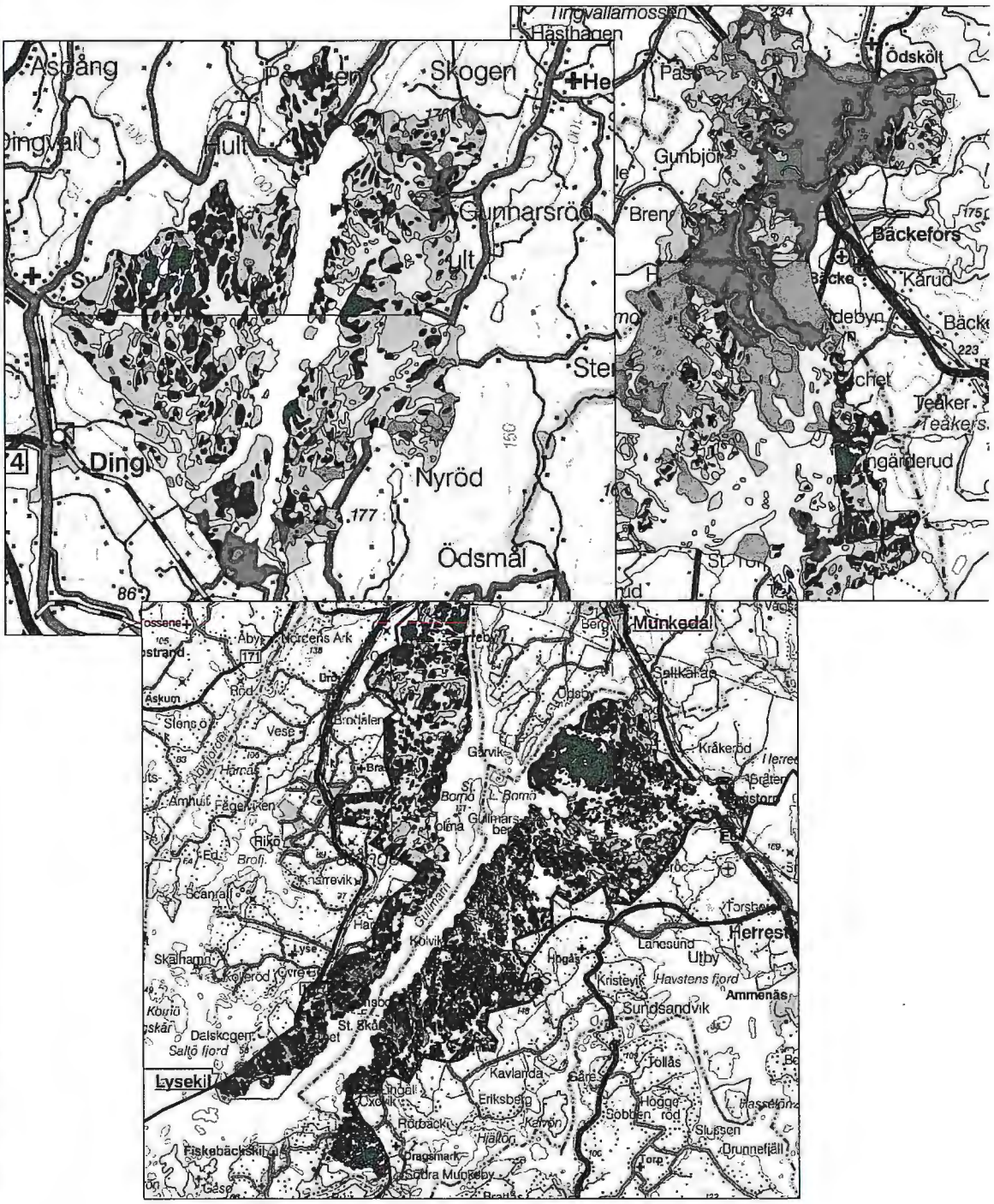
LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Rapport 2006:11

Grundvatten och geologi inom Gullmarns tillrinningsområde



www.o.lst.se

Interreg North Sea Region

Grundvatten och geologi inom Gullmarns tillrinningsområde

LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN
Rapport 2006:11

PRODUKTION Länsstyrelsen i Västra Götalands län | Vattenvårdsenheten | Tel. 031-60 50 00

FÖRFATTARE Barbara Thulin| Länsstyrelsen Västra Götaland

RAPPORT 2006:11

ISSN 1403-168X

Hämta rapporten på www.o.lst.se under rubriken Publikationer

Förord

Denna rapport är producerad inom ett EU-projekt (Interreg III B) där Länsstyrelsen i Västra Götalands Län är projektledare för den svenska delen. Projektet samlar 6 länder runt Nordsjön i en förstudie till EG:s ramdirektiv för vatten. Projektnamnet NOLIMP-WFD står för **NO**rth Sea Regional and **L**ocal **IMP**lementation of the **W**ater **F**ramework **D**irective, vilket också visar en del av syftet med projektet. Genom att välja ut ett pilotområde i varje land där Ramdirektivet implementeras kan arbetssättet med att förbättra vattenkvaliteten enligt direktivet provas. Det är ofta inte förrän en metod börjar användas som problem upptäcks och lösningar arbetas fram. De deltagande länderna kan genom projektet kommunicera på ett naturligt sätt och utbyta erfarenheter. Det finns flera gemensamma problem för vattenkvaliteten och hur man ska kunna involvera lokala intressenter. Övergödning är ett stort problem i alla länderna och utsläpp och diffusa läckage av näringsämnen kräver innovativa lösningar. Ramdirektivets arbetsgång ska leda till en förbättrad vattenkvalitet steg för steg genom att beskriva vattnen, statusbedöma dem, ta fram åtgärdsplaner och förvaltningsplaner samt genomföra dem.

Mer om NOLIMP-WFD finns att läsa på www.nolimp.org och om den svenska delen på www.gullmarn.org.

Det svenska pilotområdet är Gullmarn och dess tillrinningsområde i Bohuslän. Denna rapport redogör för geologin och grundvattensituationen i detta område och de förutsättningar som finns för karakterisering av ytvatten och grundvatten.

Göteborg 2006-01-30

Hans Oscarsson

Länsstyrelsen Västra Götaland Län

Sammanfattning

Geologin i Gullmarns tillrinningsområde beskrivs för att förstå förutsättningarna för grundvattenförekomster och hur berg- och jordarterna ger förutsättningarna för ytvattnet. Gullmarns tillrinningsområde består av kristallin berggrund som är mycket gammal. Den bildar ett sjöfattigt sprickdalslandskap, samtidigt som berg i dagen täcker stora ytor och gynnar snabb ytavrinning. Dessa faktorer hindrar retention och har en negativ påverkan på ytvatten. Mediankapaciteten för uttag av grundvatten ur berggrunden är mycket låg i Gullmarns tillrinningsområde. Därför bör vattenförvaltningen i ett första skede koncentreras på att kartlägga grundvattentillgångar i kvartära sediment. De flesta kvartära sediment har avlagrats under senaste avsmältningsperioden från Weichselnedisningen som började för 23 000 år sedan.

Jordarter som sand och isälvssediment har en mycket hög permeabilitet. Därför kan även mindre förekomster av sand och isälvssediment vara bra grundvattenreservoarer om topografiska förutsättningar finns. Fördelningen av kvartära sediment i digitala jordartskartor som baseras på lokal kartering har i denna rapport utvärderats per delavrinningsområde för Gullmarns tillrinningsområde. Dessa kartor kunde jämföras med EU-rapporteringen som Naturvårdsverket gjort under 2005 (Naturvårdsverket 2005) och prioriteringsordning för vidare hydrogeologisk specialkartering av grundvattentillgångar inom ramen för vattenförvaltning har getts. Jordartskartorna klipptes i GIS enligt ytvattnets delavrinningsområden. Miljöövervakning kan inriktas på grundvattenreservoarer med konstaterade kontakter mellan yt- och grundvatten där ett delavrinningsområde har dålig eller otillfredsställande ytvattenstatus.

Nytt i denna rapport är att en tydlig korrelation mellan jordartsfördelning och ytvattenstatus kunde åskådliggöras. Det visade sig att jordartsfördelningen ger förutsättningar för ytvattenstatusen. Både den procentuella andelen av jordarter beträffande ytan och själva fördelningen över arealen kan ge bra förutsättningar för ytvatten eller positiva bidrag till retention av framför allt fosfor och kväve. Stora sammanhängande ytor av samma jordart, speciellt berg i dagen och/eller lera eller ett småfläckigt/brutet landskap inom ett delavrinningsområde bestämmer förutsättningarna. Detta samband gäller för 80 - 90 % av delavrinningsområdena både ytmässigt och antalsmässigt. Rapporten innehåller en genomgång av för samtliga delavrinningsområden inom Gullmarns tillringsområde. En utvärdering av digitala jordartskartor som baseras på ett lokalt karteringsunderlag ses därför som en kostnadseffektiv förundersökning för riktade åtgärder för ytvattnet, till exempel var våtmarker ska anläggas. I slutet av rapporten hänvisas till fler tillämpningar av geologisk grundinformation både för den kommande vattenförvaltningen och för att uppnå de svenska miljökvalitetsmålen.

Summary

The geological conditions of the Gullmarn catchment area are the base for groundwater bodies. It is shown that bedrocks and Quaternary sediments have consequences for surface waters and to their status as well. In the Gullmarn catchment area geology affects the alkalinity and the runoff, especially in the quite frequent areas where Precambrian bedrocks are not covered by Quaternary sediments. Retention is lower there which is seen in surface water status. Groundwater bodies of a certain quantity are comprised in the regulations of WFD. Generally there are only low capacities for bedrock groundwater supplies. The water management has therefore to consider Quaternary sediments in the first place. Most Quaternary sediments were deposited in the last deglaciation period of Weichsel glaciation which started 23 000 before present.

Glaciofluvial deposits are very permeable and are excellent groundwater assets, if they are located in low terrain and above highest coast limit. An evaluation of local Quaternary maps, fit to specific watersheds, is used to give priority to groundwater bodies for status assessment and in which parts groundwater could be expected under friction layers. This is some help to evaluate the reporting to the EU that the Swedish Environmental Protection Agency has done in 2005 (Naturvårdsverket 2005). It might facilitate the further implementation of the WFD for groundwater bodies. By fitting the local Quaternary GIS maps to the watersheds of the surface waters, the environmental monitoring can be concentrated on the ground water reserves in contact with surface water in a watershed with poor or bad status.

