



Sveriges Geologiska Undersökning

Geologisk information och modellering i avrinningsområden

Lars-Ove Lång & Bo Thunholm

Slutrapport för FoU-projekt 5273

Geologisk information och modellering i avrinningsområden

**SGU-rapport
2002:43**

**SGU-rapport
2002:43**

Förord

I denna rapport redovisas resultat inom det av SGU internt finansierade forskningsprojektet ”Geologisk information och modellering inom avrinningsområden”, FoU-projekt 5273. Projektet har genomförts i form av en pilotstudie med ett antal olika moment; litteraturstudie, fältarbete, flödesmodellering och tillämpad forskning inom små avrinningsområden i skogsmark.

Projektet har inneburit en hel del kontakter och samarbete med myndigheter och högskolor. I den undersökning som genomförts i Gullmarns avrinningsområde i Bohuslän och Dalsland har diskussioner skett med Anneli Harlén, Länsstyrelsen i Västra Götaland, som också granskat rapportens innehåll.

Avsnittet ”Geologisk information och modellering i små avrinningsområden i Värmland” beskriver en undersökning som utgår från ett projekt vid Karlstads universitet. Det inleddes 1997 och bäckar som dränerar små avrinningsområden i V och NV Värmland provtas. Projektledare är Lars Nyberg som genomför projektet tillsammans med Jan-Olov Andersson. Insatsen från SGUs sida har varit avgränsning av vattendelare samt kartläggning av jordarter och jorddjup i fält samt flödesmodellering med programvaran GMS. Viss resultatsammanställning och utvärdering ingår i denna rapport. Både Lars och Jan-Olov är medförfattare till denna del av rapporten.

En studie av små avrinningsområden belägna några mil öster om Göteborg, redovisas i delen ”Rolfsåns avrinningsområde, V Götalands län – åtgärder mot försurning”. I en rapport från länsstyrelsen redovisas resultat av provtagning av 156 bäckar som dränerar små avrinningsområden. Av dessa valdes 25 avrinningsområden ut för att dels ta fram ytvattendelare, dels ange och bedöma de geologiska förhållandena. Den utvärdering som hittills skett redovisas här. Delprojektet har i sin helhet genomförts tillsammans med Ulf Nyström, Göteborgs universitet som också är medförfattare till detta avsnitt i rapporten. Resultaten från Rolfsåns kommer att bearbetas vidare med inriktning mot publicering i artikelformat.

Ett omfattande underlagsmaterial har tagits fram för att genomföra flödesmodellering för en jordackumulation i Ellesbo, Göteborg. Sofia Book utförde huvudinsatsen för framtagande av och strukturering av detta material. Vi vill tacka samtliga våra kollegor för deras insatser i projektet.

2002-03-05
Göteborg och Uppsala

Lars-Ove Lång och Bo Thunholm

Innehåll

Förord	1
Innehåll	2
Sammanfattning	3
1. Bakgrund och syfte	4
2. Genomförande	4
3. Grundvattenplanering och behov av geologisk information i avrinningsområden	5
3.1 EUs ramdirektiv för vatten	5
3.2 Miljökvalitetsmålet – Grundvatten av god kvalitet	6
3.3 Exempel på undersökningar i Sverige	7
3.3.1 Gullmarn	7
3.3.2 Emån	10
3.3.3 Genevadsån	12
3.4 Länsstyrelserna	
4. Grundvattenmodellering	13
5. Geologisk information och modellering i små avrinningsområden i Värmland	14
5.1 Bakgrund	14
5.2 Metodik	15
5.2.1 Fältarbete	15
5.2.2 Databearbetning	18
5.3 Områdesbeskrivningar	20
5.4 Resultat	23
5.4.1 Modellering	23
5.4.2 Berggrundens och moränens geokemiska sammansättning	27
5.4.3 Resultat bäckvatten och omgivningsfaktorer	28
5.5 Slutsatser och utveckling	32
6. Rolfsåns avrinningsområde, V Götalands län – åtgärder mot försurning	33
6.1 Bakgrund	33
6.2 Metodik	34
6.2.1 Urval	34
6.2.2 Representativitet	35
6.2.3 Geologisk och övrig information	35
6.2.4 Statistisk utvärdering	38
6.3 Resultat	39
6.4 Slutsatser	43
7. Ellesbo – Göteborg	44
7.1 Bakgrund	44
7.2 Underlagsmaterial och ansatser för modellering	44
7.3 Resultat	46
8. Slutsatser	47
9. Referenser	47
Bilaga 1 – 13. Kartor över avrinningsområden i Värmland	
Bilaga 14. Tabell över lagerföljder i Ellesbo, Göteborg	

Sammanfattning

Behovet av att bearbeta och redovisa geologisk information inom avrinningsområden kommer att öka, inte minst i samband med införandet av EUs ramdirektiv för vatten och de svenska miljökvalitetsmålen. Detta projekt syftar till att med några praktiska tillämpningar visa på användning av geologisk information i avrinningsområden. I studien ingår kartläggnings-teknik i fält anpassat för små avrinningsområden. Grundvattenmodellering med programvaran GMS genomförs. Projektet har utförts genom aktivt deltagande i projekt som drivs av andra myndigheter och forskningsinstitutioner. Följande delstudier ingår:

A. Grundvatteninformation och EU:s ramdirektiv för vatten.

I en metodstudie i Gullmarns avrinningsområde prövas förslagen till EU:s ramdirektiv för vatten i praktiken. I detta projekt har kommentarer till planen givits vad gäller behovet av geologisk och hydrogeologisk information.

B. Geologisk information och modellering i små avrinningsområden i Värmland.

Vid Institutionen för natur och miljö, Karlstads universitet sker regelbunden analys av dräneringsvattnet från små avrinningsområden i V och N Värmland (vanligen <1 km²). Syftet är att dokumentera processer som styr avrinningsvattnets kemiska sammansättning. Av totalt 75 avrinningsområden har i detta projekt 12 fältkartats och två översiktligt bedömts. De utvalda avrinningsområdena ligger fördelade inom hela undersökningsområdet och bäckvattnen har varierande vattenkemisk sammansättning. I fält kontrollerades och reviderades vattendelare och kartor över jordarter samt uppskattade jorddjup upprättades. De suraste vattnen finns i de norra av de undersökta bäckarna. Här är moränen djupare än lägre mot söder men också ytandelen karterade torvmarker samt uppskattat torvdjup är högst. Från preliminära utvärderingar framgår bl.a. att pH och alkalinitet är omvänt korrelerade med TOC (total organic carbon). Studien visar tydligt på behovet av information om förekomst av torvmarker inom de små avrinningsområdena. Resultat av modellering med GMS avseende grundvattennivåer och flöden redovisas för två avrinningsområden. Jordartsinformation enligt den vid SGU använda metodiken för framställning av kartor i lokal skala (motsvarande serierna Ae och Ak) bör kunna användas som underlag för modellarbeten, helst dock kompletterad med information avseende lagerföljder, jorddjup och dräneringsförhållanden.

C. Geologisk information i Rolfsåns avrinningsområde, V Götalands län.

Länsstyrelsen har genomfört en kartläggning av försurningssituationen i små skogsbäckar inom Rolfsåns avrinningsområde. Totalt 25 bäckar av de 118 som karaktäriserats som skogsbäckar opåverkade av kalkning har studerats. Syftet var att utvärdera eventuell inverkan av de geologiska förhållandena inom avrinningsområdena på det avrinnande vattnets kemi. Information saknades om avrinningsområdena storlek varvid vattendelare avgränsades från kartmaterial. Ingen kartläggning i fält har utförts. Från jordartskartorna uppskattades jorddjup. Ett antal tester av olika paramstrar har genomförts med multipel linjär regression. Positiv korrelation finns mellan pH (och alkalinitet) och ytandel morän, morändjup samt andelen tunt jordlager på berg. Negativ korrelation finns mellan pH (och alkalinitet) och andelen kalt berg samt andelen torv (dock inte lika markerat som i resultaten från Värmland). Studien i Rolfsån visar på användbarheten av jordartskartorna vid utvärdering av vattenkvaliteten i bäckarna. Den indikerar också att det är viktigt att känna till var tunna jordlager på berg förekommer.

Dessutom redovisas ett stort underlagsmaterial för grundvattenmodellering har tagits fram för en komplex jordavlagring i Ellesbo på Hisingen i Göteborg. Rapporten avslutas med några kommentarer till SGUs verksamhet vad gäller arbete inom avrinningsområden.

1. Bakgrund och syfte

Helhetssynen på våra vattentillgångar har ökat under senare år. Avrinningsområden kommer framledes att utgöra grunden för hantering av vattentillgångar genom antagandet av EU:s ramdirektiv för vatten (Europaparlamentet 2000) som skedde i december 2000, de nationella miljökvalitetsmålen (Miljödepartementet 2000) och instiftande av en speciell administration för avrinningsområden. Behovet av att arbeta effektivt med olika frågeställningar inom avrinningsområden kommer därför att markant öka.

SGU behöver ta fram lämpliga metoder och en strategi för bearbetning och redovisning av geologisk information inom avrinningsområden. Detta gäller data för användning i såväl nationell, regional som lokal skala, utgående från behovet i EUs ramdirektiv för vatten och miljökvalitetsmålen. SGU kommer som myndighet att ha en central roll i arbetet med miljökvalitetsmålen, och framförallt för mål 2 "Grundvatten av god kvalitet" (SGU 1999). Användarna för information inom avrinningsområden finns dessutom inom övriga delar av miljösektorn och inom jord- och skogsbruket. Verktyg för att arbeta på basis av avrinningsområden behövs i samband med framtagande av åtgärdsprogram mot försurning av mark och ytvatten.

Inom undersökningsverksamheten sker en metodisk insamling av geologiska data utifrån kartblads- eller kommungränser. Mycket av denna information skulle istället direkt kunna presenteras med avrinningsområden som indelningsgrund. Det kan dock förväntas att vid många tillämpningar inom avrinningsområden kommer integration mellan olika informationslag (jordarter, berggrund, grundvatten, geoekmi, etc.) att krävas. Exempel på andra data som kan behövas vid utvärdering där geologisk information ingår är markanvändning, biotopinventeringar, mätning av vattenkvalitet i ytvattendrag, m.m. Aktiviteten har varit mycket liten vid SGU vad gäller utveckling av användningen av geologiska data baserat på avrinningsområden. Det är främst inom den integrerade miljöövervakningen av grundvatten som verksamhet idag bedrivs och från vilken erfarenheter bör tas tillvara.

Detta projekt syftar till att visa på praktiska tillämpningar av geologisk information i avrinningsområden. Studien utfördes 1999 – 2001 genom aktivt deltagande i projekt som drivs av andra myndigheter och forskningsinstitutioner. Bland annat ingår kartläggningsteknik i fält baserad på avrinningsområden samt grundvattenmodellering.

2. Genomförande

Projektet består av ett antal olika moment. I rapporten redovisas först övergripande delar vad gäller planering av grundvattenfrågor inom avrinningsområden, med inriktning mot EUs ramdirektiv för vatten och miljökvalitetsmål 2 "Grundvatten av god kvalitet". Beskrivningen gäller läget vid årsskiftet 2000 – 2001. Några pilotundersökningar presenteras med kommentarer till användning av geologisk information. I en undersökning i Gullmarns avrinningsområde i Bohuslän – Dalsland har viss medverkan skett inom projektet. För övriga beskrivna undersökningar har kontakter tagits eller information inhämtats från hemsidor eller från rapporter. Därefter redovisas de undersökningar i mindre avrinningsområden där deltagandet varit aktivt och bestått av insamling i fält och/eller bearbetning av data (tabell 1). Grundvattenmodellering ingår i denna del.

Tabell 1. Information om de undersökningar där aktivt deltagande skett i projektet.

Undersökning	Syfte	Moment / Arbetsinsats	Samarbetspartner
Små avrinningsområden i skogsmark, västra Värmland	Dokumentera vattenkvalitet i avrinningsvatten, fältkartering och gv-modellering	Fältarbete, bearbetning, modellering	Karlstads universitet
Små avrinningsområden i skogsmark, Rolfsån öster om Göteborg	Underlag för samordnad plan av kalkning av skogsmark och ytvatten, geologisk klassificering	Bearbetning	Göteborgs universitet, Länsstyrelsen V Götaland
Ellesbo-avlagringen, Göteborgs k:n	Modelluppbyggnad av avrinningsområde inom grundvattenkartering SGU	Fältarbete, bearbetning, (modellering)	Göteborgs kommun

3. Grundvattenplanering och behov av geologisk information i avrinningsområden

3.1 EUs ramdirektiv för vatten

Ramdirektiv för vatten antogs den 22 december 2000 av Naturvårdsverket. Det har framtagits för att arbetet med att skydda Europas vatten skall bli mer samlat och kraftfullt. Ramdirektivet ska ”bidra till att tillgången på ytvatten och grundvatten är av sådan god kvalitet som behövs för en hållbar, balanserad och rättvis vattenanvändning”.

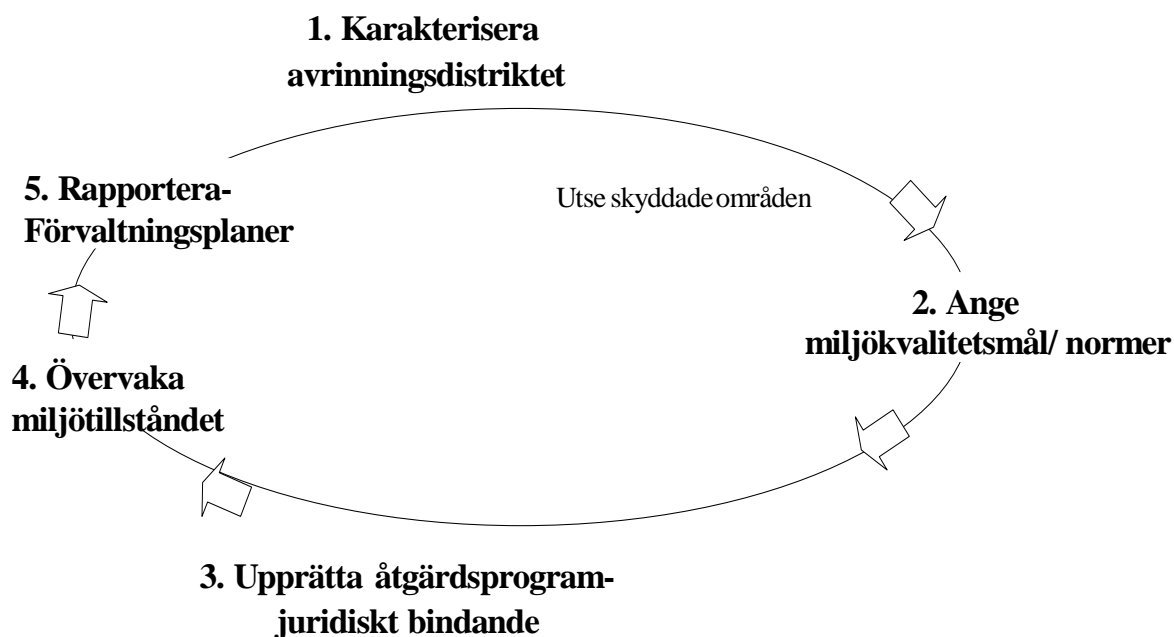
Bland de positiva effekterna av genomförandet av ramdirektivet har angivits följande: skydd och utnyttjande av yt- och grundvatten blir mer rationellt, värdet av ytvatten vid rekreation ökar, kostnaderna för vattenvård reduceras och administrationen av vattenfrågor blir mycket mera samordnad. Just att planering av både yt- och grundvatten för första gången kommer att ske integrerat på Europainivå ses som en av de största framstegen med ramdirektivet. Förhoppningen är också om ett ökat deltagande och engagemang från allmänheten vad gäller vattenfrågor.

Denna helhetssyn på både skydd och nyttjande av våra vattenresurser innebär även organisatoriska förändringar i Sverige. Ansvariga myndigheter kommer att pekas ut för genomförandet av arbetet, där det första steget är att Sverige delas in i avrinningsdistrikt. Distrikten ska sedan beskrivas, åtgärdsprogram utarbetas och förvaltningsplaner upprättas. För det praktiska genomförandet av denna process har följande steg angivits:

1. karaktären på distriktet fastställas,
2. de miljörelaterade påfrestningarna identifieras,
3. tillvägagångssättet för att uppnå god vattenstatus antas och realiserar,
4. ramarna för arbetet fastslås,
5. ramarna revideras vid behov.

Detta arbete skall sedan upprepas minst vart sjätte år. Vattenplaneringen kan också illustreras enligt figur 1. Vattendirektivet ska vara införlivat i svensk rätt inom tre år efter antagandet, vilket innebär år 2003.

Vattenplaneringscykeln: 6 år



Figur 1. Vattenplanering enligt EUs ramdirektiv för vatten. (Från A. Harlén, Länsstyrelsen, V Götaland).

För långsiktigt hållbart uttag av grundvatten är utgångspunkten i direktivet följande. Den övre gränsen för uttag utgörs av den vattenmängd som ger nybildning av grundvatten och inte behövs i ekosystem som är relaterade till tillförsel av grundvatten (våtmarker, etc.). För grundvattnets kemiska status råder i direktivet principen om minimal mänsklig påverkan, varvid utgångspunkten blir att grundvattnet överhuvudtaget inte skall vara förorenat. Därför skall synsättet vara förebyggande, vilket innebär bland annat en omfattande övervakning av grundvattnets kemiska sammansättning för att spåra förändringar och föroreningar. Gränsvärden för olika ämnen används inte primärt som riktmärken. Detta är en taktisk åtgärd för att undvika synen att halter upp till dessa gränser är tillåtna och därmed inte behöver åtgärdas. Där antagna standarder på Europa nivå finns skall dock dessa alltid beaktas, som t.ex. för nitrat.

3.2 Miljö kvalitetsmålet – Grundvatten av god kvalitet

Arbetet med nationella miljö kvalitetsmål har pågått några år. Avsikten är att miljöarbetet alltmer ska inriktas på att vara förebyggande och att miljö kvalitetsmålen ska nås inom en generation.

Ett av de grundläggande värden som miljö målsarbetet baseras på är att trygga en god hushållning med naturresurserna. Grundvattnet är en av våra viktigaste naturresurser. Miljö kvalitetsmål 2 – ”Grundvatten av god kvalitet”, har till stor del utarbetats vid SGU (SGU 1999).

Miljö kvalitetsmålet anger bland annat att i ett generationsperspektiv bör ”Grundvattnets kvalitet inte påverkas negativt av mänskliga aktiviteter som markanvändning, uttag av naturgrus, tillförsel av föroreningar med mera” samt att ”det utläckande grundvattnets kvalitet är sådant att det bidrar till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag”. Grundvattnets kvalitet skall uppfylla kraven på God grundvattenstatus enligt EU:s ramdirektiv för vatten samt svenska normer för dricksvatten.

För att uppnå miljö kvalitetsmålet behövs ett omfattande arbete vad gäller inventering av geologiska avlagringar som är betydelsefulla för vattenförsörjningen, genomförande av vatteninventeringar och upprättande av vattenförsörjningsplaner. Ansvaret för att utarbeta åtgärdsprogram för att nå God grundvattenstatus enligt EU:s ramdirektiv kommer att ligga på respektive avrinningsmyndighet. Sammantaget innebär detta ett ökande behov av att beskriva grundvattnets förekomst, uppträdande och kemisk status med avrinningsområden som grund.

3.3 Exempel på undersökningar i Sverige

Enligt EU:s ramdirektiv för vatten skall som framgått ovan förvaltningsplaner upprättas för hela avrinningsområden. Detta innebär för grundvattnet omfattande beskrivning av både kvantitet och kvalitet. För att bedöma vattenkvaliteten i ett större avrinningsområde, där vattendraget rinner till havet eller större insjö, behöver den successiva utvecklingen av vattenkvaliteten vid tillrinning från mindre delavrinningsområden studeras. Geologisk information är en väsentlig del i beskrivningen av avrinningsområdena för effekter på både yt- och grundvattnens kemiska status.

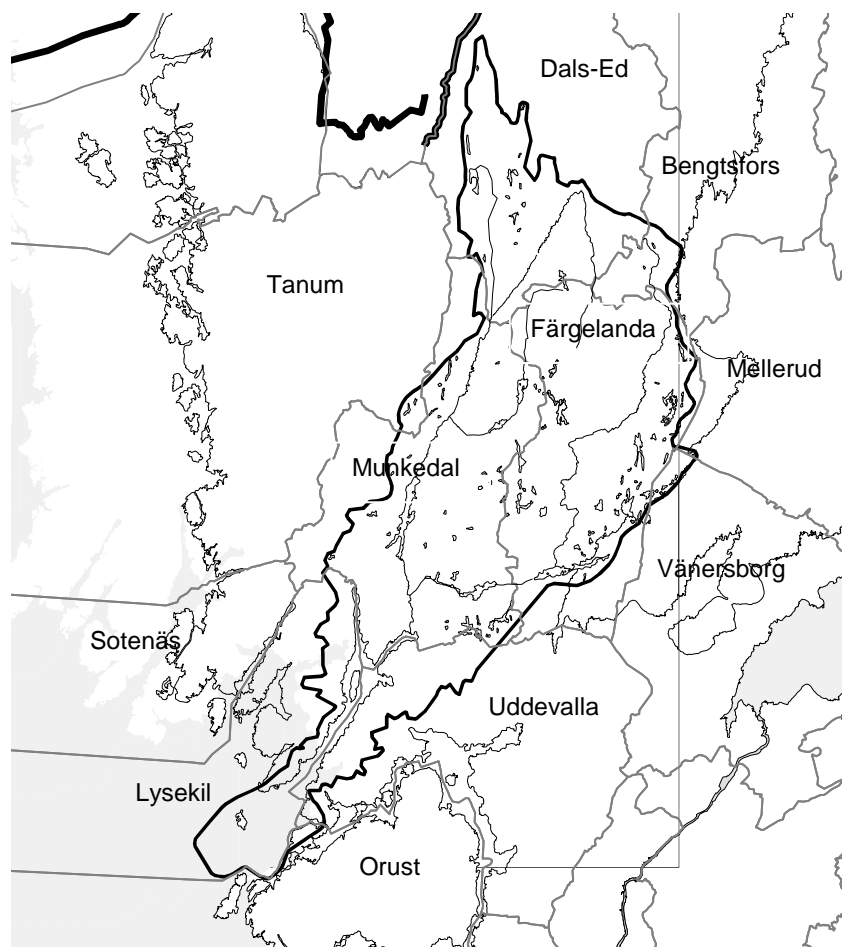
Några avrinningsområden har valts ut runt om i landet som försöksområden för att upprätta förvaltningsplaner. Forskning har bedrivits utgående från vattenplanering i avrinningsområden. Länsstyrelser har initierat arbete med både EUs ramdirektiv för vatten och miljö kvalitetsmålen. Nedan ges exempel på undersökningar och hur geologisk information och grundvattendata beskrivits och behandlats. I de olika undersökningarna har beroende på inriktning behovet av geologisk information varierat. Större betydelse har dock troligen kunskapen om tillgänglighet och användbarheten av geologisk information haft.

3.3.1 Gullmarn

Området

Gullmarns avrinningsområde i centrala Bohuslän och västra Dalsland ingår i en metodstudie där förslagen till EU:s ramdirektiv för vatten prövas i praktiken. Syftet är att belysa hur en framtida förvaltningsplan enligt ramdirektivet kan utformas. Ytan är 1722 km² och omfattar större eller mindre delar av kommunerna Dals-Ed, Färgelanda, Munkedal, Uddevalla och Lysekil samt små arealer i Bengtsfors, Orust, Tanums och Vänersborgs kommuner (figur 2).

Örekilsälven är det största vattendraget som mynnar i Gullmarsfjorden (figur 3). Till Örekilsälven rinner Valboån och tillsammans dränerar Örekilsälven och Valboån större delen av västra och sydvästra Dalsland och delar av centrala Bohuslän, totalt 1340 km². Resterande 382 km² inom Gullmarns avrinningsområde omfattar främst delar av Stångenäset och Bokenäset som dräneras direkt till Gullmarsfjorden via små vattendrag.

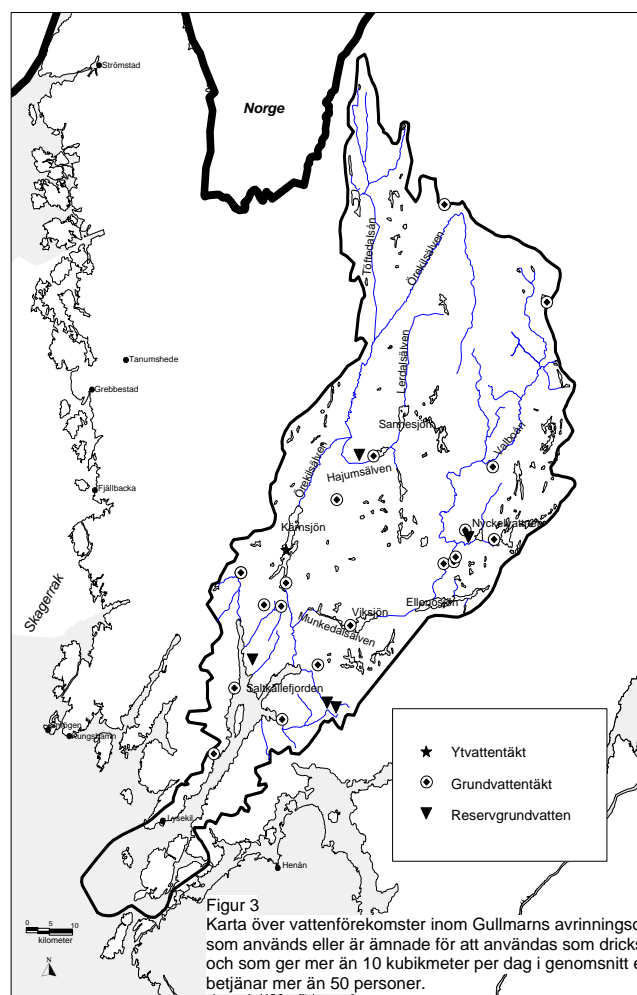


Figur 2. Gullmarns avrinningsområde i Bohuslän och Dalsland.

Förvaltningsplanen och geologisk information

Tillsammans med kommunerna i avrinningsområdet samt andra intressenter har Länsstyrelsen i Västra Götaland tagit fram förslaget till förvaltningsplan (Harlén 1999). I utkastet till förvaltningsplan ingår följande delar som innehåller geologisk och hydrogeologisk information:

- Allmän beskrivning av bergarter utifrån översiktlig berggrundskarta i skala 1:250 000 (SGU 1989).
- Allmän beskrivning av jordarter med naturgrusförekomster markerade.
- Översiktligt angivande av grundvattenförekomster i berg baserat på länskartan i f.d. Älvsborgs län (ingår i Engqvist & Müllern 1998).
- Brunnsinformation från SGUs databaser.
- Grundvattentäkter både på karta (figur 3) och i tabellform med bl.a. gällande vattendomar angivna.
- Notering om skyddsområden finns eller ej för grundvattentäkterna.
- Beskrivning av pågående grundvattenövervakning och resultat från denna. Kompletteringar i övervakningen för att motsvara ramdirektivets krav anges.



Figur 3. Vattentäkter i Gullmars avrinningsområde. (Ur Harlén 1999).

Innan utkastet till förvaltningsplan för Gullmars avrinningsområde togs fram, sändes ett första förslag ut på remiss (Harlén 1998). Inom ramen för detta projekt gavs då följande kommentarer till förvaltningsplanen angående behovet av geologisk och hydrogeologisk information.

Kartering av jordarter och grundvattenförekomster Den noggrannhet i geologisk information som behövs i planarbetet vad gäller grundvattentillgångar bör diskuteras mellan utförare och framtagare av informationen. För SGU:s del innebär det att vid kartläggningen av jordarter och grundvatten (som bedrivs i både lokal och regional skala), bör underlagsmaterialet vara anpassat för användning enligt EU:s ramdirektiv för vatten. En stor del av tillgångarna i Gullmars avrinningsområde som ger större mängder än de 10 m³/d som anges i direktivet, utnyttjas inte för vattenförsörjning. Det är viktigt att bedöma vilka grundvattentillgångar inom ett avrinningsområde som är av störst intresse för eventuell framtida utvinning. Prioritering kan t.ex. ske av mindre tillgångar nära tätorter eller större vattentillgångar mer perifert i avrinningsområdet.

Berggrunden I vissa fall kan koppling mellan bergarter och uttagskapaciteter i berggrunden göras, vilket gör att en berggrundskarta kan utnyttjas som stöd för bedömning av kapacitet. I urbergsterräng styr dock ofta spricksystemens uppbyggnad, tillgången på vatten och berggrundskartorna har begränsad användning. På de hydrogeologiska länskartorna ges en tolkad bild av genomsnittliga kapaciteter i berggrunden. Det bör tryckas på i förvaltningsplanen att även tillgångarna i berggrunden är en resurs, då direktivet anger 10 m³/d som undre gräns. Denna gräns bedöms inom avrinningsområdet bl.a. överskridas i berggrunden i delar av Färgelanda kommun med mediankapacitet på 50 – 150 m³/d (Engqvist & Müllern 1998).

Grundvattenövervakning Den pågående grundvattenövervakningen i Gullmarns avrinningsområde sker delvis i små magasin, bl.a. beroende på syftet att bevaka försurningskänsligt grundvatten. Detta innebär att nuvarande program inte motsvarar kraven på övervakning av magasin med >100 m³/d som anges som gräns i direktivet. Detta innebär att en betydande förbättring av övervakningen krävs för att motsvara uppställda krav.

Grundvattenkvalitet Det är bra att även problemställningar som försurat grundvatten med regionalt intresse i Västsverige tas upp och betonas, även om de inte ingår primärt i EU:s ramdirektiv för vatten. Det är rimligt att det råder viss flexibilitet i mätprogram i förvaltningsplaner för enskilda avrinningsområden eller avrinningsdistrikt beroende på de lokala förhållandena.

Slutsatser

Det råder brist på modern geologisk information från Gullmarns avrinningsområde. Den befintliga är inte heller anpassad för användning enligt Ramdirektivet för vatten. Vid SGU pågår framtagande av digitala databaser i skala 1:250 000 för berggrund och jordarter i området. Det kommer att vara användbart som bakgrundsmaterial i många sammanhang. För att beskriva grundvattenförekomster i jord enligt Ramdirektivet behövs dock detaljerad kunskap om förekomsterna. Grusinventeringar är tillsammans med utredningar som utförts vid grundvattentäkter det viktigaste befintliga underlaget. I arbetet med att ta fram ett utkast till förvaltningsplan för Gullmarns avrinningsområde har det inte ingått att beskriva enskilda förekomster. Om inte storleken på grundvattenmagasinen anses tillräckligt väl kända med befintligt material bör fältkartering av jordarter utföras (minst i skala 1:10 000 med redovisning i 1:50 000, motsvarande SGU serie Ae).

3.3.2 Emån

Inom Emåns avrinningsområde i centrala och östra Småland har ett stort antal studier genomförts inom det sk. Emåprojektet. Detta projekt arbetar för en ekonomiskt och miljömässigt hållbar samhällsutveckling i Emå-området. Projektet finansieras av en rad myndigheter och organisationer och arbetet drivs av Emåprojektets Intresseförening. Ett av syftena är att förbättra vattenkvaliteten inom Emåns avrinningsområde så att föroreningar inte begränsar användningen av vattnet för dricksvattenändamål, fiske, friluftsliv, m.m.

Emån är det största vattendraget i sydöstra Sverige och avrinningsområdet är 4 460 km² stort (figur 4). Emån rinner upp på Sydsvenska höglandet och de kommuner som ligger inom

avrinningsområdet är Nässjö, Eksjö, Sävsjö, Vetlanda, Hultsfred, Högsby, Mönsterås och Oskarshamn. Emåns avrinningsområde har delats in i 19 olika delavrinningsområden. Varje delområde har beskrivits var för sig avseende bl.a. geologi och hydrologi. Geologisk information har hittills använts i begränsad omfattning i projektet. I arbetet fram till och med sommaren 2000 har jordartskartor av äldre datum utnyttjats till en översiktlig karta, liksom modernare berggrundskartor inom topografiska kartbladet Vetlanda (Persson 1985, 1989).



Figur 4. Emåns avrinningsområde. Från SMHI (ingår i Kartplan 2001).

Inom avrinningsområdet pågår geologisk undersökningsverksamhet som innebär att mer digitalt underlag successivt kommer att finnas tillgängligt. Inom västra delen av avrinningsområdet finns nyligen klara digitala jordartskartor i skala 1:50 000 (kartbladen Nässjö NO, SO och Vetlanda NO, SO; SGU, Lund). Sedan tidigare finns en jordartskarta i samma skala i den östligaste delen av området Rudmark (1992). Resterande, dvs de centrala delarna av området, ingår i programmet för regional jordartskartering vid SGU och finns planlagda för undersökning 2005-2007. För berggrunden utförs regional kartering under 2000 och 2001, och modernt översiktlig eller detaljerad berggrundsinformation finns därför snart inom hela avrinningsområdet. Från området finns också information om förekomst av olika element, bl.a. tungmetaller. Moränens geokemiska sammansättning redovisas i form av markgeokemiska kartor (Andersson & Nilsson 1992; Andersson m.fl. 1997). Dessutom finns biogeokemiska kartor som bygger på provtagning och analys av bäcktorv (Ressar & Ohlsson 1985; Ressar m.fl. 1986).

