~1 m och tolkas som postglacial. Den underlagras av moränlera. Kontakten är inte närmare undersökt, men föreföll vara skarp och utan mellanlagrande glacial lera.

Mer organiska jordarter i form av lergyttja finns egentligen bara i de lägst liggande områdena, överlagrande den postglaciala leran. Tunn mårbildning i jordmånens O-horisont förekommer och i vissa sänkor med impermeabla underliggande jordarter och grundvattenzonen nära markytan visar den en utveckling mot mer torvartad karaktär. Förekomsten av organogena jordarter begränsas av definitionen för vad som är karterbart. I de observerade fallen överstiger mäktigheten torv generellt inte 20 cm.

Glaciala bildningar

Området har liten variation i höjd över havet, från omkring 15–30 m ö.h. Morän är den dominerande jordartsklassen, och är i mestadels brun-brungrå, sandig och blockig. Tre huvudtyper av morän har identifierats, vilka skiljer sig åt beträffande, textur, blockighet, lerhalt och litologi. Dessa tre moräner kommer att beskrivas längre fram i texten. Ytterligare variationer av dessa förekommer lokalt.

Viktigt att notera är att moränen i allmänhet är lerfattig. I vissa låglänta delar är dock lerhalten påtagligt hög. Jordarten är där en brunröd moränlera.

Glacifluviala avlagringar har inte påträffats. Mindre linser med sorterad sand finns i moränen, och har bl.a. observerats i en tvärsnittsskärning av en läsidesmorän (crag-and-tail). Linsen har en välutbildad ”reverse grading” i kvarts- mellansand upp till stenfraktion och är sannolikt bildad som debris. Den underlagras av en grå morän.

Glacial lera tycks inte ha någon utbredning i området, vilket kan vara relaterat till erosionen av glacial lera som omnämns av Brydsten (2006) m fl. Moränlerans koncentrerings till svackor kan tänkas ha ett liknande samband med akvatiskt erosion.

Enhet 1: Grå morän

Den stratigrafiskt äldsta enheten är en grå morän, vilken inte går i dagen men har observerats i gropar. Den verkar ha en fläckvis förekomst, antagligen främst i lägen som skyddats genom berggrundstopografin (figur 35). Silt samt sten och block är de främsta komponenterna. Den grå moränen är i observerade fall oftast inte matrixstött, men kittad i finmaterialet, hård och kan upplevas som cementserad. Litologin har inte undersökts noggrant, men där den observerats, har de ingående bergarterna främst varit av magmatisk och metamorf typ. Av metamorf typ har metasediment hittats och fragment av glimmerskiffer har påträffats. Kalkglimmerskiffer finns i fast klyft i exempelvis vid sjön Erken, NV om Färsna (Persson & Stålhös 1991).

En s k ”gammal blå morän” som har hittats i norra Svealand, har diskuterats kunna representera isens täckning under tidig- eller mellan-Weichsel (Lundqvist 1973 resp. Robertsson et al 2005). Den grå morän som påträffats vid Färsna kan möjligtvis vara en variant av ”den gamla blå” moränen (Lundqvist pers. komm. 2008). Det skulle kunna innebära att morän från ett tidigt stadie av Weichsel finns bevarat. Centrumet för istäcket låg nordväst om undersökningsområdet under en period före sen-Weichsel (Kleman et al 1997).



Figur 35. Stratigrafi i en crag-and-tail med tre sedimentfacies. Tvärsnittsstratigrafi i en crag-and-tail (se kapitel ”Jordlagrets ytförhållanden”): Nederst grå, tät och hård, blockig siltig sandig morän, en möjlig bottenmorän (”lodgement till”), som överlagras av mycket välsorterad kvarts-mellansand, troligtvis glacifluvialt debris, formad av trycklättning i kavitet i läsidan av proximal häll. Därefter följer en sekvens med olika sorterade skikt. Grusfraktioner kommer i sekvensen med ”reverse grading”. Ungefär vid toppen av spadhandtaget överlagras en lös, isotrop, blockig stenig sandig diamikton, som tolkas vara en subglacial utsmältningmorän.

Enhet 2: Brungrå sandig morän

Den mest allmänt förekommande jordarten i området är en brungrå sandig morän. Moränen som ofta är mycket blockig (figur 36) bör ha varit föremål för stark erosion. Blocken tycks främst vara ett ytligt fenomen, då blockhalten avtar med jorddjupet. Ställvis finns mycket stora block i ytliga lägen liknande flyttblock. Dessa bör dock inte betraktas som flyttblock i egentlig mening då de tillhör den underliggande jordarten. Blocken förekommer ofta i ett annars tunt jordtäck, ibland i direktkontakt med berggrunden (figur 37 & 38). Där blockigheten är hög är också matrix relativt grovkornigt. Sand- och grusfraktionerna dominerar och finare fraktioner saknas nästan helt, troligen som en följd av kraftig svallning. Nedanför höjder förekommer ibland välsorterad sand som har tolkats som svallsand. Sammantaget tolkas blockrikedomen vara en följd av omfattande erosion i form av svallning i samband med landhöjningen.



Figur 36. Svallad och/eller rikblockig morän. Centralt i södra huvudundersökningsområdet.



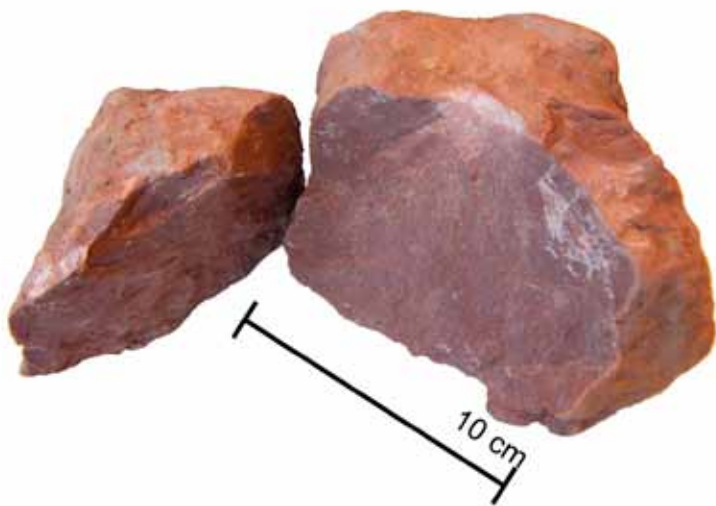
Figur 37. Storblockig morän. Högre i topografin än i förra figuren. Moränen är mycket tunn och är utan blocken mindre än karteringsdjupet (0,4–0,5 m). Centralt i huvudundersökningsområdet.

Den sandiga moränen innehåller bergarter av stor diversitet, med otaliga exempel på magmatiska bergarter, i första hand plutoniter. Av sedimentära bergarter förekommer, särskilt kraftigt vittrad mellanordovicisk ortoceratitkalksten (figur 39).

I skärningar på åkermark, nära skogsmark kan enhet 2 återfinnas under en tunn moränlera. Denna stratigrafi kan hittas på ett flertal platser och intrycket är att enhet 2 är stratigrafisk äldre än moränleran. Moränleran ingår i enhet 3.



Figur 38. Storblockig morän. Centralt i huvudundersökningsområdet.



Figur 39. Ortoceratitkalksten (mellersta Ordovicium), funnen i crag-and-tail. En på ytan kraftigt vittrad ortoceratitkalksten från mellersta Ordovicium (Lindström, pers. komm. 2008) som hittas i den sandiga grusiga, och alltså "luftiga" utsmältningmorän beskriven i figur 35. Kalkstenen innehåller mindre fossil (Lindström, pers. komm. 2008).

Enhet 3: Brunröd lerig morän och moränlera

Lerig morän och moränlera uppträder rikligt i området, men har sammansättningsavvikelser geografiskt och stratigrafiskt, resulterande i en heterogen enhet med avseende på kornstorleksfördelning. Lerig morän och moränlera förekommer huvudsakligen i svackor och i lågt liggande områden, men har förmodligen avsatts över större arealer, varefter eroderats och huvudsakligen bevarats i skyddade lägen.

Den funna moränleran är vanligtvis något grusig till sandig och är för det mesta block- och stenfattig (figur 40 & 41). Större variationer förekommer med djupet, vilket har observerats i grävschakt i samband med markarbeten i södra delen av området där även enskilda stora block har påträffats. Enheten innehåller upp till meterstora linser med annat material, såsom lerig morän, grusig sand och lera. Leran kan möjligen vara en tidigare avsatt glacial lera som plockats upp av isen.

Lerhalten har uppgivits vara 15–23 % i de flesta fall där denna bestämts i området och enheten utgör då en s k morängrovlara (Persson 1997). Vanligast är att halten är drygt 15 %. Moränlera med högre lerhalt, s k moränfinlera har dock påträffats, bl.a. i Norra Järsö, vid sjön Erken, Norrtälje (NV om undersökningsområdet), där lerhalten är 33% (Persson 1997).

Moränleran har i delar av undersökningsområdet en mycket hög halt finmaterial, där halten grovt material (större än grovsilt) uppskattas till endast några tiotals procent. Moränen uppvisar där mycket styva egenskaper (mycket styv lera $\geq 60\%$) och kan förväxlas med glacial lera.

Moränleran har till stor del fysikaliska egenskaper likt en lera, men genetiskt ska jordarten betraktas som en morän, särskilt pga de isräfflade ordoviciska kalkstensfragment som hittas i jordarten (figur 42). Förekomsten av isräfflad sten är en god indikation på att jordarten är morän. Andelen finmaterial har inte med sorteringsgraden att göra utan snarare moderbergarten.

Ortoceratitkalksten är den vanligast förekommande isräfflade kalkstenen och har hittats även i blockfraktionen. Ortoceratitkalkstenen förekommer både i röda och grå former och av den anledningen varierar också färgen i moränleran, men den dominerande färgen är oftast brun, med tät och homogen textur. Den röda färgen är järnoxider som fällts ut på kalkkornen indikerande för oxisk miljö då sedimentet avsattes under Ordoviciet. Ortoceratitkalkstenen är typisk för en kalksten bildad i ett djupt hav. Om ej syre tillförts botten i tillräcklig grad uppstår anoxiska förhållanden och färgen blir grönare av mineralet glaukonit (Melkerud 1977).

Isräfflad kalksten av typen Östersjökalk från övre Ordoviciet, (figur 43 & 44), har även påträffats, men inte i samma utsträckning som ortoceratitkalkstenen. Östersjökalken har hög kalkhalt, men är också hård då den har förkislade porer. Sandsten som också förekommer i moränleran i regionen (Persson 1997), har i denna undersökning inte hittats.

Persson (1997) anger att lermineralet illit dominerar lerfraktionen i östra Uppland, vilket indikerar ett betydande ursprung av paleozoiska bergarter, t ex kalksten.