New in this report is that a distinct correlation is shown between the distribution of the Quaternary sediments and the status of the surface water. The status is in good correlation with the pattern and area surface percentage of Quaternary sediments in 80 – 90 %. Large coherent surfaces of the same sediment type, especially bare bedrock or clay, on one side and an incoherent heterogeneous landscape on the other side will result in different conditions for surface water status within a watershed. The report contains a review of all the watersheds in the Gullmarn catchment area. An evaluation based on local Quaternary GIS maps should be used as a cost effective way of finding measures for surface water, for example wetland placement. In the end of this report other areas of applying geological information are mentioned to use in the work according to the Water Framework Directive and to reach the Swedish environmental quality objectives.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING **2**

1.1 BAKGRUND 2
1.2 FYSISKA FÖRUTSÄTTNINGAR 3

2. BERGGRUND **3**

2.1 FÖRSURNINGSKÄNSLIGHET 4
2.2 YTAVRINNING 5
2.3 GRUNDVATTENTILLGÅNG I BERGGRUNDEN 5

3. KVARTÄRA JORDARTER **6**

3.1 RAPPORTERINGSFÖREKOMSTER - I KVARTÄRA JORDARTER 8
3.2 PRESENTATION OCH UTVÄRDERING AV LOKALA JORDARTSKARTOR FÖR DELAVRINNINGSOMRÅDEN 10
3.2.1 Metodik *10*
3.3 UTVÄRDERING AV JORDARTSKARTOR PER DELAVRINNINGSOMRÅDE (-N) 12
3.3.1 Delavrinningsområde 653973-126795 och 652443-126958 inom Örekilsälvens avrinningsområde *12*
3.3.2 Delavrinningsområde 653363-127500, 653300-127618 och 652440-127086 inom Örekilsälvens avrinningsområde *14*
3.3.3 Delavrinningsområde 652548-127999 inom Örekilsälvens avrinningsområde *15*
3.3.4 Delavrinningsområde 652052-128826 och 651735-128680 inom Valboåns avrinningsområde *16*
3.3.5 Delavrinningsområde 651270-126553 inom Örekilsälvens avrinningsområde *18*
3.3.6 Delavrinningsområde 657342-127298 och 651298-217195 inom Örekilsälvens avrinningsområde *19*
3.3.7 Delavrinningsområde 650859-127984 och 651008-127739 inom Valboåns avrinningsområde *21*
3.3.8 Delavrinningsområde 651179-128489 och 650028-128007 inom Valboåns avrinningsområde *22*
3.3.9 Delavrinningsområde 650304-125881 inom Örekilsälvens avrinningsområde *23*
3.3.10 Delavrinningsområde 650556-126105, 650950-126442, 650800-126732 och 650545-126601 inom Örekilsälvens avrinningsområde *24*
3.3.11 Delavrinningsområde 651080-127156 och 650947-126890 inom Örekilsälvens avrinningsområde *26*
3.3.12 Delavrinningsområde 651000-127105 inom Örekilsälvens avrinningsområde *27*
3.3.13 Delavrinningsområde 650323-127643 och 650306-127563 inom Valboåns avrinningsområde *29*
3.3.14 Delavrinningsområde 650027-127770 och 649583-127553 inom Valboåns avrinningsområde *30*
3.3.15 Delavrinningsområde 649838-125866 och 649125-125926 inom Örekilsälvens avrinningsområde *31*
3.3.16 Delavrinningsområde 649208-126426, 649252-126191, 649248-126223 och 649169-126435 inom Örekilsälvens avrinningsområde *33*
3.3.17 Delavrinningsområde 649231-126848, 649086-126554 och 649209-127053 inom Örekilsälvens avrinningsområde *34*
3.3.18 Delavrinningsområde 649213-127132 och 649252-127305 inom Örekilsälvens och Valboåns avrinningsområde *35*
3.3.19 Delavrinningsområde 649275-127400 och 649203-127168 inom Valboåns avrinningsområde *36*
3.3.20 Delavrinningsområde 649469-125336 inom Gullmarns avrinningsområde *37*
3.3.21 Delavrinningsområde 648820-125571, 648742-126103 och 648911-125979 inom Gullmarns avrinningsområde *38*
3.3.22 Delavrinningsområde 649180-127141 och 649049-126592 inom Valboåns avrinningsområde *39*
3.3.23 Delavrinningsområde 648600-126120, 648348-125786 och 647988-125961 inom Gullmarns avrinningsområde *40*
3.3.24 Delavrinningsområde 648045-125094 och 647198-125275 inom Gullmarns avrinningsområde *41*
3.4 UTVÄRDERING AV LOKALA JORDARTSKARTOR FÖR DELAVRINNINGSOMRÅDEN OCH NATURVÅRDSVERKETS RAPPORTERING TILL EU OM GRUNDVATTENTILLGÅNG 42
3.5 SAMBAND MELLAN YTVATTENSTATUS OCH JORDARTSFÖRDELNINGEN 43
3.6 SLUTSATSER OCH HANDLINGSSTRATEGIER 44

4. TACK **44**

5. FIGURFÖRTECKNING **44**

6. REFERENSER **46**

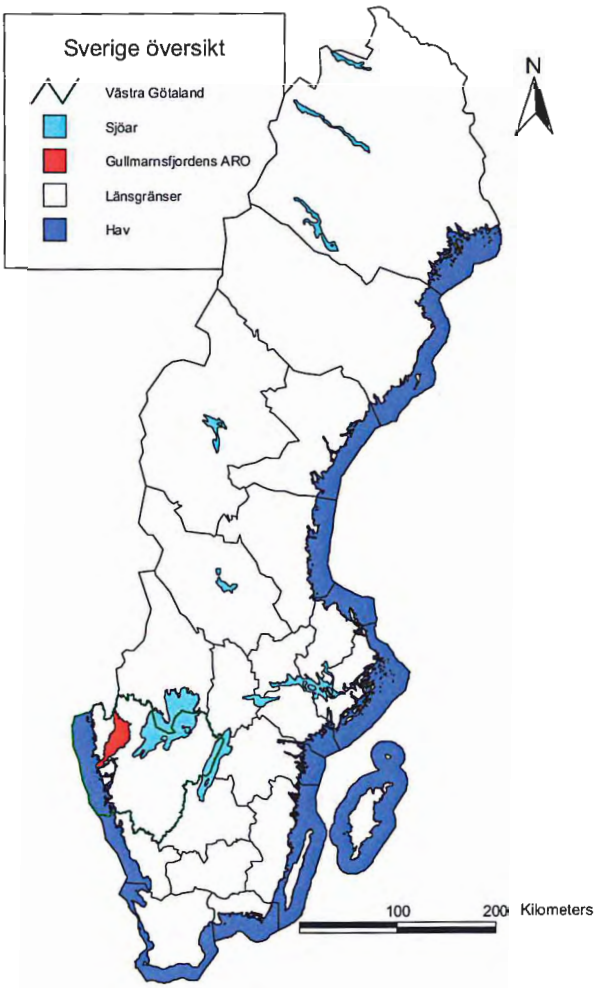
Litteratur *46*
Internet *46*

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Vatten är ett av våra viktigaste livsmedel. Grundvatten är en mycket viktig del av vår tillgång till rent vatten. I Sverige finns det grundvatten överallt i jordlagrens porer och berggrundens sprickor.

Sex länder kring Nordsjön deltog i ett utvecklings- och samarbetsprojekt, Interreg III B-projektet NOLIMP-WFD. I ett pilotområde i varje land där Gullmarns tillrinningsområde utgör det svenska området, har EG:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG) (Vattendirektivet) tillämpats för karakterisering av ytvatten (Länsstyrelsen 2006). Utgående från den ytvattenstatus som bestämts i karakteriseringen utvärderas geologisk grundinformation på en detaljerad nivå för att utreda om det finns korrelationer mellan geologin och ytvattenstatus. Detta görs under beaktande av olika betingelser uppströms och nerströms. Med jordartskartorna som utgångspunkt dras slutsatser om huruvida de ger mer underlag till grundvattenförekomster och prioritering av dessa för det fortsatta arbetet enligt Vattendirektivet.



Figur 1. Gullmarns tillrinningsområde i Sverige.

Geologin ger förutsättningar för var yt- och grundvattnet kan finnas. På grund av geologiska förhållanden kan områden vara särskilt känsliga för infiltration av föroreningar. Geologin ger förutsättningar för ytavrinning och därmed buffringsförmåga mot försurning. Nytt för detta projekt är att geologisk grundinformation på en mer detaljerad nivå, det vill säga i en mindre skala, ska utvärderas efter ytvattnets delavrinningsområden. Grundvattenförekomster har egna vattendelare och tillrinningsområden som skiljer sig från ytvattnets vattendelare och avrinningsområden. Att ändå använda sig av delavrinningsområden för ytvatten medger en direkt jämförelse mellan geologiska förhållanden och statusklassningen av ytvatten.

Grundvattenförekomster som ger minst 10 m^3 vatten per dygn eller betjänar minst 50 personer med dricksvatten omfattas av Vattendirektivet. I den svenska vattenförvaltningen ingår därmed ett mycket stort antal förekomster som behöver statusklassas. Det gäller också grundvattenförekomster som i framtiden är avsedda för dricksvattenförsörjning. Tidsplanen för ytvattnets rapporteringsenheter med karakterisering, förvaltningsplan och åtgärdsprogram gäller också för grundvattenförekomster. Enligt Vattendirektivet är god status för grundvatten "god kemisk status" och "god kvantitativ status". Direktivets andra krav, god kvantitativ status, förutsätter kännedom om grundvattenbildningen. För att beräkna nybildningen, det vill säga skillnaden mellan nederbörd och avdunstning, behöver ytan varifrån vattnet når grundvattenförekomsten (tillrinningsområdet) kartläggas (Lång et al. 2003). Detta innebär att hydrogeologiska specialkarteringar behöver göras. Tidsramen i Vattendirektivet kräver prioritering av vissa grundvattenreservoarer framför andra enligt en rad viktade faktorer (Lång et al. 2005).

Hittills har främst större grundvattenförekomster i jord kartlagts av SGU (Sveriges Geologiska Undersökning). I det undersökta området är uttagsmöjligheterna måttliga eller ringa i berggrunden, medan det finns större grundvattentillgångar i de kvartära avlagringarna. Lokala digitala jordartskartor som motsvarar papperskartor i skala 1:50 000 och 1:100 000 fanns tillgängliga som kartdatabaser från SGU för Gullmarns tillrinningsområde. I GIS (Geografiska Informations System) kunde jordartskartorna klippas efter delavrinningsområden, vilket tillåter en större detaljnivå än EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) som baseras på regionalt kartmaterial med sämre upplösning. I rapporteringen har man koncentrerat sig på områden där det sannolikt finns större grundvatten-förekomster, men också mindre förekomster kan vara viktiga grundvattenreservoarer. Jordartskartor utvärderas också med fokus på större möjliga grundvattentillgångar. Dessutom är permeabiliteten i jordlagren och mäktigheten av skyddande täckskikt avgörande om det befaras att föroreningar kan infiltrera till grundvatten från ytvatten. Kontakten mellan yt- och grundvatten och det kemiska utbytet mellan dessa är viktigt. Om ytvattenstatusen är dålig eller otillfredsställande i ett delavrinningsområde bör grundvattenförekomster i samma delavrinningsområde prioriteras för åtgärder och miljöövervakning för att undvika negativ påverkan på grundvatten.

1.2 Fysiska förutsättningar

Gullmarns tillrinningsområde består förutom av själva Gullmarns avrinningsområde, både av Valboåns avrinningsområde och Örekilsälvens avrinningsområde. Gullmarns tillrinningsområde tillhör Öst- och Västkustens berg- och leromräden (Sveriges Nationalatlas 1994) med en stor utbredning av kalt berg, tunna jordtäcken och mäktiga kohesionsavlagringar (lersediment) i dalgångar. Området är en del av den naturgeografiska regionen "Dalslandsområdet" som ingår i "sydvästra Sveriges kuperade barr- och lövskogslandskap", (Länsstyrelsen 1989). Landskapet är kuperat med dalgångar och höjdplatåer. Jordbruksmarken ligger i dalarna och i övriga delar bedrivs ett produktivt skogsbruk, vilket dominerar markanvändningen. Myrmarker och sumpskogar är rikligt förekommande och mossmarker finns i de norra delarna där de högsta områdena ligger. Sammanlagt 10 kommuner finns representerade inom Gullmarns tillrinningsområde. Störst är Färgelanda och Munkedal som har drygt 30 procent av den totala arean inom tillrinningsområdet vardera. Större arealandel har också Dals-Ed med 16,5 %, Lysekil med 9,6 % och Uddevalla med 8,0 %. Bengtsfors, Vänersborg, Tanum, Orust och Mellerud har mycket små andelar inom tillrinningsområdet. Befolkningsmängden är enligt statistiken inte så stor, se rapport 2006:09, att den skulle innebära att området prioriteras för kartläggning. På sommaren tiofaldigas dock befolkningsmängden i kustområdena enligt samma rapport, vilket gör att trycket på vattenresurser blir så stort att området bör prioriteras i kartläggningen.