Heltäckande jord- och berggrundskartor i skala 1:50 000 finns inte för hela avrinningsområdet. De nya geologiska kartläggningarna har dock markant förbättrat förutsättningarna för att använda geologisk information i planarbetet inom avrinningsområdet. Det finns också en stor mängd information om grundvatten i SGUs databaser som skulle kunna utnyttjas.

Intresse har visats för att i de vidare undersökningarna inom Emå-projektet i större omfattning utnyttja geologiska data och anpassa användningen för de olika delavrinningsområdena. Förslag på några undersökningar med geologisk och hydrogeologisk inriktning är:

- Ange förekomst av basiska bergarter från de bästa berggrundskartorna i respektive del av avrinningsområdet.
- Göra en digital, samlad jordartskarta över hela avrinningsområdet som i dagsläget bygger på två nivåer i noggrannhet (Ae-kartor respektive Nationalatlasen). De regionala jordartskartorna bör sedan successivt ersätta informationen från Nationalatlasen.
- Använda Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet (Naturvårdsverket 1999) för att karakterisera grundvattnets kemiska sammansättning inom avrinningsområdet.
- Utifrån bland annat de geologiska förutsättningarna och markanvändning tolka skillnader i vattenkemin i de vattendrag som avvattnar delavrinningsområdena.

3.3.3 Genevadsån

Genevadsåns avrinningsområde ligger i södra Halland mellan Nissan och Lagan. Här bedrivs en omfattande interdisciplinär studie kring vattenplanering. Avrinningsområdet ingår som försöksområde i projektet VASTRA som är en förkortning av Vattenstrategiska forskningsprogrammet. Huvudmålet i VASTRA är att utveckla strategier för förvaltningen av avrinningsområden som är hållbara ur ekologiska, ekonomiska och sociala perspektiv. Mer information om projektet och dess fortsättning kan erhållas från Linköpings universitet. Som en mycket viktig del i studien inom Genevadsåns avrinningsområde ingår ett aktörsspel (Wittgren m.fl. 2000) med deltagande av olika intressenter, främst med lokal förankring. Den största föroreningskällan har i södra Halland under senare decennier varit kväveförorening av yt- och grundvatten. Studien avser att hitta möjliga vägar för att minska kvävebelastningen genom att testa tillämpningen av en lagstiftning baserad på miljö kvalitetsnormer och bedöma möjligheter till miljösamverkan. Som en del ingår också att testa olika matematiska modellers användbarhet i miljöarbetet med kväve.

VASTRA är indelat i olika forskningsfält som är nära integrerade med varandra. Ett av dessa behandlar skyddet av grundvattnet, med målet att finna en vidomsparnande metodik för förvaltning av grundvatten i avrinningsområden. Modellering av grundvatten ingår som en del i modelleringsarbeten inom hela avrinningsområdet. Ett exempel på modellstudie i Genevadsåns avrinningsområdet har utförts av Lidén m.fl., (1998), där möjligheterna att integrera de i Sverige ofta använda modellerna SOIL-N och HBV-N testats. I samband med modellering av grundvatten och användande av geologiskt underlag anknyter VASTRA till SGUs verksamhet.

4. Grundvattenmodellering

Grundvattenmodeller har de senaste åren utnyttjats i olika sammanhang vid SGU.

Användningen har oftast varit kopplad till uppdrag som t.ex. beräkningar av flöden och nivåer vid Hallandsåsen, samt vid studier av föroreningstransporter som vid Åmari flygbas i Estland (Försvaret m.fl. 1999). I en studie av Aastrup & Thunholm (1999) utfördes modellering av tungmetaller samt kväve och fosfor inom Stockholms stad.

Vi anser att grundvattenmodeller kommer att bli en allt viktigare del i SGUs framtida arbete, speciellt inom avrinningsområden. Modeller kan användas för studier av processer och mekanismer inom avrinningsområden av olika storlekar. Dessa kan exempelvis användas för att testa olika scenarion av föroreningsspridning, studera känsligheten hos olika egenskaper i avrinningsområden, m.m. Sådana studier är inte minst aktuella inom områden med hård miljöbelastning, vilket ligger i linje med SGUs nuvarande inriktning att kartlägga befolkningstäta områden. Grundvattenmodeller kan inte minst förväntas bli ett viktigt verktyg vid hanteringen av miljökvalitetsmålen inom avrinningsområden.

Vid studier av grundvattenflöden och föroreningstransport i marken kan matematiska modeller användas för en rad olika syften. Några viktiga exempel är följande:

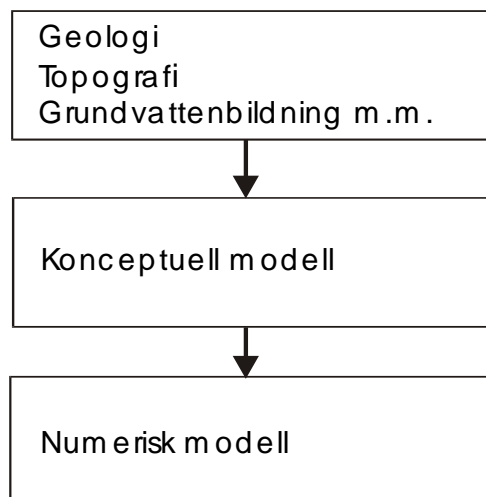
- Underlag för lokalisering av provtagningspunkter.
- Beräkning av både aktuella och framtida spridningsmönster hos olika föroreningstyper.
- Underlag för konsekvensbedömningar och riskanalyser.
- Möjligheter att testa hypoteser.
- Understryka betydelsen av fysikaliska/kemiska mekanismer i marken.
- Pedagogiskt verktyg för beslutsfattare.

Användningen av numeriska modeller kan med fördel följa hela processen under ett projekt som berör undersökning, riskbedömning och efterbehandling av föroreningar i mark och grundvatten. Ett modellarbete består oftast av två steg. Först upprättas en konceptuell modell som kan betraktas som en förenkling av verkligheten där mindre viktiga företeelser och egenskaper kan försummas. När den konceptuella modellen har upprättats kan den ”lyftas över” till en numerisk modell för beräkningar (figur 5).

Arbetet med den numeriska modellen utgörs oftast av kalibrering av simulerade data där anpassning görs till uppmätta observationer och olika parametrars känslighet utvärderas. Den numeriska modellen används sedan för simuleringar och prognoser. Det bör understrykas att beräkningsresultatet inte är någon absolut sanning och att noggrannheten beror av kvaliteten på indata samt kunskapen om föroreningssituationen och de hydrogeologiska förhållandena i det aktuella området.

GMS (Groundwater Modeling System) är ett programpaket som innehåller ett antal modeller för beräkning av grundvattenflöden och föroreningstransport. Vidare ingår presentations- och beräkningsverktyg som stöd i modelleringsarbetet. I GMS ingår en rad modeller (Modflow, Modpath, MT3D, RT3D).

Det finns även en lång rad andra vattenkemiska modeller som används i avrinningsområden. Krysanova m.fl. (1995) redovisar ett 15-tal modeller anpassade för olika storlek hos avrinningsområden från <math><3 \text{ km}^2</math> till >math>>1000 \text{ km}^2</math>. I denna studie har inte ingått att använda andra modeller än GMS, men kan användas i ett senare skede på framtaget material i projektet.



Figur 5. Arbetsgången för användning av SGUs data för uppbyggnad av flödesmodeller.

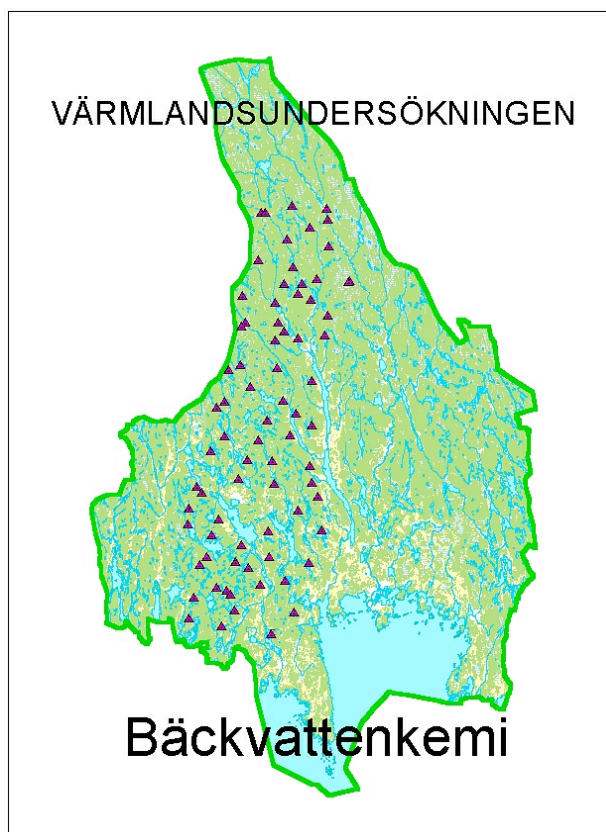
5. Geologisk information och modellering i små avrinningsområden i Värmland

(Medförfattare: Lars Nyberg och Jan-Olov Andersson, Karlstads universitet)

5.1 Bakgrund

I ett forskningsprojekt vid Institutionen för natur och miljö vid Karlstads universitet sker regelbunden analys av dräneringsvattnet i 76 avrinningsområden i västra och norra Värmland (figur 6). Projektledare är Lars Nyberg som genomför projektet tillsammans med Jan-Olov Andersson. Syftet är att dokumentera processer i avrinningsområdet som styr avrinningsvattnets kemiska sammansättning, med särskild tyngdpunkt på de faktorer som betyder mest för vattnets surhetstillstånd. För att kunna analysera de rumsligt fördelade variablerna i avrinningsområdet har en GIS-databas tagits fram. Bäckarna ligger i skogsmark utan lokal påverkan. Områdenas yta varierar mellan 0,10 och 3,2 km², och de flesta är mindre än 1 km².

Bland de faktorer som är av störst betydelse för att beskriva vattenkvaliteten inom avrinningsområden är hur vattentransporten sker (flödet i jordlagrens övre/undre delar), jorddjupet och förekomsten av organisk jord. Endast delar av denna information tas fram inom SGUs nuvarande undersökningsprogram. Områdena i Värmland ansågs därför lämpliga för att utveckla och bedöma kartläggningsmetodik som är anpassad för undersökningar i små avrinningsområden. Flödesmodellering med programvaran GMS genomförs också.



Figur 6. Översiktsskarta över bäckar ingående Värmlandsundersökningen.

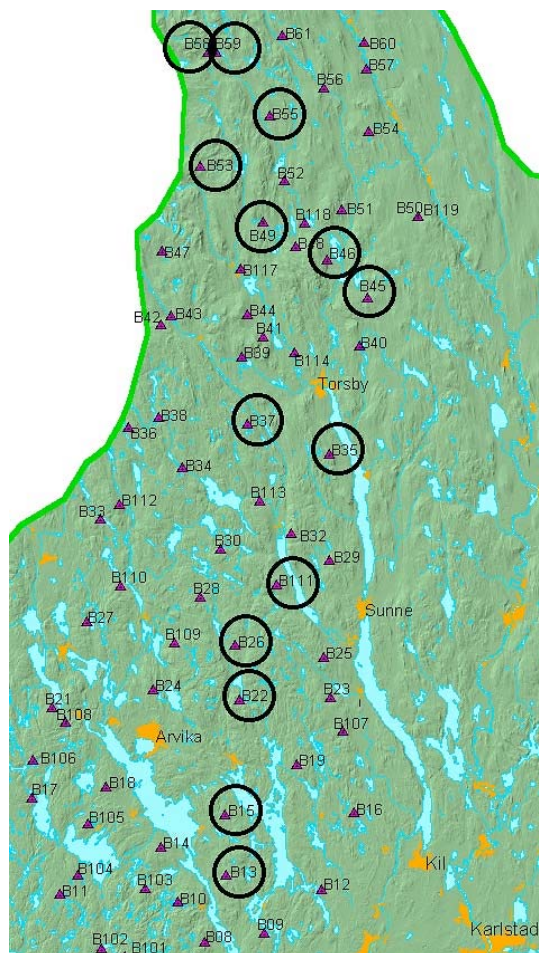
5.2 Metodik

5.2.1 Fältarbete

Totalt har 12 st avrinningsområden fältkarterats (B13, B15, B26, B37, B45, B46, B49, B53, B55, B58, B59 och B111) medan två endast översiktligt bedömdes (B22 och B35), se figur 7. Dessa har valts ut så de har varierande vattenkemi, är geografiskt fördelade, har olika topografisk karaktär och i några fall finns basisk berggrund inom eller i anslutning till områdena (Lundegårdh m.fl. 1992).

Efter att urvalet av bäckar gjorts på Blå kartan och vattenprovplats bestämts, ritades vattendelarna för avrinningsområdet för respektive bäck och provplats in på Gula kartan. Dessa kartor användes sedan vid fältkarteringen av jordarter, jorddjup och vegetation.

Vattendelarens läge fick under fältkarteringen korrigeras, i vissa fall betydligt. Detta på grund av den grova kurv bilden på kartunderlaget samt att utdikningar, som förändrat avrinningsmönstret, är vanlig förekommande. Några av områdena minskade till nära hälften av det ursprungligt tolkade från Gula kartan, vilket påvisar betydelsen av fältkartering även av vattendelare för mindre avrinningsområden.



Figur 7. Fältkarterade avrinningsområden i Värmlandsundersökningen.

Gula kartan är i vilket fall det bästa och detaljrikaste underlaget som finns att tillgå för nästan samtliga 76 avrinningsområden. Även om kurv bilden inte har tillräcklig noggrannhet för tillförlitligt bestämmande av vattendelaren, så är kartan ett nödvändigt stöd i fältkarteringen. Ortofotot (flygfoton från 1988 – 91) i bakgrunden gör att en tillräcklig precision i lägesbestämningen oftast är möjlig.

I de sydvästra delarna av studieområdet finns dock ej Gula kartan att tillgå. Detta berör ett tiotal av avrinningsområdena där Gröna kartan istället fått ligga till grund, vilket ytterligare försvårar bestämning av vattendelare. Endast i ett fall har ännu fältkartering gjorts med Gröna kartan som grund. För att då uppnå tillräcklig lägesnoggrannhet behövs GPS-utrustning.

Vi karteringen i fält börjades som regel sökandet efter vattendelaren från provtagningsstället och följdes sedan med- eller moturs tillbaka till samma plats. Kartans kurv bild var ett grovt stöd men oftast var orientering efter ortofotobakgrunden nödvändig. Terräng- och vegetationsformerna går ofta snabbt att ”översätta” till ortofotot och nytt läge för vattendelaren ritades successivt in på kartan. I vissa besvärliga flacka och tätbevuxna områden var orientering svår och lägesbestämning av vattendelare i det närmaste omöjlig. Dikning var i vissa av dessa fall ett stöd.

Den geologiska delen i fältarbetet omfattade:

- Framtagande av jordartskarta (enligt SGUs karteringsmodell Ae)
- Framtagande av jorddjupskarta
- Jordprovtagning av C-horisont samt i vissa fall hela jordmånsprofiler
- Insamling av bergartsprov från hållar

I figur 8 ingår den jordartslegend som användes för *jordartskartan* inom avrinningsområdena. Berg i dagen innebär i stort sett endast kala hållytter. Ytter med tunt eller osammanhängande jordtäckning på berg har separerats ut där moränen förekommer frekvent på berg och har en mäktighet på någon till några dm. Kala bergytter förekommer med varierande frekvens inom dessa ytter. Som underlag för skattningarna av jorddjup gjordes en uppdelning av moränen mellan flack morän på berg respektive morän med olika egenformer (rygggar, kullar osv.). Dessa ytter med egenformer är angivna på kartorna under samlingsnamnet moränbacklandskap. Inom några ytter har blockrik morän markerats enligt metodik för Ae-kartering. De undersökta avrinningsområdena är belägna över den Högsta Kustlinjen (HK). Enda undantaget är det avrinningsområde som ligger längst i söder (B15), där delar ligger under HK och moränen har ett svallat ytskikt. I samma avrinningsområde finns också ett område med silt invid dräneringspunkten (se bilaga 2:1).

Torvmarker är vanliga i avrinningsområdena. Dessa har markerats på kartorna som kärr eller mosse då de organiska lagren har en utbredning av minst 50*50 m och mäktigheten är större än 0,5 m. Tunt torvtäckning på morän innebär någon till några dm av torv på morän.

I västra och nordvästra Värmland förekommer isälvsediment frekvent, framförallt i de större dalgångarna. De små avrinningsområdena som undersökts här ligger högst i avrinningsystemen där morän- och bergterräng är dominerande. I de utvalda ytterna har därför inte isälvsediment karterats.



Figur 8. Jordartslegenden som använts vid jordartskarteringen i Värmland.

Jorrdjupskartan framställdes med hjälp av uppskattningar av jorddjup enligt tabell 2. Den avser moränmäktigheten eftersom sorterade avlagringar (isälvs- och andra sediment) i stort sett saknas. De kriterier i fält som användes för att uppskatta moränens mäktighet är:

- Förekomst av hållar
- Karakteristiska egenformer hos moränen
- Allmän topografi i området styrd av berggrunden
- Småskalig brutenhet inom varje del av området

Torvdjupen har också uppskattats. Kärren är oftast grunda, med någon meters mäktigt. Mossarna är oftast djupare. Genomsnittligt torvdjup har satts som 1 m, 2 m eller 3 m. De antagna torvdjupen markeras med överbeteckningar på jorrdjupskartan.

Provtagning av moränens C-horisont utfördes i varje avrinningsområde, oftast i så nära anslutning som möjligt till anslutning till den punkt där vattenprovtagning av bäcken utförs. I några områden togs flera prov och i område B111 även flera prov inom en jordmånsprofil. Bergartsprov togs från hållar i flera av avrinningsområdena, speciellt där basisk berggrund enligt länskartan över Värmland förelåg (Lundegårdh m.fl. 1992).

Tabell 2. Klassindelning av antagna jorddjup på jorrdjupskartan. Snittvärdena användas vid volymsuppskattningar.

Jorrdjup (m)	Medeldjup på jorrdjupskarta (m)
0	0
<1	0,5
<3	1,5
<5	2,5
<10	5,0
>5	7,5
>10	12,5

5.2.2 Databearbetning

Från fältdata till GMS-modellering

För att kunna organisera och analysera alla insamlade geografiska data, används GIS-programmet ArcView. Som översiktsunderlag ligger Röda kartan över Värmland i vektorformat, från vilken ett antal skikt har valts ut. Höjddatabasen används som en DEM för att ge en översiktlig reliefbild i bakgrunden. Denna är dock allt för grov för att användas som höjdinformation inom avrinningsområdena.

Delar av Gula och Gröna kartan omfattande avrinningsområdena har skannats in i tif-format. Ett hundratal blad omfattas då flera av områdena ligger över kartbladsskarvar. Koordinater och pixelstorlek har angivits i tillhörande s.k. världsfiler för att tif-bilderna ska hamna på rätt plats på översiktskartan.

Provplatser, vattendelare, bäckar och våtmarker har sedan digitaliserats in från det inskannade kartunderlaget, för samtliga 76 avrinningsområden. Höjduppgifter som högsta och lägsta

punkt, tyngdpunktshöjd samt lutning $((\max - \min) \cdot \text{sqr areal})$, har lagts som attribut till avrinningsområdena. Från bergartskartan har eventuell förekomst av hyperit lagts in.

Liksom vattendelare har bäckar och våtmarker fått korrigeras betydligt efter fältkarteringen. I de flesta fall har antalet och arealen våtmark ökat i samband med karteringen av torvjord. Tillrinnande bäckar har lagts till och delar av bäcksträckor ändrats i läge. Vegetationen har grovt karterats men ännu inte digitaliserats in. Här är det främst nyare hyggen som är intressant och för att kunna lägga in dem exakt så har ortofoton från 1999 beställts. Arealer på avrinningsområden, våtmarksandelar och bäcklängder är alltså för osäkra innan fältkartering gjorts, för att analyser och jämförelser mellan de 76 bäckarna ska kunna vara tillförlitliga. Utarbetande av analysmetoder görs dock på de inmatade data som finns i systemet.

Efter fältkarteringarna har bäck- och våtmarksskikten korrigerats. Andel av bäckarna som går genom våtmark har angivits och våtmarkerna har delats in i bäcknära och ej bäcknära. Jordarter och jorddjup har digitaliserats in efter redan beskriven indelning. Torvlagren ligger överlagrade moränlagren i skikten.

För jordart- och djupskikten har sedan arealer och volymer räknats fram. För att senare kunna utföra flödesmodellering i GMS krävs ett antal konverteringar av dataformat och höjddata. Dessa modeller genererades genom att digitalisera in kurv bilden inom respektive avrinningsområde och från dessa skikt skapa TIN-modeller i Arc-View. Dessa konverterades i sin tur till GRID-format och shape-filer skapades. Vad gäller höjddata exporterades dessa till tab-separerad textfilformat med kolumnrubriker "X", "Y" och "Z" för. Höjddatafilerna importeras vidare till GMS genom att använda "Scatter point" – modulen. Efter att ha skapat en 2-D-grid kan någon av interpoleringsmetoderna användas för att föra över värden från punktdata till 2-D-griden. Data i 2-D-griden kan därefter läsas in till Modflow under "Modflow"-menyn.

Jorddjup läses in i GMS och hanteras på samma sätt höjddata ovan. Värt att notera är att höjddata och jorddjup kan användas för att exempelvis beräkna berggrundens överyta genom att använda den kalkylator som finns i GMS. Jordartsdata läses lämpligtvis in genom att importera filer i "shape"-format till "map"-modulen. Möjligheter finns att tilldela relevanta attribut till jordartspolygonerna innan de importeras av GMS. Exempelvis kan den tillhörande dbf-filen innehålla uppgifter om hydraulisk konduktivitet, porositet, magasincoeffient, etc. En viktig detalj för importen är att en kolumn med rubriken "Type" måste finnas i dbf-filen och att innehållet i kolumnen ska vara "Layer", d.v.s. lagerattribut. Intressant att notera är att möjlighet finns att låta digitala jordartsdata innehålla uppgifter som är nödvändiga vid grundvattenmodellering, t.ex. riktvärden för modellparametrar hos olika jordarter.

Övriga typer av viktiga uppgifter för grundvattenmodellering som t.ex. dräneringssystem, vattendrag o dyl. kan importeras som dxf-filer för att därefter kunna betraktas som "drainage"-linjeobjekt i Modflow. Som randvillkor (förutsättning) vid modelleringarna har satts att inget grundvatten läcker ut vid vattendelare utan hela dräneringen sker vid utloppspunkt där bäckvattnet provtas. Därmed förutsätts gemensam yt- och grundvattendelare i samtliga områden.

I dessa många konverteringssteg som ingår från informationen i fält till utförd modellering kan lätt flertalet fel smyga sig in. Det är därför viktigt att vidareutveckla handledningen ovan för dessa procedurer för att undvika problem i samband med körning i GMS.

5.3 Områdesbeskrivningar

Nedan följer sammanfattande områdesbeskrivningar som ger en uppfattning om de geologiska förutsättningarna i avrinningsområdena. Kartor över jordarter och jorddjup finns i bilagorna 1 – 13. I dessa redovisas också bäckarna samt provtagningspunkter för bäckvattenkemi. Övrig information om topografi, vegetation etc. redovisas av projektgruppen vid Karlstads universitet.

B13 (bilaga 1)

Området består topografiskt av tre delar. Den södra delen utgörs av en jämn sluttning, där enstaka hållar uppträder i en moränterräng. Morändjupet är relativt begränsat. I de mellersta, branta delen av avrinningsområdet är jordtäcket tunt och antas i snitt vara mindre än 3 m i de delar som karterats som morän. I övrigt har indelning skett mellan berg i dagen och tunt eller osammanhängande jordtäckte beroende på karaktären i ytform samt hållfrekvensen. Den norra delen är betydligt flackare, med bland annat några våtmarker som karterats som kärr. Även här är jordtäcket tunt.

B15 (bilaga 2)

Detta avrinningsområde domineras av berg. Det är endast utmed en bäck som ett större sammanhängande område med morän karterats. Då betydande delar av moränen är täckt av ett tunt torvtäckte och moränen ligger i utströmningsområden är moränens karaktär svår att bedöma. I söder ligger delar av avrinningsområdet under HK och här finns invid provtagningspunkten en liten yta av silt.

B22 (bilaga 3)

Endast en kortare fältbesiktning har gjorts inom de östra delarna av detta område. I sluttningen mot öster finns morän av bedömt varierande mäktighet. I väster dominerar berg och hela ytan har klassats som berg med tunt jordtäckte.

B26 (bilaga 4)

Huvudformen är en sluttning i N-S. I de norra och västra delarna går berget delvis i dagen, medan de södra och centrala delarna (öster om bäcken) är helt jordtäckta. Här visar det småkulliga landskapet på betydande jordmäktighet och moränen kan i ytan bestå av mer långtransporterat material än i övriga delar av området. Blockhalten är som helhet normal i området, men är relativt hög på vissa av moränkullarna.

B35 (bilaga 5)

B35 är ett litet avrinningsområde utsträckt i N-S som endast rekognoserats översiktligt. Hela ytan antas bestå av morän i ytan. På jordartskartan finns inga överbeteckningar, men sannolikt bör den småkulliga landskapsformen innebära att vid detaljkartering skulle delar av ytan markeras som moränbacklandskap. Jorddjupet kan dock vara litet i norra delen av området.

B37 (bilaga 6)

Området har en småbruten karaktär, där ytformerna i stort sett helt styrs av berg. Ett undantag kan vara en mindre, ca. 200 m lång rygg i SO, där ytformen tyder på att ryggen består av morän. I de områden som inte lagts som kalt berg eller tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg antas morändjupet variera ganska mycket. Det större området med tunt eller osammanhängande jordtäckte utmed vattendelaren i NO har inte detaljkarterats. Djupet på torven invid Bergtjärn kan antas i genomsnitt vara 3 m, men är i mosspartierna antagligen betydligt större.

B45 (bilaga 7)

Området är mycket omväxlande både vad gäller jorddjup och terrängformer. De största moränmäktigheterna antas finnas i kullarna centralt i söder. Småkullig morän finns även i NO. I de lägre centrala delarna finns torv med förmodad liten mäktighet. Här finns också mycket hållar, och en större ytan med tunt eller osammanhängande jordtäckte har markerats. Generellt gäller att mindre småhål med torv i småkullig moräntyp inte är inlagda. Flödesmodellering med GMS har utförts för område B45 (resultat nedan).

B46 (bilaga 8)

Avrinningsområdet ligger i östslutningen av Hovfjället. Terrängläget innebär att avgänsningen av avrinningsområdet i norr och söder är något osäker. Den västra delen utgörs av berg. De centrala delarna består av ett inte alltför brant sluttande plan med i öster ett utströmningsområde med torv. Längst i öster består avrinningsområdet av en brant sluttning med morän i ytan. Moränmäktigheten bedöms vara minst 5 m och sannolikt mer inom huvuddelen av de jordtäkta ytorna. Jordprov togs i en mindre moräntäkt invid landsvägen. Skärningen är ca 7 m hög och består av sandig morän.

B49 (bilaga 9)

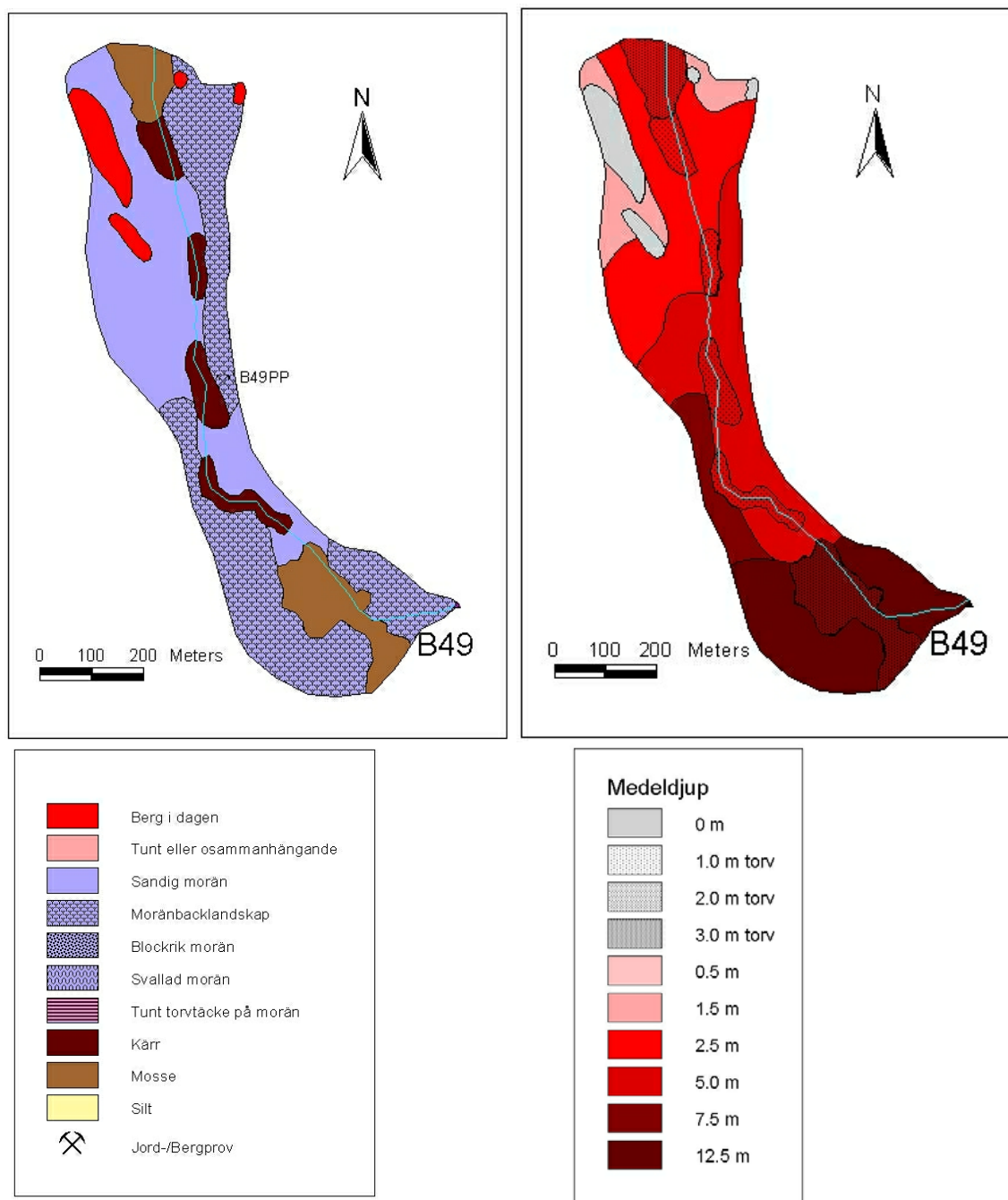
Området är utsträckt ca 1200 m i N-S och är ca 300 m brett. I de centrala delarna finns kärr eller mossar. Moränen är till största delen småkullig, och betydande moränmäktigheter antas finnas i södra delen av området. I norr finns hållar, och moränen förekommer antingen som ett täckande skikt som i sluttningen i väster, eller i kullar i öster som delvis är berggrundsstyrd. Jordarts- och jorddjupskarta redovisas även i figur 9 och topografiskt underlag i figur 15.

B 53 (bilaga 10)

Området lutar mot öster, är högt beläget (närmare 500 m ö.h.) och består av omväxlande torv- och moränmarker. Avledning av vatten har skett mot kärr i söder, vilket innebär att avrinningsområdet sannolikt idag är mindre än ursprungligt. Småkullig morän finns invid kärrmarken i NV, annars är moränen relativt flack. Torvmäktigheten antas vara relativt liten, och hela myren i SO har satts som kärrtorv med ett genomsnittligt djup på 2 m. En håll bestående av hyperit finns drygt 100 m SO om det avgränsade avrinningsområdet. Denna indikerar ett begränsat jorddjup i denna delen av sluttningen. I övrigt finns inga indikationer på håll, och morändjup på > 5 m kan förväntas inom huvuddelen av avrinningsområdet.

B 55 (bilaga 11)

Området är utsträckt i N-S och är endast några hundratal meter brett. Det kännetecknas av moränkullar och ryggar (i riktning N-S). Det är endast utmed bäcken och torvområdena i den centrala dalgången samt i hållområdet i NV som moränen inte klassas som småkullig. Moränmäktigheten bedöms vara störst i östra delen, speciellt i de höga kullarna i NO. Inga indikationer på håll inom denna yta har noterats, men jorddjupsbedömningen på >10 m kan vid högre bergläge än antagit vara överdrivet. I den centrala svackan finns torvytor som antingen klassats som kärr eller mosse. Generellt kan antas att torvdjupet på mossarna är något högre än i kärrpartierna. Därför har medeldjupen 3 m respektive 2 m antagits.



Figur 9. Jordartskarta (till vänster) och jorddjupskarta för område B49.