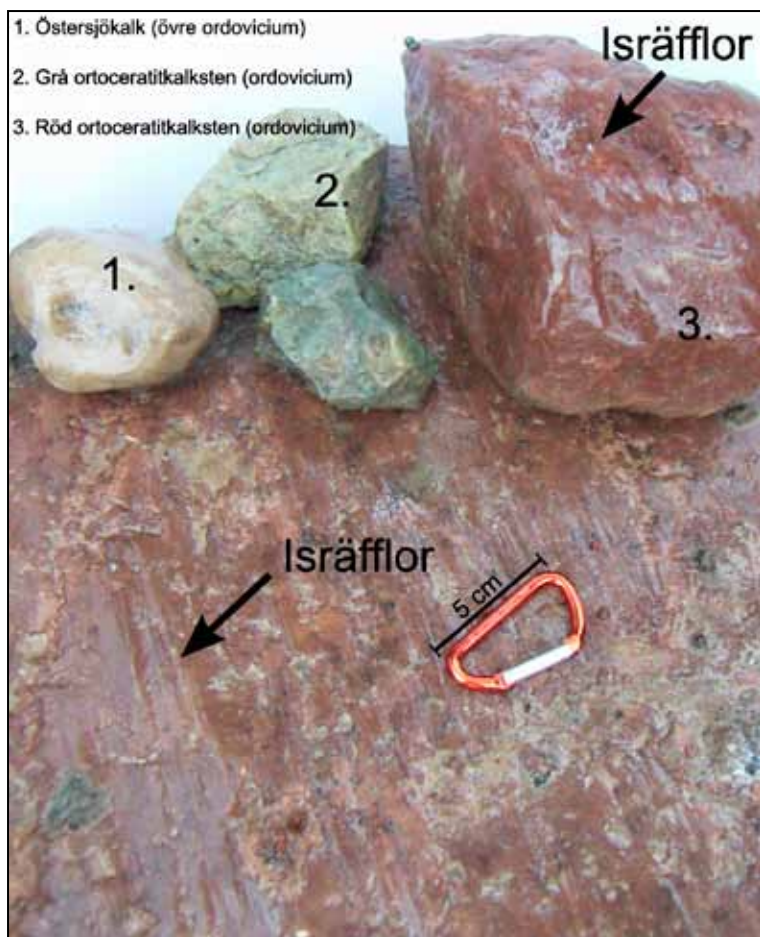
Att moränleran är kalkrik (i finfraktionen) påvisas enklast med saltsyra, HCl [10%]. Dock ger inte alla prov utslag, vilket kan förklaras av jordmånsprocesser. Adsorption av främst seskvioxider (järn- och aluminiumoxider) kan till någon grad hindra syran att komma i kontakt med kalken. Det finns också en möjlighet att marken urlakats till ett stort djup och att provet har tagits relativt ytligt. Jordtäckets efter avsättningen påverkats av svallning i samband med landhöjningen och av markprocesser och i vissa områden finns bildningar som påverkats av fluvial, alluvial och pedogen aktivitet (figur 45).



Figur 40. Lerig siltig morän. Enstaka stenar kan observeras till höger i figuren. Sydvästra huvudundersökningsområdet.



Figur 41. Tunn moränlera överlagrande sandig morän med svallat ytskikt. Några meter högre i topografin än i föregående bild. Södra centrala huvudundersökningsområdet.



Figur 42. Isräfflade kalkstenar funna i moränleran. Kalkstenarna som hittats i moränleran är bättre bevarade än de funna i den allmänna moränen, som till större del består av friktionsjord. Kalkstenen är Östersjökalk (1) från övre Ordovicium, som i form av sediment avsattes i ett varmt och grunt hav. Kalkstenens kalk härstammar från kalk-alger och från andra organismer med kalkskal. Fossil av bl a svampnålar finns i stuffen. Organismer med silikatskal har tillfört kisel så att även sprickor och porer till stor del förkislats. Stenen är således mycket hård för att vara en kalksten. Grå (2) och röd kalksten (3) från Ordovicium hittas i ungefär lika mängder. Den röda är något vanligare. De är äldre än Östersjökalken, men innehåller även de rester efter fossil. Strieringen tolkas som isräfflor. Välbevarade kalkstenar förekommer i den leriga moränen, men har inte påträffats i den allmänna moränen.



Figur 43 & 44. Isräfflad östersjökalk med fossil av svampnålar. Kalkstenen är funnen i moränleran. Kalksten har en högre rundningsgrad än sten som i övrigt ingår i moränen. Kalkstenen håller en mycket hög kalkhalt, men är tät och delvis förkislad av den kisel som fossil av organismer tillfört och är därför relativt hård. Minst en svampnål finns i det nästan mussliga brottet (Lindström 2008).



Figur 45. Stratigrafi i söderslutning. Morän överlagrat av svall med "wave ripples" och "inverse grading" med stenig sand som överlagras av moigt kolluvium från morän högre upp i backen. Kolluviumet är kalkhaltigt och utfällningar har skett i gränsen till svallsandgruset. Södra centrala huvudundersökningsområdet.

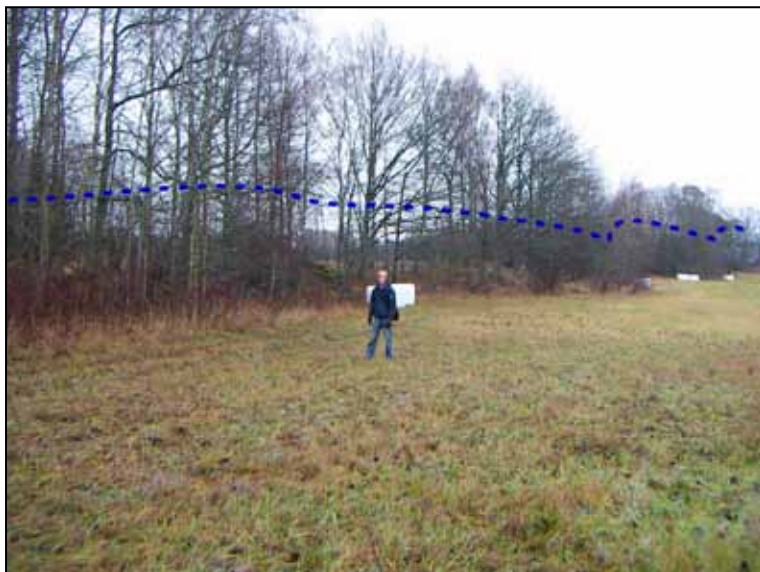
Jordlagrets ytformer

Jordarterna är avsatta i sprickdalslandskapet och jordlagrets morfologi följer i huvudsak berggrunden. Jordlagret saknar dock inte helt egna ytformer. I mindre skala är morfologin relativt ospecificerad, men erosionsformer i moränen uppträder i topografiskt utsatta lägen och ryggar i moränen förekommer av i huvudsak två slag: Dels finns en transversal, randliknande bildning, tolkad som en De Geer-morän, dels longitudinella ryggar, exemplariska crag-and-tails.

Solitär De Geer-morän

Moränryggen med asymmetrisk tvärprofil (figur 46 & 47) uppträder något vinklad mot vad som kan förväntas och är inte helt rak i sin sträckning. Den har en typisk blockrik ovansida, är utbildad i den allmänna brungrå sandiga moränen och omges av tunn svallsand samt moränlera och lergyttja. Ryggens höjd varierar från 1–3 m med en medelhöjd av omkring 2,5–3 m och är generellt relativt smal med minsta bredden i mittenpartiet, ~5 m och maximala bredden i ändarna, >30 m. Den är omkring 300 m lång men sitter också ihop med en åkerholme som kan tänkas ha en genetisk koppling till De Geer-moränen. I figur 48 visas exempel på uppkomst av De Geer-morän.

Dessa ryggar brukar vanligtvis förekomma i svärmar och det är oklart varför denna är solitär. Norrut får landet mer längs isrörelseriktningen orienterade landformer.



Figur 46. De Geer – morän sedd från väst – sydväst. Linjen över De Geer –moränen skall ge en bild av ryggens sträckning. Södra huvudundersökningsområdet.



Figur 47. De Geer – morän i tvärprofil. Tvärprofilen är typisk för bl. a. De Geer–moräner (Lindén & Möller 2005). Centralt i huvudundersökningsområdet.

Crag-and-tails

Läsidesmoräner uppträder i vissa delar av området som ”crag-and-tails” (figur 50 – 53). Läsides- och stötsidesmoräner är vanliga i denna del av landet (Möller & Stålhös, 1974), men drumlinoida ryggar t ex crag-and-tails är ovanligare. Crag-and-tails har bergkärna, särskilt i proximalsidan (stötsidan) och deras släktskap med de vanligtvis större drumlinerna har diskuterats.

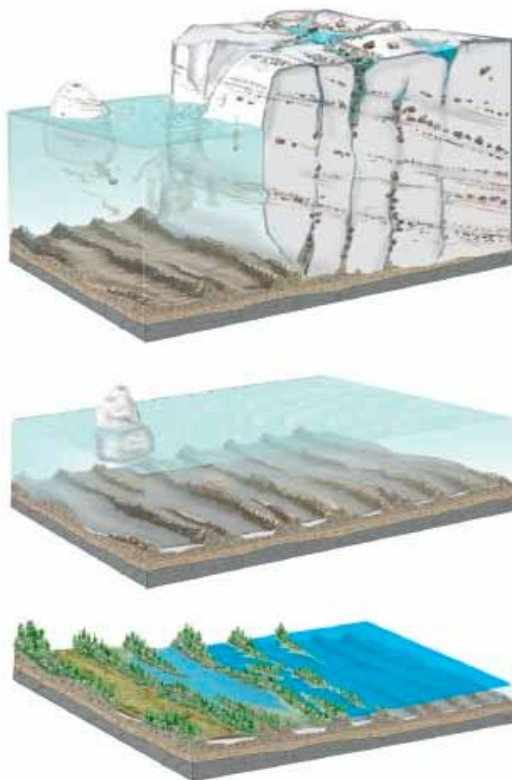
De mycket väl utformade ryggarna som uppträder med ungefär samma orientering som det yngst bevarade räffelsystemet, som påträffats, är utbildade i den allmänna brungrå sandiga moränen. De hittas i den stora dalens norra kant, strax innanför gränsen mellan den sandiga moränen och moränleran, men sträcker sig antagligen under moränleran en viss bit. Ryggarna är alla av en mindre typ men förekommer relativt varandra i olika storlekar. De ger vanligtvis bara en relief på någon meter men har i särskilt ett fall, flera meters höjd. De längsta är >100 m långa och är 5–10 m breda. De flesta ingår i ett område som under långre tid använts som betesmark.

Vissa av ryggarna i betesmarksområdet har former liknande horn, som bildar utstickande delar. Ett fenomen som tidigare har beskrivits av Möller (1960) i Täby – Danderyd –området. De skiljer sig från ryggarna beskrivna av Möller (1960) på så sätt att de i Färsna är relativt avlånga. Moränryggar av denna typ är inte att förväxla med svärmar av "horned crag-and-tails", då skalan i morfologin skiljer sig avsevärt. I Ungava Bay, Quebec–Labrador, som tolkats avspegla en övergångsfas från bottenfrusna förhållanden hos inlandsisen till bottenmältande (Jansson & Kleman 1999).

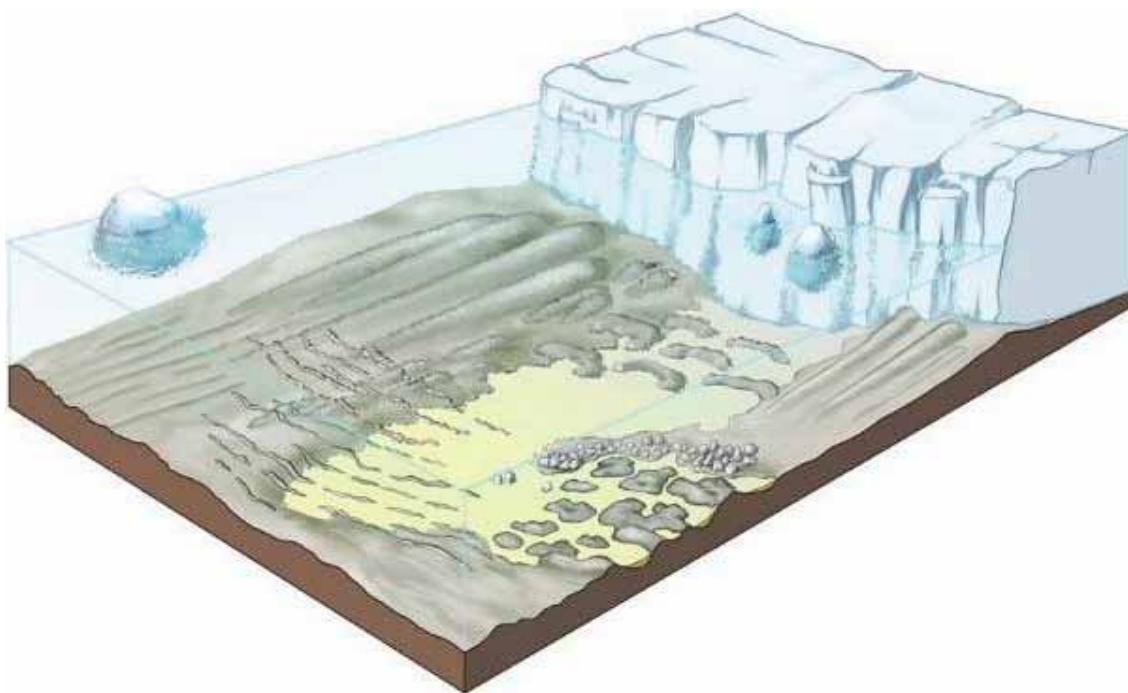
Att Färsnas crag-and-tails påverkats genom växlingar mellan bottenmältande och fryssande förhållanden är dock inte osannolikt.