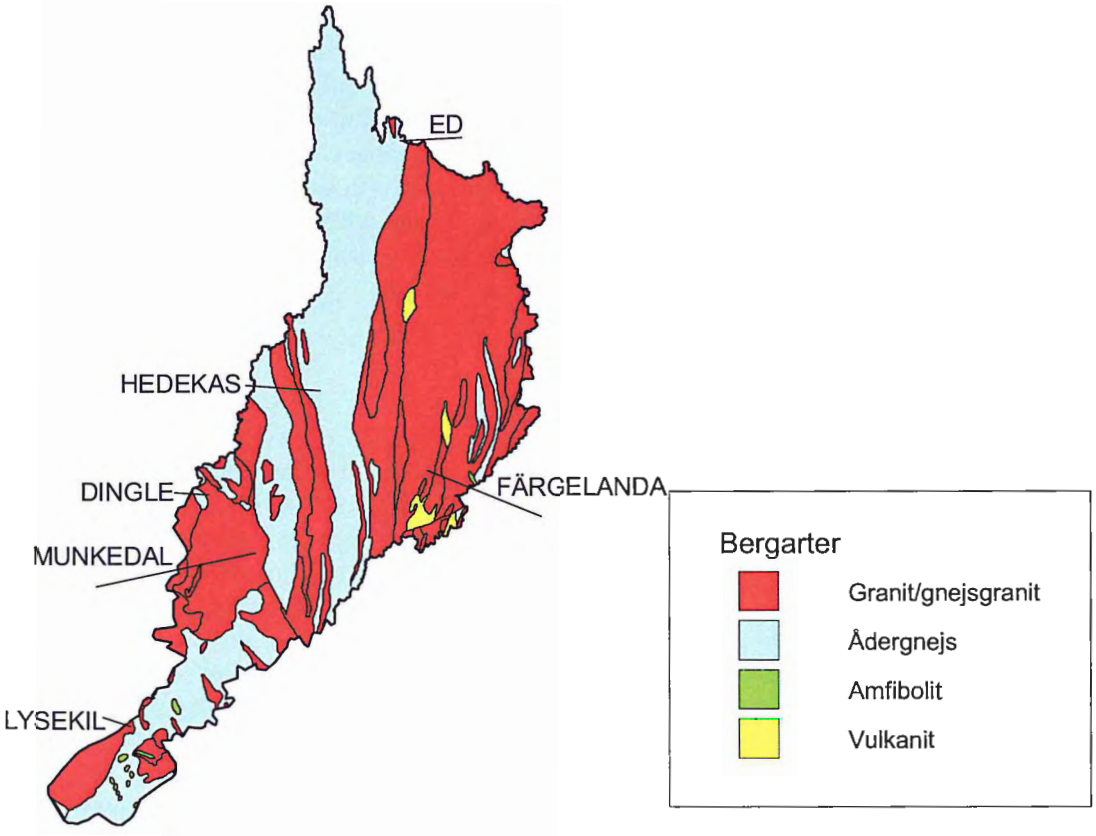
2. Berggrund

Berggrunden i Gullmarns tillrinningsområde består av kristallin berggrund som är mycket gammal. Bergarterna bildades under Prekambrium, den äldsta geologiska epoken. Sedimentära bergarter som tidigare täckte den kristallina berggrunden har eroderats bort. Jämfört med många andra ställen på vår jord är det som att se in i den övre delen av jordskorpan. Berggrunden i Gullmarns tillrinningsområde återges i Figur 2 i grova drag. Förutom i södra delen av själva Gullmarns avrinningsområde saknas lokala berggrundskartor med bra beskrivningar. Den regionala digitala bergrundskartan som motsvarar den regionala skalan 1:250 000 klipptes mot ytan av Gullmarns tillrinningsområde.

Bohusgraniten dominerar i den sydvästligaste delen av området och återfinns även i den västra delen av Munkedals kommun. Den är drygt 900 miljoner år gammal och tillhör därmed de yngre bergarterna. Bohusgraniten klassas som sur/intermediär magmatisk bergart, vilket beror på kiselhalten i graniten och har inte något med försurning i miljön att göra. En sur bergart har en kiselhalt som är större än 70 %.

I södra delen, mot Orust, finns amfiboliter inom granit- och ådergnejsområdena. Dessa beskrivs som metabasiter av växlande utseende och ålder. Åldern på dessa omvandlade bergarter är inte fastställda (SGU 1999). I nord-sydlig riktning från Orust till Dals-Ed gränsar kraftigt omvandlade bergarter till Bohusgraniten. Dessa omvandlade bergarter bildades när olika sedimentära bergarter trycktes 10-tals

km ner i jordskorpan och omvandlades genom högt tryck och höga temperaturer till gnejser. De har ändrats i sin karaktär och de har inte längre något gemensamt med de ursprungliga sedimentära bergarter som de bildades ifrån. De flesta tillhör Stora Le-Marstrandformationen som mestadels består av grå åderrika sedimentgnejser. Ådergnejserna begränsas av ytterligare förekomster av Bohusgranit inom Munkedals kommun i väst och Åmålgruppens graniter i Färgelanda kommun i ost och nordost (SGU 1998; SGU 1999).



Figur 2. Översiktlig berggrundskarta för Gullmarns tillrinningsområde (Klipp ur regionala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

I mitten av området finns i nord-sydliga stråk av gråa, homogena eller bandade gnejser bildade ur magmatiska djupbergarter å ena sidan och porfyriska graniter å andra sidan. I nordvästra delen finns sura/intermediära ytbergartsgnejser och sura/intermediära vulkaniter, SiO_2 ca 60 %, som tillhör Åmålgruppen (SGU1998).

2.1 Försurningskänslighet

Både graniter och ådergnejser i Gullmarns tillrinningsområde har mycket låg buffertförmåga mot försurning. Detta innebär att effekterna av försurning blir stora i områden där berg går i dagen. Vittringen har ett mycket långsamt förlopp, där man hellre räknar med miljontals år än med tusentals år. Många områden täcks med ett tunt lager av morän över berggrunden. Moränen med sitt mineralinnehåll kan ha positiva effekter mot försurningen om den har transporterats långt och innehåller sådana mineraler som lättare vittrar sönder och/eller innehåller kalcium eller andra basiska joner som neutraliserar syra.

Bohusgraniten i sydväst har lägst buffertförmåga mot försurning. Små förekomster av amfiboliter inom Gullmarns avrinningsområde skulle kunna ha en viss buffertförmåga på grund av kalciuminnehållet, men förekomsterna är för små för att man ska kunna förvänta sig en positiv effekt mot försurningen. Tiden tills nederbörden når grundvattenmagasinet vid nybildning är utslagsgivande för bufferteffekten. Ju längre tid det tar för nederbörden att penetrera jordmånen för att bidra till nybildning av grundvatten, desto gynnsammare är det för jonutbyte om förutsättningarna finns.

2.2 Ytavrinning

Graniter och gnejser bildar ett sprickdalslandskap i Gullmarns tillrinningsområde. En stor del av Gullmarns tillrinningsområde betecknas som sjöfattigt, vilket innebär att ytavrinningen blir större än i ett sjörikt område. Några större sprickdalar, främst i nord-sydlig riktning, har dock utvidgats till långdragna sjösystem. Dessa sjöar förekommer mellan höjdpartierna, ofta i kombination med tätande kvartära lerjordar i dalen.

Mer än en fjärdedel av Gullmarns tillrinningsområde är öppen mark som till stor del utgörs av berg i dagen, se Tabell 1. Där kvartära avlagringar saknas och berg går i dagen kan varken växtlighet eller jordmån hålla regnvatten kvar utan avrinningen sker i huvudsak till och via vattendrag. Denna ohindrade ytavrinning kan få negativa konsekvenser som översvämningar vid skyfall. Barrskog som växer på de ställen där det endast finns ett tunt lager moränjord på höjdplatåerna i sprickdalslandskapet är särskilt värdefull för att hindra den snabba ytavrinningen. Kalhyggen bör undvikas på de arealer där moräntäcket är tunt för att upprätthålla detta skydd. Utan växlighetens skydd kan extrem nederbörd dessutom leda till ökad erosion.

Tabell 1. Markanvändningens areal i km^2 inom Gullmarns tillrinningsområde beräknat med GIS (översiktskartan).

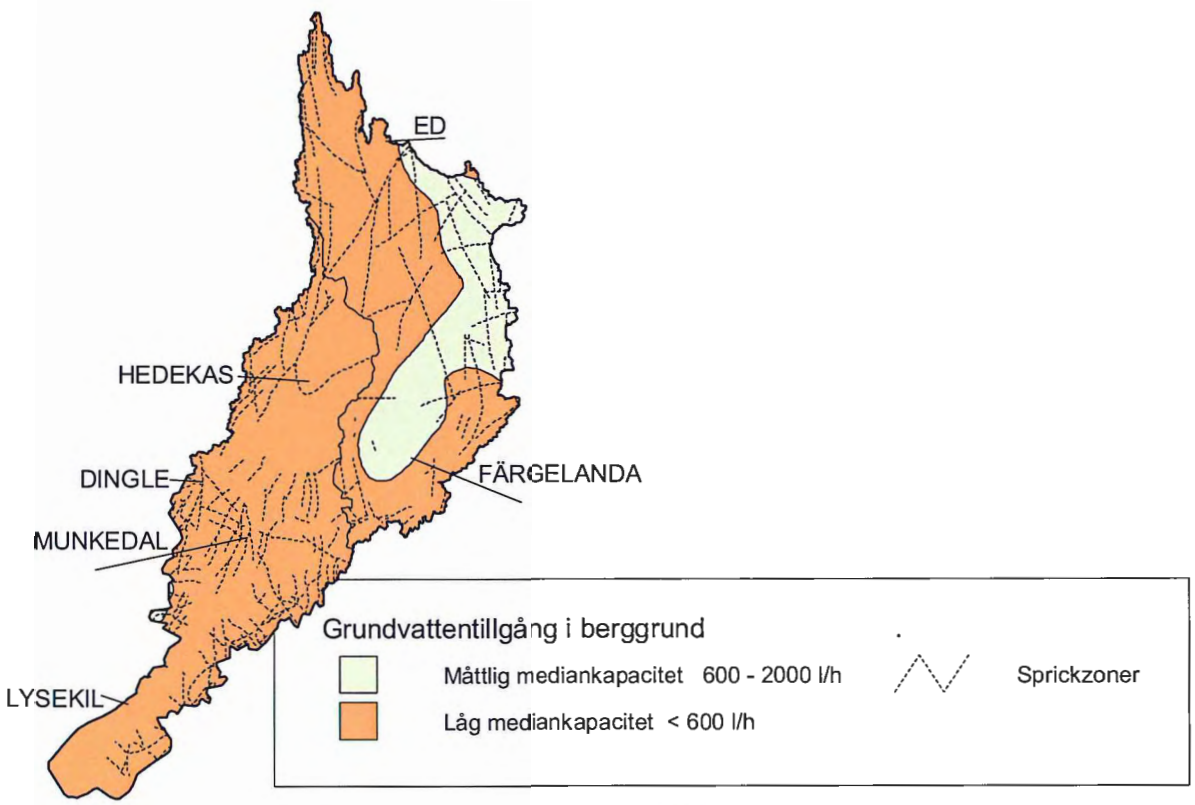
Kategori	Area (km^2)	Andel av totalarea (%)
Hav	105	6,0
Vattenytor	50	2,9
Tätorter	24	1,4
Sankmark	53	3,0
Skogsmark	1030	59,1
Öppen mark	480	27,6
Totalarea:	**1742**	**100**

2.3 Grundvattentillgång i berggrunden

Bergrunden är permeabel och har inte samma förutsättningar att hålla kvar vattenansamlingar som lerfyllda sänkor har. Grundvattnet i berggrunden förekommer mest i sprickor och klyftor, i så kallade sprickakviferer. En grov uppskattning över berggrundens mediankapacitet för vattenuttag har fastställts av SGU med enstaka brunnsdata ur Brunnsarkivet på national nivå. Eftersom den kartan ger en uppfattning om grundvattentillgång och uttagsmöjligheter i urberget, har den klippts mot Gullmarns tillrinningsområde. I huvudsak är mediankapaciteten för brunnar låg, mindre än 600 l/h, se Figur 3. Några områden med hög eller mycket hög mediankapacitet har inte kunnat konstateras inom Gullmarns tillrinningsområde.