B58 (bilaga 12, även figur 19)

Området ligger i en sluttning mot norr, och består ytmässigt i stort sett av lika andelar torv och morän. Moränens karaktär växlar. Norr om den stora centrala mossen (Liggoso-mossen) är sluttningen ganska jämn i de östra delarna och småkuperad i de västra (dock inte tillräcklig för att markeras som småkulligt landskap). Det finns ingen antydning till hållar här, varvid jorddjupet bedöms till >5 m. Väster och sydväst om Liggoso-mossen finns morän som dels antas vara ganska tunn i de partier i anslutning till mossen där hållar finns, dels några kullar och ryggar där moränmängdigheten sannolikt är betydande. Öster om mossen ligger moränen i en sluttning upp mot Hemberget. Mot SSO blir sluttningen allt brantare och moränmängdigheten bedöms vara mindre. Berg i dagen har bara påträffats på toppen av

Hemberget (varifrån bergartsprov tagits) samt invid skogsväg och nära Liggoso-mossen vid avrinningsområdets södra kant. Här består dock inte berggrunden av hyperit. Torvens mäktighet i Liggoso-mossen har skattats till ca 2 m i de norra partierna och 3 m i övrigt. Stora variationer kan förekomma, men hållar i anslutning till mossen kan tyda på relativt begränsat totalt jorddjup på mossen (torv+underliggande morän).

Prov på moränen (PP1) har tagits i C-horisonten invid landsväg på ca 1,5 m djup under markytan i flack moränterräng. Ett prov togs även på en väl utbildad blekjord (PP2) på krönet av en moränrygg i SV.

B59 (bilaga 12, även figur 19)

Avrinningsområdet ligger i en jämn, ganska brant moränsluttning mot NO. Detta är samma sluttning som för de norra delarna av område B58 och avrinningsområdena ligger på några 100-tal meters avstånd från varandra. Några lokala utstränningsområden finns där torv bildats, men andelen torv är liten i området. Häll finns i dagen lägst uppe i SV på berget Dauromägg. Inget småkulligt landskap finns inom ytan. Sannolikt är en hel del av vattnet i bäcken transporterat relativt djupt i moränen. Provtagningspunkten ligger invid landsvägen i vägskärning i en mindre kulle. Sannolikt är en häll framgrävd i skärningens undre delar.

B111 (bilaga 13)

Området består av en N-S-lig sluttning med sannolikt betydande moränmäktigheter i de centrala och östra delarna. Avrinningsområdet avgränsas i V och NV av berg. Moränen har generellt en sandig sammansättning. I NO utmed kraftledningen tycks delvis silthalten vara betydande, men inget område med siltig morän har markerats. Blockhalten är för det mesta normal, men blockfattiga partier finns i NO.

5.4 Resultat

5.4.1 Modellering

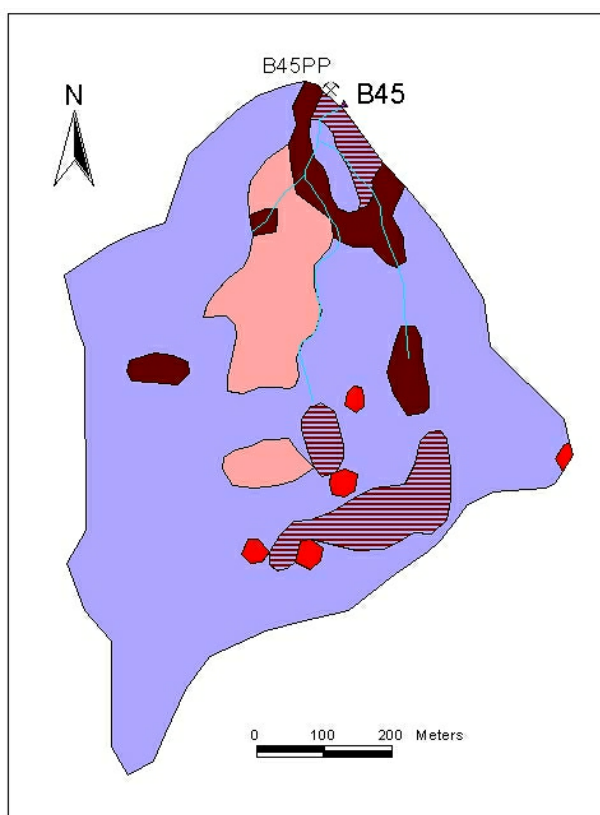
För fem av dessa avrinningsområden har datafiler tagits fram för modellering. Dessa är B15, B37, B45, B49 och B53. Urvalet har skett då avrinningsområdena har olika karaktär vad gäller jordarter och jorddjup samt ligger inom olika delar av undersökningsområdet. Redovisning sker här av resultat av modellering för områdena B45 och B49.

Område B45

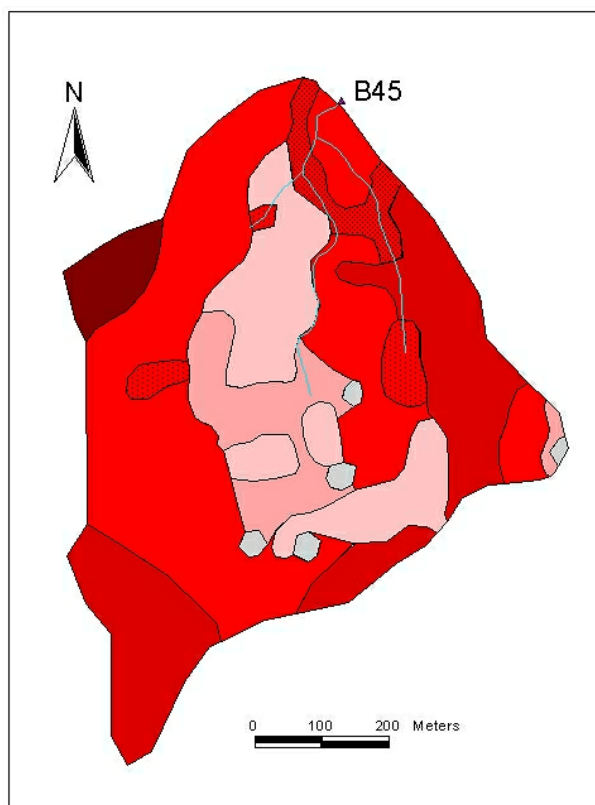
I figurerna 10 – 14 redovisas de olika arbetsmomenten för att utveckla en grundvattenmodell för område 45 med hjälp av GMS. Jordarter med deras egenskaper som t.ex hydraulisk konduktivitet, jorddjup och höjddata (enligt figurerna 10, 11 och 12) kan sägas utgöra den konceptuella modell som ”lyfts över” till en numerisk modell (figur 13). I figur 14 redovisas simulerade grundvattennivåer. Några viktiga delar av modellarbetet som inte framgår av figurerna är användningen av ”drains” för att efterlikna bäckarna samt simulerad grundvattenbildning.

Modellresultaten för område 45 (figur 14) och 49 (figur 15) visar att grundvattennivåer och flöden kan simuleras för små avrinningsområden. Det bör dock noteras att resultaten i första hand ska betraktas som exempel och inte som någon ”sann bild” av grundvattensituationen.

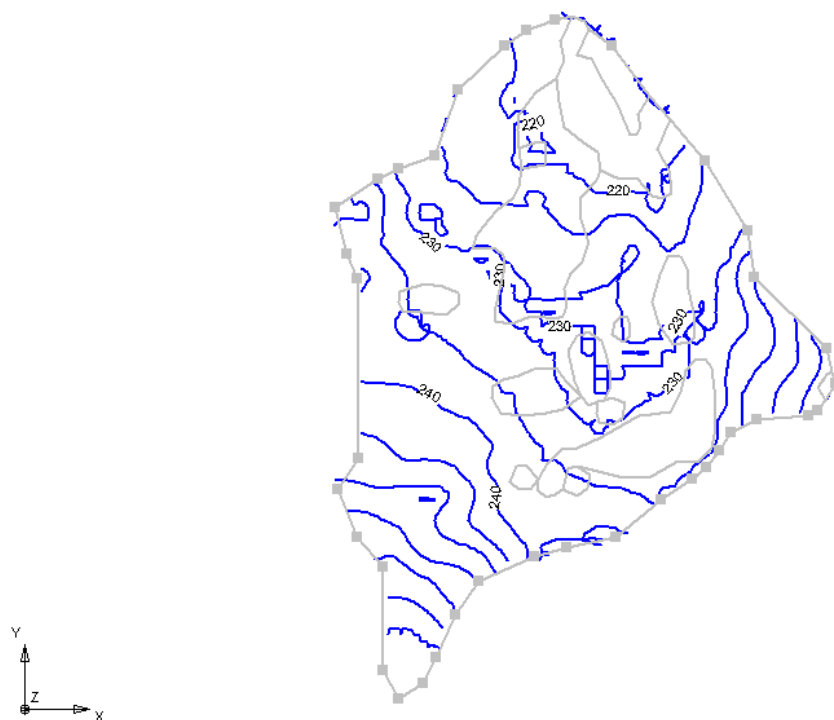
Någon särskild kalibrering eller känslighetsanalys har heller inte utförts. Arbetet visar dock att jordartsinformation som föreligger och tas fram enligt kartläggning i lokal skala (Ae-kartor, och även Ak-kartor) kan användas som underlag för modellarbeten, men att kompletteringar för ett tänkbart avrinningsområde sannolikt behövs. Kompletteringar för ett tänkbart avrinningsområde behövs dock sannolikt i de flesta fall. Sådan komplettering bedöms främst omfatta ökad information om lagerföljder och jorddjup samt utökat underlag för beräkning av hydraulisk konduktivitet. I viss utsträckning kan även mer detaljer om olika jordarters areella utbredning behövas. Övrig information som har stor betydelse är dräneringsförhållanden som sannolikt behöver kartläggas genom besök på plats. I första hand består ett sådant arbete av att kartlägga ytvattendelare, bäckar och diken området.



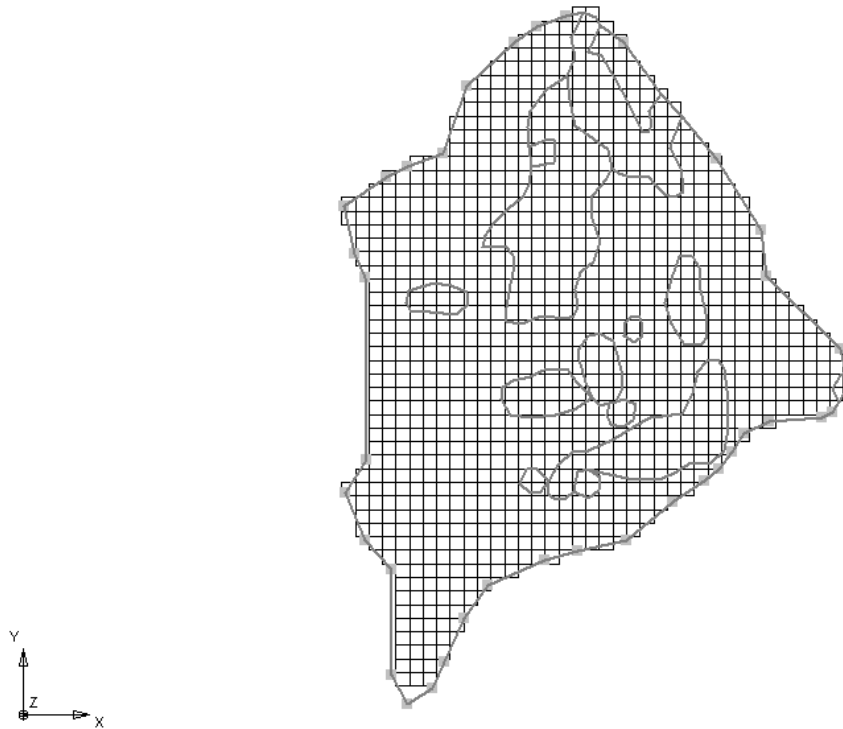
Figur 10. Jordartskarta för område 45.



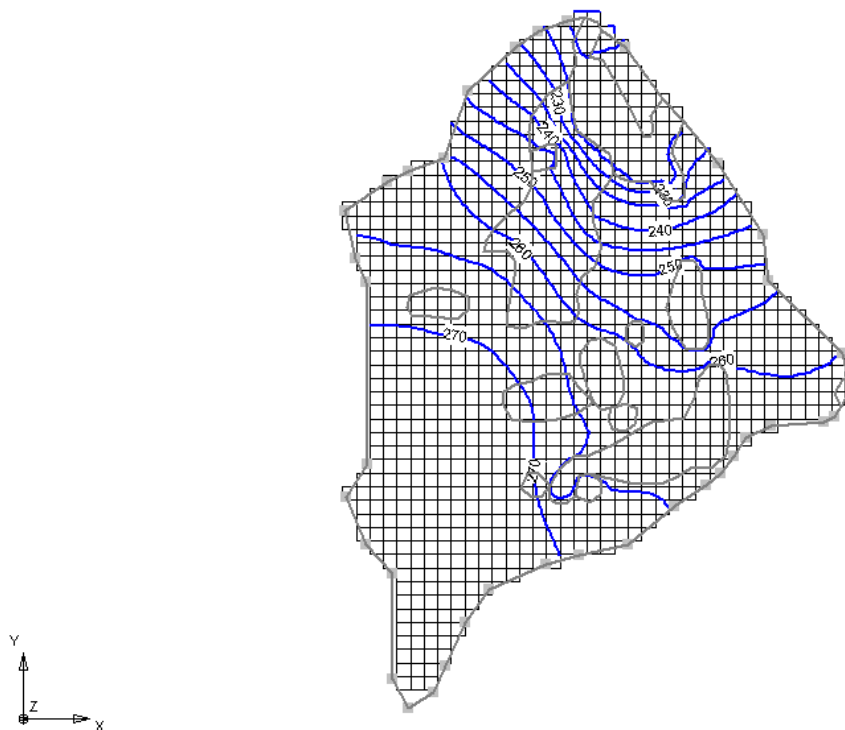
Figur 11. Jorddjupskarta, område 45.



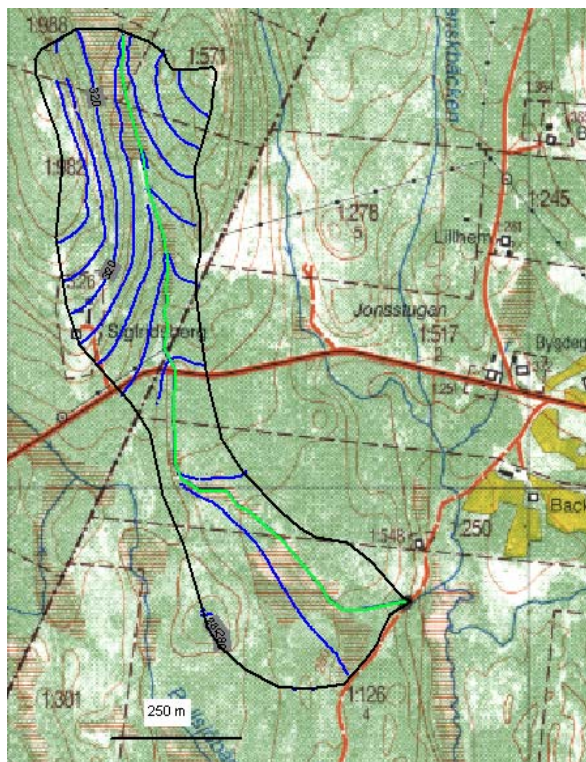
Figur 12. Höjddata område 45.



Figur 13. Grid-nät för den numeriska modellen, område 45.



Figur 14. Resultat av modellering med GMS i område 45, med framtagande av grundvattennivåer.



Figur 15. Simulerade grundvattenivåer för område B49.

5.4.2 Berggrundens och moränens geokemiska sammansättning

Inom varje avrinningsområde har provtagning skett av moränen. Analyserna omfattar kornstorlek och geokemisk sammansättning. Proven är tagna på ca 1 m djup (som vanligen motsvarar den övre delen av C-horisonten) eller i skärningar djupare i moränen. Inom avrinningsområde B111 har dessutom prov tagits på olika nivåer i en väl utbildad podsolprofil. I tabell 3 framgår de totala elementhalterna för kisel, aluminium och de viktigaste baselementen för jordmånsprofilen i B111 samt för övriga C-horisonter.

Tydliga vittringstendenser finns i E-horisonten (blekjorden) i profilen från B111. Halterna är lägre av magnesium, kalcium, natrium, aluminium och fosfor samt högre av kalium och kisel i E-horisonten jämfört med C-horisonten. Detta visar på att vittringsbenägna silikatmineral har upplösts medan kvarts och troligen även kalifältspat har anrikats. Ett av de mest lättvittrade mineralen är apatit som består av kalcium och fosfor. Att halterna av båda dessa element är lägre även i övre rostjorden (Bs1) tyder på vittring också här av apatit. Plagioklas är tillsammans med kalifältspat och kvarts de vanligaste mineralen. Bland baselementen dominerar natrium i plagioklasen med en mindre andel kalcium. Resultaten för de båda elementen antyder att även plagioklasen kan ha vittrat i övre B-horisonten. Analyserna från B/C- respektive C-horisonterna liksom provet B111/PP2 (på knappt 200 m avstånd från PP1) visar att moränen geokemiskt sett är mycket homogen i B111, åtminstone i södra delen av området.

För övriga prov från C-horisonterna är de redovisade halterna ganska lika, och motsvarar i stort de medelvärden från skogsmarker i Värmland som redovisats av Nyberg m.fl. (1998).

Tabell 3. Totala elementhalter hos fraktionen <2 mm i morän. Resultaten omfattar dels prov från C-horisonter i avrinningsområdena dels en jordmånsprofil i område B111.

Provlokall	Horisont	Djup (m)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)
B13	C	0,9	64,9	13,3	1,88	0,72	3,14	2,76	0,098
B15	C	1,0	71,6	12,2	1,83	0,57	3,36	3,25	0,104
B26/PP2	C	1,5	68,4	12,6	1,86	1,04	3,30	3,72	0,161
B26/PP3	C	2,0	74,8	12,1	1,55	0,52	3,41	3,84	0,092
B35	C	1,0	75,1	11,3	1,32	0,34	3,29	3,65	0,071
B37	C	1,0	74,7	11,9	1,16	0,36	3,55	4,21	0,081
B45	C	1,5	71,1	13,1	2,53	1,48	3,49	3,33	0,065
B46	C	3,0	74,2	11,6	1,73	0,44	3,25	3,67	0,119
B49	C	1,5	75,8	11,9	1,30	0,46	3,32	3,98	0,069
B53	C	1,5	75,8	11,4	1,64	0,61	3,14	3,70	0,11
B55	C	2,0	74,7	12,0	1,61	0,66	3,26	3,71	0,091
B58	C	1,5	68,2	12,9	2,91	1,77	3,50	3,48	0,127
B59	C	3,0	75,9	11,4	1,89	0,82	3,10	3,58	0,114
B111/PP1	E	0,08	77,8	9,97	0,73	0,13	2,77	3,84	0,011
B111/PP1	Bs1	0,15	70,3	11,9	1,09	0,32	2,94	3,48	0,044
B111/PP1	B/C	0,50	75,7	11,3	1,31	0,36	3,26	3,75	0,061
B111/PP1	C	1,00	75,7	11,5	1,31	0,38	3,23	3,71	0,055
B111/PP2	C	2,5	75,1	11,6	1,37	0,45	3,25	3,74	0,084

5.4.3 Resultat bäckvatten och omgivningsfaktorer

Här redovisas resultat av analys av bäckvatten från totalt fem tillfällen (9710, 9808, 9811, 9904 och 9908). Antalet mätningar för respektive bäck och parameter varierar från två till fem. Av de totalt 76 bäckarna som ingår i projektet har 14 st valts ut för fältkartering och en del inledande resultat från en pågående utvärdering redovisas nedan.

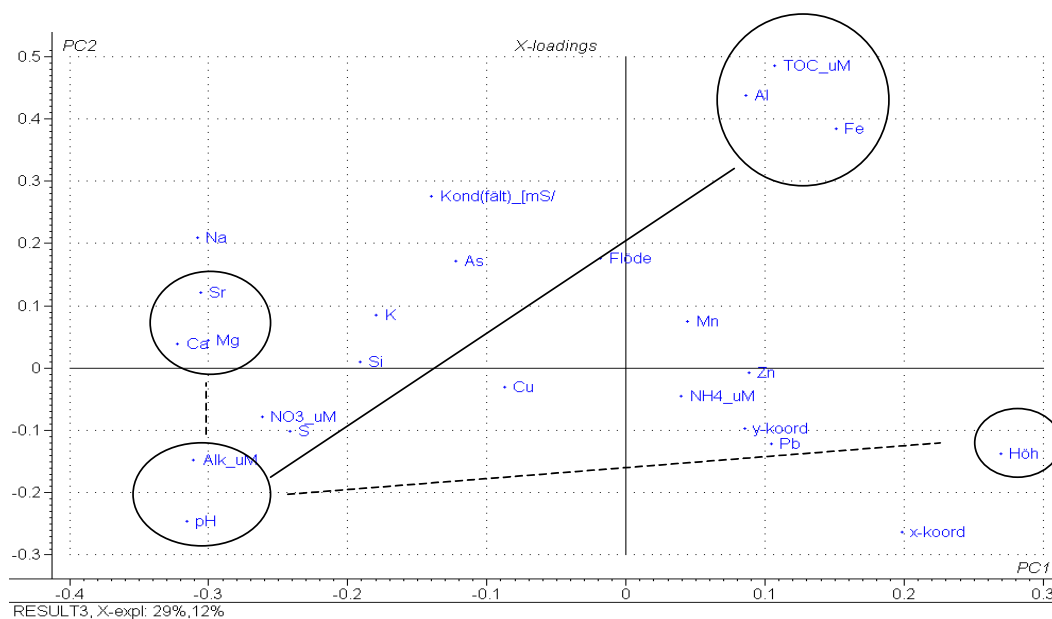
Exemplen i tabell 4 är hämtade från en provomgång i november 1998 då det var en medelhögt vattenflöde i bäckarna. Det finns en dominans av sura vatten men med inslag av vissa mer alkalina vattendrag, vilket väl speglar bilden från de 76 bäckarna i huvudundersökningen. Endast fem av de 14 bäckarna hade en alkalinitet vid detta medelflöde. Halterna av löst organisk kol är generellt höga. För baselementen finns en stor variation; förhållandet mellan lägsta och högsta värdena för respektive variabel är 3-5 ggr. Det finns inte någon tydlig nord-syd gradient i dessa data.

SGU:s bidrag till bäckundersökningen har genom framtagande av data för jorddjup, torvförekomster och mineral kemi väsentligt förbättrat möjligheterna att förstå processerna i avrinningsområdet. En bred utvärdering pågår av det totala datamaterialet som samlats in, men inledningsvis har korrelationsstudier gjorts mellan vattenkemiska, mineralkemiska och avrinningsområdesvariabler (t ex jorddjup och torvdjup).

Tabell 4. Värden från provomgången i nov-98 för pH, löst organisk kol (DOC), alkalinitet, oorganiskt aluminium, kalcium, magnesium, kalium och natrium i bäckvatten från de 14 fältkarterade avrinningsområdena.

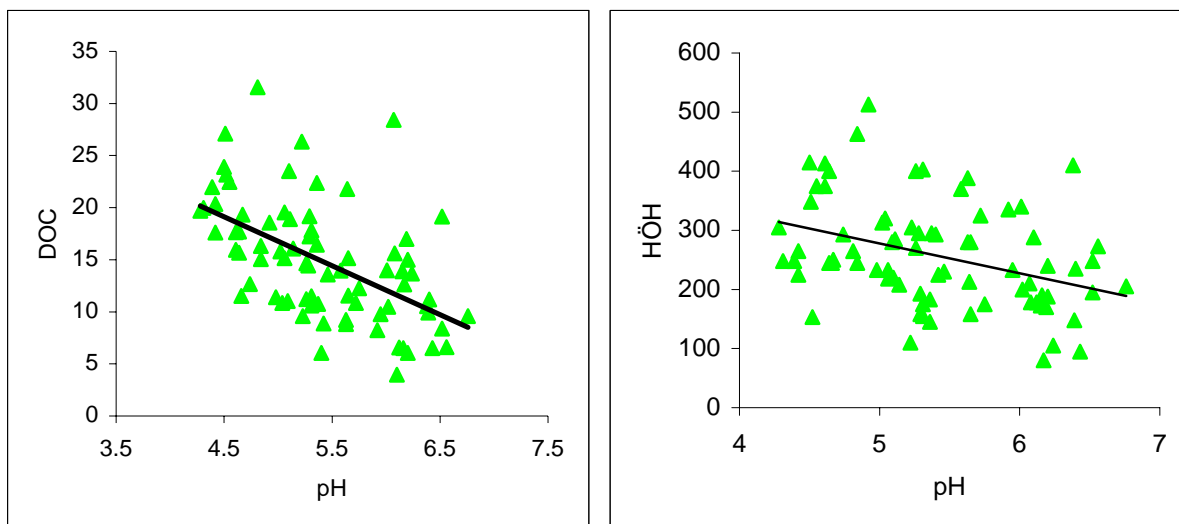
Bäck	pH	DOC (mg/l)	Alk (μ M)	Aloorg (μ M)	Ca (μ M)	Mg (μ M)	K (μ M)	Na (μ M)
B13	5,75	12,3	20	1,8	60,8	19,4	11,6	100,9
B15	5,65	15,2	8	4,0	47,8	20,0	3,6	94,7
B22	6,02	10,5	40	1,2	43,5	22,8	10,5	82,1
B26	5,06	19,6	0	2,3	38,3	22,9	9,0	75,7
B35	4,74	12,7	0	4,4	11,6	7,7	2,8	66,3
B37	4,51	27,1	0	6,0	17,8	10,6	4,4	54,0
B45	4,81	31,6	0	5,3	39,4	21,7	5,7	63,9
B46	6,01	14,0	36	2,5	49,5	22,2	8,2	73,5
B49	5,11	18,9	0	5,3	31,3	18,2	5,5	64,6
B53	4,92	18,6	0	4,2	21,2	14,1	3,4	35,1
B55	4,55	22,5	0	5,7	23,7	11,7	1,1	51,1
B58	4,84	15,1	0	3,1	23,5	11,2	3,2	36,5
B59	6,38	10,5	108	1,1	77,9	24,5	6,4	50,4
B111	5,40	6,0	0	0,9	30,8	14,7	14,2	79,8

Allmänt kan sägas att surhetsgraden i bäckarna till stor del påverkas av förekomsten av organiska syror och indirekt av inslag av våtmarker och torvjord i avrinningsområdena. Man kan se en tydlig koppling mellan surhetsgraden och mängden organiskt kol. I en multivariat statistisk analys (Principal Component Analysis) på data från nov-98 (figur 16) kan man se att pH och alkalinitet är omvänt korrelerade med TOC (total organic carbon), aluminium och järn. Det finns även en samvariation med höjden över havet, även om det sambandet är svagare.



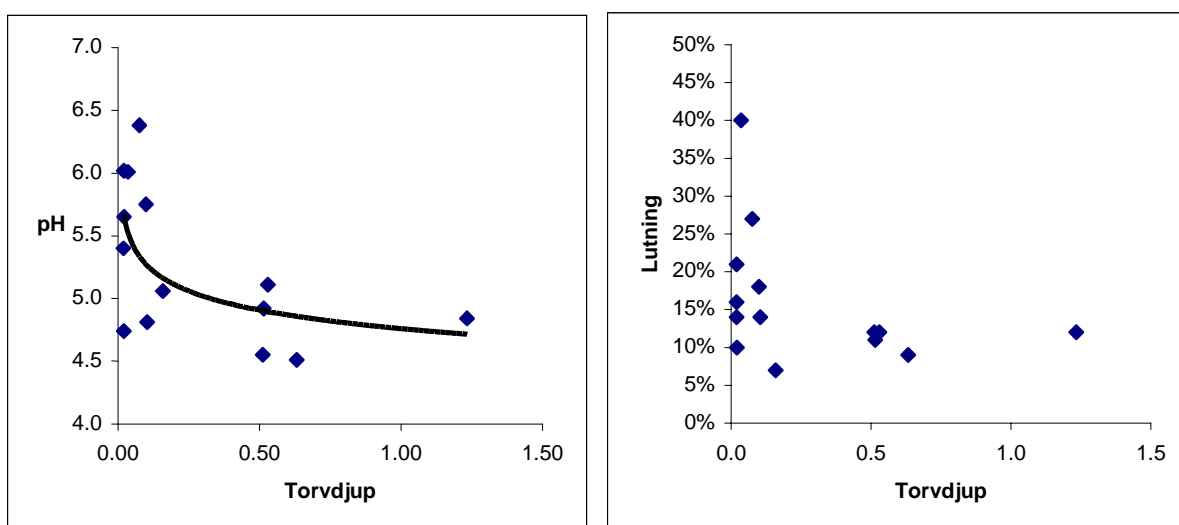
Figur 16. Loadingplot från multivariat statistisk analys (PCA) omfattande kemiska analyser av bäckvatten från provomgång 3 i nov 1998. Resultatet av analysen anges i texten.

Räknat på alla 76 bäckarna är korrelationskoefficienten normalt ca 0,55-0,60 mellan pH och DOC (figur 17). En annan faktor som visat sig viktig är avrinningsområdets höjd över havet (figur 17). Höjden över havet är i sin tur relaterad till faktorer som har med jordart, vittringsförmåga, klimat, etc att göra. Vid kommande multivariat analys kommer de olika faktorer som varierar med höjden att studeras.



Figur 17. Samband mellan pH och DOC i mg/l (vänster) respektive pH och höjd över havet (höger) för provomgång 3 i nov 1998.

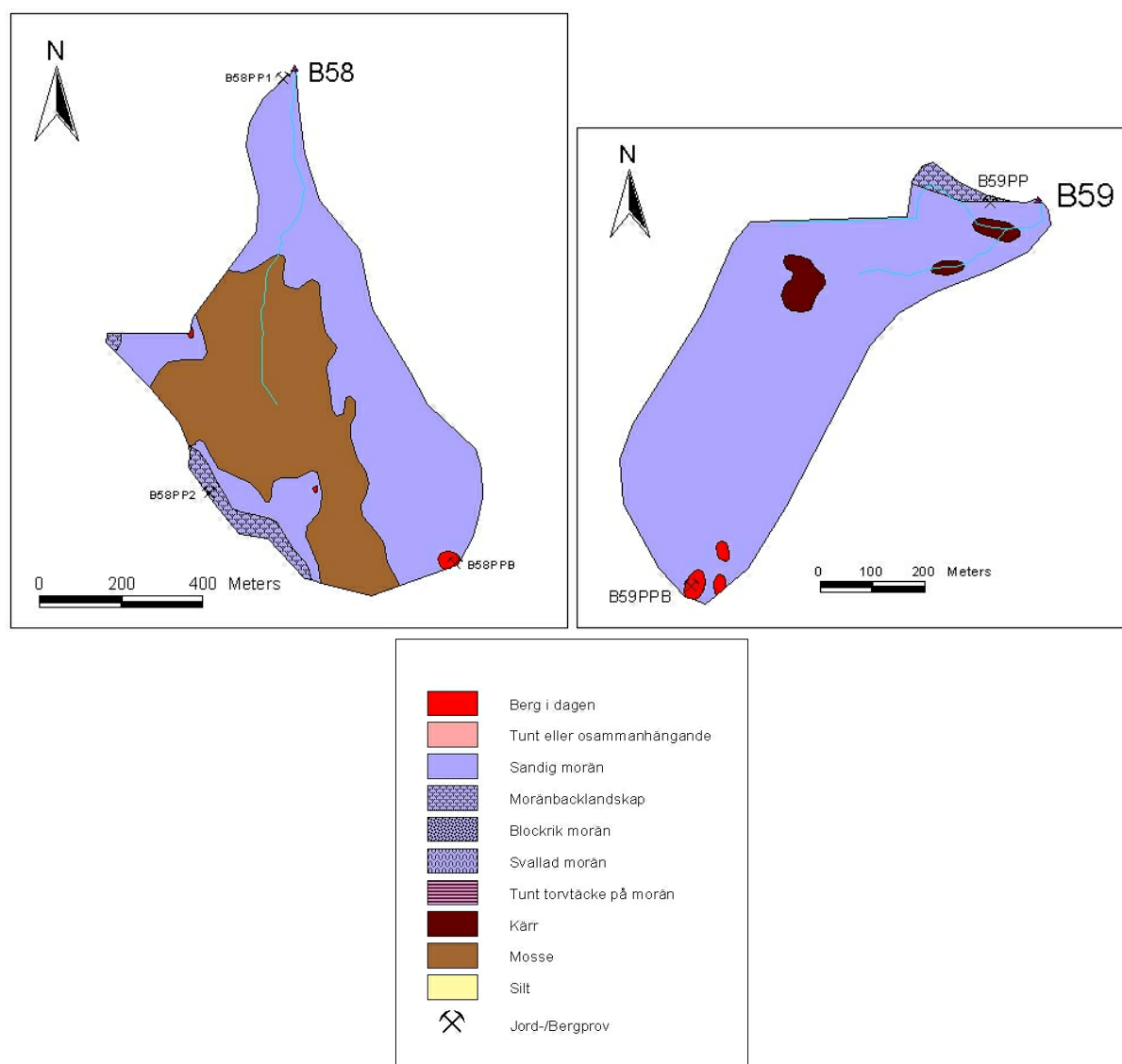
För att undersöka vilka avrinningsområdesfaktorer som kunde kopplas till surheten och TOC gjordes korrelationstester med djup av organisk jord, morändjup och andel av bäcken som har kontakt med våtmark. Av dessa faktorer hade medeldjupet av organisk jord (här kallat torvdjup) högst korrelation med pH; för vissa provomgångar upp till 0,6 (figur 18). Om medeldjupet överstiger en viss nivå, här ca 0,2 m, så följer ett pH under 5,5. Det finns exempel på sura bäckar även om torvdjupet är lägre, men det finns inga exempel på att avrinningsområden med större torvdjup har ett pH över 5,5.