En större rygg vid sidan av svärmen, ingår inte i området för betesmark och är istället skogsbeklädd. Den har schaktats i distaländan och uppvisar där en intressant stratigrafi med den hårda grå moränen i botten, överlagrad av en sandlins och en utsmälningsmorän (se föregående kapitel).

Förekomsten av formelementen crag-and-tails och en solitär De Geer-morän inom en nord-sydlig sträcka av 500 m indikerar en förändring hos isen under recessionen, kanske pga klimatförändringar (figur 49). Recessionen gick fort och isfronten flyttade sig över regionen på omkring 100 år med hastigheten 250 m /år (Strömberg 1989, Persson 1997).



Figur 48. Utvecklingen av De Geer-moräner (Figur efter Harri Kutvonen 2003; från Breilin et al 2006). Modell av uppkomsten av en serie De Geer-moräner under subakvatiska förhållanden med att supraglacialt smältvattnet smälter sig igenom isen och resulterar i att crevasser når botten (Strömberg pers. komm. 2008). (Figur efter Harri Kutvonen 2003 i Breilin et al 2006)



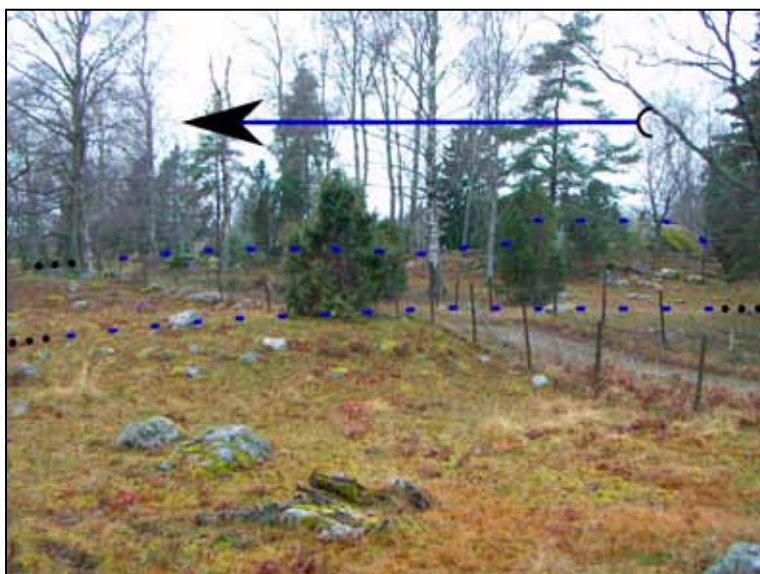
Figur 49. Nedtill i figuren: Några subakvatiska landformer associerade med isrecession (Figur efter Harri Kutvonen 2003; från Breilin et al 2006). Landformerna inkluderar bl a De Geer-moräner och crag-and-tails. (Figur efter Harri Kutvonen 2003; från Breilin et al 2006)



Figur 50. En crag-and-tail sedd från ost – nordost. Landformen är särskilt blockig i den distala halvan (till vänster i bilden). Södra centrala huvudundersökningsområdet (se också appendix 6). (Fotografi: Stefan Wastegård).



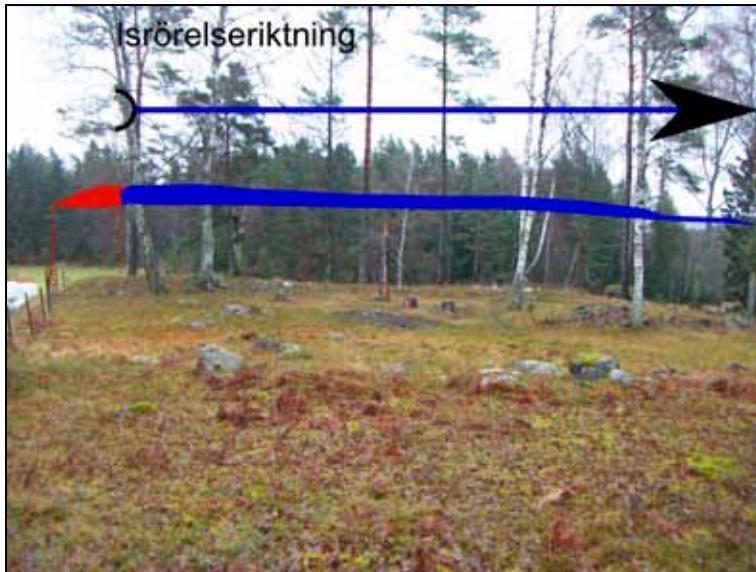
Figur 51. Resistent stötsida hos crag-and-tail. Stötsidan hos denna häll är brant och har en form på stötsidan som möjligen är relaterad till preglacial morfologi (Strömberg pers. komm. 2007). Södra centrala huvudundersökningsområdet



Figur 52. Flera crag-and-tails. Södra centrala huvudundersökningsområdet (se också appendix 6).

Starkt svallad morän

Den höga blockigheten i den allmänna brungrå sandiga moränen uppträder på de planare höjderna samt i backar och sluttningar där jordtäcket varit föremål för stark svallning eller annan liknande erosion. Andelen block anses därför vara förhöjd i jämförelse med vad moränen i allmänhet har, och betraktas som residualer efter kraftig erosion, sannolikt svallning. Denna del av jordtäcket är ett formelement i sig.



Figur 53. Crag-and-tail sedd från väst. Södra centrala huvudundersökningsområdet (se också appendix 6).

Postglaciala bildningar

Lera som en egen jordartsklass är inte särskilt vanlig i området och endast små avsättningar av postglacial lera förekommer i lågt liggande områden.

Svallsand finns som tunna skikt nedanför sluttningar och ibland endast som ett svallskikt överst i moränen. Som jordart finns sanden nedanför sluttningar på väg ned i den stora dalgången samt i smala passager mellan moränkullar och åkerholmar.

Lergyttja och gyttjelera förekommer relativt rikligt och är de enda organiska jordarterna (eg s k blandjordarter) som karterats. Viss utbildning av andra organiska jordarter förekommer visserligen men har ringa mäktigheter och är inte karterbara som egen jordart. Kärr finns utbildade i de delar av skogsområdet där moränlera förekommer. De organiska skikten som t ex lövkärtrorv är dock alltför tunna för att klassificeras som egen jordart.

Organogena jordarter av autokton typ uppträder inte, förutom i de tidiga stadierna av jordmånsutvecklingen i sänkorna. Ytligt överlagrande lergyttjan finns ett par decimeter mäktig alggyttja av typen vaucheriagyttja, efter algen med samma namn. Vaucheriagyttjan har ett signifikant utseende med sin skiktade textur och beskrivs därför ofta som pappersgyttja (Berglund et al 1989) (Figur 54). Färgen varierar mellan grå, brun och rödaktig och gyttjan kan vid första anblicken likna glacial lera. Konsistensen och texturen är dock en helt annan. Gyttjan som påträffats i området har visat tecken på att vara syresatt genom förmultning i de över delarna. Inga indikationer av anoxiska förhållanden, såsom sulfidmineral har observerats.

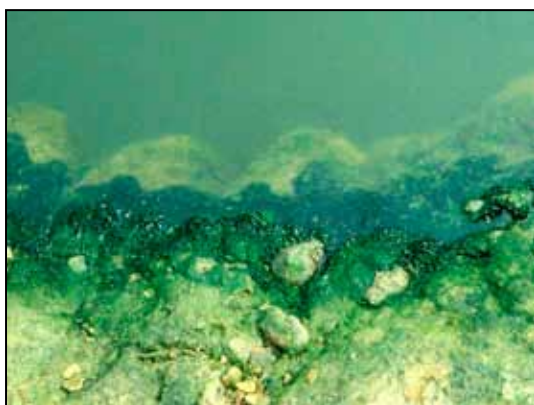
Xanthophyceae *Vaucheria* spp. (Figur 55 & 56), är en gulgrön trådalga som det finns terrestriska, limniska (eg. brackvatten) och marina arter av. Det är inte utrett vilka arter som finns i den gyttja som hittats i området. *Vaucheria* uppträder i en salinitet från ~5–11 ‰, och är särskilt vanlig i brackvatten. Den växer vanligtvis som en matta på mjukbotten. Den har asexuell och sexuell förökning och blir ibland dominerande under grunda näringsrika förhållanden samt kan förekomma vid igenväxning av havsvikar. Gyttjebildningen med *Vaucheria* blir kritisk vid saliniteten 5–6 ‰, varför den endast sker i ett tidigt stadie av lagunutvecklingen, innan salthalten blir för låg (Ranheden 1989). *Vaucheria* är mycket beroende av salthalten och markerar mycket precist isoleringen från havet (Almquist & Asplund 1937). Gyttja med *Vaucheria* som jordartsbildande komponent kan associeras med ett sent stadie vid isoleringen av grunda havsvikar. Eftersom inga andra ackumulationer överlagras alggyttjan bör inte mycken sedimentation ha skett efter att gyttjan avsattes.



Figur 54. *Vaucheria* – alggyttja. Den s.k. pappersgyttjan.
Texturen påminner något om pappersmassa.



Figur 55. Recent *Xanthophyceae vaucheria* sp. *Vaucheria*
från ett litet vattendrag, Sheffield. (Från VAUCHERIA 2008–02–18).



Figur 56. Recent *Xanthophyceae vaucheria* sp. *Vaucheria*
nedanför sluice gate vid Buscot Lock, Thames. (Från VAUCHERIA 2008–02–18).

Ackumulationen av torv har varit liten, och närmast obefintlig, vilket eventuellt kan förklaras av en snabb upptorkning, uteblivet kärrstadium, invandring av terrestriska låga växter som gräs och utan betydande paludifikation. Tidvis kan grundvattenytan stå i markytan, men vanligtvis är den några decimeter lägre. Det finns inga tecken på att denna del av marken brukats, till skillnad från omgivande åkermark.

I mossar i nordöstra Uppland har dokumenterats bildningar av organogena jordarter, både sedentära och sedimentära (Bergström 2001). Det är olika miljöer som undersökts med sjösediment från recenta sjöar samt kärr och mossar. De största bildningarna i nordöstra Uppland är sedimentära, främst bestående av lergyttja och gyttja. Kalkgyttja finns också på två lokaler. Ackumulationer av alggyttja finns på ett flertal lokaler och är inte ovanligt förekommande. Specifikt vaucheriagyttja är inte vanlig i jämförelse med övrig alggyttja, men förekommer ändå på flera lokaler, dock i små mängder. Den vanligare torven är liksom här lövkärrstorven, vilken uppträder där paludifikationen pågått.