Brunnar som borrats i homogena graniter ger ofta mer vatten än brunnar borrade i omvandlade sedimentära och vulkaniska bergarter som Stora Le-Marstrandformationen. Detta hänger ihop med bankningsplanet och att sprickorna i granit som är mera homogent, antagligen är bättre utbildade hydrauliskt sett. Det kan bero på att dessa sprickor både är mer distinkta och sträcker sig längre.

Ett mindre område Bohusgranit i Lysekils kommun visar en måttlig mediankapacitet från 600 l/h till 2000 l/h. I kustnära områden finns dock alltid risk för saltvatteninträngning, speciellt vid strandnära lägen. Ett större område av graniter inom Åmålsgruppen i de östra delarna som med en måttlig mediankapacitet från 600 l/h till 2000 l/h visar bättre uttagsmöjligheter berörs inte av hotet av saltvatteninträngning.



Figur 3. Översiktlig karta över mediankapaciteten i berggrunden inom Gullmarns tillrinningsområde med sprickighet (klipp ur regionala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Vattendirektivet förutsätter ett visst kvantitativt grundvattenuttag ur berg. De uttagsmängder som är möjliga i Gullmarns tillrinningsområde är för små för att behöva vara med i en första karakterisering. Hydrogeologiska kartläggningar i kristallint urberg är komplicerade. Ett riktvärde som ger mer vägledning om det finns grundvattentillgångar är kinematisk porositet. Ett allmänt antagande i SGU:s resonemang är att den kristallina bergrunden i Gullmarns tillrinningsområde har en kinematisk porositet på 0,001-0,1 procent. Kinematisk porositet i permeabla jordarter är däremot mellan 3 och 40 procent. Skillnaden i kinematisk porositet mellan kristallin berggrund och permeabla jordarter innebär att ett decimetertjockt skikt av sand som är vattenmättat motsvarar 100 m mäktigt kristallint berg. Karakteriseringsinsatser enligt Vattendirektivet inom Gullmarns tillrinningsområde bör därför först inriktas mot kvartära sediment. Även mindre områden med jordtäcke som kan anses vara vattenmättade kan innehålla grundvatten för framtida uttag.

3. Kvartära jordarter

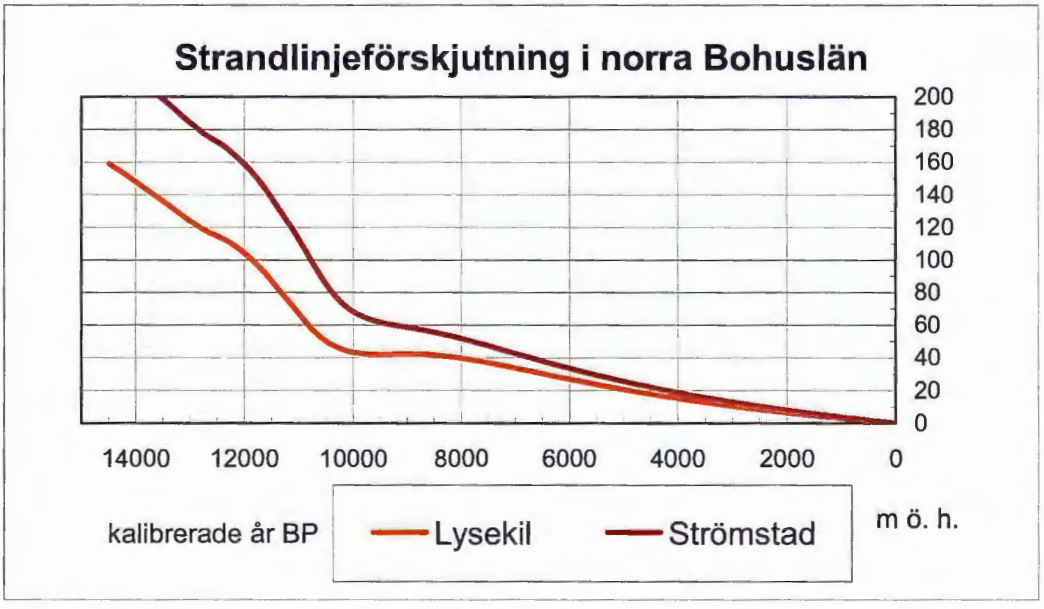
Från de kristallina urbergarterna är det ett språng på 900 till 1500 miljoner år till de kvartära sedimenten som ligger ovanpå berggrunden. De flesta kvartära sediment är avlagringar som den senaste avsmältningen av inlandsisen lämnat kvar. Den senaste istiden, Weichsel, började för ca 115 000 år sedan och innebar flera nedisningar där Sverige var täckt av inlandsis. Kalla perioder avlöstes av varma mellanistider där ismassan smälte. Den senaste mellanistiden började för 23 000 år sedan. Isranden gick då genom norra Polen, norra Tyskland och de västra delarna av Danmark. Under avsmältningsprocesserna försköts isranden allt mer norrut. Morän är en karakteristisk efterlämning av isen. Inom Gullmarns tillrinningsområde har fyra stora randmoränstråk, Berghemsmoränen, Trollhättemoränen och Skövde-Billingemoränen karterats (Johansson 1982). De kan följas från sydost till nordväst till Norge eller ut till havet. Moränstråken dateras till mellan 13 000 BP (Before Present) och 10 500 BP (Berglund 1979; Fredén 1982; Johansson 1982). Sand- och grusförekomster, inte minst deltaavlagringar, ingår som isälvssediment ofta i randmoränstråk som markerar isranden. Dessa glacifluviala förekomster är porakviferer. Grundvattentillgångarna inom kvartära avlagringar är störst i åsar som bildades under isen, och i isälvsdeltan, där älvarna mynnade vid isranden. Enorma mängder

sand och grus avsattes och bildade stora grundvattenmagasin. Tillströmningen till sådana grundvattenmagasin och därmed nybildningen av grundvatten blir större om de ligger i dalgångar eller är mycket stora.

Finare sediment som lera följde däremot med vattenmassorna längre bort. Lera flockulerar eller klumpar ihop där vattnet är lugnare. Nära isranden kan det finnas lersediment om utflödet har skett längre bort på annat håll när isranden har flyttats i ett senare avsmältningsskede. I detta fall kan leran lägga sig över isälvssedimenten och utgöra ett skydd mot infiltration av föroreningar för underliggande vattenförekomster. Om isälvssedimenten har avlagrats under högsta kustlinjen, kan grundvattnet dock innehålla relikt saltvatten även om det skyddas av leran mot senare föroreningar. Inom Gullmarns tillrinningsområde finns lerjordarna ofta sammanhängande i dalgångar. I stora delar går berg i dagen och täcks inte av kvartära sediment. I vissa fall finns ett tunt moräntäcke på berggrunden. En opublicerad teori för att förklara detta fenomen som är speciellt för svenska Västkusten är att det fanns en extra stark strömning inom det yttre partiet av isen som rörde sig längs randen av inlandsisen. Ismassan drog som en rakhyvel över landskapet och tog på oskyddade ställen med sig allt, också avlagringar från tidigare nedisningar och ännu mer vid isranden.

Som mest låg tre fjärdedelar av Gullmarns tillrinningsområde under högsta kustlinjen, HK, se Rapport 2006:09 (Länsstyrelsen 2006). HK kan rekonstrueras genom spår som havet har lämnat efter sig. Grova material som grus och block är kvar medan de finare ler- och siltpartiklar har följt med havsströmmarna. Kartering av exempelvis morän med sådant svallat ytskikt, samt grus- och skalbankar i högre terräng ger en uppfattning var HK låg. Detta ingår i den lokala jordartskarteringen, skala 1:50 000. En förklaring till de ansenliga höjdskillnaderna beträffande havsnivån ligger i att Sverige påverkades av landhöjningen efter avsmältningen, därför att inlandsisen hade tyngt ner landet extra mycket på grund av sin tjocklek här. Landet höjde sig sedan igen när detta tryck försvann. Dessutom höjdes havets vattennivå, när enorma mängder smältvatten rann ut i havet. Båda processerna tillsammans ger en strandlinjeförskjutning som skiljer sig inom olika geografiska områden.

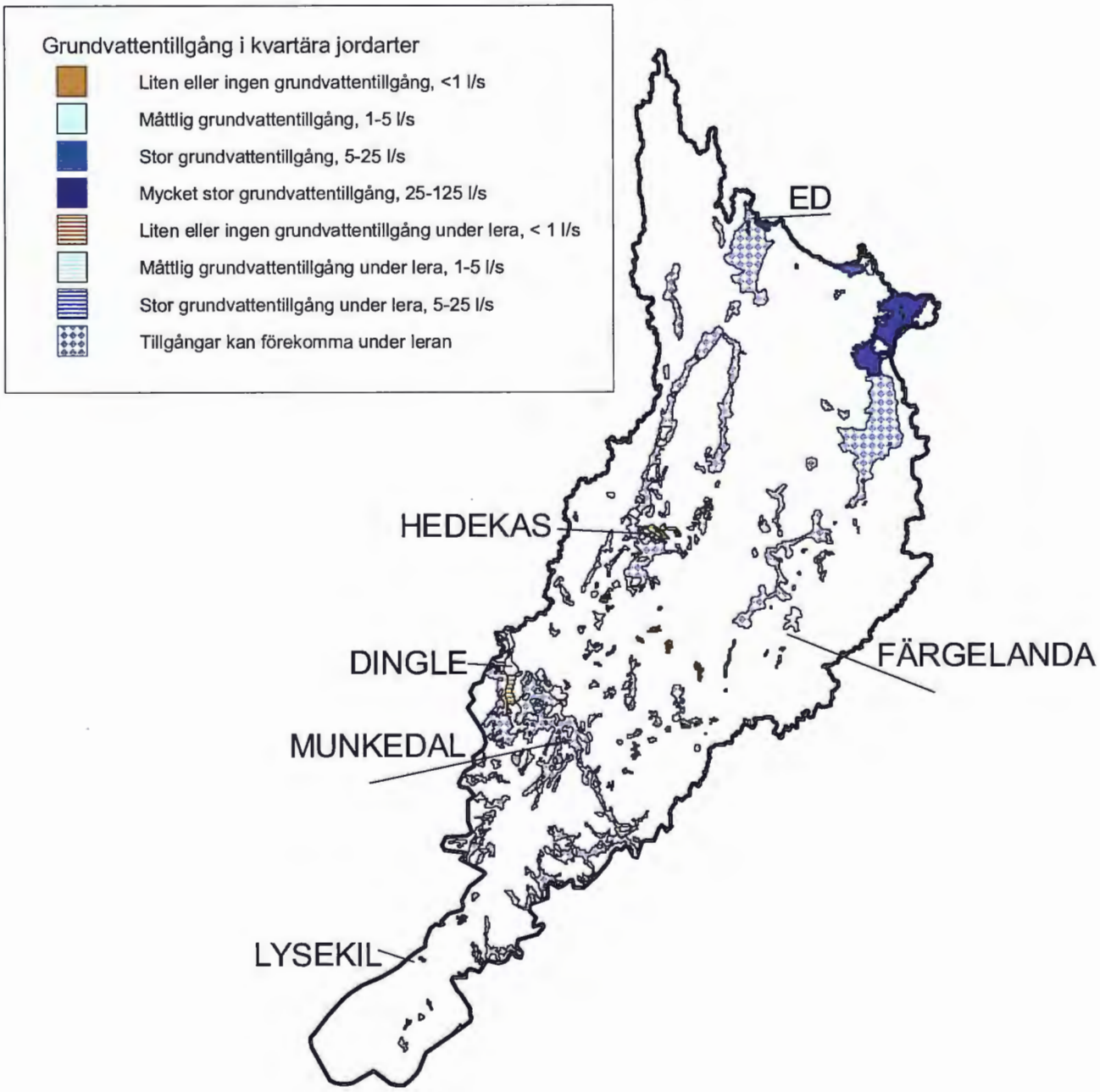
De rekonstruerade strandlinjeförskjutningarna för Lysekil och Strömstad visar att för 12 000 år sedan låg strandlinjen i Lysekils trakt ungefär 100 meter högre än nuvarande havsnivå och vid Strömstad 160 meter högre än nuvarande havsnivå, se Figur 4.