Figur 18. Samband mellan torvdjup (medelvärde för avrinningsområdet) och pH (provomgång 3 i nov 1998) samt mellan torvdjup och avrinningsområdets medellutning.

Torvdjupet var korrelerat till avrinningsområdets medellutning (figur 18), vilket sannolikt kan kopplas till att det krävs flackare områden för att våtmarker skall utvecklas. Vår studie kan visa sig viktig för att ta fram empiriska samband mellan lutning och våtmarker/torvjord, vilka är nödvändigt för att kunna modellera förekomst av torvjord från digitala höjdm modeller och därmed inverkan på vattendragens surhet.

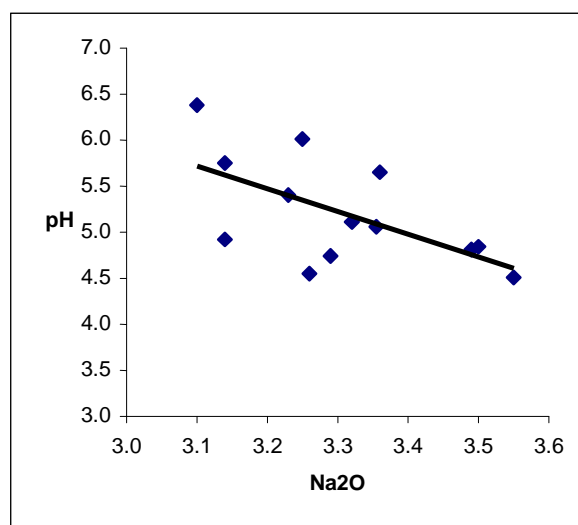
Morändjupet hade inte någon tydlig koppling till surheten och inte heller till kalcium- och kiselhalter. Det är lokalerna i norra Värmland som har de uppskattat största morändjupen, men också stor andel torvareal. De närbelägna områdena B58 och B59 kan ge en illustration av inverkan av jordarter och djup inom avrinningsområdena och bäckvattens sammansättning. Jordartskartor finns i figur 19 och jorddjupskartor i bilaga 12.



Figur 19. Jordartskartor över områdena B58 och B59.

Bäckvattnet från område B58 är mycket surare (pH 4,84) än det i område B59 (pH 6,38). Basisk berggrund finns vid vattendelare i båda områdena och de lägre delarna av avrinningsområdena ligger i samma moränslutning. Jordprovet från C-horisont i område B58 visar på högre halter av bland annat kalcium- och magnesium (tabell 3) än provet från område B59. Proven är tagna på ca 1 km avstånd från varandra. Detta skall dock inte tolkas som att område 58 har generellt högre vittringskapacitet. Den största skillnaden är Liggoso-mossen och därmed en stor andel torvmark i område B58. Det är tänkbart att bidraget av djupare grundvatten till bäckvattnet nedströms Liggoso-mossen är litet, och att bäckvattnets sammansättning ut från mossen är styrande. Detta ställer frågan hur stor andel av vatten från olika markskikt som bäcken erhåller vid dräneringspunkten. Bäckens i B59 börjar ett stycke ned i slutningen och andelen torv är liten. Det är därför av intresse att göra provtagning inom olika delstäckor av bäckarna inom de två avrinningsområdena.

Korrelationstester har också gjorts mellan vattenkemi och de mineralkemiska data som kom fram via den provtagning som gjordes vid fältkarteringen. Det är halten av Na_2O som särskilt kan kopplas till surhetsvariabler i vattnet (figur 20). Det är inte uppenbart vilken mekanism som ger den negativa korrelationen mellan Na_2O och surhet men det torde bero på att förekomst och dominans av andra mer lättvittrade mineral än de natriumförande ger ett mindre surt vatten. Även dessa samband kommer att analyseras närmare i den kommande bearbetningen. Tonvikt skall också läggas på att bedöma betydelsen av kemiska processer i utströmningsområden, då dessa har visat sig ha stor betydelse för vattenkvaliteten i ytvattendrag.



Figur 20. Samband mellan halt av Na_2O i mineraljord och pH (provomgång 3, nov 1998).

5.4 Slutsatser och utveckling

De data som resulterat från fältkarteringen, t ex jord/torvdjup och mineralkemi, har så här långt indikerat vissa viktiga samband som i sin tur kan visa sig betydelsefulla för att förstå samband mellan avrinningsområdets karakteristika och det avrinnande vattnets kemi. Den preliminära bearbetning som till dags dato genomförts har pekat på att förekomst av torvjord har en avgörande inverkan på bäckarnas surhetstillstånd. I en pågående multivariat analys

görs ansträngningar för att separera och värdera dessa och en lång rad andra faktorerers inverkan på vattenkemin.

En utveckling av bäckprojektet är redan påbörjad i två större avrinningsområden i norra Värmland. För Viggans och Mangslidsälvens avrinningsområden (150-200 km²) har uppbyggnaden av en GIS-databas påbörjats och metodiken använd för de små vattendragen kommer att skalas upp två storleksordningar. Tanken är att kunna studera områden i olika skalor, från de små källflödena till allt större vattendrag. I detta arbete vore en kartering och kvantifiering av torvjord mycket intressant.

6. Rolfsåns avrinningsområde, V Götalands län – åtgärder mot försurning

(Medförfattare: Ulf Nyström, Göteborgs universitet)

6.1 Bakgrund

Som metodikstudie har en kartläggning gjorts av försurningssituationen i 156 små skogsbäckar inom Rolfsåns avrinningsområde (Länsstyrelsen Västra Götaland 2000). Av dessa var 118 opåverkade av kalkning vid den provtagning som utfördes 1998–1999. Provtagning har i de flesta av bäckarna skett vid ett enstaka tillfälle, 45 bäckar 5–8 oktober 1998 och 79 bäckar 25–28 oktober 1999. Sex av bäckarna provtogs både 1998 och 1999. I undersökningen ingick inte att avgränsa avrinningsområdena från kartmaterial eller i fält. Därför saknades information om avrinningsområdenas storlek. I rapporten från Länsstyrelsen fanns bl.a. kartbilder över den rumsliga fördelningen av pH i bäckarna och den rumsliga fördelningen av pH i markerna på 10 cm djup (från Ståndortskarteringen). Dessa två kartbilder visade sig överensstämma mycket dåligt, stora sammanhängande områden uppvisade t.o.m. en helt motsatt bild, där markerna var som surast var bäckarna mindre sura och tvärtom.

Syftet med att utnyttja materialet från Rolfsåns avrinningsområde i detta projekt är att utvärdera eventuell inverkan av de geologiska förhållandena inom de små avrinningsområdena på det avrinnande vattnets kemi. Med tanke på den dåliga överensstämmelsen mark pH – bäck pH enligt ovan, så blir detta projekt än mer intressant. Prövning sker om användande av geologisk information kan vara ett sätt att, tillsammans med försökskalkningar i skogsmark, prognostisera skogsmarkskalkningars effekt på ytvatten. Ett lyckat utfall av denna typ av studie är att kunna bidra till att förutse var skogsmarksskalkning kan utföras för att minska/fasa ut våtmarkskalkningar och sjökalkningar.

Detta delprojekt är en enkel pilotstudie där tillgänglig geologisk information bearbetas, men ingen kartläggning i fält eller markprovtagning utförs.

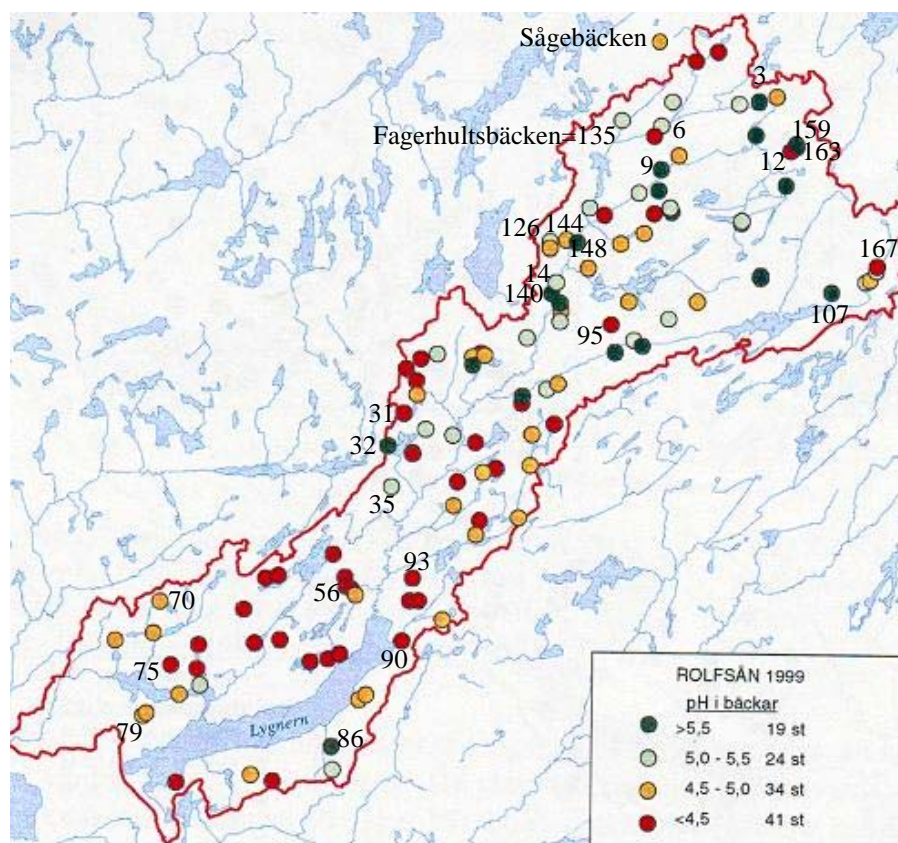
6.2 Metodik

6.2.1 Urval

Inledningsvis valdes 25 bäckar ut av de totalt 118 som karaktäriserats som skogsbäckar opåverkade av kalkning (figur 21). Dessa valdes för att representera de 118 bäckarna så att:

- rumslig spridning inom hela avrinningsområdet erhöles
- olika geologiska typområden representerades
- spridning i vattenkemisk sammansättning uppnåddes (utgående från rangordning av baskatjonhalter och pH).

På så sätt erhöles en spridning så att det finns såväl försurade, måttlig försurade samt mindre försurade små avrinningsområden representerade bland de 25 utvalda.



Figur 21. 118 skogliga avrinningsområden inom Rolsåns dalgång (Länsstyrelsen V. Götaland 2000), med de 26 speciellt studerade avrinningsområdena markerade.

6.2.2 Representativitet

För att utröna om engångsprovtagningarna av bäckarna skett vid något extremtillfälle (t.ex. vid extremt höga eller låga vattenflöden, under havssaltsepidod, etc.) som kraftigt påverkat vattenkemin, så utnyttjades också två bäckar med kemisk provtagningsserie. En av bäckarna i materialet ovan, Fagerhultsbäcken, provtas två gånger/månad sedan vintern 1999 och en stor del av området skogsmarkskalkades år 2000. Som referensbäck till denna används Sågebäcken, som ingår i övervakningsprogrammet ”Regionala referensvattendrag” (Länsstyrelsen Västra Götaland) och provtas två gånger/månad sedan vintern 1996. Området ligger nära Fagerhultsbäcken, men just utanför Rolfsåns avrinningsområde. Sågebäcken inkluderades dock som ett 26:e område eftersom det därifrån finns relativt omfattande vattenkemidata.

Fagerhultsbäckens respektive Sågebäckens medel- och medianvärden kunde således jämföras med värdena från provtagningar mycket nära i tiden med provtagningarna vid ett tillfälle i de många bäckarna. Värdena för de flesta kemiska parametrar vid dessa tidpunkter visade sig ligga mycket nära medel- och medianvärdena för respektive bäckar (de två bäckarna). De utförda analyserna i undersökningen kan därför antas representera bäckvattnens sammansättning.

6.2.3 Geologisk och övrig information

Avgränsning av avrinningsområden har skett från ekonomiska kartor. Exempel på avrinningsområde finns i figur 22 (Fagerhultsbäcken). Geologisk information inhämtades från SGU:s kartor i skala 1:50 000; berggrundskartorna Kungsbacka NO (Samuelsson 1982) och Borås SV (Ahlin 1980), samt jordartskartorna Kungsbacka NO (Fredén 1974) och Borås SV (Påsse 2000). Inga avrinningsområden valdes ut bland dem centralt i dräneringsområdet som ligger på det topografiska kartbladet Kinna NV. Både berggrundskarta och jordartskarta i skala 1:50 000 saknas för Kinna NV.

Från berggrundskartorna angavs den andel av arealen inom varje utvalt avrinningsområde där basisk berggrund förekommer. Från jordartskartorna togs följande information fram:

- Ytandelen 1) berg i dagen, 2) tunt eller osammanhängande jordlager (huvudsakligen morän) på berg, 3) morän, 4) torv, 5) isälvsediment och 6) svallsand från jordartskartan.
- För alla oorganiska jordarter skedde en indelning i uppskattat genomsnittligt jorddjup (1 m, 2,5 m, 5 m, 7,5 m samt 10 m). Som underlag för bedömningen användes topografin, hållfrekvens, egenformer hos jordarten samt i några fall djupuppgifter från SGUs brunnsarkiv. Från uppskattade medeldjup för en jordart inom olika delytor räknades den totala jordvolymen för jordarten fram. Denna volym dividerades med avrinningsområdets *hela* areal. ”Medeldjup morän” blir således en fiktivt moränmedeldjup över hela avrinningsområdet. Bedömningarna gäller nästan uteslutande morän, med ett fåtal bedömningar av ytor med isälvsediment och svallsand. Till skillnad mot undersökningen i Värmland ingår inga bedömningar av jorddjup i fält.
- Skattning av genomsnittligt torvdjup skedde i klasserna 1 m, 2 m och 3 m. Torvolymer och medeldjup torv framräknades som för oorganiska jordar ovan.



Figur 22. Avrinningsområde nr 135 – Fagerhultsbäcken. (Jordartskarta, Påsse 2000).

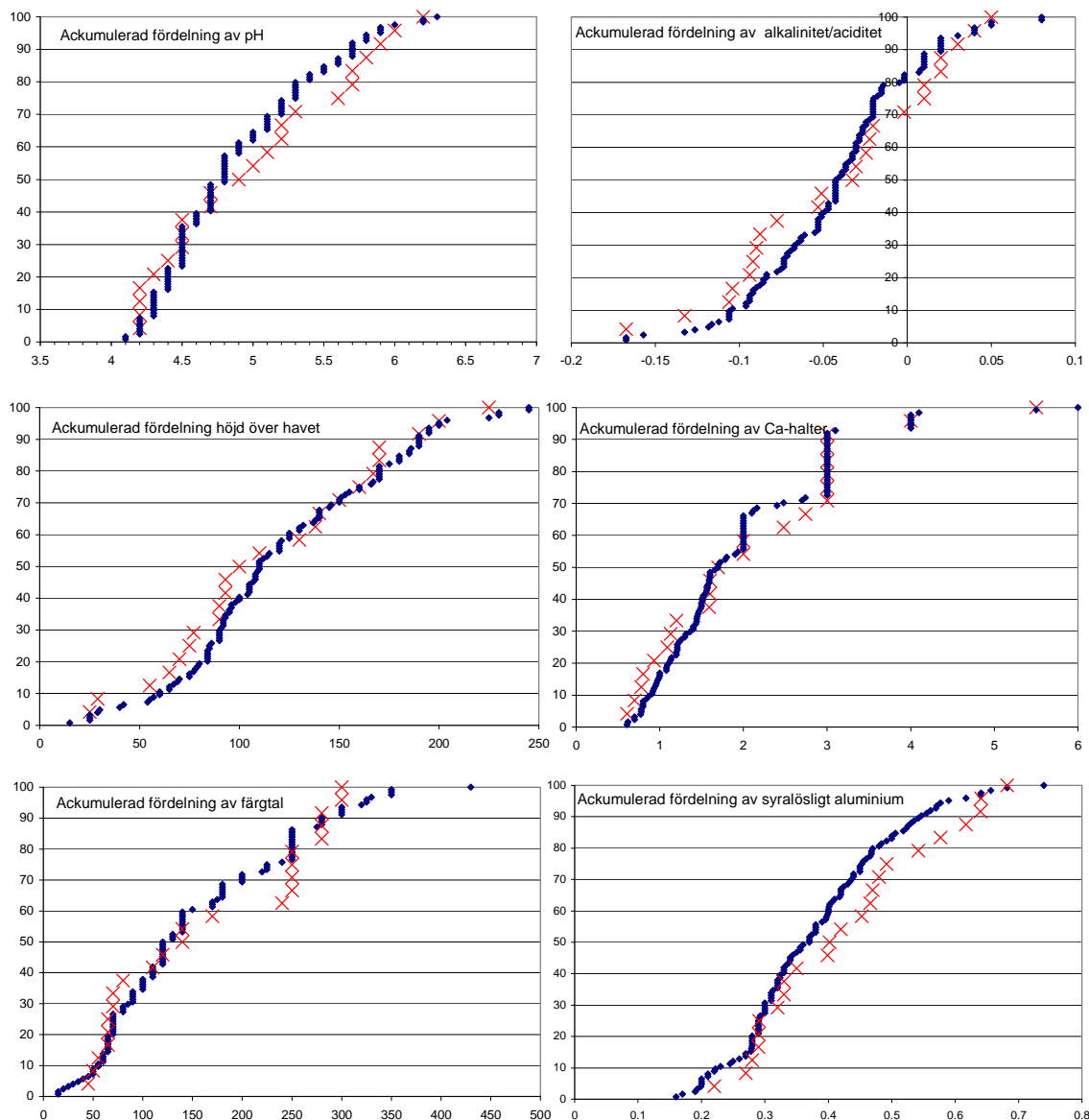
Baserat på denna information använder vi oss av följande parametrar vid utvärderingen; areal, medellutning, yta kalt berg, yta/djup tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg, yta basiskt berg, yta/djup morän, yta/djup finsand samt yta/djup torv. De utvalda 26 avrinningsområdena är mellan 0,18 och 1,51 km², undantaget Sågebäcken, som är 3,93 km². Grunddata från de utvalda områdena sammanfattas i tabell 5. Nedan under avsnittet resultat utvärderas några av dessa parametrar åt gången mot bäckvattnens kemi. Med multipel regression har fyra – fem av parametrarna ovan testats mot en vattenkemiparameter i taget.

Tabell 5. Utvalda uppgifter om de 26 avrinningsområdena i Rolfsåns avrinningsområde. Tabellen omfattar områdesnummer och koordinater, höjd över havet för områdenas utlopp (provtagningsspunkt bäckvatten), analyser av bäckvattnets pH och alkalinitet (+) eller aciditet (-), avrinningsområdets areal (ha), andelen av de huvudsakligen förekommande jordarterna (tunt jord = tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg) och berg i dagen, samt slutligen anges som exempel på jorddjup beräknat medeldjup på moränen fördelat på hela avrinningsområdets areal.

Omr nr	X-Koord	Y-Koord	Höh (m ö.h.)	pH	Alk/acid (meq/l)	Areal (ha)	Areal andelar berg/jord				Medeldjup morän (m)
							berg (%)	tunt jord (%)	morän (%)	torv (%)	
3	641430	131930	167	5,9	0,020	59,8	0	89	2	9	0,02
6	641285	131367	138	5,1	-0,031	32,3	0	69	17	13	0,85
9	641030	131368	140	5,7	0,010	34,9	0	100	0	0	0
12	641145	132117	190	4,2	-0,133	30,2	24	6	55	15	0,55
14	640363	130770	90	5,2	-0,024	17,9	2	0	78	9	6,00
31	639590	129895	110	4,2	-0,092	151	36	5	30	29	0,62
32	639400	129805	93	5,7	0,030	59,5	26	22	25	27	0,55
35	639162	129829	75	5,3	-0,002	139	11	34	33	22	1,08
56	638560	129601	93	4,2	-0,104	27,5	32	2	23	43	1,67
70	638475	128492	70	4,7	-0,033	21,0	53	0	24	13	0,56
75	638105	128560	65	4,2	-0,090	76,0	55	7	2	35	0,02
79	637807	128400	29	5,0	-0,022	56,5	36	8	51	2	4,18
86	637640	129495	77	5,6	0,010	63,1	0,3	27	59	13	2,32
90	638262	129896	25	4,3	-0,078	21,0	20	16	56	8	0,86
93	638630	129956	55	4,4	-0,051	39,6	66	0	9	22	0,20
103	640122	131089	170	4,5	-0,088	31,6	0	76	0	23	0
107	640322	132360	160	6,2	0,050	63,7	1	43	47	7	2,23
126	640602	130730	150	5,2	-0,020	91,4	7	9	49	35	1,31
135	641312	131138	125	5,0	-0,021	114	0	77	6	17	0
140	640299	130744	90	6,0	0,040	98,7	0	19	66	9	4,85
144	640612	130825	130	4,9	-0,053	123	4	29	37	30	0,85
148	640598	130888	100	5,8	0,020	227	3	63	12	21	0,36
159	641184	132148	180	5,9	0,040	112	4	52	37	4	1,18
163	641170	132152	180	5,7	0,020	49,1	8	54	30	6	0,67
167	640477	132625	225	4,5	-0,106	30,7	75	0	1	24	0,01
1000	641822	131310	225	4,8	-0,039	393	4	68	6	18	0,12

För ett antal viktiga vattenkemiparametrar samt höjd över havet (för provpunkterna) har jämförande ackumulerade fördelningskurvor tagits fram över de 26 utvalda och alla 118 bäckarna. Fördelningarna av kalcium, alkalinitet, pH, färgtal, total-aluminum samt höjd över havet är mycket lika för de båda dataseten (figur 23), d.v.s. att urvalet tycks representera de 118 bäckarna väl.

Andra viktiga faktorer, förutom de geologiska, som styr vattenkemin är nuvarande och historisk markanvändning (i dessa fall i hög grad skogsbruk, trädslag), nuvarande och historisk försurande deposition, deposition av havsaltskomponenter (är delvis beroende av markanvändning), deposition av baskatjoner samt hydrologi. I de här studerade skogliga områdena har dessa i sig viktiga faktorer inte beaktats utan har förutsatts vara likartade inom detta geografiskt begränsade område. Detta är naturligtvis en förenkling.



Figur 23. Ackumulerad procentuell fördelning av pH, alkalinitet/aciditet, höjd över havet (för områdenas utlopp), kalciumhalter, färgtal samt syralösligt aluminium. De totalt 118 områdena (fyrkanterna) representeras väl av de utvalda områdena (kryssen).

6.2.4 Statistisk utvärdering

För att studera sambandet mellan de geologiska faktorerna och bäckvattenkemi användes multipel linjär regression. En av förutsättningarna för detta är att de olika områdenas bäckvattenparametrar är så nära normalfördelning som möjligt. I några fall så blev fördelningen närmare normalfördelningen efter transformation via logaritmering.

Vid multipel linjär regression så kan R^2 -värdet relativt lätt ökas genom att öka antalet oberoende variabler, vilket kan vara bedrägligt, speciellt när antalet variabler blir stort i förhållande till antal poster. För att undvika korrelationer utan orsakssamband, nonsenskorrelationer (eng. spurious correlations), är det viktigt att iakttaga en viss försiktighet

(Haan 1977). Vid regressionerna har variabler använts som kan ha ett uppenbart fysikaliskt samband och endast geologiska variabler som finns representerade i de flesta områdena ingår. Exempelvis så kan inslag av basiskt berggrund eller isälvsediment påverka vattenkvalitén, men bland de utvalda områdena är dessa inslag mycket få och utbredningarna små för att kunna användas som relevant parameter i regression. Ett annat sätt att minimera risken för nonsenskorrelation är, som i denna studie, att använda ett referensmaterial (oberoende valideringsmaterial).

För att få ett oberoende valideringsmaterial så valdes att göra regressionsmodeller utifrån ungefär 2/3 av materialet och använda resterande som oberoende valideringsmaterial. Ett område (nr 32) uteslöts eftersom misstanke fanns att vattenkemin är påverkad av gårdar nära mynningen (mycket hög kalciumhalt, alkalinitet och pH). I ett annat område (nr 14) är det sannolikt att dräneringsdiken har gjorts för att undvika tillrinning till ett intilliggande grustag. Till validering användes således sju områden och regressionen utfördes på 17 områden. De sju områdena valdes ut så att de fanns en spridning i både vattenkemi och i geologiska faktorer.

De resultat som erhöles från regressionsmodellerna från de 17 områdena, Regr(17), kunde sedan jämföras med regressioner från alla 24, Regr(24), samt med de 7 oberoende referensområdena.

6.3 Resultat

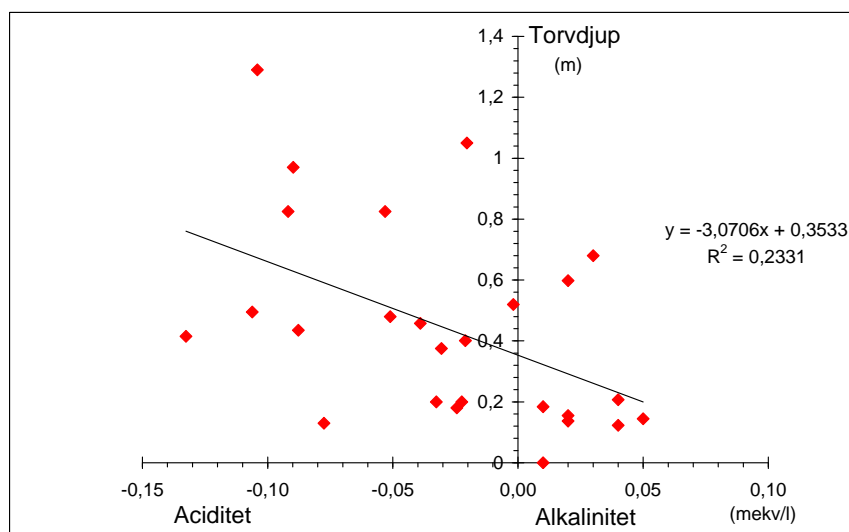
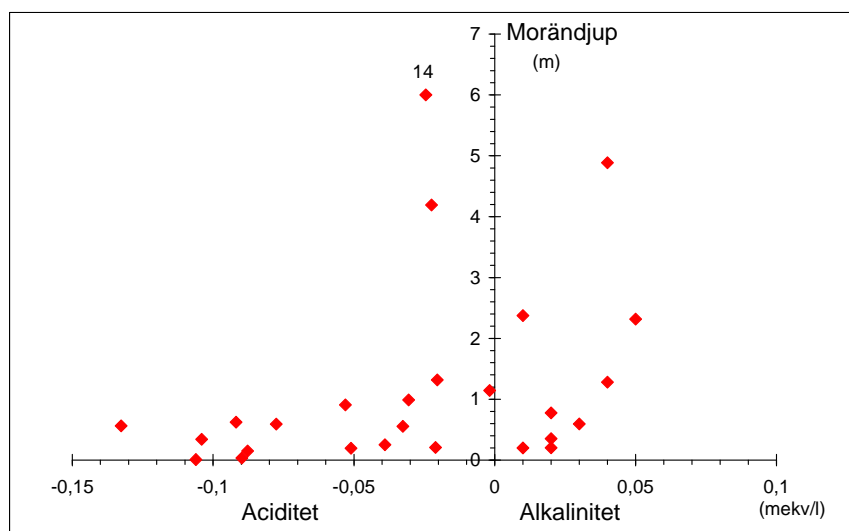
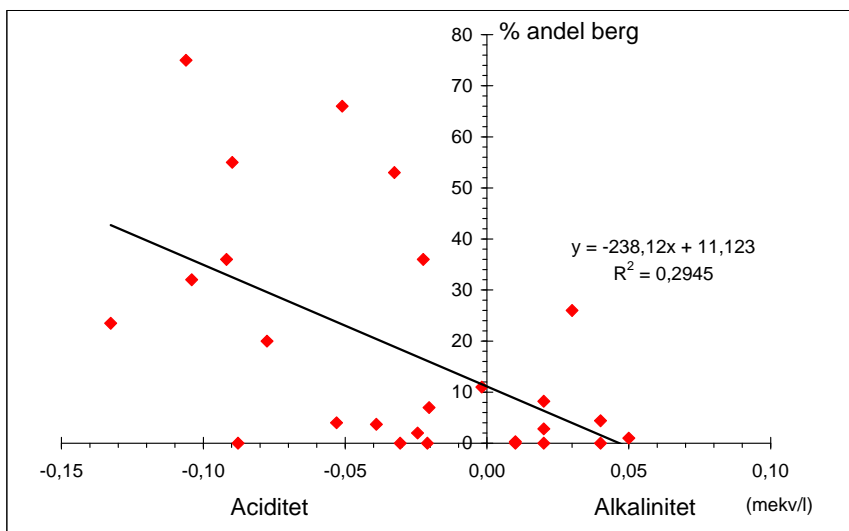
I figur 24 finns några enkla jämförelser mellan den geologiska karaktären i avrinningsområdena (ytandelen berg i dagen, samt uppskattade medeldjup av morän och torv) mot alkalinitet/aciditet i bäckvattnen. Sambanden är relativt svaga, men tendenserna är tydliga att större andel håll, större medeldjup torv samt mindre medeldjup morän ger sämre buffrat vatten.

Multipel linjär regression har gjorts med pH, alkalinitet/aciditet och färgtal som oberoende variabler. Ca, Mg och K samt oorganiskt aluminium var analyserade med tillräcklig hög kvalitet eller tillräckligt låg detektionsgräns i alltför få vatten för att användas i regression. Vi har testat följande variabler i regression:

- medellutning,
- areal,
- ytandel kalt berg,
- ytandel med tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg (skattat djup 0,2 m),
- ytandel morän samt
- ytandel torv

Andelar basiskt berg, finsand respektive isälvsavlagring uteslöts då dessa var representerade i mycket få områden samt i förekommande fall mycket små andelar.

Vid regressionerna för pH och alkalinitet/aciditet framkom att kombinationer av ytandel kalt berg, ytandel av tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg, ytandel torv samt endera ytandel morän *eller* medeldjup morän var de geologiska parametrar som gav de bästa regressionerna. Vi fann också att medeldjup morän som en ingående oberoende variabel *alltid* gav bättre korrelationer än ytandel morän.

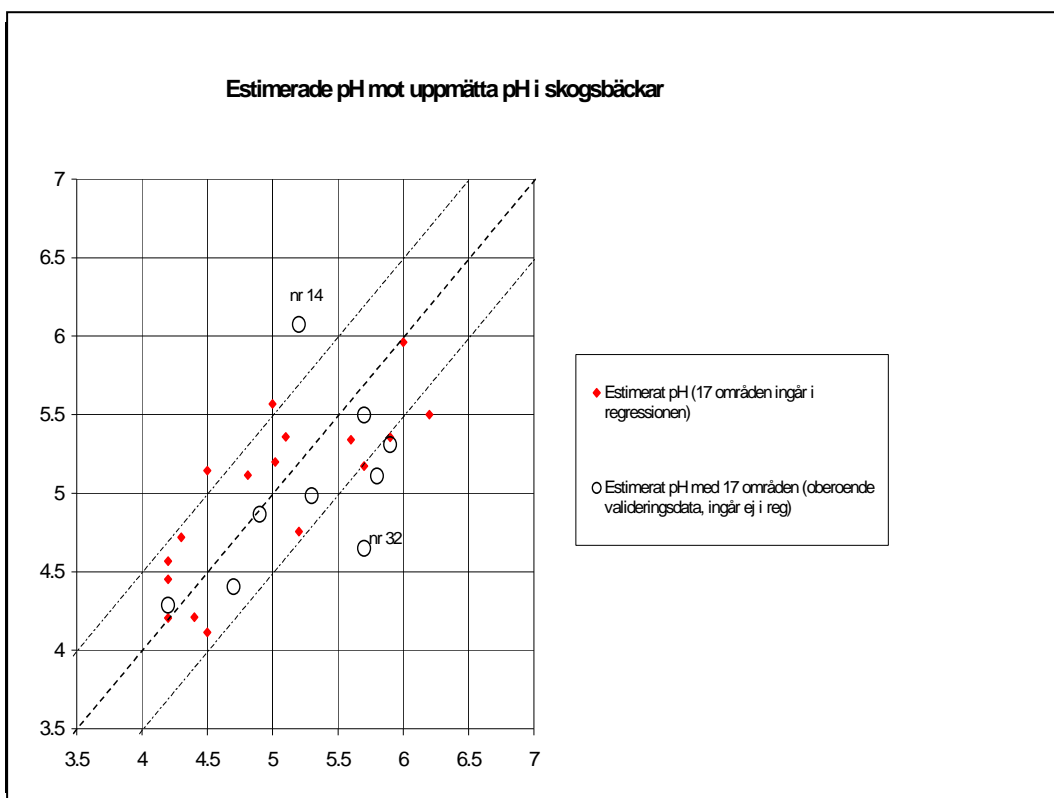


Figur 24. Andelen berg samt uppskattat medeldjup för morän och torv i avrinningsområdena i Rolfsån, avsatt mot alkalinitet/aciditet i avrinnande bäckvatten.

pH

Ingen enskild geologisk variabel ger någon bra korrelation mot pH i bäckvattnet. Ytandel torv är den variabel som ger bäst värde ($R^2 \approx 0,30$) och är negativt korrelerad med pH. Stor andel torv i ett avrinningsområde ger ett surare bäckvatten. Med två variabler så ger kombinationen ”ytandel tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg” och ”medeldjup morän” i särklass det bästa resultatet (Regr(17) $R^2 = 0,613$, Regr(24) $R^2 = 0,627$, båda positiv korrelation). Ett större medeldjup morän innebär längre uppehållstid i marken och längre kontakttid med markmineral har stor betydelse för syraneutraliseringen. Det tycks här kunna ge genomslag med att bidra till höjt pH i bäckvattnet. Samverkan med variabeln ”ytandel tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg” ger starkast positiv korrelation. I områden kartlagda med tunt eller osammanhängande jordtäckte finns jordlagren vanligen i små svackor där också vattnet transporteras. En tolkning av resultatet kan vara att det räcker med tunna jordlager för att höja pH, medan en större andel kala bergytor ger lägre buffertförmåga (se även figur 24).