Podsoliseringen är den förhärskande jordmånsutvecklingen, och har förmodligen pågått sedan lövskog mer avlösts av blandskog och barrskog. Så kallad instabil brunjord visar antydningar till illuvium (B-horisont). Den vanligaste jordmånen är podsol som bedöms vara haplic podsols (järnpodsol), men carbic podsols (järnhumus- och humuspodsoler) hittas också i sänkorna. Före det mesta är podsolerna dåligt utbildade och ofta också störda.

En pedogen process som buffrar podsoleringen är upplösning och utfällning av kalkmineral eftersom moränen är relativt kalkhaltig. Det infiltrerade vattnet löser kalk som senare av trycklätnad fälls ut under stenar (figur 57 – 59) i gränser mellan olika lager. Stratigrafin i figur 59 visar också en antydning till podsolering, men jordmånen har inte utvecklats p g a den höga buffertförmåga jordarten har. En svag illuvial (rostjord) går att identifiera, där seskvioxider (järn – och aluminiumhydroxider/oxider) fällt ut. Elluvialen, urlakningshorisonten där seskvioxiderna urlakats ifrån är smutsig av humus från den organiska horisonten.

Ståndorten är vanligtvis av frisk blåbärstyp, vilket är typiskt för den sandiga blockiga moränen, och indikerar rörligt markvatten. Generellt finns ett tunt elluvium och ett illuvium som inte än har börjat vandra i stratigrafin, vilket indikerar en relativt långsam podsolering, eventuellt på grund av ursprungligen höga kalkhalter efter kalksten.

På höjderna förekommer stenig sandig mark av lavtyp, litosoler tillsammans med berg i dagen. Exempelvis förekommer denna ståndort i östra delen av undersökningsområdet. Podsoliseringen är ofta svag med den typiska B-horisonten i ett tidigt stadie, oftast utan den diagnostiska E-horisonten.

Öppen mark med betesmark och tidigare jordbruk uppvisar ingen eller svag jordmånsutveckling och bör betecknas som kulturjordmåner. Leriga jordarter har brukats och har ingen naturligt jordmån bevarad.

Den leriga moränen kan tänkas hålla en ståndort av högrörttyp, om lerhalten inte är för hög och om marken inte brukats. Ståndorten har inte observerats, men kan komma att utvecklas.



Figur 57 & 58. Kalkutfällningar på sten från morän. Stenarna kommer ifrån sandig morän. Med HCl [10%] verifieras att utfällningen är av $\text{CaCO}_3(\text{s})$, kalciumkarbonat. Reaktionen avger vätgas, $\text{H}_2(\text{g})$ och koldioxid, $\text{CO}_2(\text{g})$.



Figur 59. Kalkutfällningar i gränsen svall/kolluvium.
Bilden är från södra centrala huvudundersökningsområdet.

Värdering av geodiversitet

Bedömningen refererar i första hand till lokal skala och gäller för geovetenskapligt betydelsefulla objekt. Värderingen specificeras som lågt, måttligt högt, högt samt mycket högt. Mångfalden av geovetenskapliga objekt begränsas först och främst av den hiatus som ofrånkomligt dominerar den geologiska historien, en tidslucka på över 1,8 miljarder år. Hiatusen gäller för stora delar av den Baltiska skölden och därmed också Sverige. Jordarterna i det karterade området uppvisar dock en litologi som innehåller delar av Ordovicisk kalksten med en ålder av omkring 450 miljoner år.

Berggrunden är typisk för regionen, med granodioritoid sammansättning, pegmatitgångar och mindre deformationszoner. En bergart, som möjligen är en vulkanit, finns i västra delen av området. Här samt i södra delen av området finns breccierade bergarter och bergarter vars kemi påverkats av närvaron till deformationszoner. I deformationszonerna kan udda mineral ev. förekomma. Deformationszonerna kan fungera som lokal för geologiska exkursioner. **Skyddsvärdet av berggrunden bedöms vara lågt till måttligt högt.**

Den äldsta bevarade moränen i området kan härröra från tidig- eller mellan-Weichsel, vilket då är en relativt gammal jordart för regionen. Denna finns i små skyddade delar av berggrunden och finns bevarad bl. a. i en skärning i en crag-and-tail. **Värdet av denna läsidesmorän med stratigrafi anses vara högt.**

De vanligt förekommande isräfflorna har ett måttligt högt skyddsvärde. Ett observerat fall med ett äldre system isräfflor tillsammans med yngre är av högre intresse. Rundhällar, uppvisar flera glaciala erosionsformer. **En rundhäll som uppträder i en crag-and-tail är av mycket högt värde.**

Eftersom jordtäckets ytformer i regionen för det mesta följer berggrunden är den solitära De Geer – moränen och systemen crag-and-tails viktiga objekt. De är också mycket väl utbildade. Orsaken till att De Geer-moränen är solitär är svårförklarad. **Skyddsvärdet av De Geer-moränen anses vara**

högt. De med isriktningen orienterade crag-and-tails är mycket väl utformade och uppträder i olika storlekar och varianter. En del har hornliknande former, vilket talar för att landformerna kan ha en tvåvärd genes. Stratigrafin hos en av dem visar en grå bottenmorän, en sandlins med invers gradering och en brun utsmältningsmorän med Ordovicisk kalksten och kalkutfällningar. **Områdets crag-and-tails är av mycket högt skyddsvärde.**

Den sist avsatta moränen är moränleran, vilken innehåller mycket kalk. Isräfflade kalkstenar i sten- och blockfraktionerna finns bevarade. Kalkstenarna förekommer i tre former, en från övre Ordovicium, vilken också har fossil av svampnålar. Kalksten tillför omgivningen kalk genom karbonatsystemet, vilket är av betydelse för grundvattnet och biosfären. **Moränleran finnes vara mycket intressant. Några isräfflade kalkstenar bör tillvaratas för att visas upp i det ev. naturreservatet eller för senare studium.**

I den grundaste miljön, antagligen efter avsnörningen avsattes alggyttjan, huvudsakligen bestående av trådalgen *vaucheria*. Med minskande salthalt, och vattennivå blev denna alggyttja det yngsta bevarade sedimentet. Vaucheriagyttjan är tunn och ligger mycket ytligt. **Skyddsvärdet är måttligt.**

Slutsatser - geotoper

Projektets frågeställningar: Vad omfattar områdets geodiversitet? Vilka geovetenskapliga objekt finns? Hur och när har de geovetenskapliga objekten bildats? Finns det objekt som bör lyftas fram i naturreservatet eller är i behov av skydd och tillsyn?

Geodiversiteten vid Färsna gård är intressant. Den är inte mer än måttligt hög till hög, men högre än förväntat. Under karteringen har det framgått att frågeställningarna kunde ha optimerats genom att avgränsas mera. Berggrundsgeologiskt är geodiversiteten låg-måttlig. Även om flera händelser kan observeras, består berget huvudsakligen av typisk granodiorit med typisk strukturgeologi för regionen. Kvartärgeologiskt är geodiversiteten hög, med en variation av glacialt och postglacialt betingade element.

Särskilt intressanta geotoper:

1. En lokal med delvis bandade granodioritioda bergarter, pegmatitgångar, förkastningar och med möjlig rest av en vulkanit.
2. En lokal med rödfärgad granodiorit, rivningsbreccia och sentida mineraliseringar.
3. Förekomsten av genetiskt tre skilda moräner, varav två möjligtvis tillhör olika stadialer och den tredje som är kalkrik med isräfflad ordovicisk kalksten, möjligtvis tillhörande Bottenhavets surge.
4. Välutbildad solitär De Geer-morän från senaste deglaciationen.
5. Exceptionell isräfflad rundhäll med tydligt plockad läsida i granodiorit (resistent) i välutbildad crag-and-tail.
6. System av crag-and-tails huvudsakligen i betesmark.
7. Högre i topografin finns tunn ursvallad morän med stora block.
8. Våtmark utbildad i ett sent skede av strandförskjutningen med pappersgyttja överlagrande lergyttja.

Områden med skyddsobjekt redovisas även i karta i appendix 8.

Tackord

Jag vill tacka mina handledare Stefan Wastegård och Magnus Bergström som har hjälpt mig och inspirerat mig till egna initiativ. Stefan Wastegård har även vid ett par tillfällen deltagit i fält.

Till Joakim Mansfeld vill jag rikta ett stort tack, då han har varit till stor hjälp i svåra frågor rörande berggrunden.

Jag vill tacka Bo Strömberg som har visat ett stort intresse för projektet och som har lämnat många värdefulla synpunkter, särskilt rörande den senaste isrecessionen. Bo Strömberg har vid ett tillfälle också medverkat i fält.

Jag tackar Göran Alm som har avsatt tid till att göra de paleogeografiska kartor som presenteras i arbetet.

Jag tackar Maurits Lindström som har varit till hjälp med bedömningar av sedimentära bergarter.

Jan Lundqvist har varit hjälpsam i frågor rörande moränens utseende och sammansättning.

Jag vill tacka Jan Risberg som svarat på frågor om postglaciala processer.

Jag vill rikta ett stort tack till mina vänner Andrew Mercer och Mauritz Jagiello som har varit mycket hjälpsamma i datorrelaterade sammanhang.

Jag tackar personalen på Färsna 4H –gård som lånat mig spade.

Familj och vänner har visat stort tålamod under den tid jag arbetat med detta projekt, inte minst min fästmö som också stöttat mig i vått och torrt.

Referenser

Almquist E. (red) & Asplund E. (red). 1937: Stockholmstraktens växter Förteckning över fanerogamer och kärlkryptogamer med fyndorter och frekvensuppgifter utgiven av Botaniska sällskapet i Stockholm. 49 s.

Axberg S. 1980: Seismic stratigraphy and bedrock geology of the bothnian sea, northern Baltic. *Acta Universitatis Stockholmiensis* XXXVI:3, 152–213.

Berggrundskarta. 2007. SGU:s digitala karttjänster. Sveriges geologiska undersökning. <http://maps.sgu.se/sguinternetmaps/berg/viewer.htm>

Berglund K., Miller U. & Persson J. 1989: Gyttejordar, deras sammansättning och egenskaper. *Sveriges Lantbruksuniversitet Rapport 160*, Uppsala 1989.

Bergström E. 2001: Late Holocene distribution of lake sediment and peat in NE Uppland, Sweden. *SKB Rapport R-01-12*, 50 s.

Bergström M. 2007: Personlig kommunikation. Naturvård, Norrtälje kommun.

Björck S. 1995: A review of the history of the Baltic Sea, 13.0–8.0 ka BP. *Quaternary International* 27, 19–40.

Blake K.P. 2000: Common origin for De Geer moraines of variable composition in Raudvassdalen, northern Norway. *Journal of Quaternary Science* 15, 633–644.