Figur 4. Strandlinjeförskjutning i norra Bohuslän under holocen; BP = before present (Påsse 2003).

3.1 Rapporteringsförekomster - i kvartära jordarter

Kartan för EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), klipptes efter Gullmarns tillrinningsområde, se Figur 5, vilket ger underlag för arealberäkningar i km^2 (Tabell 2). I nordvästra delen av Gullmarns tillrinningsområde finns de största grundvattentillgångar på rapporteringskartan. Klassen *"Mycket stor grundvattentillgång, storleksordningen 25-125 l/s"* omfattar drygt 1,2 % av den totala arealen, klassen *"Stor grundvattentillgång, delar under täta jordlager, storleksordningen 5-25 l/s"* ungefär 0,2 %. Dessa tillgångar bör prioriteras för en hydrogeologisk undersökning. På grund av den ytterst goda kinematiska porositeten i permeabla jordarter, speciellt i sand och isälvssediment, är även mindre grundvattenreservoarer som kan anses vara vattenmättade året runt av stort intresse. Kategorin *"Vattenförande friktionslager kan förekomma i och/eller under täta jordlager (lera)"* motsvaras i kartans legend: *"Tillgångar kan förekomma under leran."* Ytor med en sådan stor osäkerhet utgör dryga 10 % av totalarean.

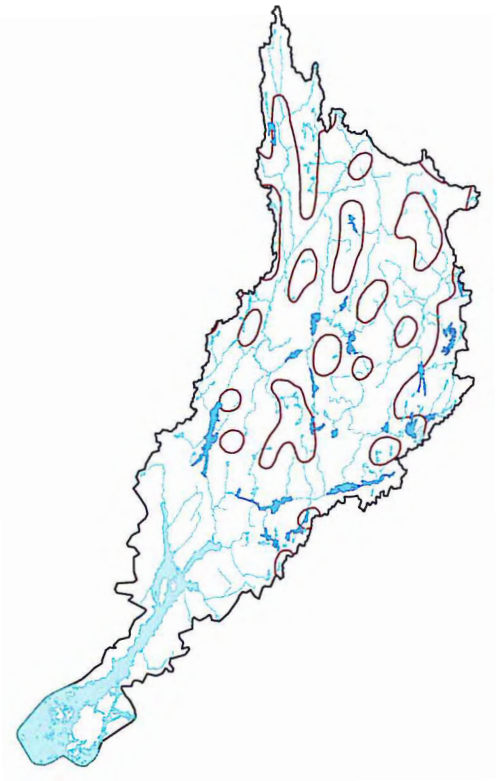


Figur 5. Karta från EU-rapportering (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot Gullmarns tillrinningsområde).

Tabell 2. Grundvattentillgång i kvartära avlagringar areal i km^2 inom Gullmarns tillrinningsområde beräknat med GIS (Klipp ur rapporteringskarta © Sveriges Geologiska Undersökning).

Kategori	Area (km^2)	Andel av totalarea (%)
Inga grundvattenförekomster över 10 m^3 per det vill säga 0,18 l/s	1480,4	85,00
Vattenförande friktionslager **kan** förekomma i och/eller under täta jordlager (lera)	184,6	10,60
Mycket stor grundvattentillgång, storleksordningen 25-125 l/s	19,5	1,12
Stor grundvattentillgång, delar under täta jordlager, storleksordningen 5-25 l/s	3,9	0,23
Måttlig grundvattentillgång, delar under täta jordlager, storleksordningen 1-5 l/s	15	0,86
Övrigt	28,4	2,19
Totalarea:	**1741,8**	**100**

Endast för 0,23 % av dalgångarna är *"Stora grundvattentillgång, delar under täta jordlager, storleksordningen 5-25 l/s"* fastställda. Delavrinningsområden med sammanhängande moränområden, isälvsavlagringar och/eller sanduravlagringar i anslutning till leromräden, gör det mera sannolikt att grundvatten kan finnas under leran och bör prioriteras. Lokala jordartskartor bör kunna tolkas per delavrinningsområde, om grundvattentillgångar kan förväntas under leran och vilka dalgångar som är av störst intresse för vidare arbete enligt Vattendirektivet. Om delavrinningsområdet har legat under Högsta Kustlinjen, HK, kan grundvattenförekomsten innehålla relikt saltvatten, vilket bara kan konstateras genom undersökning. En karta med HK utmärkt finns i Figur 6.



Figur 6. Karta över högsta kustlinjen, HK, i Gullmarns tillrinningsområde.

3.2 Presentation och utvärdering av lokala jordartskartor för delavrinningsområden

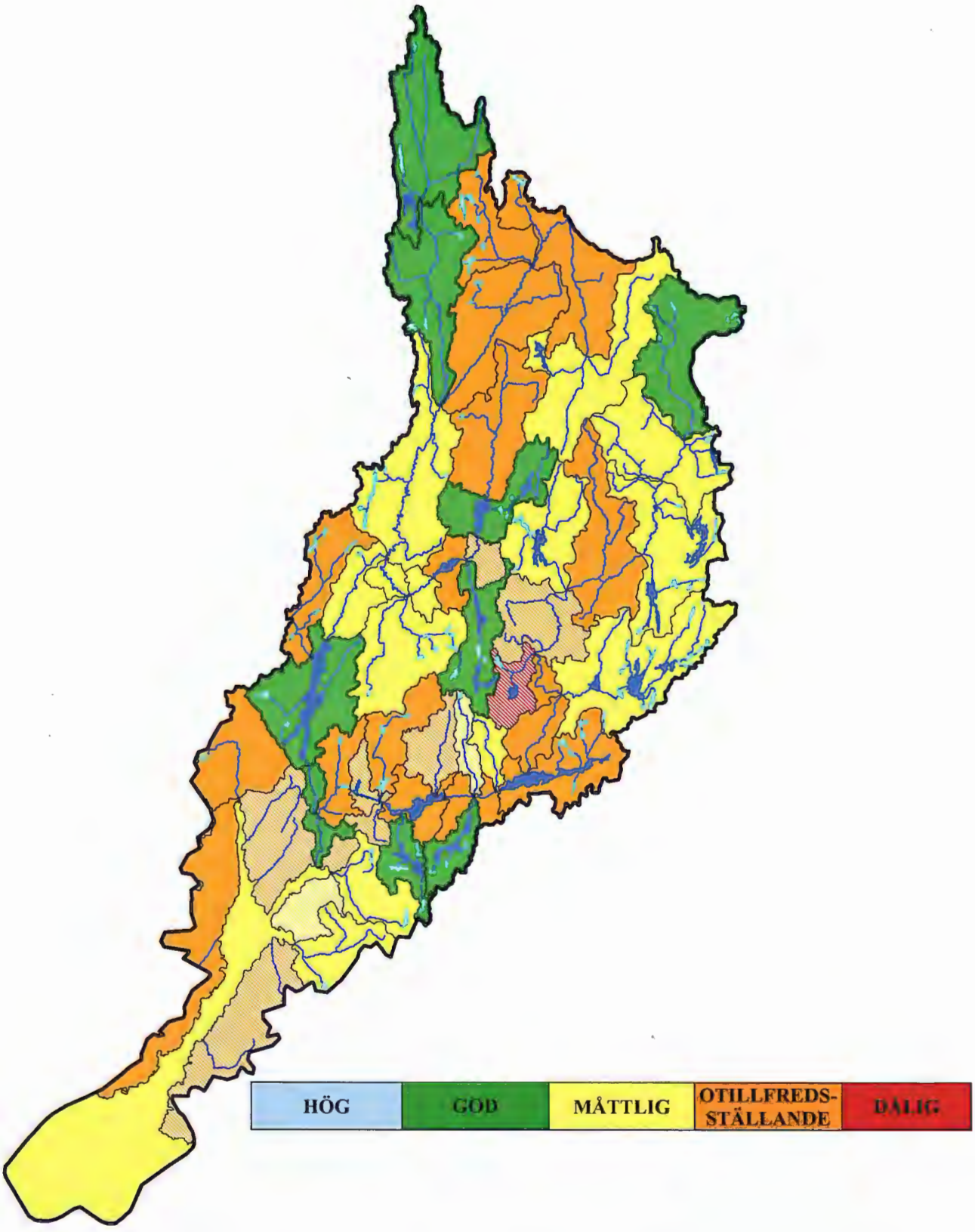
3.2.1 Metodik

Jordartskartor i skala 1:50 000 från SGU karteringar är utgångsunderlaget för denna utvärdering. Nuvarande jordartskartering på lokal nivå pågår till 2008 med prioritering av tätortsnära områden och sådana som är av intresse för malmfyndigheter. SGU har precis färdigställt de digitala kartdatabaserna för Gullmarns tillrinningsområde under 2005. Vattenmyndigheten för Västerhavets vattendistrikt fick i slutet av oktober tillgång till kartorna ur SGU:s databaser. Beskrivningar som ger en mer utförlig dokumentation av de geovetenskapliga aspekterna inom ett kartområde kommer senare. De moderna kartorna har i höjdområden karterats mer översiktligt, vilket förklarar vissa glapp på enskilda jordartsurklipp enligt delavrinningsområden, när samma område täcks av såväl äldre som nya kartunderlag. Vattenmyndigheten fick en del av de digitala kartorna innan de var inlagda på SGU:s länsstyrelseserver och slutgiltigt kvalitetsgranskade. Lera har fått den mörkare färgen för silt i stället för gult. Lera/Silt i legenden motsvarar till 99 % lera, därför används lera som begrepp i texten. Lera/Silt har delvis manuellt färgats till gult för att undvika raka gränser i GIS presentationen av kartbladen. "Berg" i legenden till jordartskartorna betyder berg i dagen och "Berg/Morän" i legenden betyder ett tunt täcke av morän. Båda uttrycken används i diskussionen.