Figur 25 visar pH estimerat från modellberäkningen plottat mot uppmätt pH. De flesta estimerade pH-värdena faller inom 0,5 pH-enheter från de uppmätta, över- och underskattade värden är ungefär lika vanliga. De avrinningsområden som misstänktes kunde vara påverkade enligt ovan (nr. 14 och nr. 32) är inlagda som oberoende data i figur 25 (ingår alltså ej i regressionerna). Dessa framträder där också som avvikande.

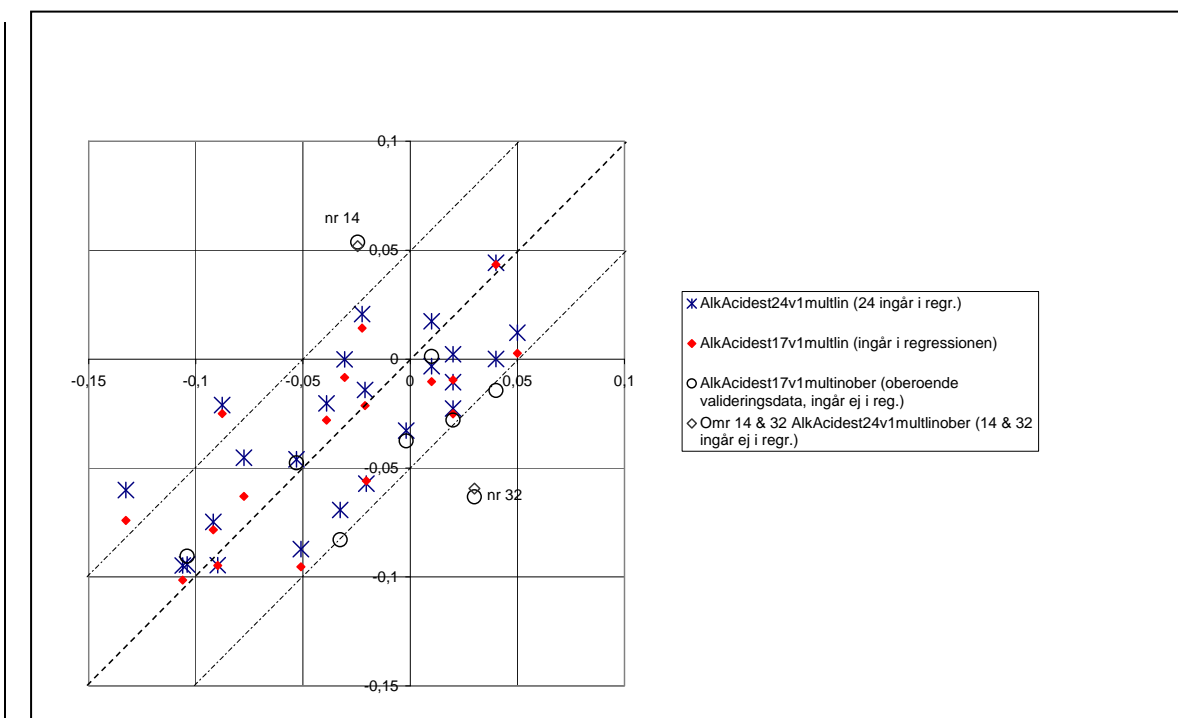


Figur 25. Beräknade pH-värden (x-axel) plottade mot uppmätta värden (y-axel). Den sträckade linjen visar 1:1 sambandet, de punkt-sträckade linjerna visar + respektive - 0,5 pH-enheter.

$$\text{pH} = 4,545 - 0,00401 * (\% \text{ berg}) + 0,00958 * (\% \text{ tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg}) + 0,265 * (\text{medeldjup morän, meter}) - 0,00534 * (\% \text{ torv}).$$

Alkalinitet/aciditet

För dessa regressioner erhålls ungefär samma resultat som för pH. Ingen ensam geologisk variabel ger någon stark korrelation med alkaliniteten/aciditeten i bäckvattnet. Den negativa korrelation med ”ytandel torv” är den bästa ($R^2 \approx 0,39$). Med två variabler ger också här kombinationen ”ytandel tunt eller osammanhängande jordtäckte på berg” och ”medeldjup morän” det bästa resultatet (Regr(17) $R^2 = 0,613$, Regr(24) $R^2 = 0,627$). Samvariationen i resultat mellan pH och alkalinitet/aciditet innebär att tolkningarna för pH även gäller för buffertförmågan. Om vattnet har längre uppehållstid i marken ökar det dränerande bäckvattnets pH och alkalinitet. Hur beräknade respektive uppmätta värden korrelerar för alkalinitet/aciditet framgår av figur 26.



Figur 26. Beräknade alkalinitet/aciditetsvärden (x-axel) plottade mot uppmätta värden (y-axel). Enhet: mekv/l. I regr(17) ingår 17 områden och de obereonde är estimerat från denna regression. Figuren visar också regression då alla 24 områdena ingår i regressionen, regr(24). Skillnaderna mellan regr(17) och regr(24) är liten, detta syns också på att de oberoende punkterna vid regr(17) hamnar mycket nära när de inkluderats i regr(24). Linjerna visar 1:1 förhållandet samt + respektive - 0,05 mekv/l.

$$\text{Alkalinitet (aciditet)} = -0,0854 - 0,00014 * (\% \text{ berg}) + 0,00087 * (\% \text{ berg med jord}) + 0,02356 * (\text{medeldjup morän, meter}) - 0,00023 * (\% \text{ torv}) \text{ mekv/l.}$$

Färgtal

Vid regressionen för färgtal i bäckvattnet var ytandel torv den helt dominerande faktorn. Eftersom färgtalet kan variera högst avsevärt i bäckvatten med tid och vattenflöden och det faktum att R^2 -värdet var omkring 0,51 så avstod vi från vidare arbete med färgtal.

6.4 Slutsatser

Eftersom antalet områden som ligger till grund för korrelationsberäkningar är lågt (17 st oberoende och 7 st för validering), så har få variabler använts. De två områden som uppenbart kraftigt avvek från de sambandsförhållanden mellan geologiska faktorer och vattenkemi som övriga områden uppvisade, område nr 14 och nr 32, fick efter fältstudier sin förklaring. Område nr 14 var som förväntats dikat, sannolikt för att minska vattenflödet till ett grustag. Grustaget i sig har sannolikt gjort att områdets vattendelare påverkats, och dikningarna i sig har sannolikt också ändrat vattendelaren. Därmed är området utom kontroll för denna studie. Område nr 32 var påverkat av nybyggda villor och mindre jordbruk i nedre delen av avrinningsområdet. Från dessa fastigheter fanns också en del nya täckdiken. Området uppvisade betydligt högre pH och alkalinitet än förväntat. Detta var markant även för kalciumhalten (som redovisas här p.g.a. för låg noggrannhet i analyserna), vilket med ovanstående fakta inte var överraskande.

Avvikelsen i vattenkemin och den fysiska förklaringarna till avvikelserna hos område nr 14 och nr 32 anses stärka valideringen av korrelationsmodellen. Modellen är mycket enkel, man kan bara jämföra områden där övriga viktiga faktorer kan antas vara likartade för områdena (som deposition, skogstyp m.m.). Vid försök att studera sambandet markkemi och vattenkemi i avrinnande vatten har visat sig mycket svårt att hitta sådana samband (t.ex. Bydén m.fl. 1996). Den mest omfattande studie vi funnit är från norra Finland (Kähkönen 1996). Modell för studie av sambandet mellan parametrar i avrinningsområdet och avrinningsvattnets kemi har gjorts av Thierfelder (1998). Denna modell kräver dock mycket omfattande indata. I ett examensarbete utfördes geologisk fältkartering i ett fjorton avrinningsområden i södra Sverige för att studera sambandet markfaktorer-tytvattenkemi (Forsberg 2000). Sambanden i den studien blev oklara, vilket sannolikt beror på att övriga faktorer troligen varierade betydligt mer än vid vår studie (framförallt p.g.a. att den geografiska spridningen var betydligt större, från Blekinge till Dalsland). Bydén et al (1996) använde befintliga mark- och sjödata i dåvarande Älvsborgs län, där en stor del av vattnen var kalkade.

Det finns ett antal möjligheter att utveckla detta delprojekt. I första hand bör provtagning ske under våren 2001 av de 26 bäckar vars avrinningsområden ingår i studien. Eventuellt bör uppföljning ske av samtliga 118 bäckar. Det kan också vara meningsfullt att inom större områden välja ut något mindre delavrinningsområde att provta. Data på områdenas markanvändning (framförallt trädslag, ålder, hygge) skall ingå i nästa steg i beskrivningen av avrinningsområdena. Modeller av avrinningsområdena både kvalitativt och kvantitativt (yt- och grundvatten) bör övervägas i ett senare skede. Det finns anledning att diskutera vidare hur andelarna fördelas mellan vatten som transporteras mycket ytligt, inom den översta metern respektive djupare i jordlagren. I de avrinningsområden som studerats här är det sannolikt att andelen som utgjort grundvatten i berg är mycket liten.

7. Ellesbo - Göteborg

7.1 Bakgrund

Inom Göteborgsprojektet, ett tätortsprojekt för Göteborgs kommun, ingår en grundvattenkartläggning som utförts enligt SGUs metodik för kommunkartering (Lång 2000). En komplex jordavlagring i norra delen av kommunen, Ellesbo, har fältundersökts. Den är utsträckt i nord-syd och är ca 2,5 km lång. Den har en genomsnittlig bredd på ca 500 m där avlagringen går i dagen. Ellesbo-avlagringen har valts ut som exempel på en komplex bildning där underlagmaterial för modellering med GMS tagits fram inom ett kartläggningsprojekt. Jordackumulationen innehåller omväxlande sorterade jordarter och morän. Nackdelen med Ellesbo-avlagringen är att ingen samlad dränering sker ut i ett vattendrag.

Några omfattande undersökningar för att beskriva förutsättningarna för grundvattenuttag i Ellesbo-avlagringen har tidigare inte utförts. Ellesbo-avlagringen har noga beskrivits av Hillefors (ex. 1955, 1969). Den stratigrafiska uppbyggnaden har varit av stort intresse, då avlagringen visat sig innehålla såväl interglaciala som interstadiala sediment.

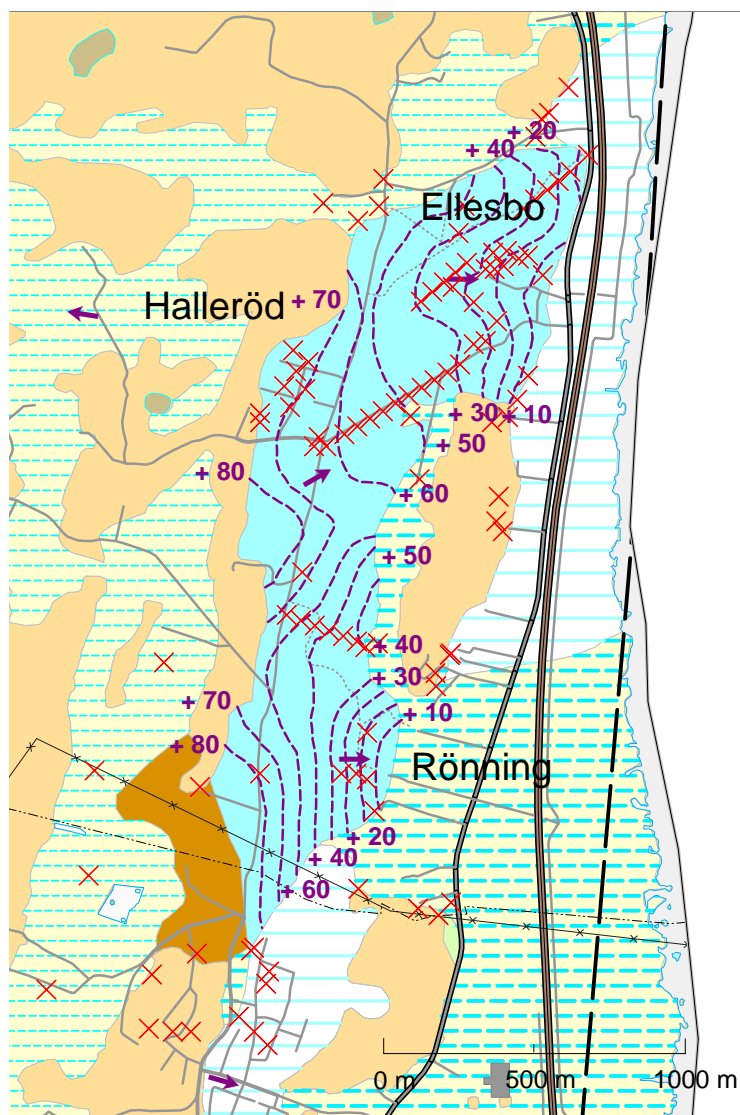
7.2 Underlagsmaterial och ansatser för modellering

I fältarbetet i samband med kartläggning av grundvattentillgångarna i Ellesbo ingick kompletterande jordartskartering, jordarts- och jorddjupsbedömningar med geoseismiska profiler, drivning av observationsrör samt inventering av grävda brunnar och källor. Resultat från fältarbetet, litteraturdata från Hillefors (1955) och uppgifter från brunnsarkivet användes för att ta fram lagerföljder i 105 lägesbestämda punkter. Dessa ligger på eller i nära anslutning till Ellesbo-avlagringen (figur 27). Vid ett fåtal punkter saknas jordtäckte varvid bergets nivå anges. För resterande punkter i jord har lagerföljder tagits fram.

För modelleringen med GMS användes djupuppgifter från de 105 punkterna tillsammans med jordartskartan över Göteborg och en höjddatabas. Denna höjddatabas (12*12 m) som använts med tillstånd av Göteborgs kommun, har korrigerats och anpassats för RT90. En förutsättning vid användning av GMS-modellen är att information om alla lager finns för samtliga punkter. Den lagerföljd som använts består av åtta skikt (se tabell 6). Därför har för alla lager som antas saknas i en punkt lagertjockleken 2 cm lagts in i databasen. Sådana lager har utelämnats i bilaga 2 där lagerföljderna anges. Effekten syns i kolumnerna för lagrens överyta och mäktighet som ibland anges med noggrannhet i centimeter. Skattad hydraulisk konduktivitet anges för respektive lager. De olika stratigrafiska enheterna beskrivs kort nedan. För utförlig beskrivning av Ellesbo-avlagringen (lagren 4-8) hänvisas till Hillefors (1955, 1969).

- Lager 1. Avser sand, silt (och eventuellt lera) och även osorterad jordart som ligger som utfyllnad i den norra tåkten i Ellesbo. För sandiga lager har den hydrauliska konduktiviteten satts till 10^{-5} m/s och för osorterade utfyllnadsmassor till 10^{-8} m/s.
- Lager 2. Postglaciala svallssediment (sand-grus) som avsatts på själva Ellesbo-avlagringen eller på lera.
- Lager 3. Glacial lera som täcker Ellesbo-avlagringen i dess randområden. För punkter i öster i Göta Älvdalen kan postglacial lera täcka den glaciala.

- Lager 4. Översta delen av Ellesbo-avlagringen, bestående av morän bildad i samband med den sista nedisningsfasen.
- Lager 5-7. Isälvsediment indelade utifrån dominerande kornstorlek.
- Lager 8. Det undre moränlagret som ligger på berg. Moränen har bildats före eller under de inledande skedena av den senaste nedisningen.



Figur 27. Läget för de 105 punkterna (X) i Ellesbo-avlagringen (ljusblå färg) och i dess omgivning. Den principiella lagerföljden är angiven i tabell xx, och information om respektive punkt i bilaga 14. Grundvattennivåer har interpolerats med GMS. Kartan är ett utdrag från grundvattenkartan i Göteborgs kommun (Lång 2000).

Tabell 6 Antagen jordlagerföljd med den yngsta stratigrafiska enheten överst i tabellen.

Lager	Stratigrafisk enhet - Jordart	Förkortning	Antagen hydraulisk konduktivitet
1	Sand, silt samt ev lera – Utfyllnadsmaterial	SaU	10^{-5} m/s eller 10^{-8} m/s
2	Svallsediment (främst sand)	S	10^{-5} m/s
3	Lera	L	10^{-10} m/s
4	Morän	M1	10^{-7} m/s
5	Isälvs sediment (grus och sand)	I1	10^{-4} m/s
6	Isälvs sediment (skiktad silt-sand)	Si	10^{-7} m/s
7	Isälvs sediment (främst grus med inslag av sand)	I2	10^{-3} m/s
8	Morän (alkalin)	M2	10^{-7} m/s
Berg		B	

Säkerheten i information för de olika punkterna varierar. De bäst beskrivna lagerföljderna finns från tiden när det grustäkt som finns i norra delen av avlagringen var öppen, men lägesbestämningarna är för dessa punkter något osäkra. För de nysatta observationsrören finns lagermäktigheterna fastställda, dock ej ned till berg. För brunnarna finns endast ytjordarten fastställd, medan jorddjupet antagits från bergbrunnar och lagermäktighet satts utifrån uppgifter från de mest närliggande borrhörningarna. I grustäkten i Ellesbo finns fyllnadsmassor utlagda över stora delar av ytan (lager 1, SaU, i tabell 6). Mäktigheter och sammansättning har antagits för fyllnadsmassorna, och uppgifterna har tillsammans med den ursprungliga dokumentationen av Hillefors använts för att ange lagerföljder för punkterna inom täktområdet.

I de seismiska profilerna finns tolkade lagerföljder. Överytan utgörs vanligen av några meter morän som ofta överlagras av en svallkappa. Det kan därför vara svårt att fastställa och urskilja utbredningen av de underliggande, sorterade lagren. Osäkerheten i bergytans nivå kan anses vara någon till några få meter.

7.3 Resultat

Studien i Ellesbo har i första hand inneburit att bygga upp den konceptuella modellen samt att testa inlagring och kvalitet hos data. Skillnader mellan de två olika höjdsystemen har tagits fram. Interpolering av grundvattennivådata har skett som redovisas på Grundvattenkartan över Göteborgs kommun (figur 27). Flödesmodellering har dock inte genomförts i sin helhet. Det har i de inledande testerna visat sig att sannolikt avlagringen är alltför oregelbunden och den konceptuella modellen alltför många lager för att modellering direkt skall kunna ske av hela avlagringen. Vi hoppas att i ett senare skede kunna utföra vidare modelltester inom Ellesbo-avlagringen.

8. Slutsatser

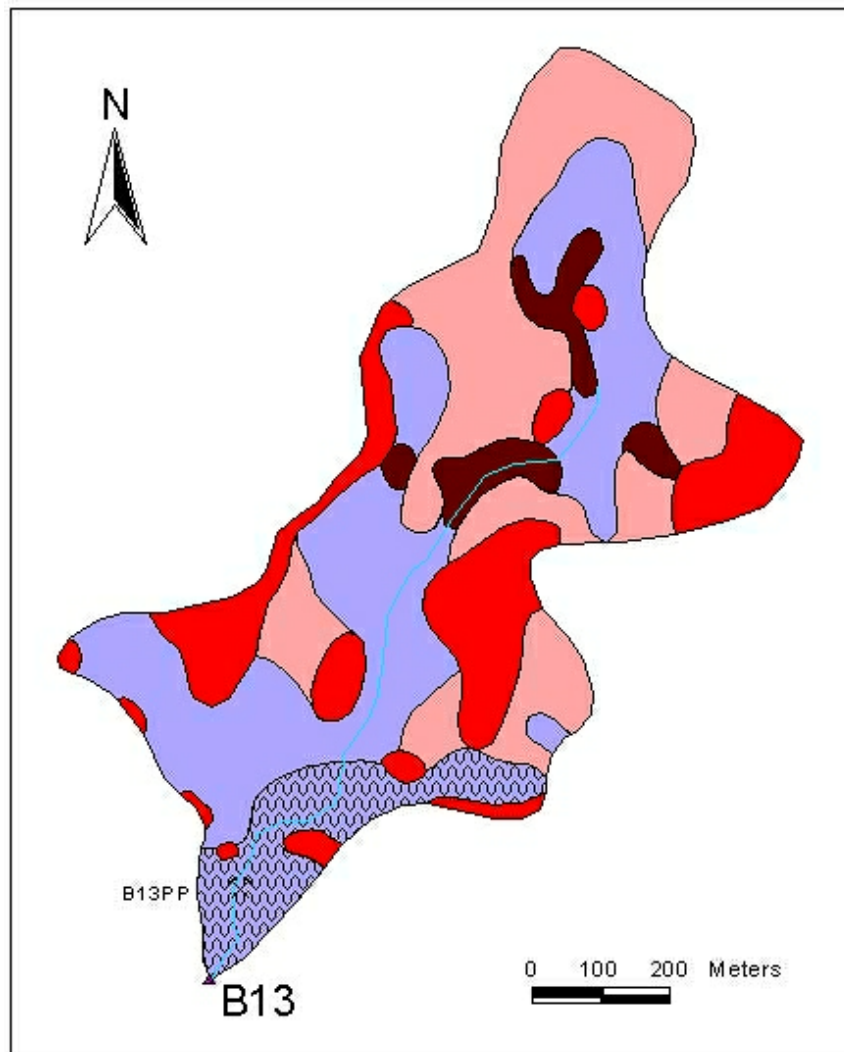
De utförda större undersökningar som omnänts i rapporten utgör en del av de pilotprojekt i större skala i Sverige fram till år 2000 som är förknippade med EUs ramdirektiv för vatten och miljökvalitetsmålen. Generellt har geologisk information i dessa använts i mycket begränsad omfattning. En orsak är att projekten varit i ett tidigt skede. Det är i arbetet inom delavrinningsområden som i första hand den mer detaljerade geologiska informationen kommer att behövas. Kunskapen har också varit begränsad om vad SGU har för information, men framförallt hur den bäst kan användas i dessa sammanhang. SGU deltar på nationell nivå i arbetet med miljökvalitetsmålen Grundvatten av god kvalitet och God bebyggd miljö. Kontakten med utövare på länsstyrelser, kommuner m.m. har varit relativt begränsad, men kommer nu successivt att öka.

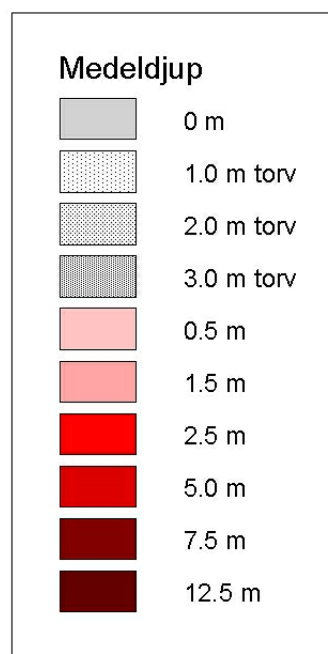
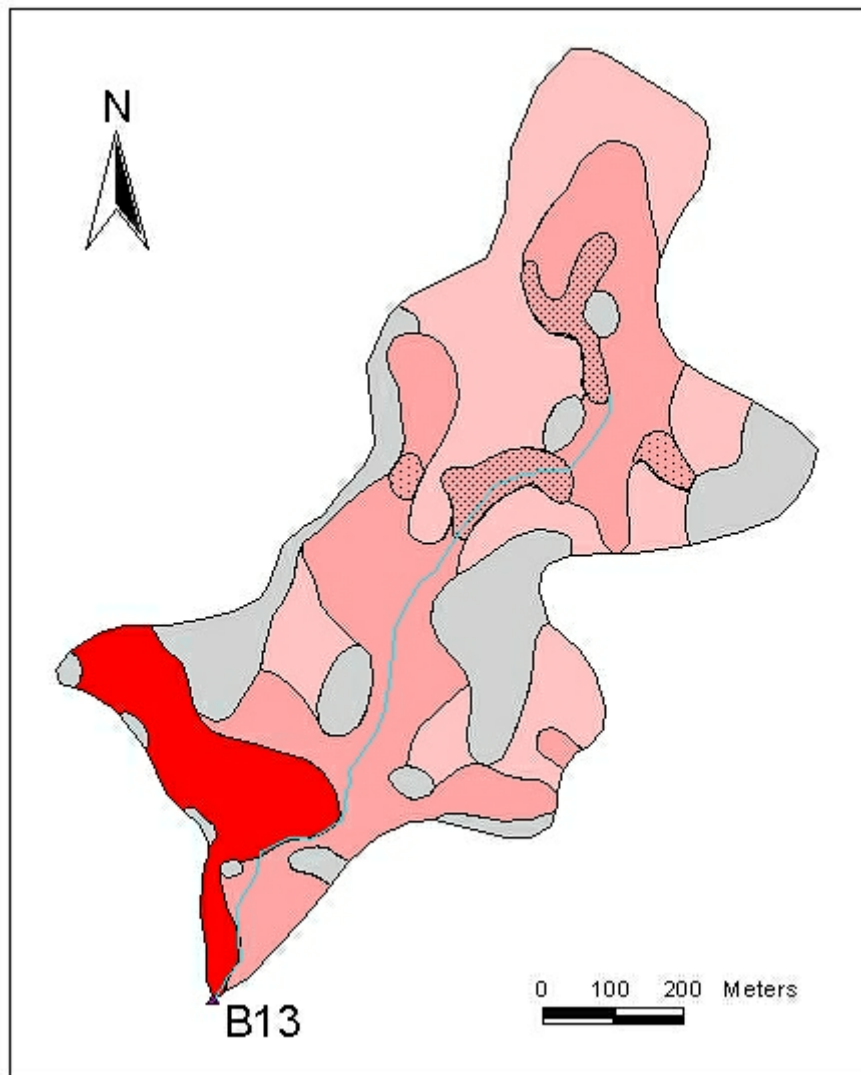
Det behövs en samlad satsning på tillämpad forskning vid SGU, tillsammans med högskolor, myndigheter, osv. för att motivera användningen av olika informationslag eller kombination av dessa i arbeten inom avrinningsområden. Det är också viktigt att tänka utifrån avrinningsområden som avgränsning. Inom undersökningsversamheten kan insamling och inlagring behöva anpassas för användning av data inom avrinningsområden. Dessutom bör utnyttjandet av olika flödes- och kemiska modeller utökas.

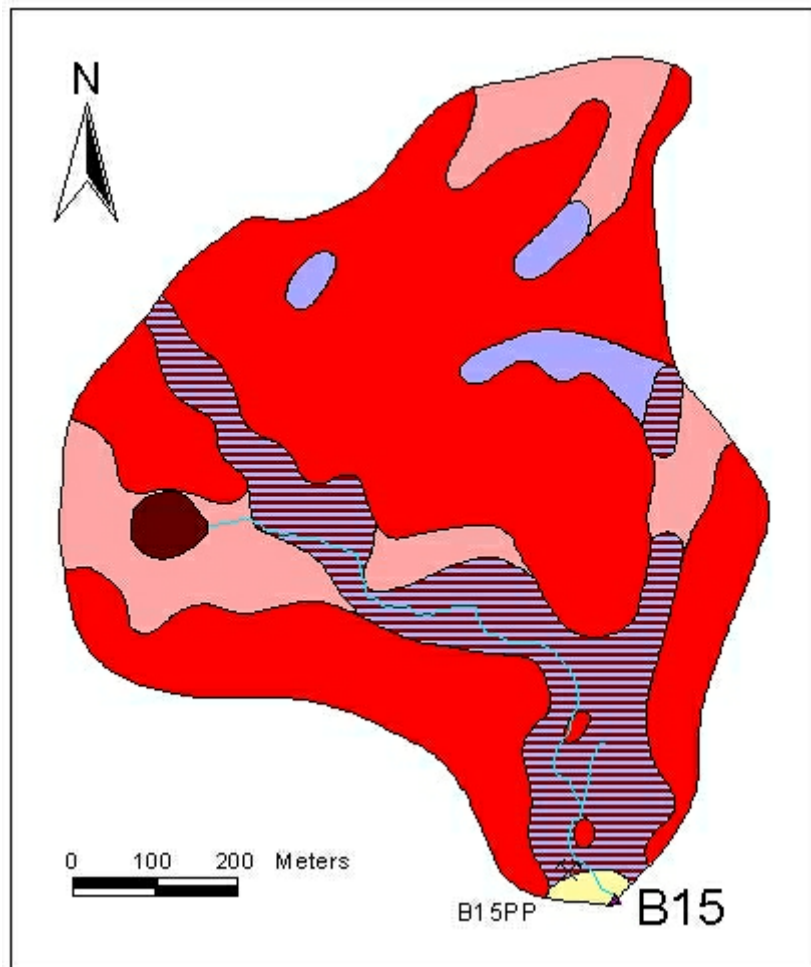
9. Referenser

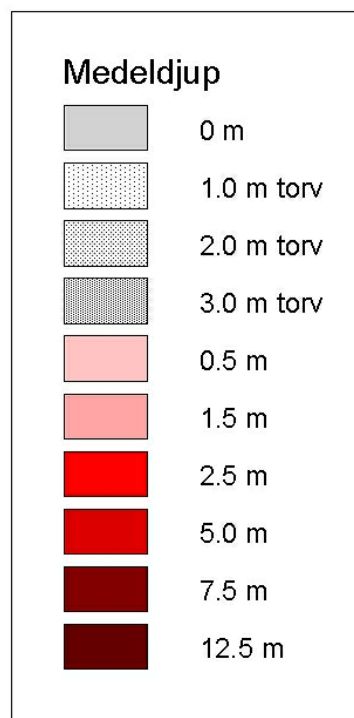
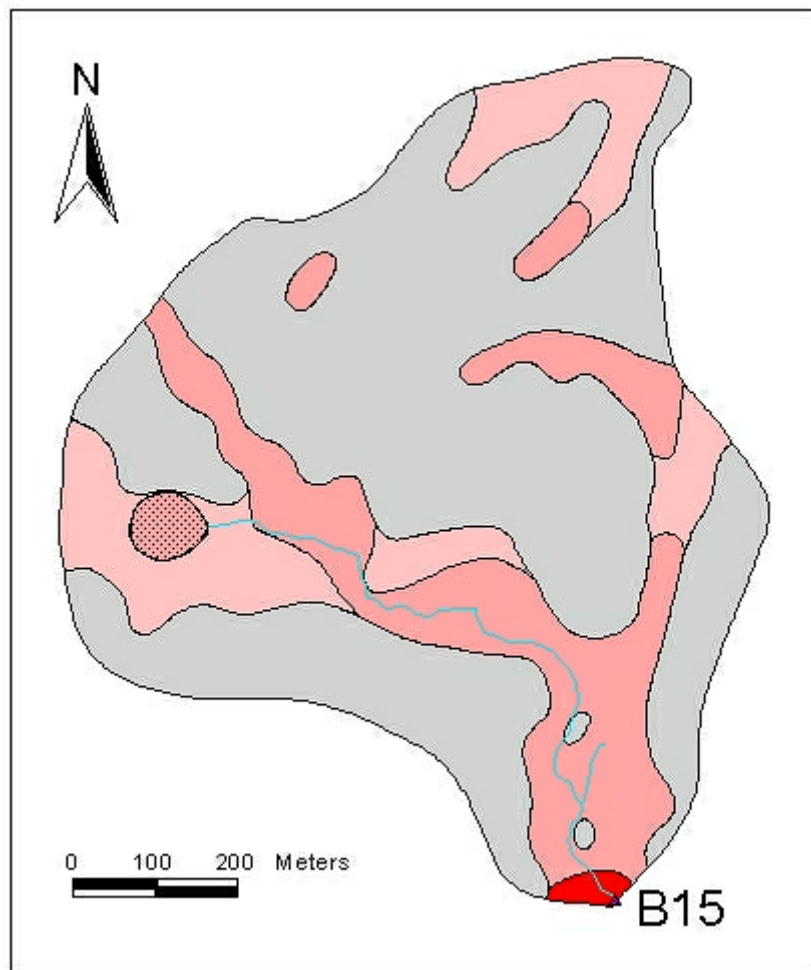
- Aastrup, M. & Thunholm, B., 1999: Kväve- och fosfortransport med grundvatten till Mälaren, Saltsjön och Brunnsviken inom Stockholms stad. En modellberäkning. – Rapport framtagen av Sveriges geologiska undersökning till Miljöförvaltningen i Stockholm.
- Ahlin, L., 1980: Berggrundskartan Borås SV. – SGU ser Af 130.
- Andersson, M. & Nilsson, C.A., 1992: Markgeokemiska kartan 3-7, F-H. – SGU, Rapporter och meddelanden nr 73.
- Andersson, M., Johansson, P. & Lax, K., 1997: Markgeokemiska kartan i södra Norrbottens inland, västra Småland och södra Halland. – SGU, Rapporter och meddelanden nr 94.
- Bydén, S., Lind, B., Martinsson, A. & Nyström, U., 1997: Sjövatten som indikator på markförsurning. – Skogsstyrelsen Rapport 1997:1.
- Engqvist, P. & Müllern, C-F, 1998: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Västra Götalands län, mellersta delen, f.d. Älvsborgs län. – SGU ser Ah13. Uppsala. Kartan utgiven 1994.
- Europaparlamentet, 2000: Upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område. – Europaparlamentets och Europeiska Unionens Råds direktiv 2000/60/EG.
- Forsberg, L., 2000: Markfaktorers betydelse för den kemiska variationen i ytvatten. – Institutionen för geovetenskaper, Göteborgs Universitet, B 238.
- Fredén, C., 1974: Jordartskartan Kungsbacka NO, – SGU ser Ae34.
- Försvaret, FOA, SGU, Estlands Geol. Und, 1999: Miljöriskbedömning av Ämari flygbas.
- Haan, Ch. T., 1977: Statistical Methods in Hydrology. –Iowa State University Press, fifth printing, 1991.
- Harlén, A., 1998: Skiss till förvaltningsplanen för Gullmarns avrinningsområde, 981014. – Länsstyrelsen Västra Götaland. Miljöanalysenheten. Göteborg.
- Harlén, A., 1999: EU:s ramdirektiv för vatten - en tillämpning på Gullmarns avrinningsområde. Utkast till förvaltningsplan. – Länsstyrelsen Västra Götaland. Miljöanalysenheten. Göteborg.