- Breilin O., Edén P., Ojalainen J., Sipilä P., Virransalo P. & Wikström J. 2006 (rev.):** Geologisk exkursion i Kvarken området. GEONAT; Sveriges geologiska undersökning och Geologiska forskningscentralen i Finland. 20 s.
- Brydsten L. 1999.** Change in coastal sedimentation conditions due to positive shore displacement in Öregrundsgrepen. *SKB Technical Report TR-99-37*, 24 s.
- Brydsten L. 2006:** A model for landscape development in terms of shoreline displacement, sediment dynamics, lake formation, and lake choke-up processes. *SKB Technical Report TR-06-40*, 34 s.
- Cleal C. J., Thomas B. A., Bevins R. E. & Wimbledon W. A. P. 1999:** GEOSITES – an international geoconservation initiative. *Geology Today*, 15 (2) 64.
- Elfström E. 1976:** Geologiskt intressanta objekt i Stockholms län. Planeringsavdelningen/ Naturvårdenheten. Länsstyrelsen i Stockholms län. Stockholm, 137 s.
- Flint R. F. 1971:** Glacial and Quaternary geology: New York–London–Sydney–Toronto, John Wiley and Sons, Inc., 892 s.
- de Geer G. 1912:** A geochronology of the last 12000 years. Congr. Géol. Int. Stockholm 1910, C.R., 241–253.
- Hedenström A. 2003:** Forsmark site investigation Investigation of marine and lacustrine sediment in lakes Field data 2003. *SKB Report P-03-24*, 23 s.
- Hedenström A. & Risberg J. 2003:** Shore displacement in northern Uppland during the last 6500 calendar years. *SKB Technical Report TR-03-17*, 49 s.
- Hättestrand C. 1997:** Ribbed moraines and Fennoscandian Paleoglacialology. *Avhandling/Doctoral Dissertation No. 9. Department of Physical Geography, Stockholm University.*
- International Stratigraphical Chart. 2004.** ICS http://qra.org.uk/Div_GeolTimeCMYKUSADec05.pdf
- Ising J. 2005:** Forsmark site investigation Mapping of Quaternary deposits on the bottom of shallow bays outside Forsmark. *SKB P-06-88*, 29 s.
- Ivarsson & Johansson 1995:** U–Pb zircon dating of Stockholm granite at Frescati. *Sveriges geologiska undersökning SGU-1*, 26125; *GFF* 117, (2), 67–68.
- Jansson K.N. & Kleman J. 1999:** The horned crap-and-tails of the Ungava Bay landform swarm, Quebec–Labrador, Canada. *Annals of Glaciology* 28, 168–174.
- Johansson C. E. (red.) 2000:** *Geodiversitet i nordisk naturvård*. Nordisk Ministerråd. København 2000. 151 s.
- Johansson C. E., Geirsson K., Erikstad L., Andersen S., Alapassi M., Suominen V. & Jansson A. 2002:** Geodiversity in Nordic nature conservation. *Sveriges Geologiska Undersökning*.
- Jordart 2008-03-27.** Sveriges lantbruksuniversitet. <http://www-markinfo.slu.se/sve/mark/jordart.html>
- Karis L., Lundqvist S. & Ransed G. 2001:** Att värna vårt geologiska arv. En presentation av föreningen ProGEO. *Geologiskt forum* 30, 15–22.
- Karlsson S. 2007:** Stone Age vegetation in Uppland, Southeastern Svealand, Sweden. *GFF* 129, 295–305.
- Keys to Soil Taxonomy 2006.** http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys/keys.pdf
- Kleman J., Hättestrand C., Borgström I. & Stroeven A. 1997:** Fennoscandian palaeoglaciology reconstructed using a glacial geological inversion model. *Journal of Glaciology* 43, 283–299.

Kleman J. & Glasser N.F. 2007: The subglacial thermal organisation (STO) of ice sheets. *Quaternary Science Reviews* 26, 585–597.

Lagerbäck R., Sundh M., Svedlund J.-O., Johansson H. 2005: Forsmark site investigation Searching for evidence of late- or postglacial faulting in the Forsmark region Results from 2002–2004. *SKB R-05-51*, 50 s.

Lagerbäck R. 2007: Ventifacts – means to reconstruct glacial development and palaeo-environment in northern and central Sweden. *GFF* 129, 315–324.

Lidmar-Bergström K. 1996: Long term morphotectonic evolution in Sweden. *Geomorphology* 16, 33–59.

Lindén M. & Möller P. 2005: Marginal formation of De Geer moraines and their implications to the dynamics of grounding-line recession. *Journal of Quaternary Science* 20, 113–133.

Lindström M. 2008. Personlig kommunikation.

Lokrantz H. & Sohlenius G. 2006: Ice marginal fluctuations during the Weichselian glaciation in Fennoscandia, a literature review. *SKB Technical Report TR-06-36*, 56 s.

Lundegårdh P. H. & Lundqvist G. 1956: Beskrivning till kartbladet Uppsala. *Sveriges Geologiska Undersökning, Aa 199*, 117 s.

Lundqvist J. 1973: Dark bluish boulder-clay: a possible deposit from the first Wurm glaciation. *Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala* 5, 19–20.

Lundqvist J. 2008. Personlig kommunikation.

Lundqvist J. 2007: Surging ice and break-down of an ice dome – a deglaciation model for the Gulf of Bothnia. *GFF* 129, 329–336.

Lundqvist T. 1979: Precambrium of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C*, 768, 87 s.

Mansfeld J. 2007, 2008. Personlig kommunikation.

Menzies J. (ed.) 2002: Modern & Past Glacial Environments. Cambridge University Press. Cambridge. 576 s.

Melkerud P. A. 1977: Samband mellan morän och berggrund En travers över östergötlands Kambro-Silurområde. *Kvartärgeologiska institutionen, Avhandling*. Stockholms universitet.

Möller H. 1960: Moränavlagringar med linser av sorterat material i Stockholmstrakten. *GFF* 82, 169–202.

Möller H. 1962: Annuella och interannuella ändmoräner. *GFF* 84, 134–143.

Möller H. & Stålhös G. 1974: Beskrivning till geologiska kartbladet Uppsala SO. *Sveriges Geologiska Undersökning Ae 10*, 80 s.

Mörner N.-A. 2004: Active faults and paleoseismicity in Fennoscandia, especially Sweden. Primary structures and secondary effects. *Tectonophysics* 380, 139–157.

Mörner N.-A. 2005: An interpretation and catalogue of paleoseismicity in Sweden. *Tectonophysics*, 408, 265–307.

Norrtälje kommun. 2002: Skötselplan för Färsna 2000–2015. 2003-04-16. Planering och näringsliv på ledningskontoret. Norrtälje kommun.

Persson C. 1992: The latest ice recession and till deposits in northern Uppland, eastern central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca 81*, 217–224.

Persson C. 1997: Beskrivning till jordartskartan Norrtälje NV. *Sveriges Geologiska Undersökning AE 122*, 91 s.

Persson C. 1998: Jordartskartan 11J Norrtälje NV. *Sveriges Geologiska Undersökning Ae 122*. Karta i skala 1:50 000.

Persson C. & Stålhös G. 1991: Beskrivning till provisoriska, översiktliga berggrundskartan Uppsala. *Sveriges Geologiska Undersökning Ba 47*, 30 s.

Ranheden H. 1989: Barknåre and Lingnåre, human impact and vegetational development in an area of subrecent landuplift. *STRIAE 33*, 1–80.

Risberg J. 1999: Strandförskjutning i nordvästra Uppland under subboreal tid. In Segerberg A 1999. Bältinge mossar. Kustbor i Uppland under yngre stenåldern. Doctoral thesis. Uppsala Universitet, Uppsala. *Aun 26*, 233–241.

Risberg J. 2007. Personlig kommunikation.

Risberg J., Alm G. & Goslar T. 2005: Variable isostatic uplift patterns during the Holocene in southeast Sweden, based on high-resolution AMS radiocarbon datings of lake isolations. *The Holocene 15*, 6, 847–857.

Robertsson A – M. Persson C. 1989: Biostratigraphical studies of three mires in northern Uppland, Sweden. *Sveriges Geologiska Undersökning, Avhandlingar och uppsatser C 821*, 5–19.

Robertsson A–M., Lundqvist J. & Brunnberg L. 2005: Dark clayey till in central and northern Sweden – microfossil content and stratigraphical importance. *GFF 127*, 169–178.

Sahlström K. E. 1947: Jordartskarta över södra och mellersta Sverige. Karta i skala 1:400 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 14*. Karta i skala 1:400 000.

Skötselplan för Färsna 2007–02–16 (senast uppdaterad). Norrtälje kommun. http://www.norrtalje.se/templates/page___6320.aspx

Spicer E. 1995: Mineral och bergarter. Ica bokförlag, Milano, 90 s.

Strömberg B. 2008. Personlig kommunkation.

Strömberg B. 1989: Late Weichselian deglaciation and clay varve chronologyc in east-central Sweden. *Sveriges Geologiska Undersökning, Ser Ca* pp. 73, 70.

Sund R. B. 1957. Nyare undersökningar inom nordöstra Upplands berggrund. 1:300 000. *Sveriges geologiska undersökning*.

Svedmark E. 1887. Beskrivning till kartbladet Norrtelge *Sveriges Geologiska Undersökning AA 94*.

Sveriges Geologiska Undersökning. Svenska geotoper. 2008–03–27. Sveriges geologiska undersökning. http://www.sgu.se/sgu/sv/geol_kartering/dokumentation/geotop.html

VAUCHERIA 2008–02–18. Natural History Museum. London. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/algaevision/database/image.jsp?taxon=&imageID=1857>

Wahlgren C – H., Ahl M., Sandahl K – A., Berglund J., Petersson J., Ekström M. & Persson P – O. 2004: Oskarshamn site investigation Bedrock mapping 2003 – Simpevarp subarea Outcrop data, fracture data, modal and geochemical classification of rock types, bedrock map, radiometric dating. *SKB Report P-04-102*. 43 s.

Wheeler P. D. 2005: Geodiversity Action Plan, Cornwall and the Isles of Scilly. 1st Edition. Cornwall Wildlife Trust, Truro, UK. ISBN 1–902864–05–0.

Winter J. D. 2001: An Introduction To Igneous And Metamorphic Petrology. Prentice Hall International, London. 697 s.

Appendix

APPENDIX 1: NYCKELORD

Anoxisk

Syrefri eller syrefattig, t ex i fråga om miljö. Motsatts till oxisk.

Adsorption

Ackumulation/fastläggning av ämnen på en yta hos en solid partikel eller lösning. Till exempel hydroskopiskt bundet vatten.

Afanitisk

Anges för en bergart vars komponenter/mineralkorn inte går att urskilja med blotta ögat.

Alluvial

Process. Massrörelse av mineraljord genom inverkan av gravitation.

Batolit

Kropp av ett magmatisk intrusiv med huvudsakligen en felsisk och intermediär plutonisk bergartssammansättning.

Bottensmältande is

Avser glacial is med bottenförhållanden lika med trycksmältpunkten.

Crag-and-tail

Subglacial avlång landform orienterad parallellt med isrörelseriktningen bestående av en bergskärna proximalt till isen och en moränrygg distalt. Bildas under bottenmältande förhållanden.

Crescentic Gauges

Subglacial erosionsform i berg. En typ av skärbrott. Geometrin indikerar isrörelsen.

De Geer-morän

Glacial avlång landform orienterad transversellt mot isrörelseriktningen med asymmetrisk tvärprofil. Ryggformen är bildad strax innanför isfronten. Storleken varierar med en höjd från 1–3 m och bredd från 10–30 m. Moränerna uppträder vanligtvis i serier med 60–100 m mellan varandra, men även solitärt.

Diamikt

En diamikt jordart har en låg sorteringsgrad.

Diorit

Plutonit. Huvudsakligen bestående av intermediär sammansättning. Bergartsbildnande mineral är särskilt kvarts, plagioklas och biotit.

Dubbelmorän

Äldre term. Avser stratigrafi med morän i två enheter.

Englacialt

Glaciologiskt, inom, t ex bildat i isen.

Extrusiv

Anges för bergart eller bergartskropp vilken som magma/lava extruderade dvs bröt ut genom en fastare jordskorpa. Synonym är effusiv och eruptiv. Jfr intrusiv.

Faneritisk

Anges för en bergart vars komponenter/mineralkorn går att urskilja med blotta ögat.

Felsisk

Bergart bestående av huvudsakligen ljusa mineral. Fältspat (kalium och natrium)– och silikatrik el. ”sur”. Granit är en typisk felsisk bergart. Innehåller mineral som t ex kvarts, kalifältspat och plagioklas.