Jordartskartorna klipptes i GIS efter delavrinningsområden så att arealberäkningar kunde göras. Kartorna presenteras för samtliga delavrinningsområden, liksom i vissa fall en del tabeller från beräkningarna. Jordartskartornas geologiska information utnyttjades för att bedöma förutsättningar för ytavrinning och försumning samt infiltration av föroreningar. Att sammanfatta delavrinningsområden var särskilt lämpligt i de fall där enstaka delavrinningsområden var förhållandevis små. Utgångspunkten var att visualisera all tillgänglig information, särskilt i delavrinningsområden där kvartära sediment har avlagrats i komplicerade processer och fördelningen över arealen har blivit förhållandevis fläckvis. Skalan skiljer sig mellan de presenterade GIS-urklippen främst på grund av delavrinningsområdenas olika storlek. För att underlätta orienteringen valdes Sverigekartan som bakgrund. Jordartskartorna för delavrinningsområden presenteras från nord till syd och från väst till öst, samtidigt som förhållanden uppströms och nerströms de enskilda avrinningsområdena

Utgångspunkt för presentationen var ytvattenstatusen som bestämts i Bilaga 1 i rapport 2006:09 (Länsstyrelsen 2006), se Figur 7. Närliggande delavrinningsområden med samma ytvattenstatus presenteras gemensamt. Där det fanns tolkningsfördelar har delavrinningsområden med olika ytvattenstatus presenterats i en enda bild. I vissa fall har bedömningen baserats enbart på näringsförhållanden modellerade med WATSHMAN-modellen (WATerSHed MANagement system) och därför var det av intresse att jämföra ett sådant delavrinningsområde med ett där bedömningen av statusen baserades på verkliga mätdata.

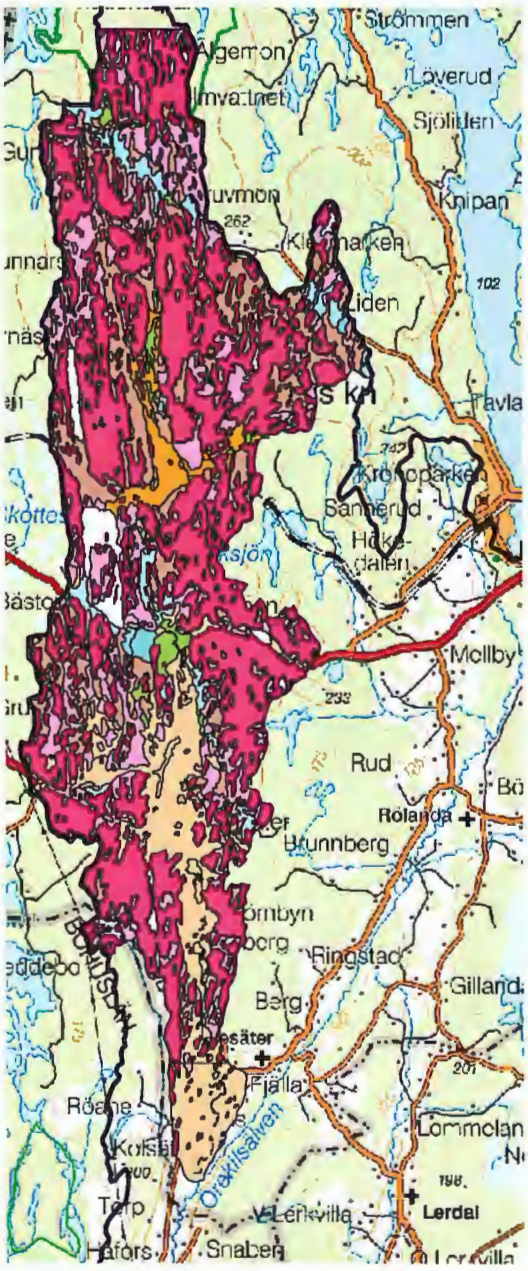
Det framgår inte av jordartkartorna hur mäktiga de olika kvartära avlagringarna är eftersom de endast visar sedimentförhållanden vid 0,3 m till 0,5 m djup. Lera bör exempelvis ha en större mäktighet än 3 m för att en eventuellt underliggande grundvattenförekomst ska anses vara skyddad från infiltration av föroreningar (Naturvårdsverket 1999). Kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, förstorades i samma skala som jordartskartan för intressanta delavrinningsområden. Kartan finns tillgänglig i digital form. SGU kommer att publicera en förbättrad version vid senare tillfälle.



Figur 7. Statusbedömning av ytvatten enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket 1999) streckade områden är endast bedömda med avseende på kväve och fosforförhållanden som modellerats med WATSHMAN (Länsstyrelsen 2006).

3.3 Utvärdering av jordartskartor per delavrinningsområde (-n)

3.3.1 Delavrinningsområde 653973-126795 och 652443-126958 inom Örekilsälvens avrinningsområde



Båda delavrinningsområdena har för ytvatten statusklassats som god status (grönt). Därför presenteras de tillsammans. Gränsen mellan de två delavrinningsområdena går ungefär i mitten samma höjd som Haksjön, se Figur 7. De ligger så långt uppströms inom Örekilsälvens avrinningsområde man kan komma.

Figur 8. Delavrinningsområde 653973-126795 och 652443-126958 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

I det norra delavrinningsområdet saknas lokala jordartskartor för en liten areal som tillhör Trestickans nationalpark. Det är troligt att berg i dagen dominerar här. I Tabell 3 ges procentandelen av kvartära sediment för båda delavrinningsområdena. Moränstråket som utgör 4 % av ytan i norra delavrinningsområdet kan följas vidare och tillhör Skövde-Billingemoränen (Johansson 1982). I detta israndläge ingår isälvssediment längst i nordväst som kan vara av intresse för grundvattentillgångar.

Berg i dagen utgör 50 % respektive 46 % i ganska sammanhängande ytor. Utan skyddande jordtäcke sker ytavrinningen snabbt, vilket även ger en låg buffertförmåga mot försurning. Ett tunt täcke av

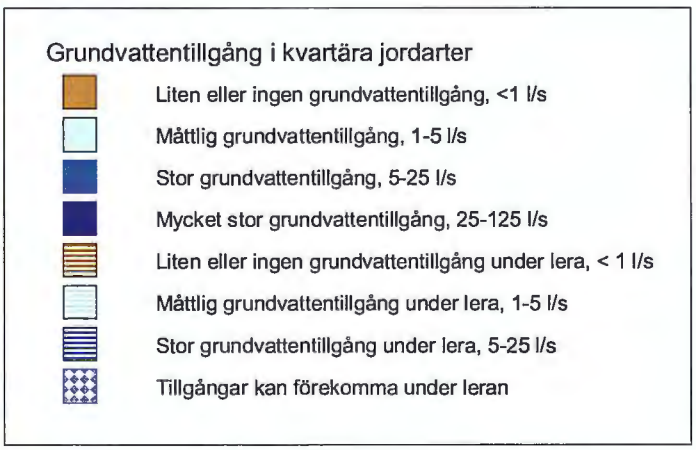
morän täcker berget och är ganska utspritt med 15 % respektive 13 % av arealen. I norra delavrinningsområdet är andelen organiska jordarter 22 % och utgörs främst av mossar, i söder är andelen organiska jordarter 9 %. I södra delavrinningsområdet finns en dalgång med lera med 25 % av ytan, vilket om markanvändningen är jordbruk borde kunna ha en negativ effekt på ytvattenstatus.

Tabell 3. Arealandel av kvartära sediment för de två delavrinningsområdena, för det norra (653973-126795) saknas uppgifter för en liten del av arealen.

Delavrinningsområde 653973-126795 (norra)	Hektar	Procent	Delavrinningsområde 652443-126958 (södra)	Hektar	Procent
Berg	3146	50 %	Berg	2467	46 %
Isälvssediment, sand-block	68	1 %	Isälvssediment, sand-block	94	2 %
Morän	222	4 %	Morän	118	2 %
Organisk jordart	1415	22 %	Organisk jordart	490	9 %
Sand	258	4 %	Sand	13	0 %
Lera	16	0 %	Lera	1332	25 %
Tunt jordtäcke av morän	980	15 %	Tunt jordtäcke av morän	692	13 %
Vatten	234	4 %	Vatten	96	2 %
Övrigt	0	0 %	Övrigt	35	1 %

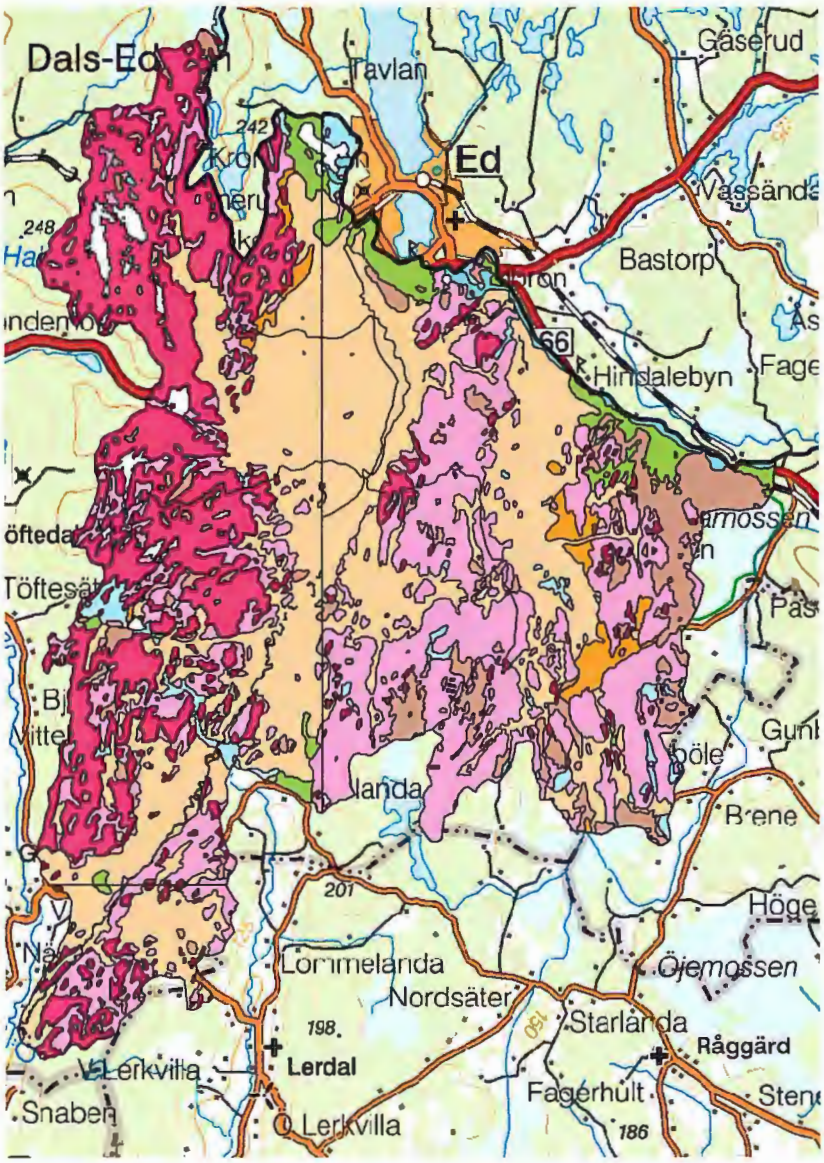
Sandförekomster med 4 % av ytan (250 hektar) i det norra delavrinningsområdet och isälvssediment med 2 % av arealen i det södra delavrinningsområdet bör kunna innehålla grundvattenreservoarer. Detta beror dock på hur de ligger rent topografiskt, om de ligger lågt i terrängen och om de är vattenmättade också under sommaren. Vid Bondemon i södra delavrinningsområdet finns isälvssediment och under *"Övrigt"* i legenden finns antagligen fyllnadsmassor från utbyggnaden av riksväg 164. Mera tillförlitliga uppgifter också om mäktigheter borde komma i beskrivningarna till jordartskartan.