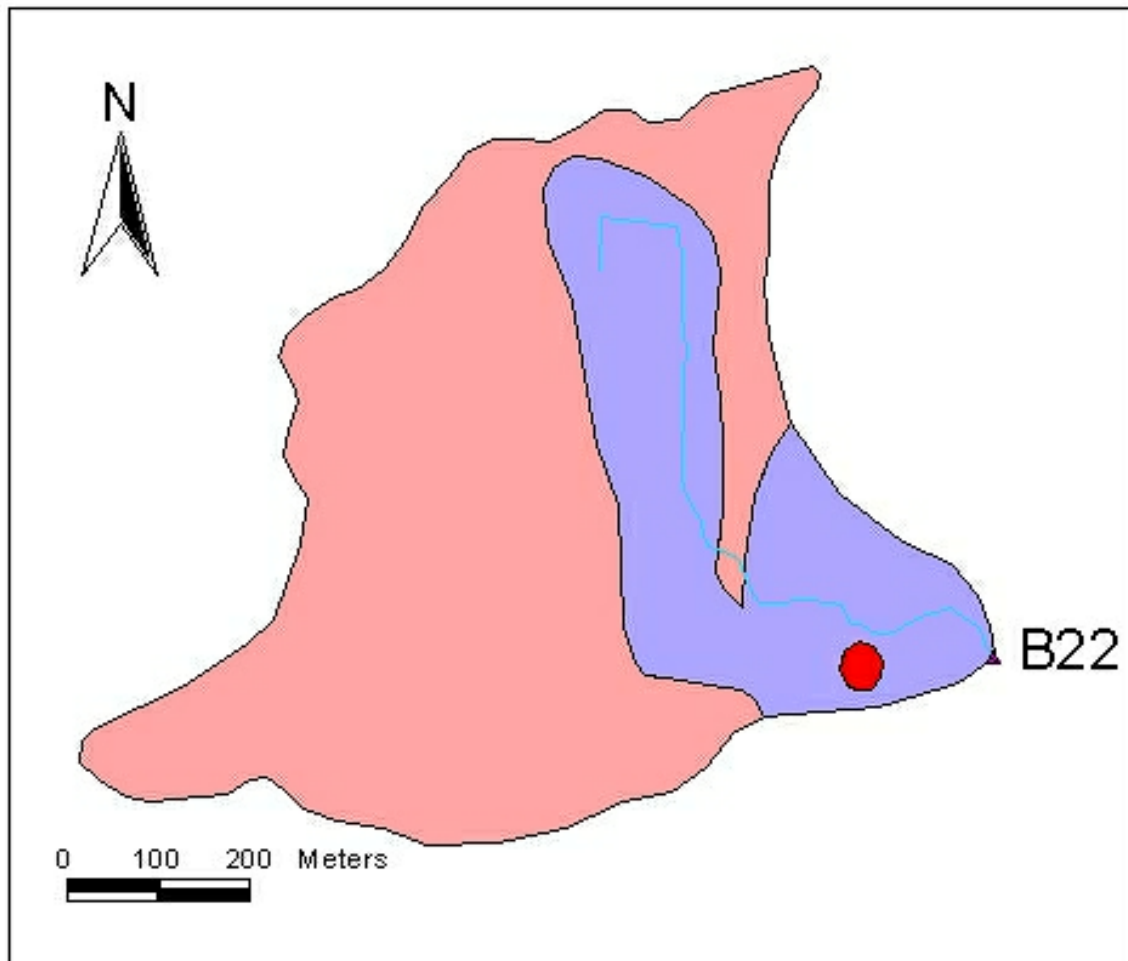
- Hillefors, Å., 1969: Västsveriges glaciala historia och morfologi. – Meddelanden från Lunds universitets geografiska institution.
- Hillefors, Å., 1955: Ellesboåsen, en morfologisk och stratigrafisk beskrivning. – Gothia 7, Meddelanden från Geografiska föreningen i Göteborg.
- Krysanova, V., Müller-Wohlfeil, D.I. & Lahmer, W., 1995: Integrated modelling of nonpoint source pollution for meso-scale watersheds using GIS. Oral presentation at DIFusePOL'95, 2nd International IAWQ Specialised Conference and Symposia on Diffuse Pollution, Brno & Prague, Czech Republic, August, 1995.
- Kähkönen, A.-M., 1996: The geochemistry of podzol soils and its relation to lake water chemistry. Finnish Lapland. – Diss., bulletin 385, Geological Survey of Finland, Espoo 1996.
- Lidén, R., Arheimer, B. & Lindström, G., 1998: SOIL-N and HBV-N simulations in the Genevad catchment. An example of model integration difficulties. – VASTRA Working paper 6.
- Lundegårdh, P. H., Lindh, A. & Gorbatshev, R., 1992: Berggrundskarta över Värmland. – SGU Ba45. Karta.
- Lång, L.-O., 2000: Grundvattentillgångar i Göteborgs kommun. SGU ser An 18.
- Länsstyrelsen Västra Götaland, 2000: Rolfsåns avrinningsområde. Nuvarande försurningssituation och förslag till samordnade åtgärder. – Länsstyrelsen Västra Götaland, publ. 2000:33.
- Miljödepartementet, 2000: Framtidens miljö – alls vårt ansvar. – Statens off. utred. 2000:52.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Grundvatten. – Rapport 4915.
- Nyberg, L., Lundström, U., van Hees, P. & Andersson, M., 1998: Skogsmarkens kemi i Värmland - en jämförelse av ståndortskarтерingen och Värmlandsundersökningen. – Arbetsrapport 98:1, Naturvetenskap/Teknik, Högskolan i Karlstad.
- Persson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda NV och NO. – SGU ser Af 150-151.
- Persson, L., 1989: Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda SV och SO. – SGU ser Af 170-171.
- Påsse, T., 2000: Jordartskartan Borås SV. –SGU ser Ae 128.
- Ressar, H. & Ohlsson, S.-Å., 1985: Geokemisk karтерing. Bäcktorv, områdena 134 Jönköping och 132 Karlskrona. – SGU, Rapporter och meddelanden nr 42.
- Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. & Ekelund, L., 1986: Geokemisk karтерing. Bäcktorv, områdena 141 Kalmar, 143 Oskarshamn, 343 Sundsvall och 441 Vilhelmina. SGU, Rapporter och meddelanden nr 48.
- Rudmark, L., 1992: Jordartskartan Oskarshamn NO. – SGU ser Ae 94.
- Samuelsson, L., 1982: Berggrundskartan Kungsbacka NO, SGU ser Af 124.
- SGU, 1989: Berggrundskarta över Göteborgs- och Bohus län samt Älvsborgs län.
- SGU, 1999: Grundvatten av god kvalitet - miljö kvalitetsmål 2. – SGU Rapport, Uppsala.
- Thierfelder, T. K. E., 1998: An inductive approach to the modeling of lake water quality in dimictic, glacial/boreal lakes. – Diss. Inst. of Earths Sciences, Uppsala University, 1998.
- Wittgren, H. B., Westerlund, S. & Castensson, R. (red.), 2000: Genevadsåstudien - Ett aktörsspel om genomförande av miljö kvalitetsnormer för kväve i ett avrinningsområde. – VASTRA Report 1, Tema Vatten, Linköpings Universitet.

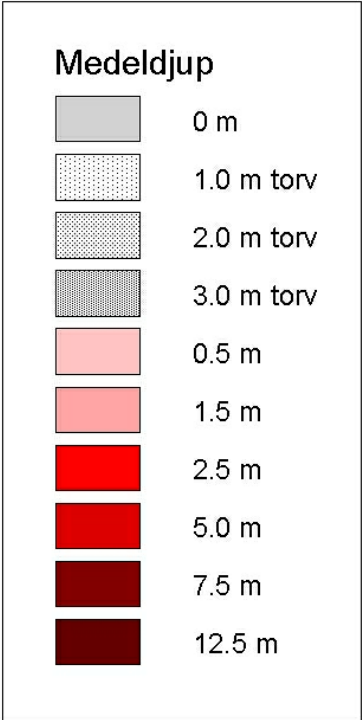
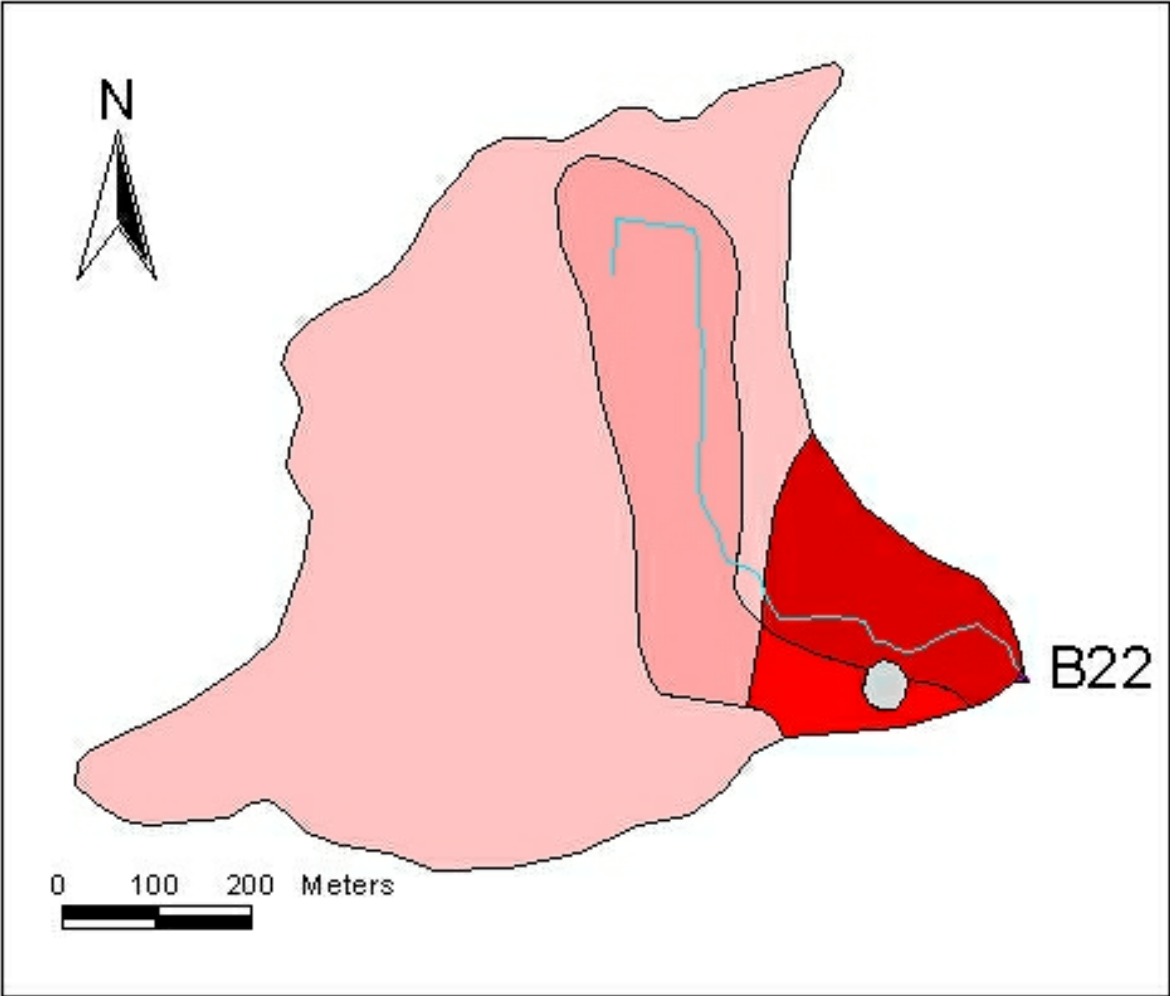


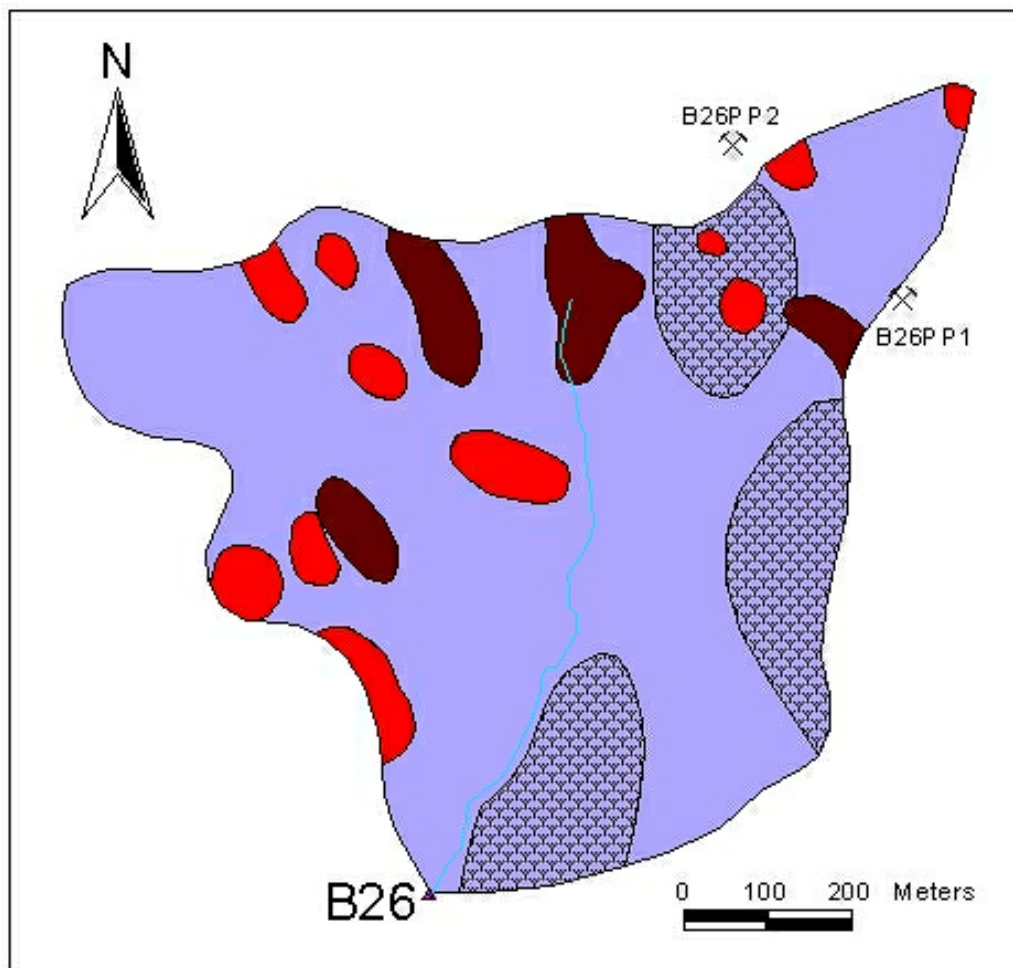


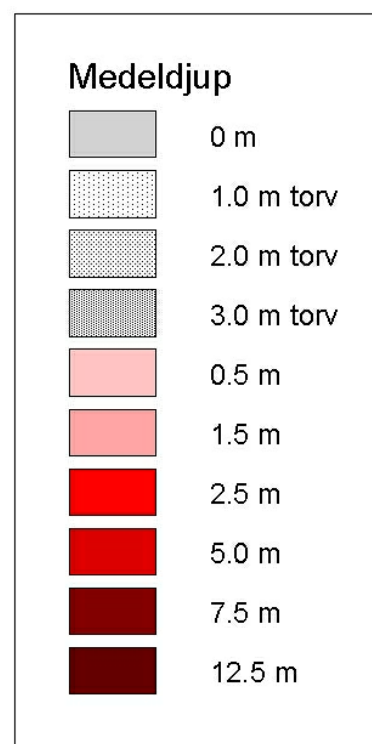
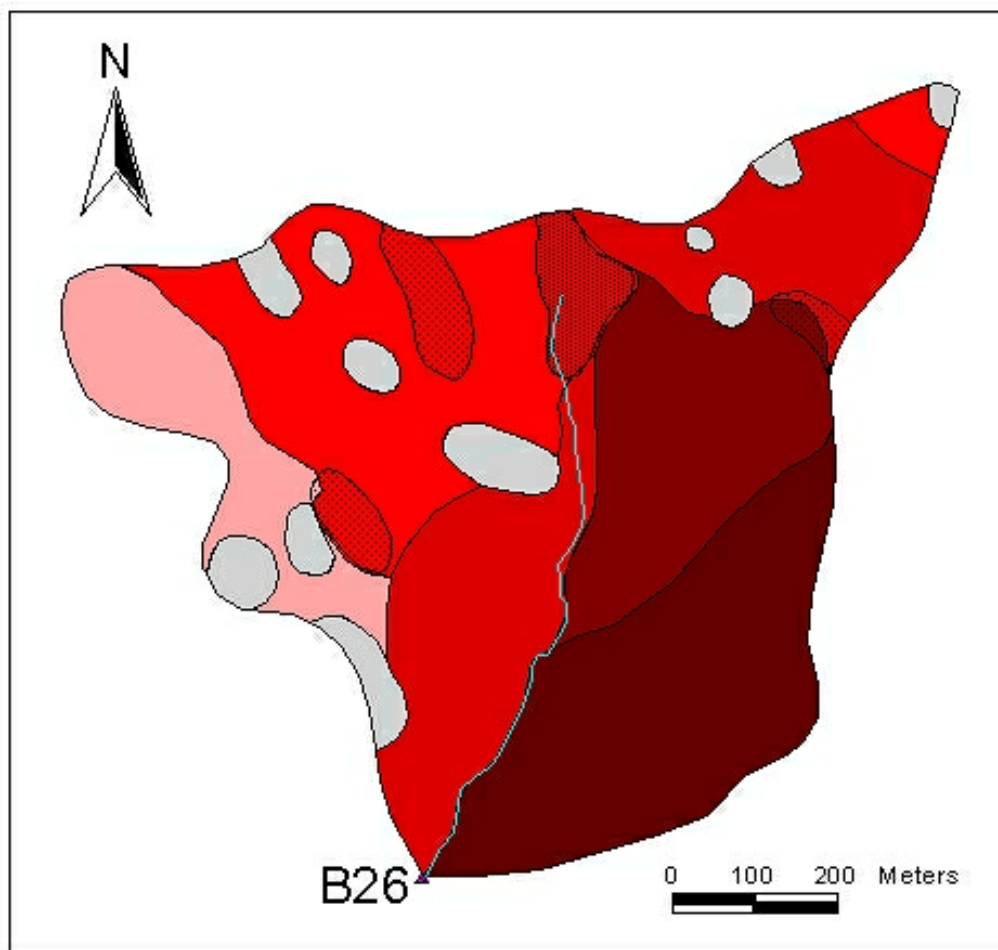


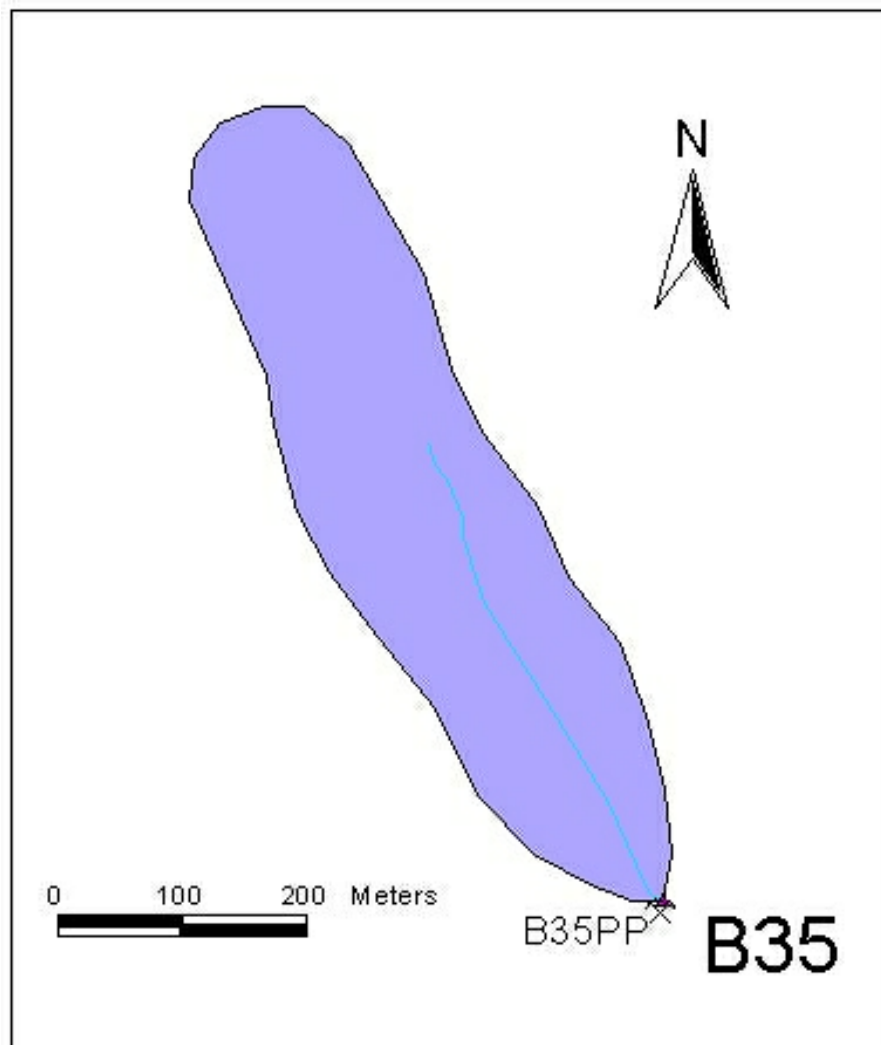


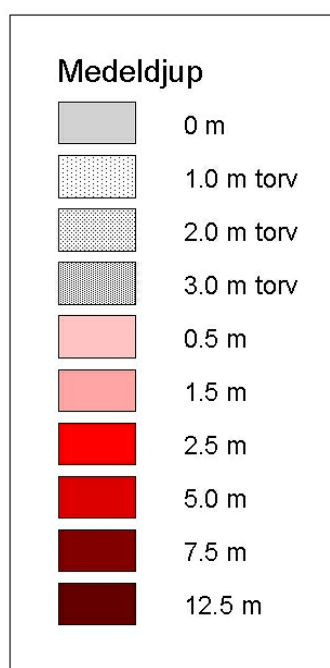
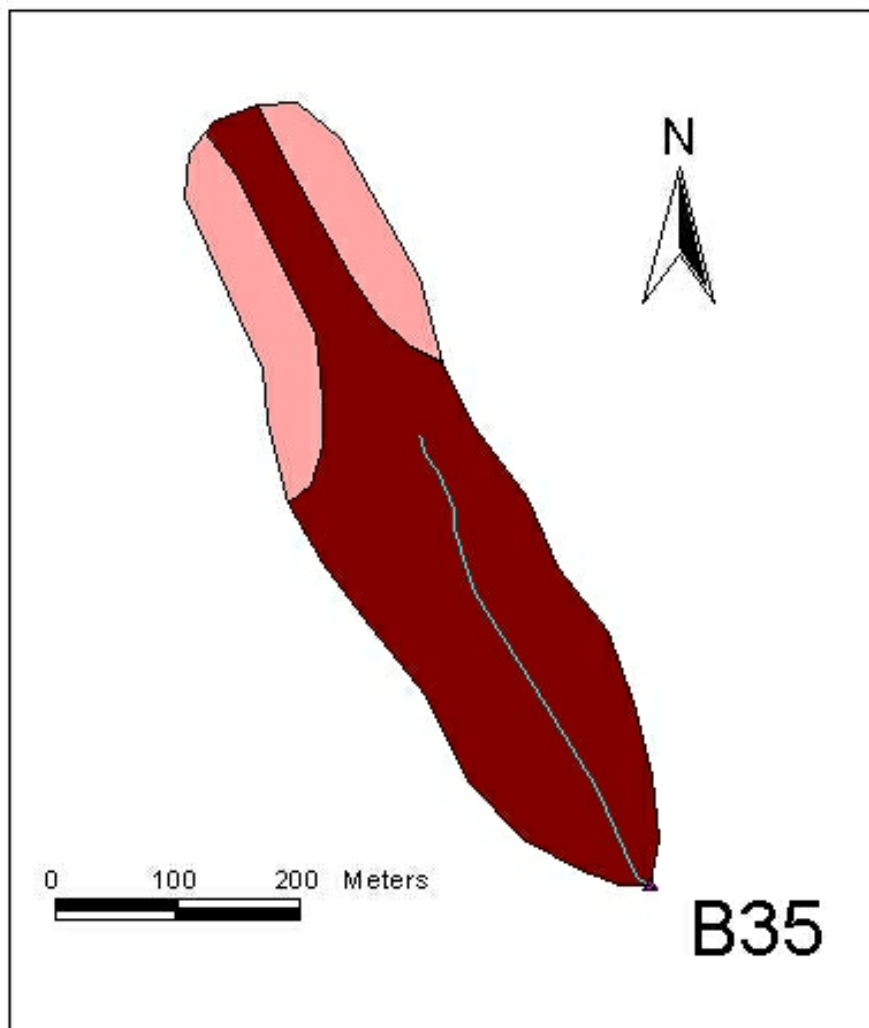


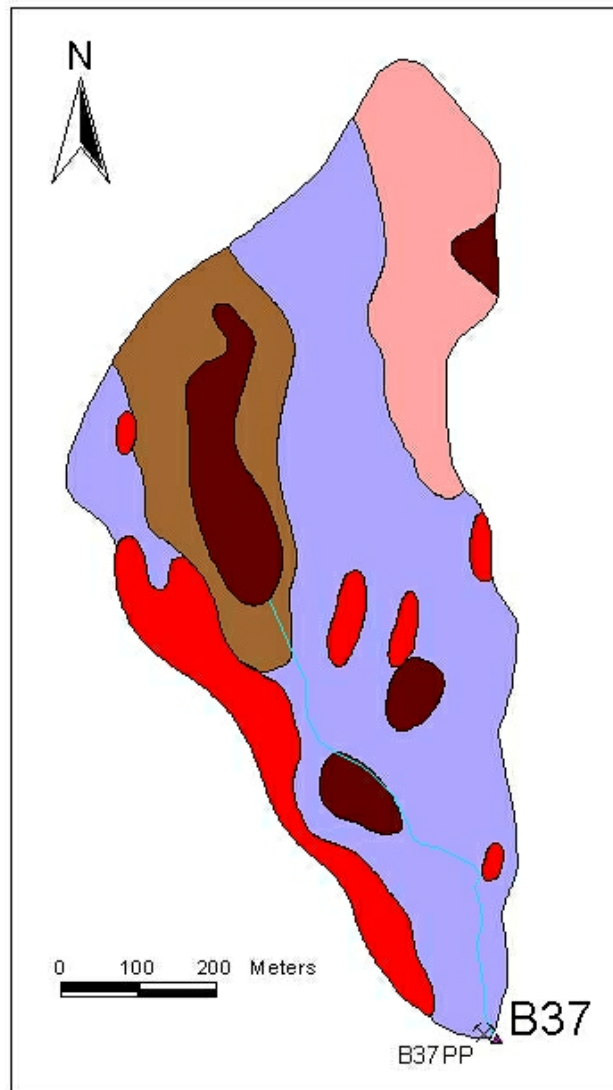


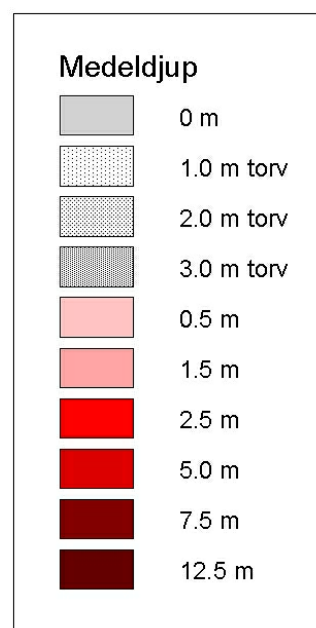
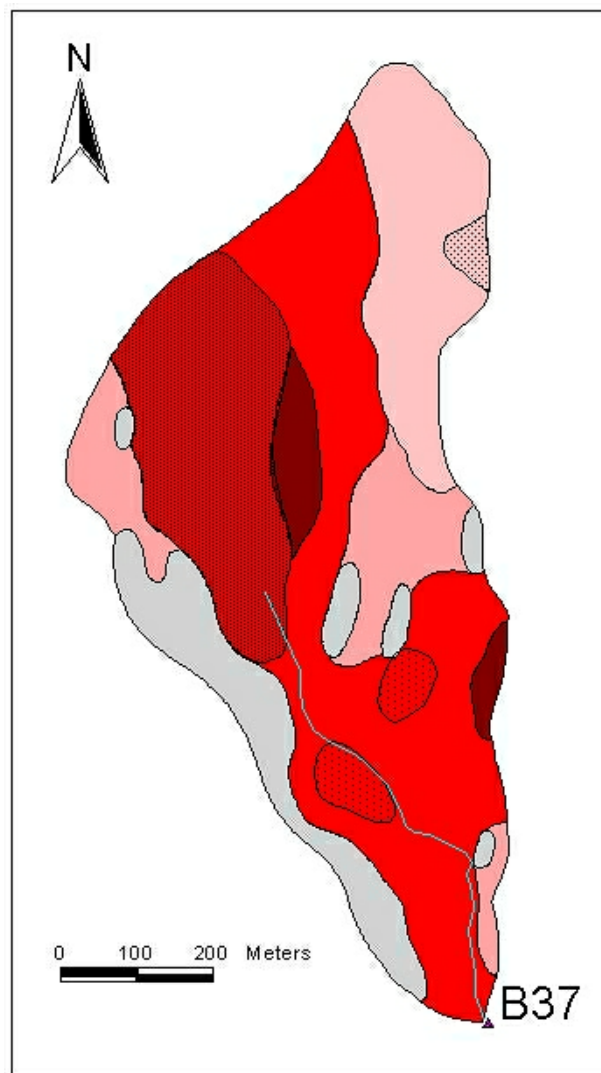