Fluvial

Anges för process. Fluid, flödande el. strömmande massrörelse. Typiskt i samband med aktiviteter i floder, havsströmmar och vågor.

Förkastning

Liknande en spricka, en kavitet skapad genom tryckförändringar i berget. Utmed brottzonen har förskjutningar horisontellt och/eller vertikalt förflyttat jordskorpeblock.

Geoelement

Geovetenskaplig del av geotop eller särskild process, t ex förekomst av isräfflor.

Geodiversitet

Geovetenskaplig mångfald. Ett område med hög geodiversitet har stor mångfald av geoelement eller geoobjekt.

Geomorfologi

Läran om Jordens ytformer.

Geoobjekt

Geovetenskapligt objekt. Ofta ett landskapselement och ibland del av en geotop, snarligt geoelement, t ex förekomst av de Geer-morän.

Geotop

Geovetenskaplig lokal med flertalet geoelement eller geoobjekt.

Glacial

Nedisning i skala av istid, med en skala av omkring 100 000 år i jfr med stadial vilken är en köldperiod under en istid med en skala av 1 000 till 10 000 år.

Glacial lera

Jordart. Lera avsatt i glacial miljö. Avsatt relativt långt ifrån isen i stort vattendjup. Leran är ibland varvig.

Glacialmorfologi

Läran om glacialt betingade ytformer

Glacial mörgel

Äldre term. Se Glacial lera

Glimmerskiffer

Bergart med låg metamorfosgrad

Gnejs

Bergart med intermediär metamorfosgrad

Granit

Magmatisk plutonit. Huvudsakligen bestående av felsisk sammansättning. Bergartsbildnande mineral är särskilt kvarts, plagioklas, kalifältspat och biotit.

Granitoid

Granitlik bergart, t ex granodiorit, syftande på sammansättning, inte nödvändigtvis genes.

Granodiorit

Plutonit. Kvartsrik diorit.

Gråvacka

Metasedimentär bergart med låg - intermediär metamorfosgrad

Grooves

Subglacial erosionsform i berg. Liknar isräfflor, men är djupare och bredare.

Gyttja

Sedimentär organisk jordart med delvis nedbrutet organisk material, avsatt i en bassäng, t ex en sjö.

Holocen

Geologisk epok som tog vid efter Pleistocen för omkring 11 000 år sedan när förra glacialen, Weichsel, tog slut.

Humus

Grupp organiska substanser

Interstadial

En kort varmperiod mellan två stadialer under en glacial tid.

Intrusiv

Anges för bergart eller bergartskropp vilken som magma intruderade dvs bröt in i fastare magma/berg. Jfr extrusiv.

Isräfflor

Subglacial erosionsform i berg. Lineamentet är parallell med isrörelsen.

Kambrium

Geologisk period, $542,0 \pm 1,0$ – $488,3 \pm 1,7$ miljoner år sedan. Vanligt förekommande term är prekambrisk, dvs från före Kambrium.

Kohesionsjordart

Finkorniga jordarter (kornstorlekar från grovmå till lera) som sammanhålls av elektrostatiske krafter, dvs kohesion.

Kvartär

Geologisk period, $2,588 \pm 0,005$ miljoner år sedan. Kvartär är traditionellt ansedd vara den geologiska period som avlöste Neogen för 1,806 miljoner år sedan. Kvartär kännetecknas av upprepade nedisningar och perioden anses numera ha tagit vid redan för ca 2,588 miljoner år sedan. Kvartär är nu också ifrågasatt som en skild geologisk period. Prekvartär används som beskrivning för tid för kvartär.

Kvartsmonzonit

Magmatisk bergart. Se IUGS-klassifikation appendix

Lervarv

Ett lervarv motsvarar en cykel i avsättningen av varvig lera t ex årsrytmicitet. Varvig lera återspeglar en säsongrytmicitet. I jämförelse med årliga varv förekommer även interårliga.

Kame-landskap

Det kulliga landskapet är en moränavsättning rikt på dödisgropar (depression efter isrester) och andra smältvattenfenomen t ex kanaler och sandbäddar.

Konkordans

Inom geologin parallella kontakter mellan enheter t ex inom en lagerföljd

Neotektonik

Inom strukturgeologin, postglaciala tektoniska processer kallas för neotektonik.

Magmatisk

Av magma. Bergart bildad av stelnad magma på eller i jordskorpan

Mafisk

Bergart bestående av huvudsakligen mörka mineral. Magnesium–ferrium– och silikatrik el. ”basisk”. Innehåller tunga, mörka mineral som t ex olivin, amfibol och pyroxen. Gabbro är en typisk mafisk bergart.

Metamorf

Omvandling. Bergart som bildats genom metamorfos av en annan bergart. Bergart som genomgått signifikant transformation genom miljöförändring av t ex tryck och temperatur.

Metasediment

Lös avsättning eller bergart med låg metamorfosgrad.

Metavulkanit

Vulkanit med låg metamorfosgrad.

Migmatit

Bergart med mycket hög metamorfosgrad.

Minerogen

Övervägande bestående av mineral.

Morän

Glacialt sediment avsatt direkt ifrån en is med obefintlig eller liten sortering.

Moränlera

Morän med lerhalt ($\geq 15\%$ ler). Efterliknar en lera till egenskaperna.

Ordovicium

Geologisk period ($488,3 \pm 1,7 - 443,7 \pm 1,5$ miljoner år sedan).

Orogen/orogenes

Bergskedja/ bergskedjebildning

Paleoproterozoikum

Geologisk era (2 500 – 1 800 miljoner år sedan).

Pedogen

Av mark. Exempelvis pedogen process dvs. markprocess eller jordmånsprocess.

Pegmatit

Intrusiv magmatisk bergart. Ljus och/eller rosa sur gångbergart. Ofta stora kalifältspatkristaller. Bergartsbildande mineral är kalifältspat, plagioklas, kvarts och biotit/muskovit.

Pleistocen

Till för omkring 11 000 år

Podsoler

Pedogen process karakteriserad av huvudsakligen urlakning och anrikning seskvioxider i huvudsakligen sandiga jordarter i kalltemperade klimat.

Plutonit

Magmatisk djupbergart. Bergart stelnad på ett större djup i jordskorpan.

Postglacial lera

Lera avsatt i postglacial miljö. Jfr glacial lera.

Roche moutonnée

Se ”rundhäll”

Rundhäll

Berg som av is nöts ner till en strömlinjeformad häll.

Ryolit

Plutonit. Sur – intermediär sammansättning. Bergartsbildande mineral är särskilt kvarts, plagioklas och biotit.

Sedentär

En sedentär jordart är en autokton bildning, dvs bildad på plats. Jmf sedimentär.

Sedimentär

En sedimentär jordart, dvs dittransporterad och avsatt. Jmf sedentär.

Silur

Geologisk period $443,7 \pm 1,5 - 416,0 \pm 2,8$ miljoner år sedan.

Skyddsvärde

De/det värde som den aktuella naturmiljön i ett område har, både vad gäller rekreation, resursförekomst, biologiska och ekologiska värden.

Skärbrott

Halvcirkelformad glacial erosionsform i berg. Ofta någon till några decimeter stor. Formad Subglacialt genom tryck från sten.

Sorterad/Osorterad Jordart

För mineraljord, anger sorteringsgraden eller kornstorleksfördelning av ler, silt sand, grus sten och block

Stadial

Under glacial tid omgivande kortare varmperioder kallas för stadialer. Kan även vara en kort kallperiod under en interglacial tid t ex äldre och yngre dryas samt lilla istiden.

Strandförskjutning

Den horisontella förflyttningen av strandlinjen kallas för strandförskjutning och kontrolleras av olika faktorer såsom uppdamning (eustasi) eller landhöjning (isostasi).

Stratigrafi

Lagerföljd, t ex skiktning, serie enheter el. avsättning jordlager.

Striae

Se ”Isräfflor”.

Strykning

Strykningen är en riktning som mäts i grader från norr och kan t ex ange jordlagers, veckaxels eller isräfflors orientering. Jämför stupning.

Stupning

Lutningen av lager, sprickplan mot horisontalplanet mäts vinkelrätt mot strykningen och beskrivs som stupning. Jfr strykning.

Subglacialt

Under is. Något som är, händer eller har bildats under isen.

Supraglacialt

Ovan is. Något som är, händer eller har bildats på isen.

Surge/surging

Snabbt framryckande is pga. plötslig eller abrupt och stark tillväxt samt kollaps av isens hydrologiska system en- och supraglacialt.

Svartlera

Äldre term. Avser en grå-svart lerig massa som till stor del består av förmultnande organiskt material. Svartleran kan vara en jordart eller jordmån t ex gyttejlera eller sumpjord

Svekokarelska provinsen

Provinsen härstammar från en orogenes för 1,750–1,900 Ga och tillhör den Baltiska skölden. I provinsen ingår den svekofenniska respektive den karelsk-lapponiska delprovinsen.

Thaw-bedded ice

Se ”bottensmältande is”.

Till

Se ”morän”.

Tonalit

Kvarts och plagioklasrik granitisk bergart. Se IUGS-klassifikation

Ventifakt

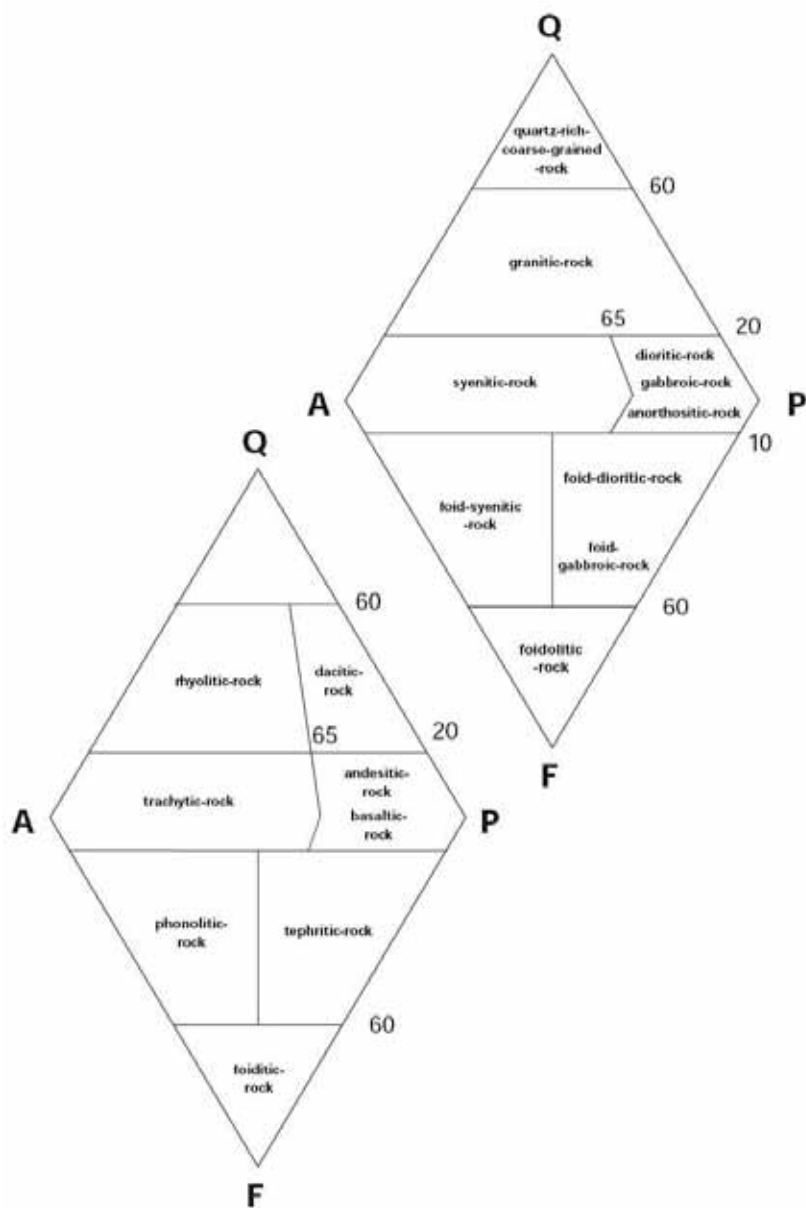
Stenar som har fått facettytor, hål eller dylikt genom erosion med vindtransporterade partiklar, t ex flygsand kallas för ventifakter.