Varken isälvssediment eller sandförekomster är representerade på kartan från EU-rapporteringen, se Figur 9 (Naturvårdsverket 2005). En preliminär kartläggning av dessa förekomster borde prioriteras. I och med att det finns en så hög andel permeabla jordarter, kan det finnas förutsättningar för grundvattentillgångar under lera i de söderut anslutande dalgångarna. Dessa kan dock ha legat under HK och innehålla relikt saltvatten. Lera med en viss mäktighet ger annars skydd mot infiltration av föroreningar.



Figur 9. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) klippt mot geografiskt område kring delavrinningsområde 653973-126795 och 652443-126958.

3.3.2 Delavrinningsområde 653363-127500, 653300-127618 och 652440-127086 inom Örekilsälvens avrinningsområde



Ytvattnet i dessa tre delavrinningsområden har bedömts ha otillfredsställande status (orange). Detta baseras på tillgänglig data från provtagningar i området. Områdena ligger långt uppströms inom Örekilsälvens avrinningsområde.

Figur 10. Delavrinningsområde 653363-127500, 653300-127618 och 652440-127086 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Jordarterna täcker relativt stora sammanhängande ytor i de tre delavrinningsområdena och samtliga berörs av ett större sammanhängande område med lera och presenteras därför gemensamt. För att se hur delavrinningsområdena gränsar till varandra, Figur 7.

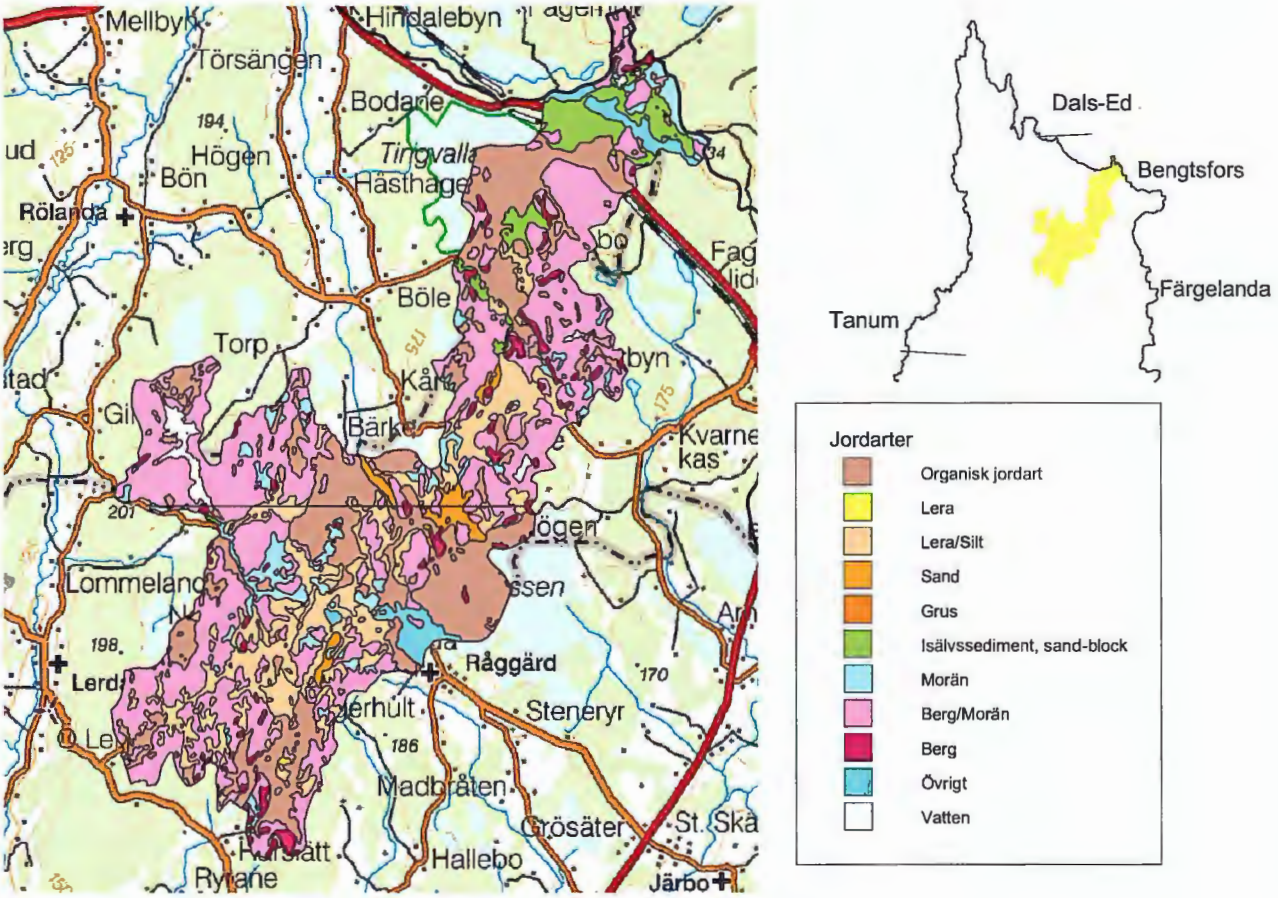
Karakteristiskt för de tre delavrinningsområdena är att de är sjöfattiga, nästan inga ytor täcks av vatten. Två moränstråk från sydost mot nordväst, det nordligaste mer markerat, är tydligen associerade med flera förekomster av isälvssediment och av sand. De tillhör Skövde-Billingemoränen och Berghemsmoränen (Johansson 1982). I väster är det berg i dagen och i öster ett tunt täcke av morän över mer sammanhängande ytor. I det västra delavrinningsområdet sker ytavrinningen snabbt från ytor med berg i dagen. I det östra delavrinningsområdet finns större ytor som täcks av organiska jordarter, mestadels mossar, som delvis har markavvattnats. I båda delavrinningsområdena finns stora ytor av lera som täcker två breda dalgångar, vilket gynnar jordbruk. Porerna i leran är vattenfyllda. Ytavrinningen och bromsas inte och buffertförmågan förbättras inte för ytvatten. Vad angår grundvattnet kan jordbrukets ingrepp i form av dränering förlänga tiden tills nederbörden når grundvattnet, med en

positiv effekt för buffring. Framför allt kan lera med en viss mäktighet ha en skyddande effekt mot infiltration av föroreningar om det finns grundvattenreservoarer inunder.

Jordartskartan tillåter en viss bedömning av grundvattentillgångar. Isälvsedimentet finns med på kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, som *"Mycket stor grundvattentillgång, storleksordningen 25-125 l/s"*, medan de två nordligaste sandförekomsterna sydväst om Ed har klassats som *"Liten/ingen grundvattentillgång"*. Isälvsedimentet och sandförekomster som inte har klassats i EU-rapporteringen bör kartläggas. De kan innehålla grundvattenreservoarer om de är tillräckligt mäktiga och om de ligger lågt i terrängen och är vattenmättade under hela året. Särskild hänsyn måste tas till jordbruksarealer och infiltration från föroreningar om avloppsinfiltration tillåts nära potentiella grundvattenreservoarer.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, återges de två breda dalgångarna med lera som *"Vattenförande friktionslager kan förekomma i och/eller under täta jordlager"*. Den stora västliga dalgången ligger över HK och eventuella grundvattentillgångar där hotas inte av relikt saltvatten. En vidare kartläggning av eventuella grundvattentillgångar under leran bör utgå från de kartlagda grundvattenförekomsterna med stor eller mycket stor kapacitet. I och med att det finns grundvattentillgångar på nära håll och befolkningstrycket är lågt borde en hydrogeologisk kartering prioriteras endast i de konstaterade stora och mycket stora. Den otillfredsställande ytvattenstatusen för kväve och fosfor bör leda till en kartläggning för om det finns kontakt mellan yt- och grundvatten. Störst är dock faran för infiltration av föroreningar i områden med avloppsinfiltration, därför att isälvssediment har god permeabilitet.

3.3.3 Delavrinningsområde 652548-127999 inom Örekilsälvens avrinningsområde



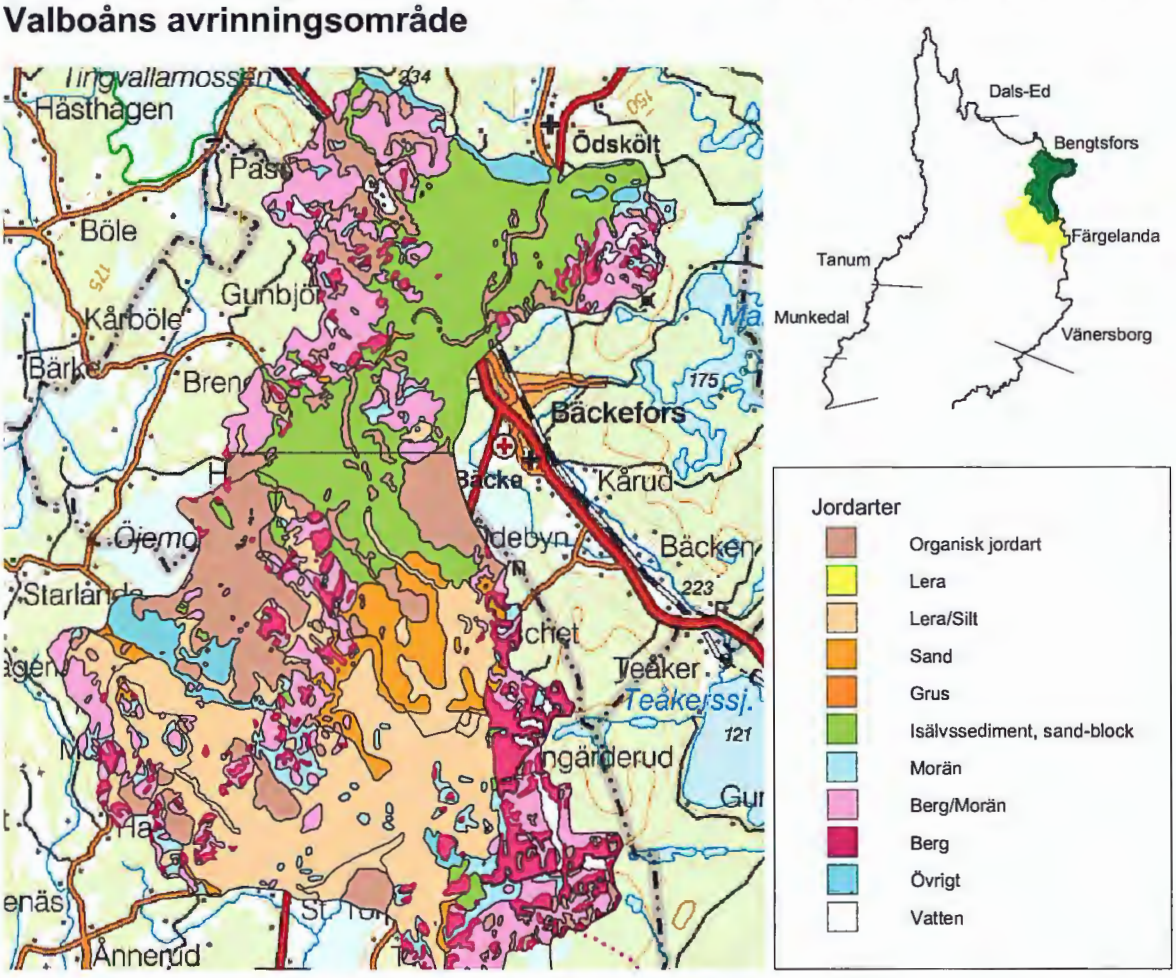
Figur 11. Delavrinningsområde 652548-127999 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Delavrinningsområdet har statusklassats till måttlig status (gul) med avseende på ytvatten. Det ligger långt upp i Örekilsälvens avrinningsområde.