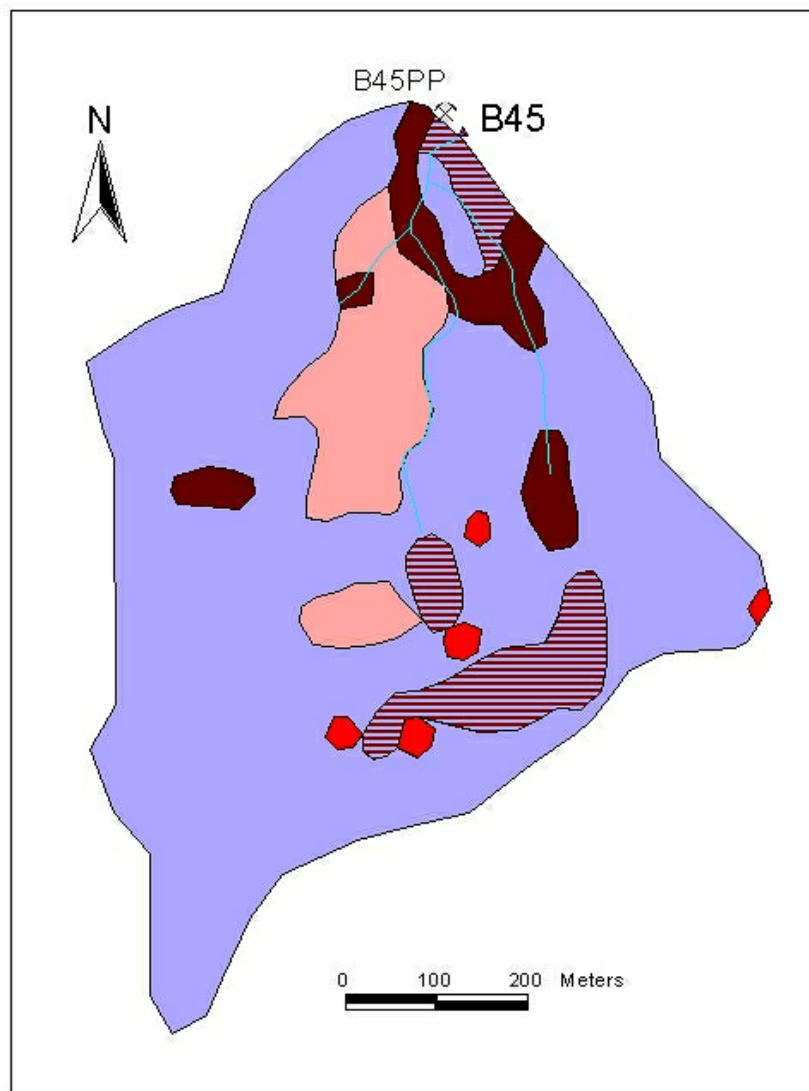


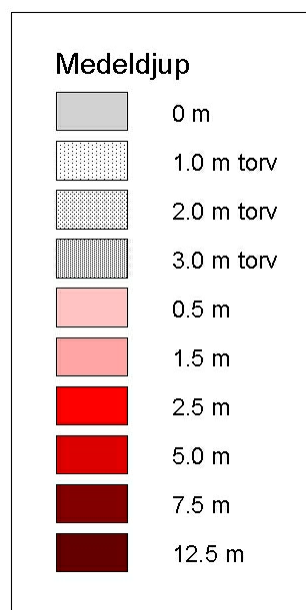
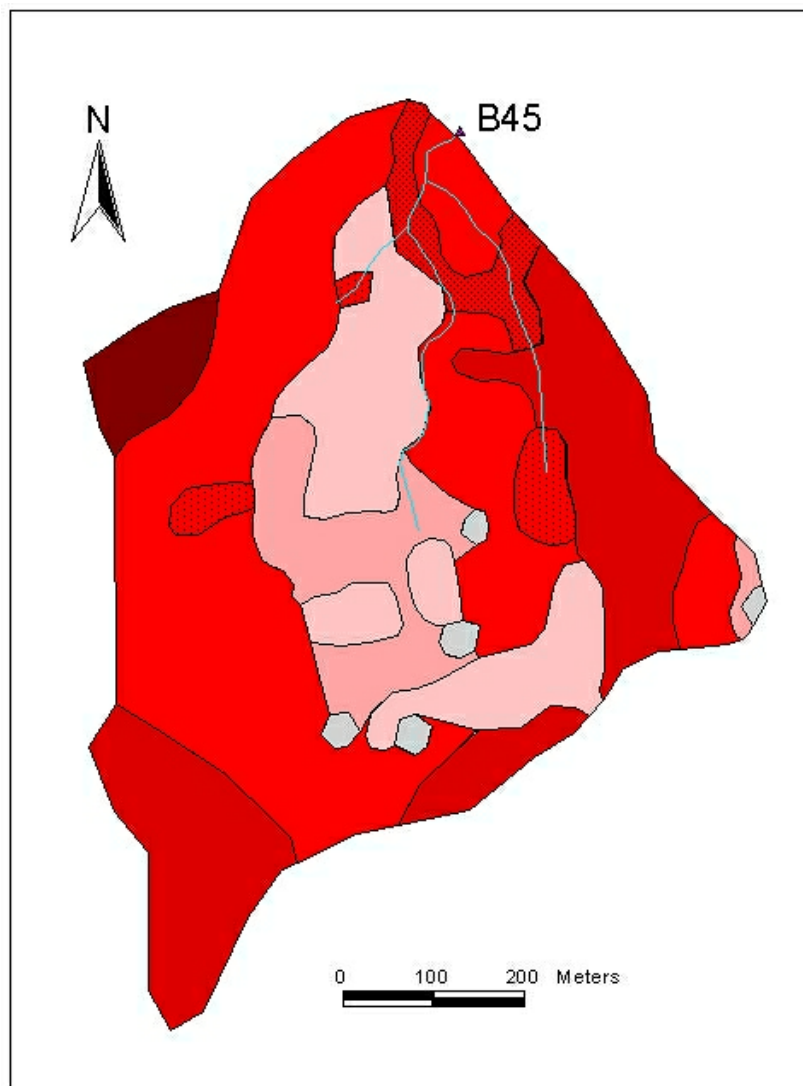


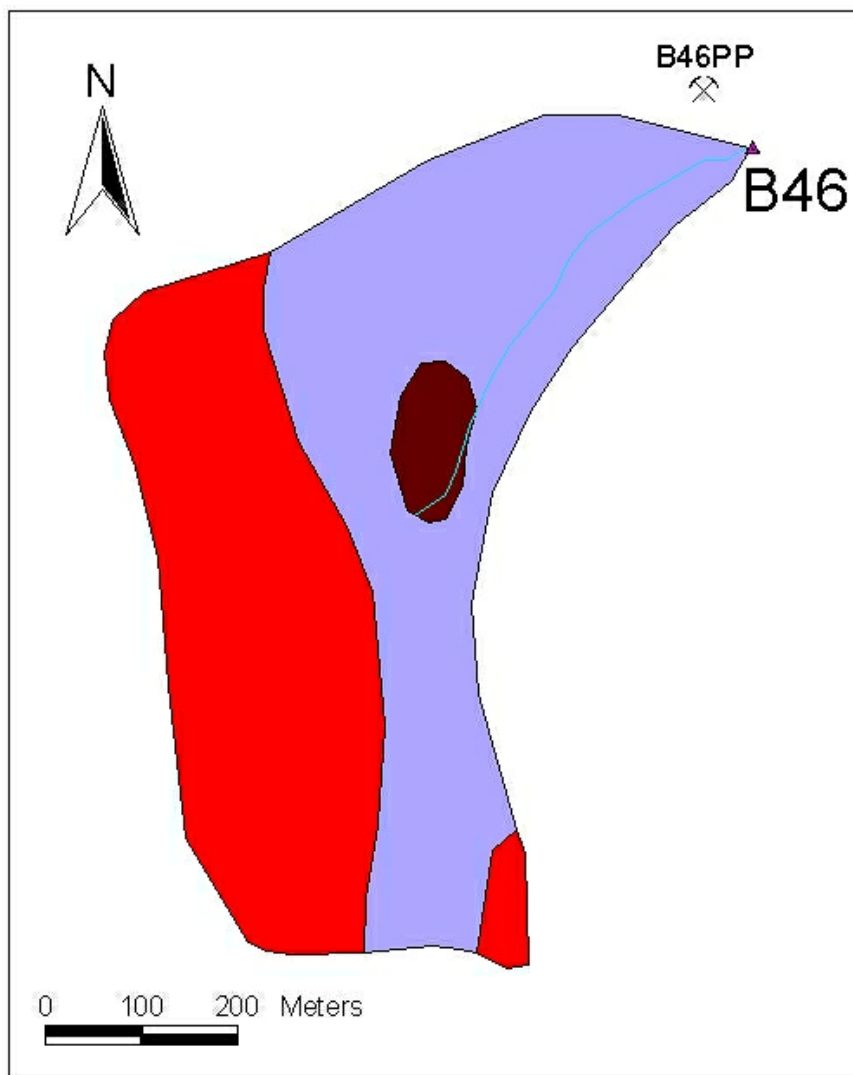


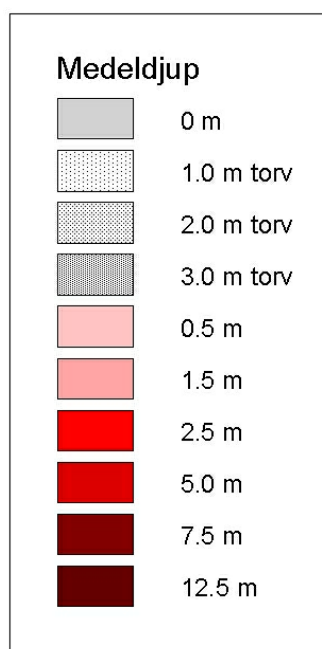
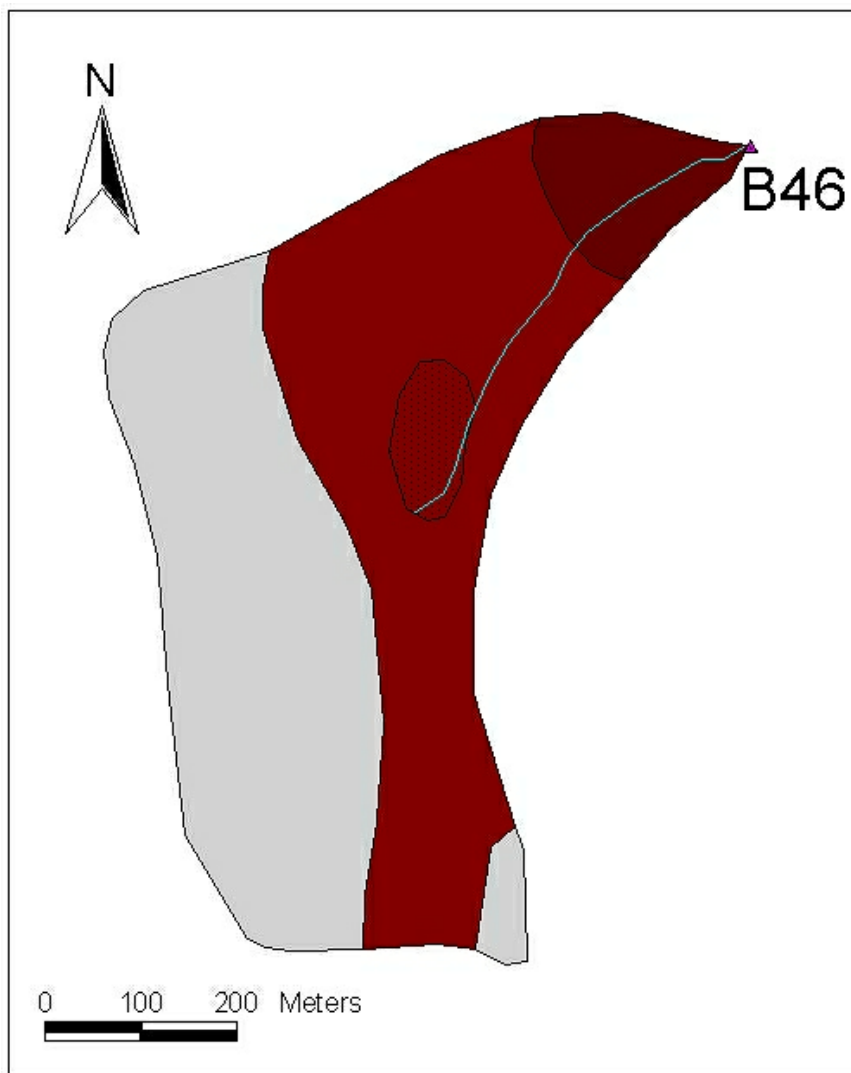


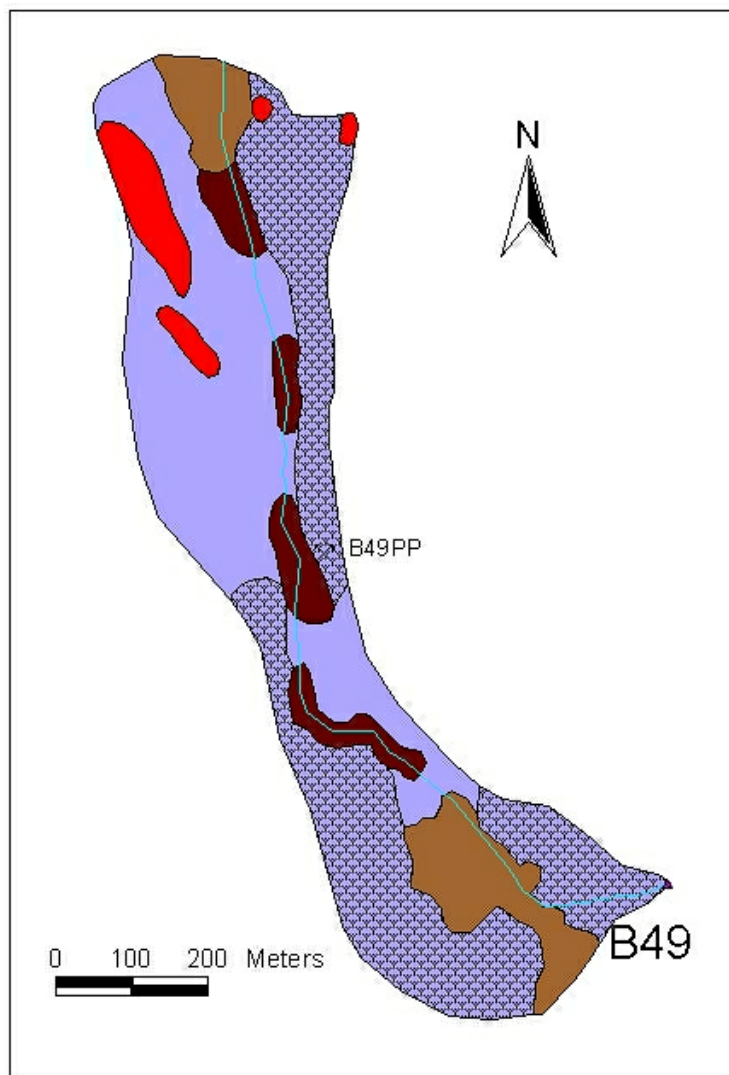


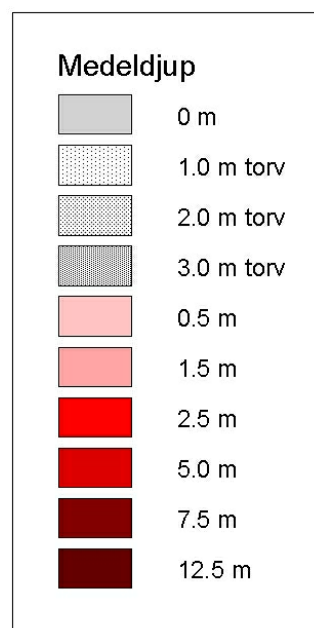
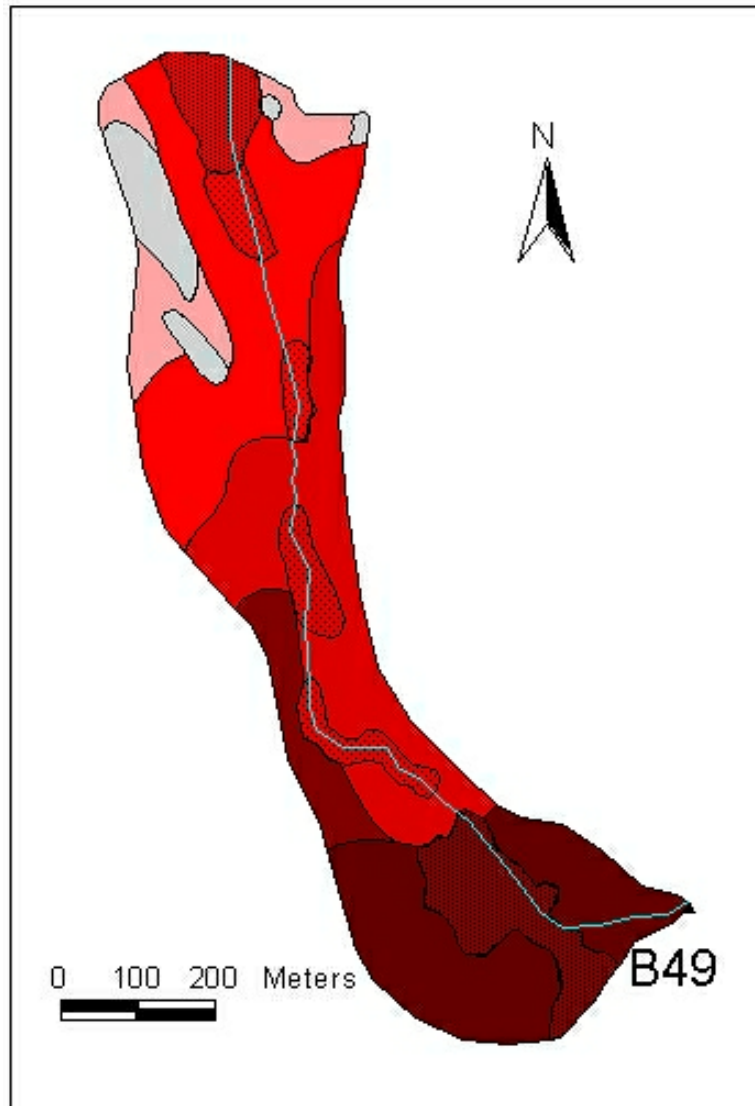


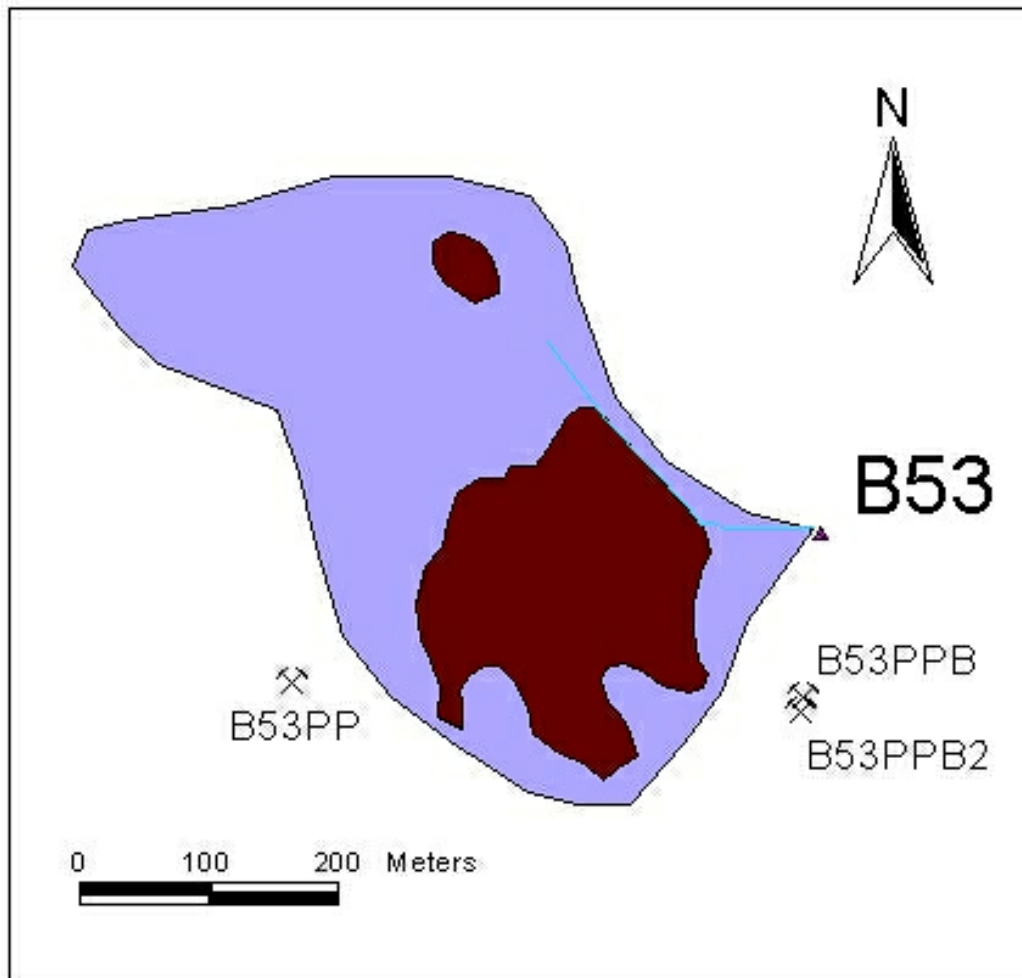


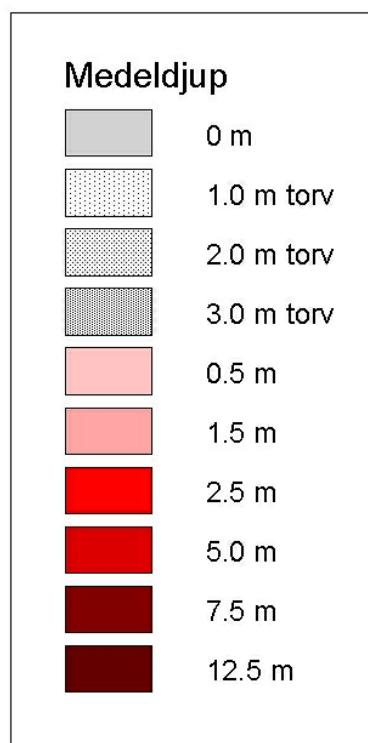
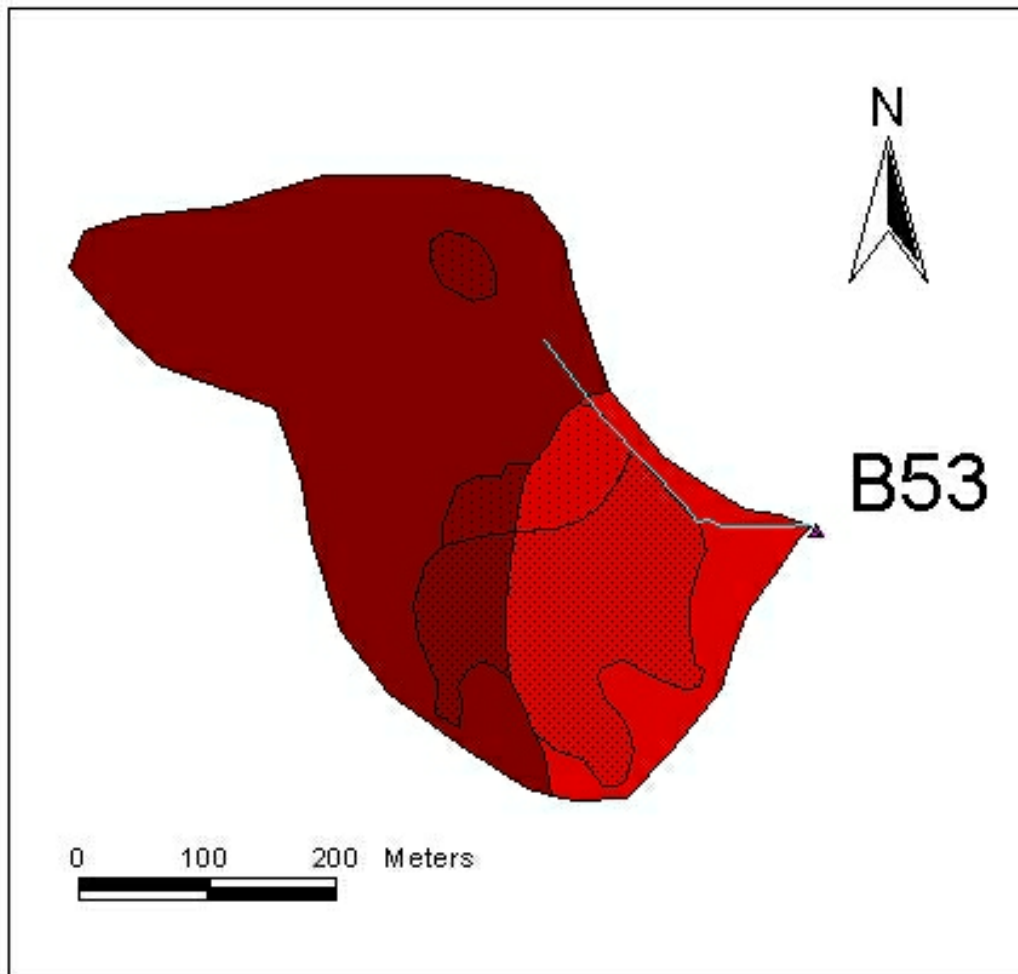


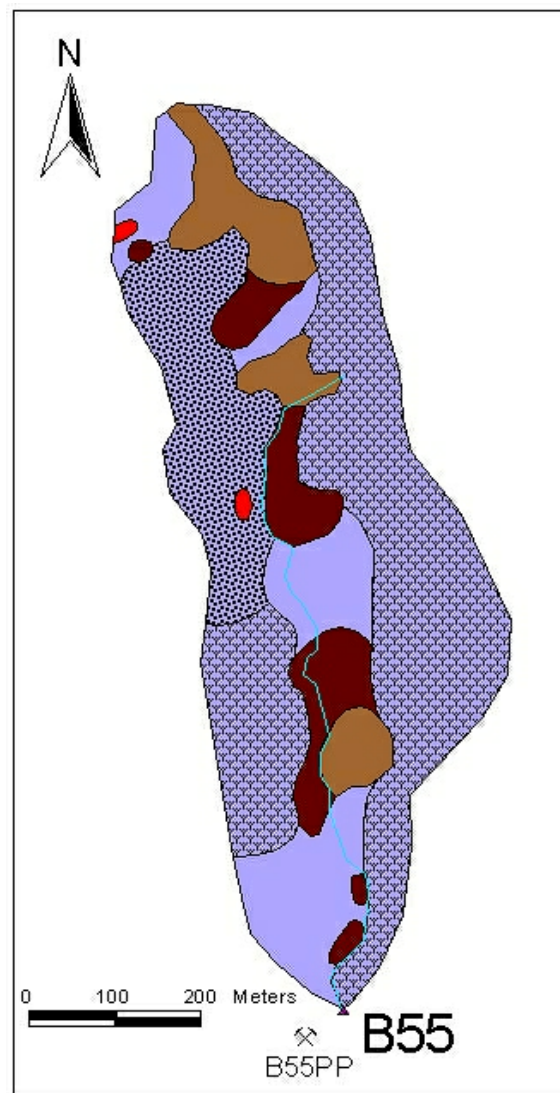


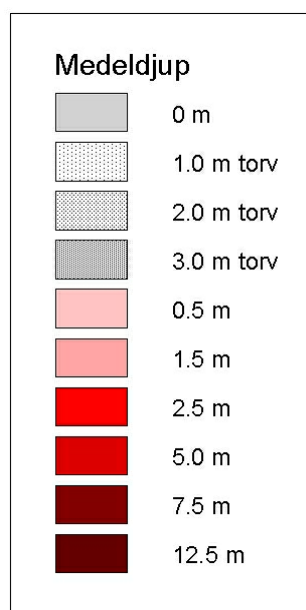


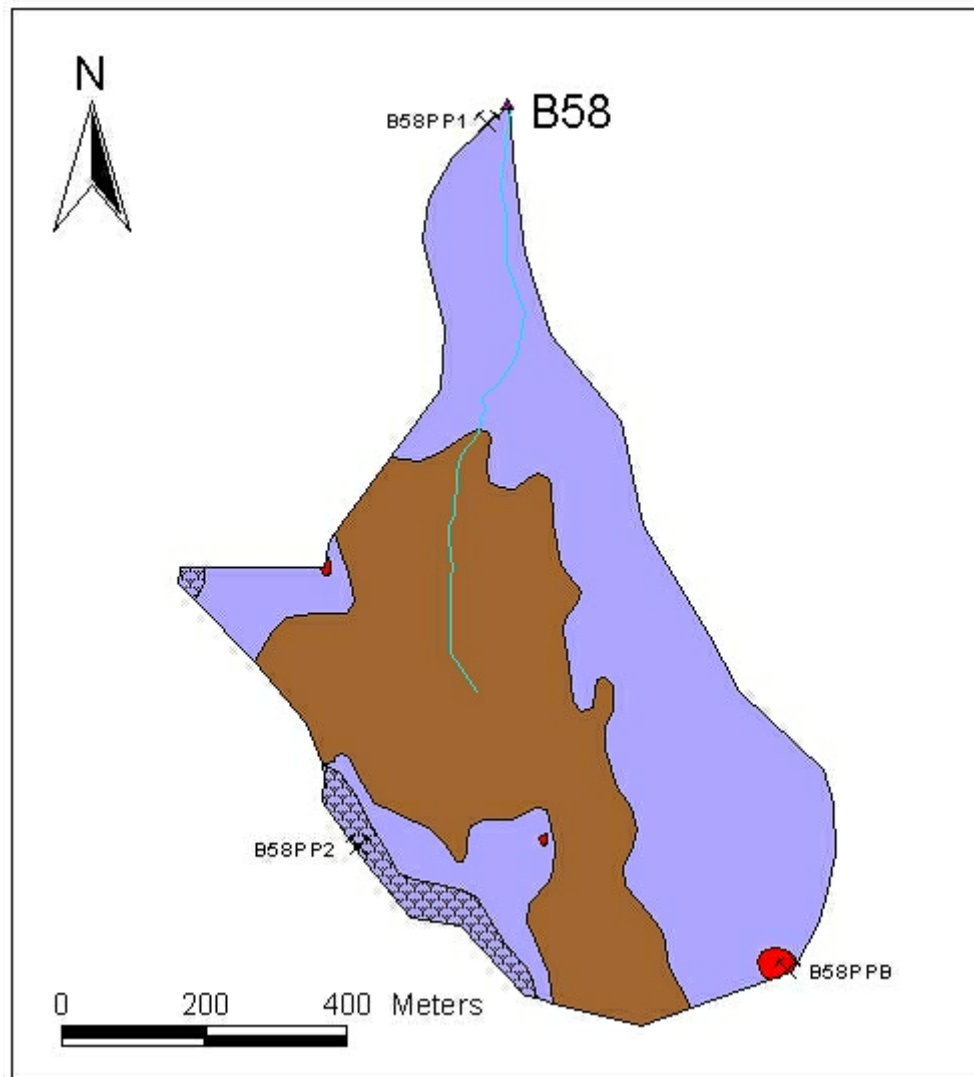


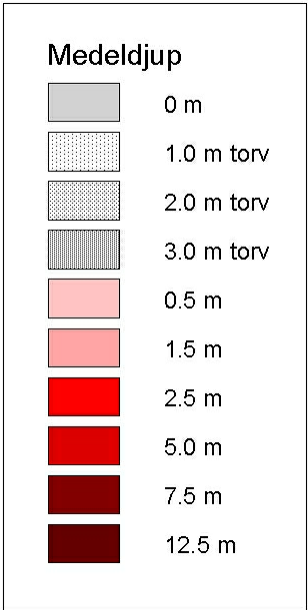
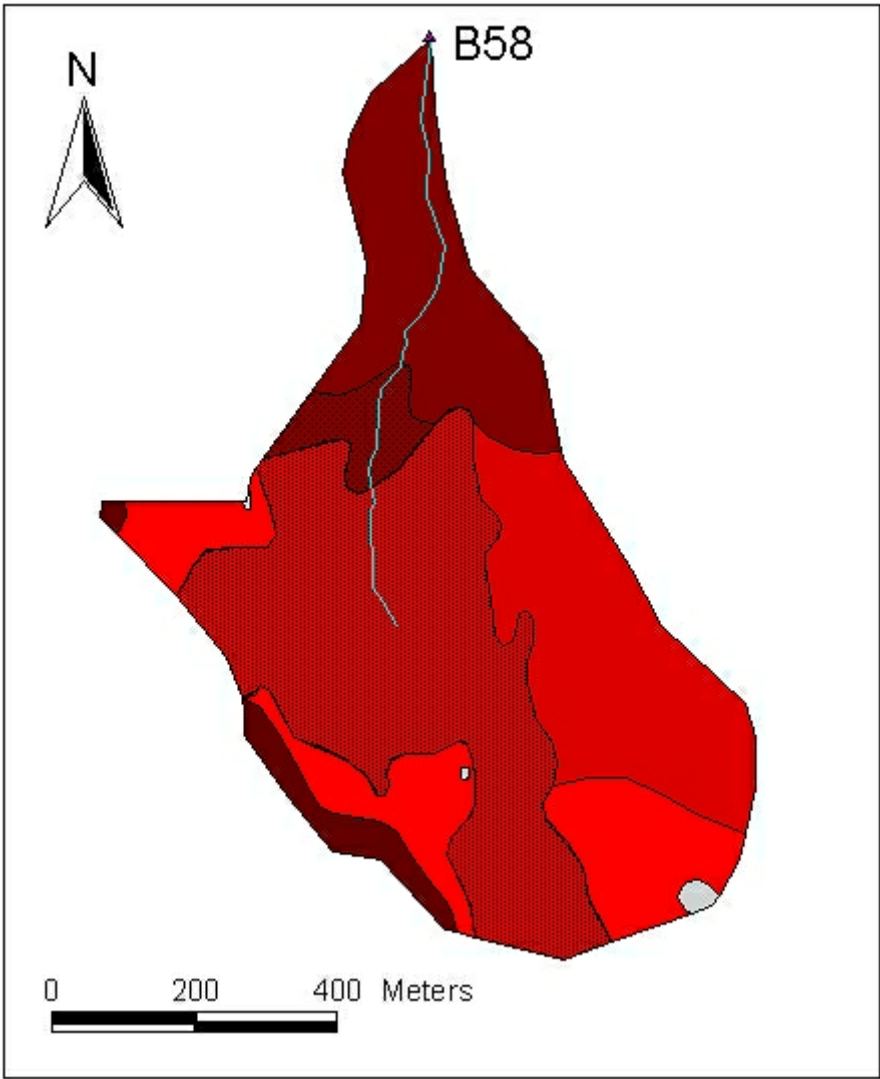