Vulkanit

Extrusiv eller intrusiv magmatisk bergart. Magma som bryter igenom jordskorpan och stelnar på eller nära markytan blir vulkaniter. Jfr plutonit.

APPENDIX 2: IUGS QAPF-KLASSIFIKATION AV BERGARTER

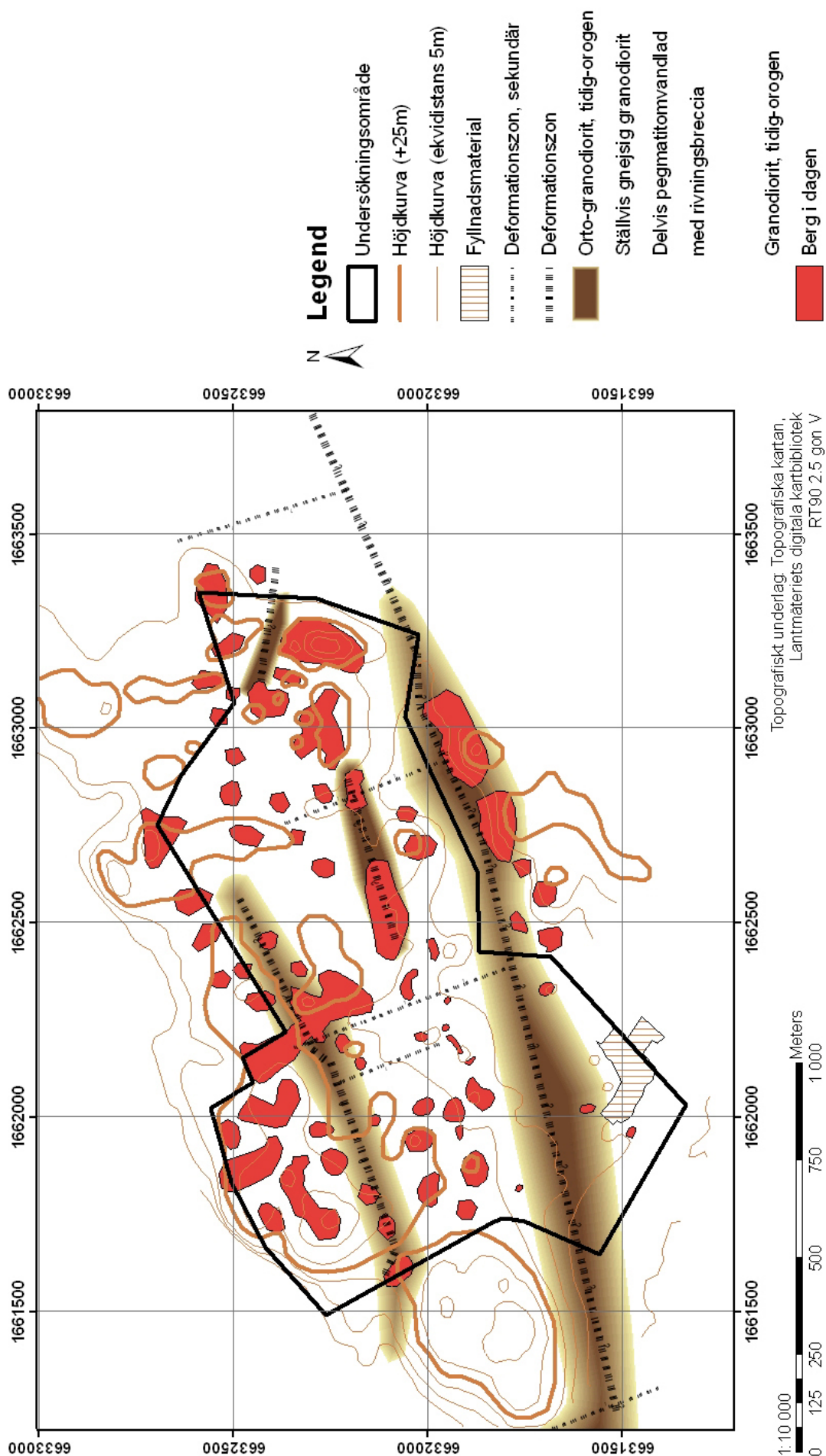
IUGS: s QAPF-klassifikation: Klassifikation för fältbedömning av faneritiska kristallina bergarter och klassifikation för fältbedömning av afanitiska kristallina bergarter. (Efter Streckeisen 1976 från BGS 1999)



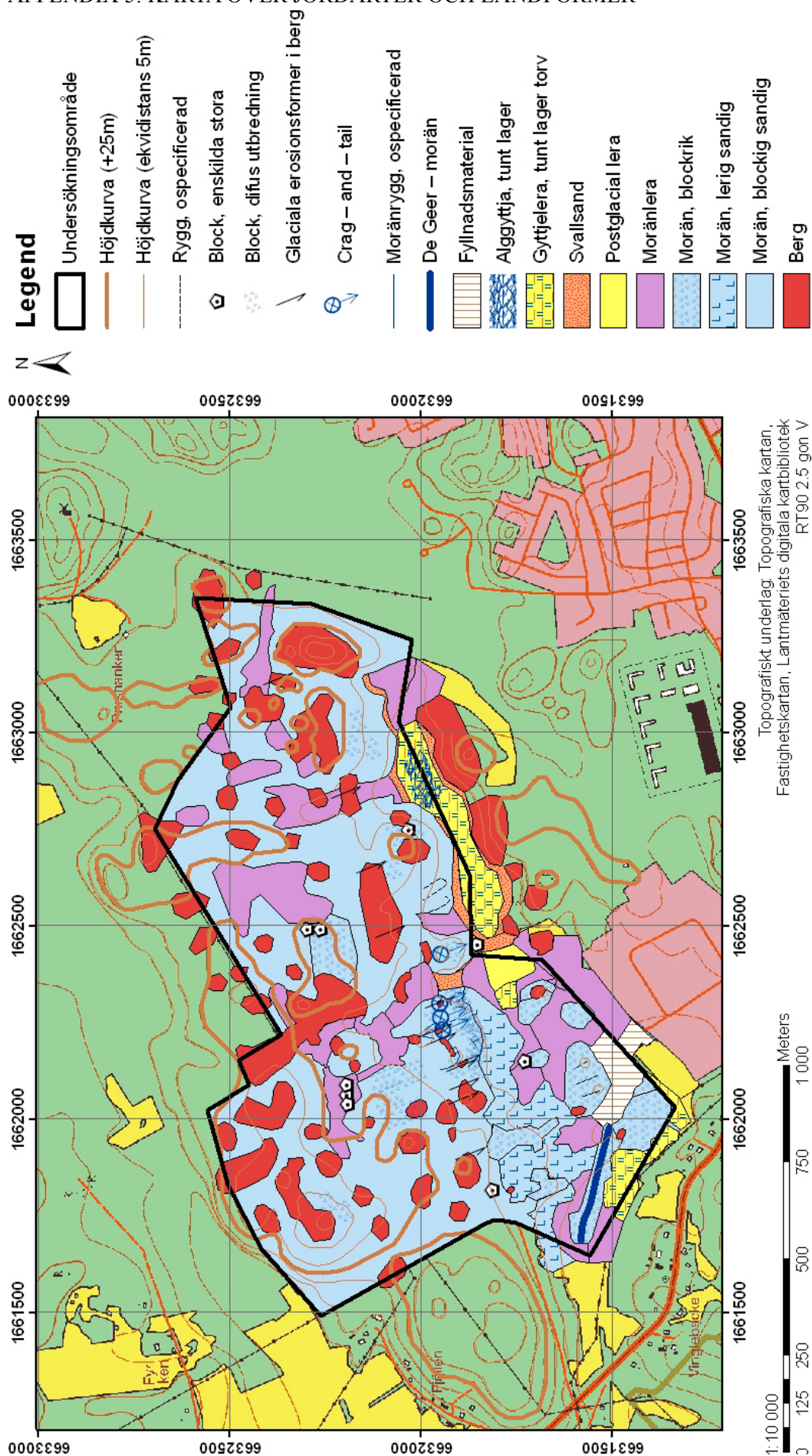
International Commission on Stratigraphy