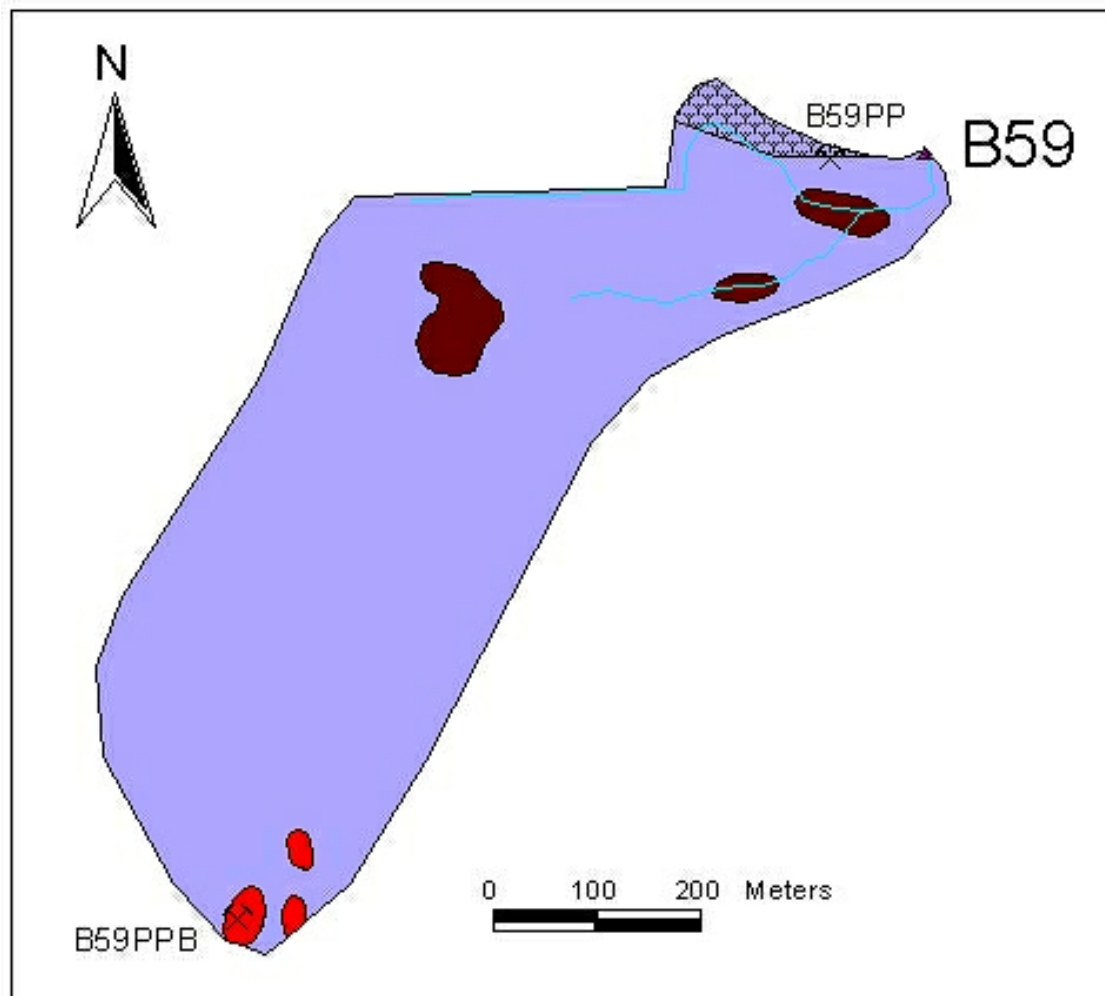


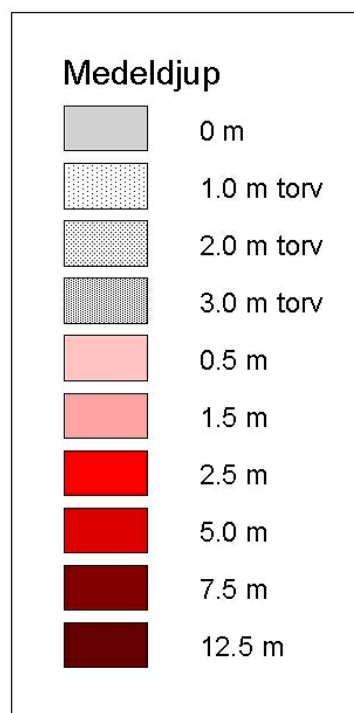
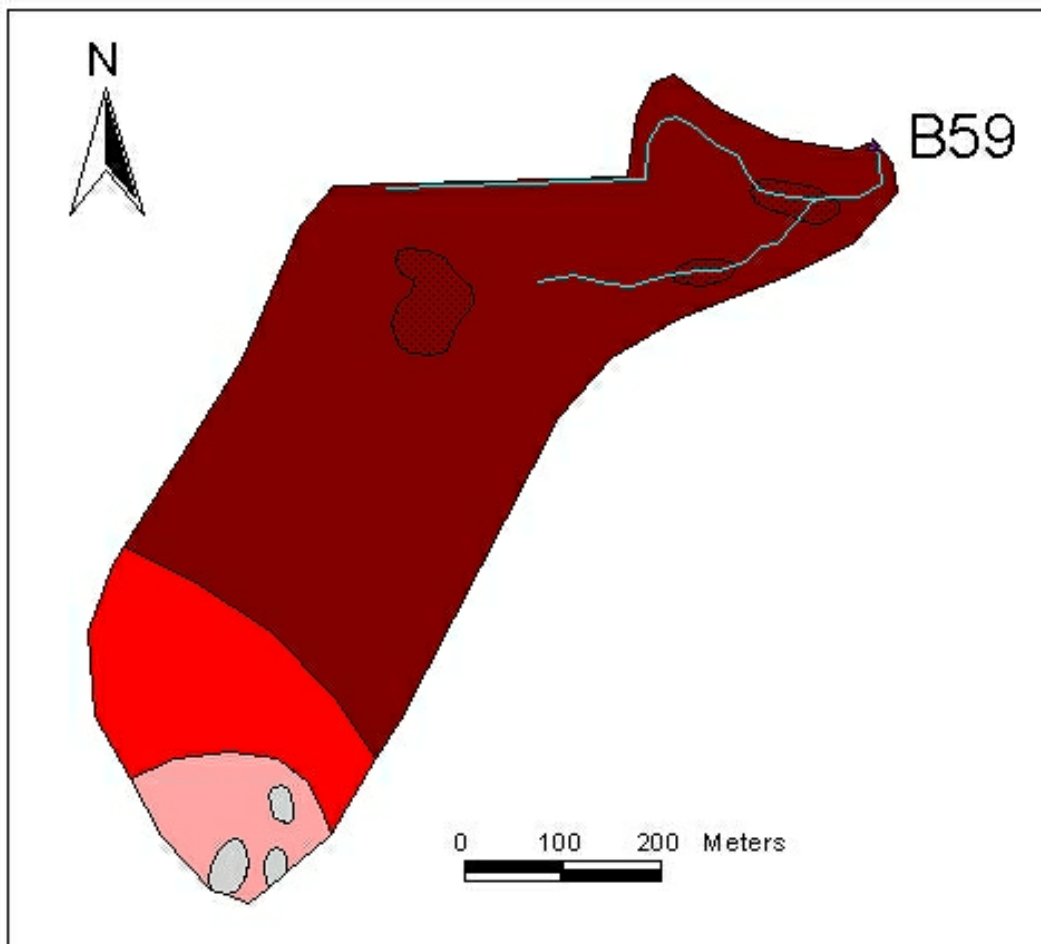


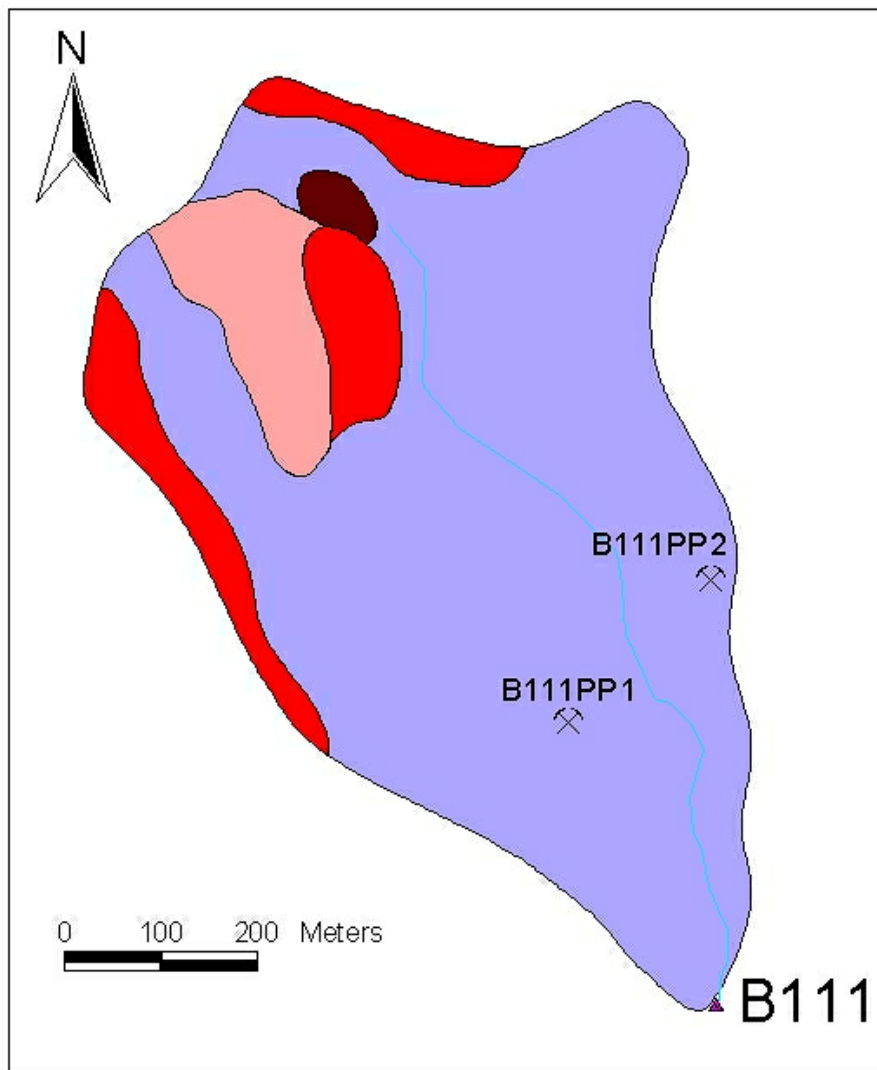


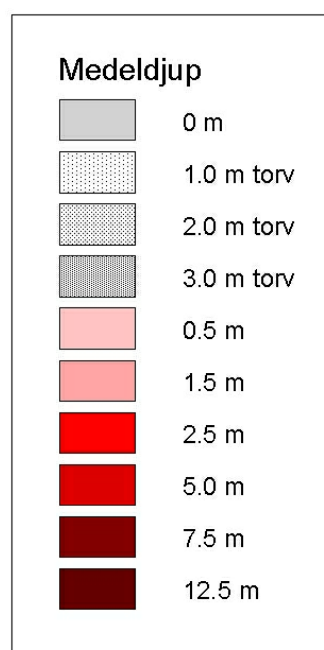
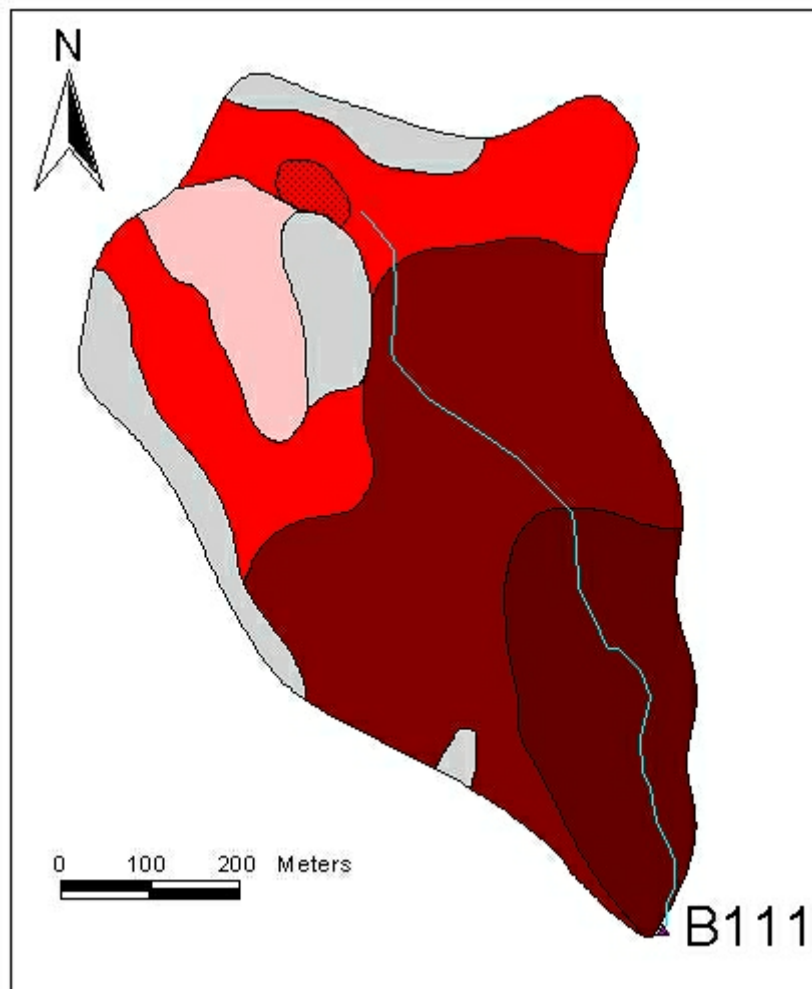












Antagna lagerföljder för punkter i och i närheten av Ellesbo-avlagringen, Göteborg. Förklaringar ges i tabell 6. Alla lager som saknas i en punkt (med antagen lagertjocklek på 2 cm i databasen) har utelämnats. Effekten syns i kolumnerna för lagrens överyta och mäktighet som ibland anges med noggrannhet i centimeter.

Benämning	X	Y	Z	Lagerföljd			Grundvattenyta (m ö.h.)
				markyta (m ö.h.)	Stratigrafisk enhet Överyta (m ö.h.)	Mäktighet (m)	
H3B	6418785	1274160	33	SaU	33,00	6,92	10-8
				Si	26,00	15,00	10-7
				I2	11,00	9,00	10-3
				M2	2,00	3,00	10-7
				B	-1,00		
H4A	6418775	1274130	33	SaU	33,00	4,92	10-8
				Si	28,00	18,00	10-7
				I2	10,00	3,00	10-3
				M2	7,00	6,00	10-7
				B	1,00		
H5A	6418750	1274080	33	SaU	33,00	5,92	10-8
				Si	27,00	7,00	10-7
				I2	20,00	1,00	10-3
				M2	19,00	2,00	10-7
				B	17,00		
H7A	6418795	1274045	37	SaU	37,00	7,94	10-5
				I1	29,00	5,96	10-4
				M2	23,00	6,00	10-7
				B	17,00		
B11	6417730	1273410	82	M1	81,94	18,94	10-7
				I1	63,00	2,94	10-4
				B	60,00		
B12	6417866	1274076	18	M1	17,94	5,86	10-7
				B	12,00		
B13	6418230	1274040	25	M1	24,94	1,86	10-7
				B	23,00		
B14	6418150	1273450	82	SaU	82,00	0,02	10-8
				S	81,98	0,96	10-5
				M1	81,00	24,00	10-7
				I1	57,00	2,94	10-4
				B	54,00		
B15	6418180	1273465	82	S	81,98	0,96	10-5
				M1	81,00	17,00	10-7
				I1	64,00	1,94	10-4
				B	62,00		
B16	6418230	1273270	80	S	79,98	0,86	10-5
				B	79,00		
B17	6418280	1273370	80	S	79,98	0,96	10-5
				M1	79,00	11,00	10-7
				I1	68,00	0,94	10-4
				B	67,00		
B18	6418340	1273420	79	S	78,98	0,96	10-5
				M1	78,00	14,00	10-7
				I1	64,00	0,94	10-4
				B	63,00		

Bilaga 14 (2)

Benämning	X	Y	Z	Lagerföljd			Grundvattenyta (m ö.h.)	
				markyta (m ö.h.)	Stratigrafisk enhet Överyta (m ö.h.)	Mäktighet (m)		Antagen hydraulisk konduktivitet (m/s)
B19	6418400	1273390	77	S	76,98	0,96	10-5	
				M1	76,00	8,00	10-7	
				I1	68,00	0,94	10-4	
				B	67,00			
B20	6418260	1273270	76	B	76,00	0,00		
B21	6418350	1273350	76	S	75,98	0,96	10-5	
				M1	75,00	7,92	10-7	
				B	67,00			
B24	6418500	1274020	32	M1	31,94	6,94	10-7	
				I1	25,00	4,00	10-4	
				Si	21,00	3,00	10-7	
				I2	18,00	2,00	10-3	
				M2	16,00	3,00	10-7	
				B	13,00			
B25	6418567	1274057	34	M1	33,94	9,94	10-7	
				I1	24,00	6,00	10-4	
				Si	18,00	5,00	10-7	
				I2	13,00	3,00	10-3	
				M2	10,00	4,00	10-7	
				B	6,00			
LOL 1480 200	6417040	1273625	16,77	S	16,75	0,75	10-5	15,87
				L	16,00	2,00	10-10	
				M1	14,00	4,00	10-7	
				I1	10,00	4,96	10-4	
				M2	5,00	1,00	10-7	
				B	4,00			
LOL 1480 201	6418740	1274020	31,76	SaU	31,76	5,66	10-5	29,50
				I2	26,00	2,00	10-3	
				M2	24,00	4,00	10-7	
				B	20,00			
LOL 1480 202	6418430	1273430	75,88	S	75,86	0,84	10-5	72,58
				M1	75,00	6,92	10-7	
				L	75,02	0,02	10-10	
				B	68,00			
LOL 1480 203	6418470	1273380	72,69	S	72,67	0,65	10-5	70,99
				M1	72,00	4,92	10-7	
				B	67,00			
LOL 1480 204	6418951	1273950	52,17	M1	52,11	19,11	10-7	49,62
				I1	33,00	8,00	10-4	
				Si	25,00	4,98	10-7	
				M2	20,00	3,00	10-7	
				B	17,00			
LOL 1480 205	6419180	1274185	15,84	S	15,82	0,82	10-5	14,68
				L	15,00	5,00	10-10	
				M1	10,00	7,92	10-7	
				B	2,00			
LOL 1480 206	6419240	1274205	13,06	S	13,06	1,04	10-5	11,23
				L	13,04	2,00	10-10	
				M1	12,00	0,92	10-7	
				B	9,00			

Bilaga 14 (3)

Benämning	X	Y	Z	Lagerföljd			Grundvattenyta (m ö.h.)	
				markyta (m ö.h.)	Stratigrafisk enhet Överyta (m ö.h.)	Mäktighet (m)		Antagen hydraulisk konduktivitet (m/s)
LOL 1480 207	6419260	1274230	11,58	S	11,56	1,54	10-5	9,55
				M1	10,00	2,92	10-7	
				B	7,00			
LOL 1480 208	6419345	1274295	9,30	L	9,26	3,26	10-10	7,25
				M1	6,00	0,92	10-7	
				B	5,00			
LOL 1480 210	6418950	1273665	54,89	S	54,87	1,87	10-5	53,63
				L	53,00	2,00	10-10	
				M1	51,00	2,92	10-7	
				B	48,00			
LOL 1480 211	6418960	1273480	55,95	S	55,93	0,93	10-5	55,53
				L	55,00	5,00	10-10	
				M1	50,00	0,92	10-7	
				B	49,00			
LOL 1480 212	6418900	1273595	57,60	S	57,58	1,58	10-5	55,61
				L	56,00	2,00	10-10	
				M1	54,00	0,92	10-7	
				B	53,00			
LOL 1480 214	6418490	1273980	38,03	S	38,01	0,99	10-5	35,85
				M1	37,00	2,00	10-7	
				I1	35,00	3,96	10-4	
				M2	31,00	2,00	10-7	
				B	29,00			
LOL 1480 215	6418385	1274160	5,99	L	5,95	5,95	10-10	5,99
				M1	0,00	0,92	10-7	
				B	-1,00			
LOL 1480 216	6418305	1274125	6,20	L	6,16	7,16	10-10	6,20
				M1	-1,00	0,92	10-7	
				B	-2,00			
LOL 1480 217	6418040	1273800	54,13	S	54,11	1,11	10-5	52,03
				L	53,00	2,00	10-10	
				M1	51,00	2,00	10-7	
				I1	49,00	1,94	10-4	
				B	47,00			
LOL 1480 218	6417900	1274055	22,99	M1	22,93	5,85	10-7	20,95
				B	17,00			
LOL 1480 219	6417455	1273900	6,94	L	6,90	10,90	10-10	6,52
				M1	-4,00	2,92	10-7	
				B	-7,00			
LOL 1480 220	6417494	1273661	35,73	L	35,69	4,67	10-10	35,73
				I1	31,00	4,96	10-4	
				M2	26,00	2,00	10-7	
				B	24,00			
LOL 1480 221	6417196	1273626	18,97	M1	18,91	3,91	10-7	18,97
				I1	15,00	3,96	10-4	
				L	18,93	0,02	10-10	
				M2	11,00	2,00	10-7	
				B	9,00			
LOL 1480 222	6417060	1273590	23,58	I1	23,50	7,46	10-4	23,58
				M2	16,00	2,00	10-7	
				B	14,00			

Bilaga 14 (4)

Benämning	X	Y	Z	Lagerföljd			Grundvattenyta (m ö.h.)	
				markyta (m ö.h.)	Stratigrafisk enhet Överyta (m ö.h.)	Mäktighet (m)		Antagen hydraulisk konduktivitet (m/s)
LOL 1480 223	6417350	1273855	7,06	L	7,02	7,02	10-10	6,01
				M1	0,00	4,92	10-7	
				B	-5,00			
LOL 1480 224	6416935	1273650	14,42	S	14,40	1,38	10-5	13,3
				M1	13,00	5,92	10-7	
				B	7,00			
LOL 1480 228	6417460	1273905	5,46	L	5,42	13,42	10-10	5,46
				M1	-8,00	2,92	10-7	
				B	-11,00			
Jb8	6418150	1273490	80	M1	79,94	26,94	10-7	
				I1	53,00	3,94	10-4	
				B	49,00			
S1-99A	6418632	1273804	44,25	SaU	44,25	1,13	10-5	
				M2	43,00	3,00	10-7	
				B	40,00			
S1-99B	6418664	1273842	42,31	SaU	42,31	3,19	10-5	
				M2	39,00	3,00	10-7	
				B	36,00			
S1-99C	6418696	1273881	40,69	SaU	40,69	6,63	10-5	34
				I1	34,00	3,96	10-4	
				M2	30,00	2,00	10-7	
				B	28,00			
S1-99D	6418729	1273919	38,97	SaU	38,97	5,91	10-5	32
				I1	33,00	3,96	10-4	
				M2	29,00	6,00	10-7	
				B	23,00			
S1-99E	6418761	1273957	36,73	SaU	36,73	4,67	10-5	31
				I1	32,00	3,96	10-4	
				M2	28,00	6,00	10-7	
				B	22,00			
S2-99A	6417588	1273359	77,80	S	77,78	0,76	10-5	67
				M1	77,00	15,00	10-7	
				I1	62,00	2,94	10-4	
				B	59,00			
S2-99B	6417570	1273406	73,13	S	73,11	1,09	10-5	61
				M1	72,00	20,00	10-7	
				I1	52,00	2,94	10-4	
				B	49,00			
S2-99C	6417553	1273452	69,18	M1	69,12	23,12	10-7	55
				I1	46,00	4,94	10-4	
				B	41,00			
S2-99D	6417535	1273499	64,07	M1	64,01	24,01	10-7	50
				I1	40,00	9,96	10-4	
				M2	30,00	3,00	10-7	
				B	27,00			
S2-99E	6417518	1273546	57,06	M1	57,00	13,00	10-7	47
				I1	44,00	7,96	10-4	
				M2	36,00	2,00	10-7	
				B	34,00			

Benämning	X	Y	Z	Lagerföljd			Grundvattenyta (m ö.h.)	
				markyta (m ö.h.)	Stratigrafisk enhet	Överyta Mäktighet (m)		Antagen hydraulisk konduktivitet (m/s)
S2-99F	6417500	1273592	50,72	M1	50,66	6,66	10-7	41
				I1	44,00	5,96	10-4	
				M2	38,00	3,00	10-7	
				B	35,00			
S3-99A	6418190	1273550	74,84	M1	74,78	23,78	10-7	59
				I1	51,00	3,94	10-4	
				B	47,00			
S3-99B	6418216	1273593	71,83	M1	71,77	18,77	10-7	57
				I1	53,00	4,94	10-4	
				B	48,00			
S3-99C	6418242	1273636	69,28	M1	69,22	18,22	10-7	55
				I1	51,00	4,96	10-4	
				M2	46,00	2,00	10-7	
				B	44,00			
S3-99D	6418267	1273678	66,31	M1	66,25	18,25	10-7	54
				I1	48,00	4,96	10-4	
				M2	43,00	2,00	10-7	
				B	41,00			
S3-99E	6418293	1273721	62,99	M1	62,93	11,93	10-7	51
				I1	51,00	9,96	10-4	
				M2	41,00	2,00	10-7	
				B	39,00			
S3-99F	6418319	1273764	59,14	M1	59,08	7,08	10-7	47
				I1	52,00	11,96	10-4	
				M2	40,00	2,00	10-7	
				B	38,00			
S3-99G	6418345	1273807	55,77	M1	55,71	5,71	10-7	47
				I1	50,00	5,96	10-4	
				M2	44,00	2,00	10-7	
				B	42,00			
S3-99H	6418370	1273850	52,33	M1	52,27	4,27	10-7	46
				I1	48,00	4,96	10-4	
				M2	43,00	2,00	10-7	
				B	41,00			
S3-99I	6418396	1273893	47,26	M1	47,20	3,20	10-7	44
				I1	44,00	3,96	10-4	
				M2	40,00	2,00	10-7	
				B	38,00			
S3-99J	6418422	1273935	44,52	M1	44,46	3,46	10-7	38
				I1	41,00	3,96	10-4	
				M2	37,00	2,00	10-7	
				B	35,00			
S4-99A	6418941	1274145	46,46	M1	46,40	14,40	10-7	32
				I1	32,00	7,00	10-4	
				Si	25,00	25,00	10-7	
				I2	0,00	4,98	10-3	
				B	-5,00			
S4-99B	6418972	1274184	42,44	M1	42,38	15,38	10-7	27
				I1	27,00	7,00	10-4	
				Si	20,00	25,00	10-7	
				I2	-5,00	4,98	10-3	
				B	-10,00			

Bilaga 14 (6)

Benämning	X	Y	Z	Lagerföljd			Grundvattenyta (m ö.h.)	
				markyta (m ö.h.)	Stratigrafisk enhet Överyta (m ö.h.)	Mäktighet (m)		Antagen hydraulisk konduktivitet (m/s)
S4-99C	6419003	1274224	38,69	M1	38,63	13,63	10-7	25
				I1	25,00	7,00	10-4	
				Si	18,00	25,00	10-7	
				I2	-7,00	4,98	10-3	
				B	-12,00			
S4-99D	6419034	1274263	34,15	M1	34,09	13,09	10-7	21
				I1	21,00	6,00	10-4	
				Si	15,00	25,00	10-7	
				I2	-10,00	7,88	10-3	
				B	-18,00			
S4-99E	6419064	1274302	26,66	M1	26,60	14,60	10-7	12
				I1	12,00	5,00	10-4	
				Si	7,00	19,00	10-7	
				I2	-12,00	5,98	10-3	
				B	-18,00			
SGU 9901	6417480	1273620	41,03	L	40,99	3,97	10-10	41,00
				I1	37,00	5,96	10-4	
				M2	31,00	2,00	10-7	
				B	29,00			
SGU 9902	6418250	1273770	58,50	L	58,46	4,44	10-10	50,53
				I1	54,00	8,96	10-4	
				M2	45,00	3,00	10-7	
				B	42,00			
SGU 9903	6418680	1273910	34,85	OU	34,85	2,79	10-5	32,03
				I1	32,00	1,96	10-4	
				M2	30,00	4,00	10-7	
				B	26,00			
SGU 9904	6418740	1274050	32,36	SaU	32,36	6,28	10-8	20,77
				Si	26,00	15,00	10-7	
				I2	11,00	9,00	10-3	
				M2	2,00	3,00	10-7	
				B	-1,00			
SGU 9905	6418720	1274210	13,08	Si	12,98	11,98	10-7	7,82
				I2	1,00	6,00	10-3	
				M2	-5,00	5,00	10-7	
				B	-10,00			
E	6418800	1274090	42	M1	41,94	11,94	10-7	
				I1	30,00	4,00	10-4	
				Si	26,00	15,00	10-7	
				I2	11,00	5,00	10-3	
				M2	6,00	2,00	10-7	
B	4,00							
G	6418860	1273930	57	M1	56,94	21,94	10-7	
				I1	35,00	10,00	10-4	
				Si	25,00	4,98	10-7	
				M2	20,00	3,00	10-7	
				B	17,00			
H	6418630	1273980	51	M1	50,94	13,94	10-7	
				I1	37,00	5,96	10-4	
				M2	31,00	4,00	10-7	
				B	27,00			

Bilaga 14 (7)

Benämning	X	Y	Z	Lagerföljd			Grundvattenyta (m ö.h.)
				markyta (m ö.h.)	Stratigrafisk enhet Överyta (m ö.h.)	Mäktighet (m)	
Rönning grustag	6417060	1273540	35	M1	34,94	7,94	10-7
				I1	27,00	7,96	10-4
				M2	19,00	2,00	10-7
				B	17,00		
Rönning Slättenavägen	6417060	1273270	61	M1	60,94	4,94	10-7
				I1	56,00	4,94	10-4
				B	51,00		
Fix S4-99	6419120	1274360	8,8	M1	8,74	9,74	10-7
				I1	-1,00	4,00	10-4
				Si	-5,00	12,00	10-7
				I2	-17,00	2,98	10-3
				B	-20,00		
Fix milstolpe	6419040	1273680	55	B	54,84		
Fixpkt 91739	6418247	1274094	11,28	B	11,12		
Fixpkt 90343	6417982	1274063	15,33	B	15,17		
Fixpkt 90325	6417394	1273853	10,77	B	10,61		
Fixpkt 90869	6416676	1273596	25,29	B	25,13		
Fixpkt 90351	6416588	1273863	10,73	B	10,57		
B1	6416200	1272980	64	B	63,00		
B2	6416210	1272900	67	S	66,98	1,86	10-5
				B	65,00		
B3	6416200	1273040	61	B	60,84		
B4	6416250	1273200	40	L	39,96	7,96	10-10
				M1	32,00	0,92	10-7
				B	31,00		
B5	6416156	1273295	40	L	39,96	16,96	10-10
				M1	23,00	2,92	10-7
				B	20,00		
B6	6416390	1272910	80	S	79,98	0,86	10-5
				B	79,00		
B7	6416460	1273060	69	M1	68,94	4,86	10-7
				B	64,00		
B8	6416470	1273240	43	M1	42,94	14,86	10-7
				B	28,00		
B10	6417015	1273070	69	S	68,98	0,96	10-5
				M1	68,00	0,92	10-7
				L	68,02	0,02	10-10
				B	67,00		
LOL 1480 226	6416610	1273795	16,97	L	16,93	8,93	10-10
				M1	8,00	2,92	10-7
				B	5,00		
LOL 1480 227	6416630	1273905	6,03	L	5,99	10,99	10-10
				M1	-5,00	2,92	10-7
				B	-8,00		

Bilaga 14 (8)

Benämning	X	Y	Z	Lagerföljd			Grundvattenyta (m ö.h.)
				markyta (m ö.h.)	Stratigrafisk enhet Överyta (m ö.h.)	Mäktighet (m)	
Jb4	6416200	1273250	40	L	39,96	15,96	10-10
				M1	24,00	1,92	10-7
				B	22,00		
Jb5	6416360	1273290	41	L	40,96	13,96	10-10
				M1	27,00	2,92	10-7
				B	24,00		
Jb6	6416400	1273300	41	L	40,96	14,96	10-10
				M1	26,00	6,92	10-7
				B	21,00		
Jb7	6416480	1273250	42	L	41,96	7,96	10-10
				M1	34,00	4,92	10-7
				B	29,00		
L	6416340	1272560	68	L	67,96	7,96	10-10
				M1	60,00	0,92	10-7
				B	59,00		
M	6416490	1272390	80	M1	79,94	2,86	10-7
				B	77,00		
N	6416720	1272700	67	SaU	67,00	2,00	10-8
				L	64,98	10,00	10-10
				M1	54,98	0,90	10-7
				B	54,00		
P	6417070	1272720	68	L	67,96	9,96	10-10
				M1	58,00	0,92	10-7
				B	57,00		
Q	6417430	1272950	72	S	71,98	0,98	10-5
				L	71,00	5,00	10-10
				M1	66,00	0,92	10-7
				B	65,00		