* proposed by ICS

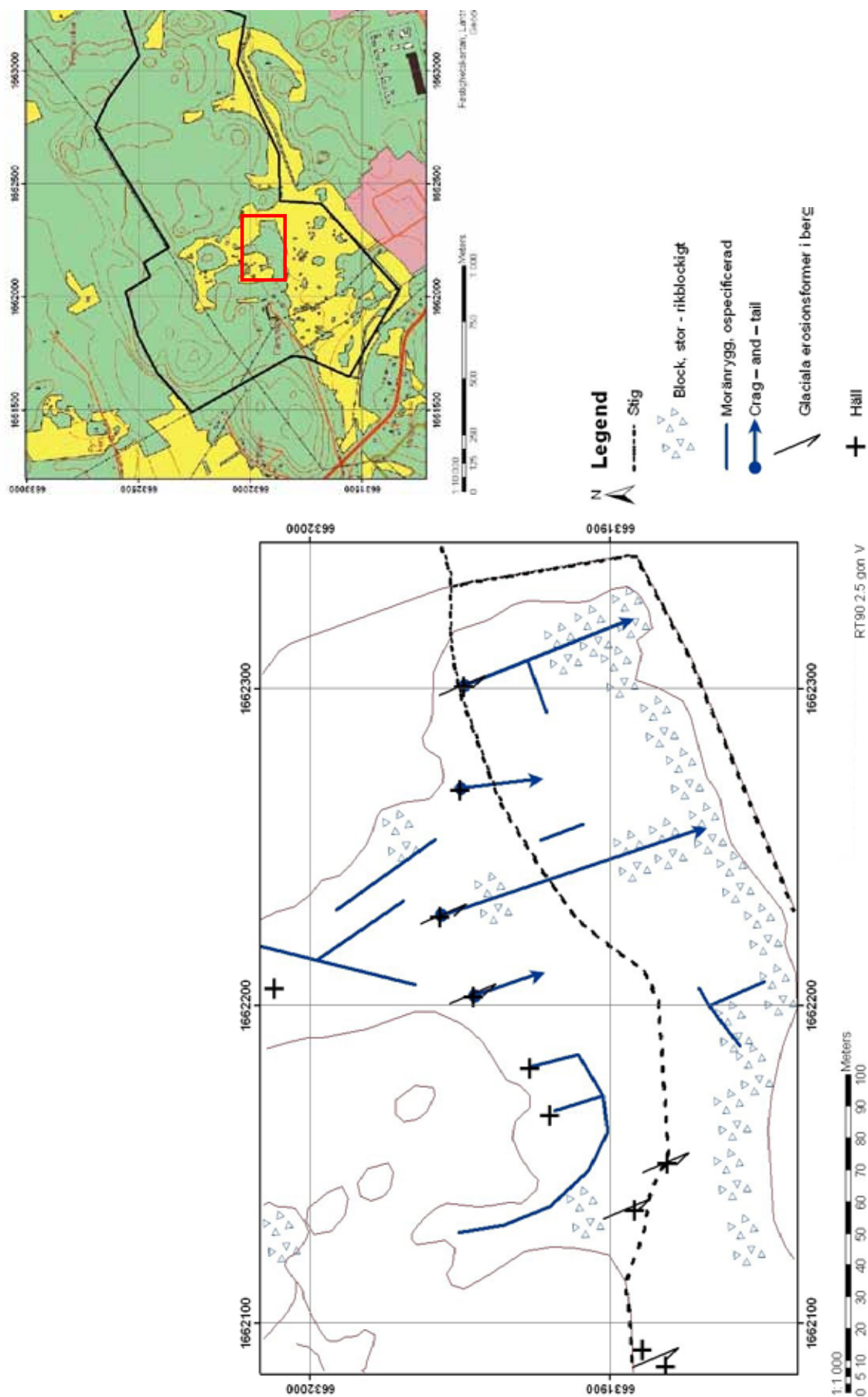
APPENDIX 4: KARTA ÖVER BERGGRUNDEN



APPENDIX 5: KARTA ÖVER JORDARTER OCH LANDFORMER

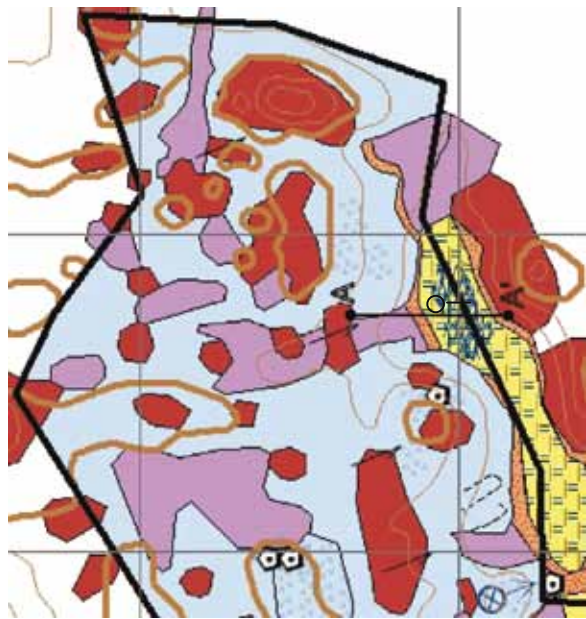


APPENDIX 6: DETALJKARTA ÖVER SÖDERSLUTTANDE MORÄNOMRÅDE CENTRALT I UNDERSÖKNINGSOMRÅDET



APPENDIX 7: PROFIL AV OMRÅDESTYPISKA JORDARTER

APPENDIX 7: PROFIL AV OMRÅDESTYPISKA JORDARTER



Kärna hämtad med rysk kannborr från igenväxningsmark.
~0 – 15 cm Sumpjord utbildad i vaucheria – alggyttja.
Alggytjan ligger i makrytan och förmulning pågår.
~15 – 30 cm Vaucheria – alggyttja
Mindre påverkad vaucheria – alggyttja "pappersmassa – strukturer"
~30 – 150 cm Lergyttja
Efter lergyttjan följer sten sand och borrhstopp (friktionsjord).

För området typiska jordarter
Schematisk profil A – A' över områdets typiska jordarter

- Δ Morän (allmän)
- λ Moränlera
- S Svallsand
- Ly Lergyttja (och gytjelera)
- λ Berggrund

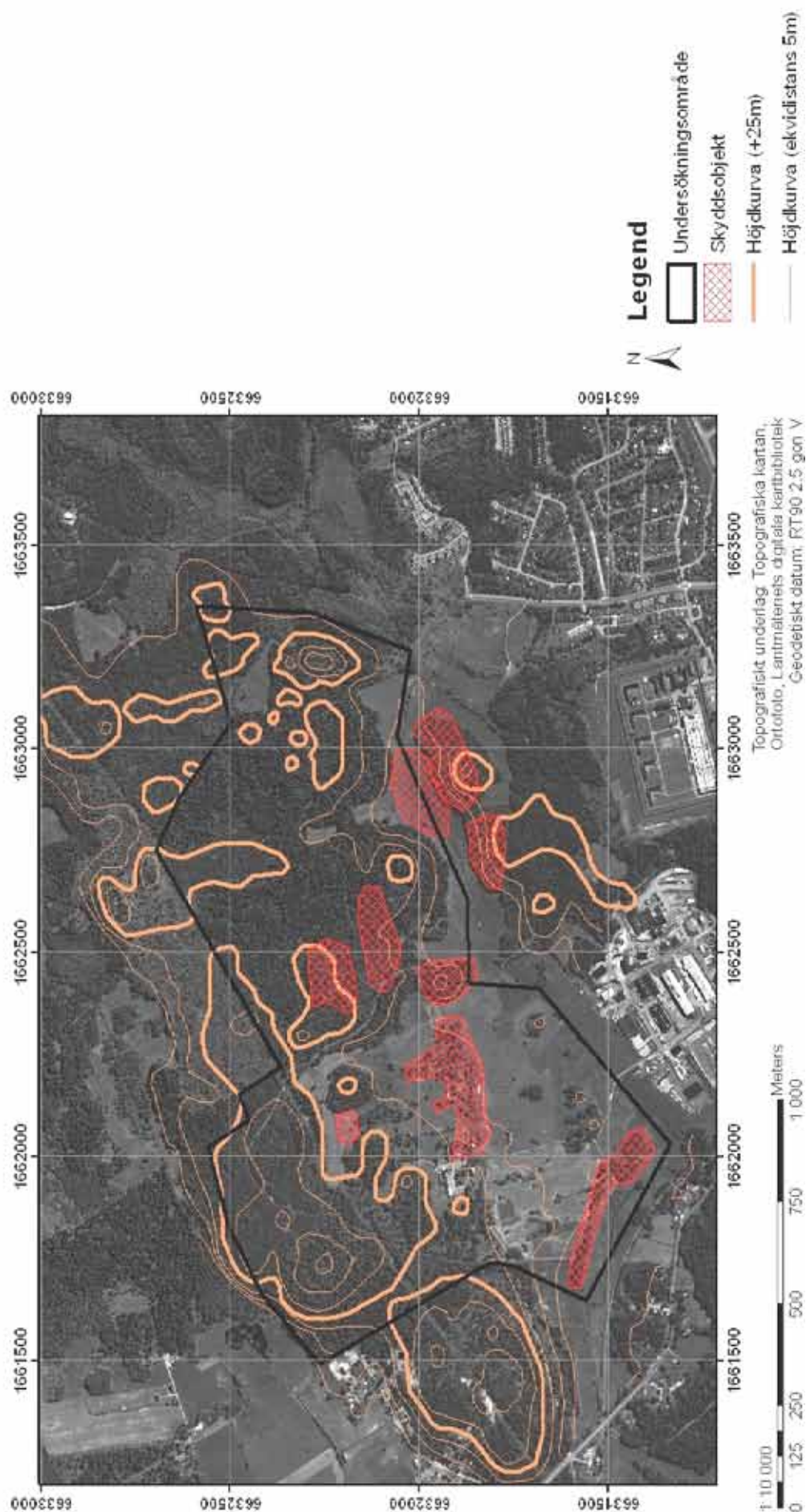


Schematisk profil A – A' över områdets typiska jordarter

För området representativa jordarter och exempel på stratigrafi (se även profil A – A' i kartutdraget ovan): Berggrund, morän (allmän), moränlera, svallsand, lergyttja (och gytjelera) och ett tunt lager vaucheriagyttja. Postglacial lera förekommer mer av väster i dalen.



APPENDIX 8: KARTA – FÖRSLAG PÅ OMRÅDEN MED SKYDDSVÄRDE



Naturvård i Norrtälje kommun är en serie rapporter som började ges ut 1990 med syfte att berätta om intressanta och värdefulla naturområden eller vårt miljöarbete. Rapporterna kan beställas från Norrtälje kommun, Box 800, 761 28 NORRTÄLJE, tel nr 0176 - 710 00 eller på hemsidan www.norrtalje.se.

Följande rapporter har hittills utkommit:

1. Erken-området - naturinventering och förslag till skyddsåtgärder
2. Broströmmen - en naturinventering från Erken till Norrtäljeviken
3. Tranviks naturreservat - naturinventering med förslag till skötselåtgärder
4. Rimsjöskogen - naturinventering av ett urskogsartat område
5. Långsjön/Karlsdalsmossen - naturinventering av ett skogs- och våtmarksområde
6. Extremrikkärr - botanisk inventering med förslag till skötselåtgärder
7. Skedviken - naturinventering med förslag till skötselåtgärder
8. Penningbyån/Väsbysjön - naturinventering med förslag till skötselåtgärder
9. Arslåjan - naturinventering av en kustnära barrskog
10. Storanden - naturinventering av ett skogs- och våtmarksområde
11. Mårdsjö-området - naturinventering och förslag till landskapsekologisk planering
12. Limmaren-området - naturvärdering och skötselförslag
13. Södra Bornan - botanisk inventering med förslag till skydds- och skötselåtgärder
14. Utålskedjan - naturinventering av riksobjektets landområden
15. Lidö - naturinventering med förslag till skydds- och skötselåtgärder
16. Östra Lermaren/Eknövikens - naturinventering av riksintressanta havsvikar
17. Aspdalssjö-området - inventering av naturskogar
18. Kundbysjön – restaurering av en våtmark
19. Odlingslandskapets förändring på Stomnarö
20. Restaurering av sjöar och vattendrag - genom lokalt engagemang
21. Kustens strandområden - en kartläggning av naturvärden och exploatering
22. Åsarnas grundvatten - en kartering av grundvattentillgångar i Lohärads- och Röåsen
23. Häverö-Östernäs fritidshusområde - vård av kustnära, ört- och lövrika marker
24. Dammar och småvatten - hemvist för större vattensalamander och andra arter
25. Skärgårdens odlingslandskap - bevarande genom lokalt engagemang
26. Landlevande mollusker i kalkrika miljöer
27. Fältgentiana - en indikator på värdefulla naturbetesmarker
28. Färsna gård - förslag till naturskola
29. Inventering av lavar, mossor och svampar
30. Runö, Bränd-Hallskär och Kläppen - geodiversitet i Söderarms skärgård
31. Ängssvampar - inventering av några slåtterängar och naturbetesmarker
32. Skärgårdens odlingslandskap - vad hände med det lokala engagemanget?
33. Odlingslandskapet i Roslagen - rapport från konferensen 4 - 5 oktober 2006
34. Heden och Mönäsviken på Svartlöga - skötselplaner
35. Aktionsplan för biologisk mångfald - uppföljning 1997 - 2007
36. Fjärilar i Norrtälje kommun - inventering 2007 - 2008
37. Runö, Bränd-Hallskär och Kläppen - marinbiologisk inventering i Söderarms skärgård
38. Bolsmossen - ett miljöarkiv för landskapsutveckling i Rimbotrakten
39. Viren-området - naturinventering
40. Små kustnära vattendrag - viktiga för vårlekande fiskar
41. Fasterna kommunskog - historisk landskapsstruktur och skydd av biologisk mångfald
42. Geodiversitet vid Färsna gård
43. Värdefulla naturbetesmarker i Norrtälje kommun
44. Svanberga - skötselplan för ett skogsområde vid Erken
45. Vätö huvud - skötselplan för ett skogsområde på Vätö
46. Näset - skötselplan för ett skogsområde i Rimbo
47. Bolsmossen - skötselplan för ett myr- och skogsområde vid Rimbo
48. Färsna - skötselplan för ett tätortsnära område vid Norrtälje
49. Runö, Bränd-Hallskär och Kläppen - skötselplan för tre skärgårdsområden



**NORRTÄLJE
KOMMUN**