Detta område skiljer sig från de tidigare presenterade delavrinningsområdena främst för att mossar eller organiska jordarter utgör mer än en fjärdedel (1820 hektar) av ytan och att lera utgör en betydligt lägre del av ytan och är mer heterogent fördelad. Större ytor, 42 % av området, har ett tunt täcke av morän över berget. Dessa ytor är sammanhängande, vilket möjligen kan hindra ytavrinning. Ett stort antal mindre ytor med berg i dagen, sand- eller morän, är fläckvis fördelade. Det finns dessutom flera spår av olika moränstråk, men också fyllningar från väg- och järnvägsarbete.

I norra delen av delavrinningsområdet finns flera mindre och en mycket stor förekomst av isälvssediment längst i norr. På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, återges det framträdande isälvssedimentet som *"Stor grundvattentillgång storleksordningen 5-25 l/s"*, medan de mindre förekomsterna saknas. En hydrogeologisk kartering av grundvattenreservoaren, särskilt de som ligger över HK, borde prioriteras i karakteriseringen enligt Vattendirektivet.

3.3.4 Delavrinningsområde 652052-128826 och 651735-128680 inom Valboåns avrinningsområde

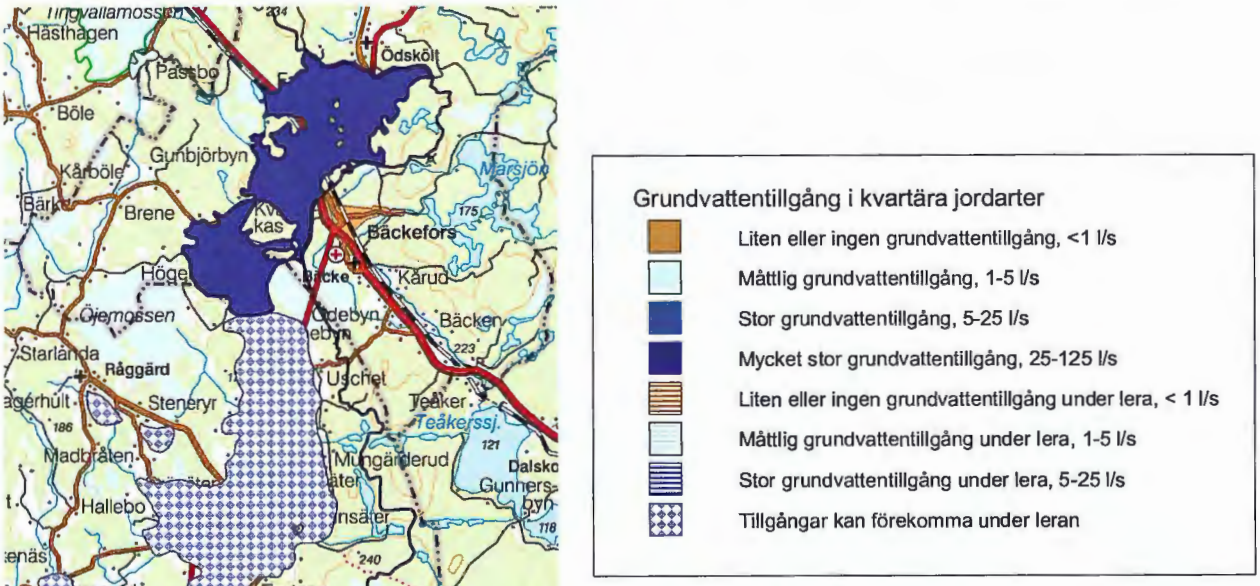


Figur 12. Delavrinningsområde 652052-128826 och 651735-128680 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Ytvattnet i det norra delavrinningsområdet har statusklassats som god status (grön) och i det södra som måttlig status (gul). Det norra delavrinningsområdet ligger så långt upp i Valboåns avrinningsområde man kan komma.

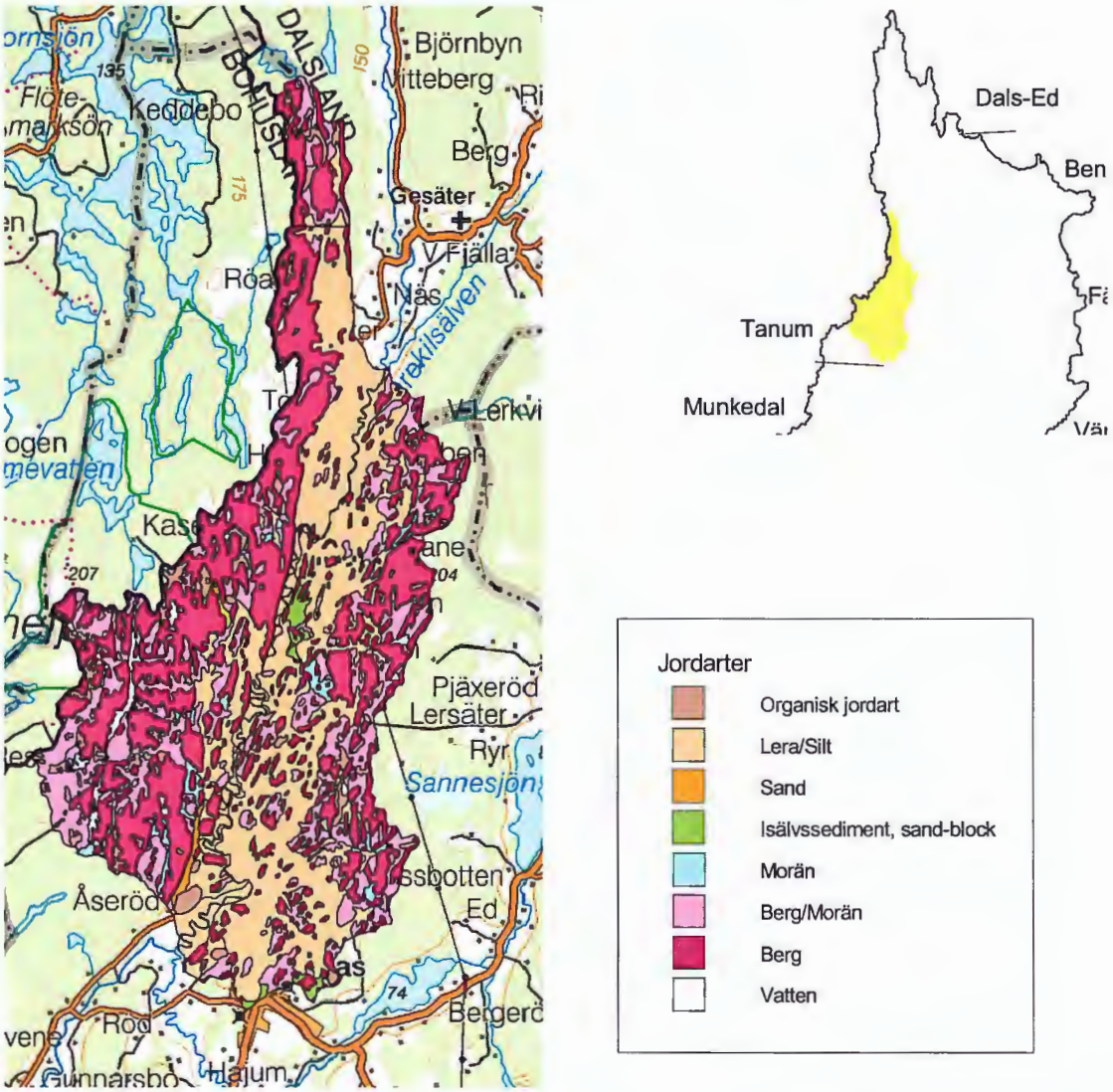
Väster om Bäckefors vid Ödskölts moar finns de största grundvattentillgångarna inom Gullmarns tillrinningsområde. Enorma mängder isälvssediment bestående av sand och grus har avsatts där. Isälvsavlagringen är väl beskriven i en avhandling (Johansson 1982). Två moränstråk markerar isranden som bildats under en avsmältningsperiod och går i nordostlig riktning. De tillhör Skövde-Billingemoränen som går att följa in i landet och till norska kusten. Johansson (1982) drar slutsatsen att HK minskade med 20 meter under bildningen av komplexet, som då motsvarar en avsmältningsperiod av 250-300 år. För den smältande ismassan fanns bara en smal dräneringsled över Torp eller Ellenösjön vidare västerut via Viksjön till Saltkällefjorden. Det marina vattnet kunde strömma in via samma passage när området delvis låg under HK och borde ha täckt israndbildningen. I och med att havsvattnet möttes av stora mängder utströmmande smältvatten hindrades detta åtminstone periodvis. Framför allt genom klimatiska faktorer som israndens fram- och tillbakadragande är isälvssedimenten en komplex avlagring, vilket medför att det kan finnas olika grundvattenreservoarer i den (Johansson, 1982). Sand och grus i isälvsavlagringen och i dess anslutning bidrar till nybildning av grundvatten och har en hög permeabilitet, vilket också betyder en gynnsam buffertförmåga för både yt- och grundvatten, men det finns risk för infiltration av föroreningar. I det södra delavrinningsområdet finns svallsand som ansluter till isälvssediment. Sanden vittnar om att havet nådde ända hit, samtidigt som chansen för möjliga grundvattenförekomster minskar. Ett större sammanhängande område med lera dominerar delavrinningsområdet, vilket ger en förklaring till att ytvattenstatusen är sämre. Detta beror på att ytavrinning sker snabbt, en låg buffertförmåga och markanvändning. Leran kan ha avsättas både långt ifrån isranden och nära isranden när utflödet skedde under ett senare avsmältningsskede på annat håll. I och med förekomsten av svallsand är det dock mindre troligt att skyddade grundvattentillgångar finns under leran. Johansson (1982) har i sin kartering inventerat dåvarande, nu delvis nedlagda, grustäkter. Detta material bör granskas för att se om det kan finnas fyllnadsmassor i det som hör till *"Övrigt"* i legenden.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) (Figur 13) finns isälvssediment som *"Mycket stor grundvattentillgång, storleksordningen 25-125 l/s"*. För att kunna karakterisera grundvattnet enligt Vattendirektivet krävs en hydrogeologisk specialkartering. Kartläggning av grundvattenmagasin bygger på kännedom om storlek, tillrinningsområden och kemi för de enskilda grundvattenförekomsterna inom magasinet, det vill säga de olika grundvattenreservoarerna och hur de hänger ihop. Enligt diskussion ovan är det mindre troligt med grundvatten i svallsand och angränsande leromräden, deras kartläggning bör komma i ett senare skede i arbetet med grundvattentillgångar enligt Vattendirektivet.



Figur 13. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 652052-128826 och 651735-128680).

3.3.5 Delavrinningsområde 651270-126553 inom Örekilsälvens avrinningsområde



Figur 14. Delavrinningsområde 651270-126553 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

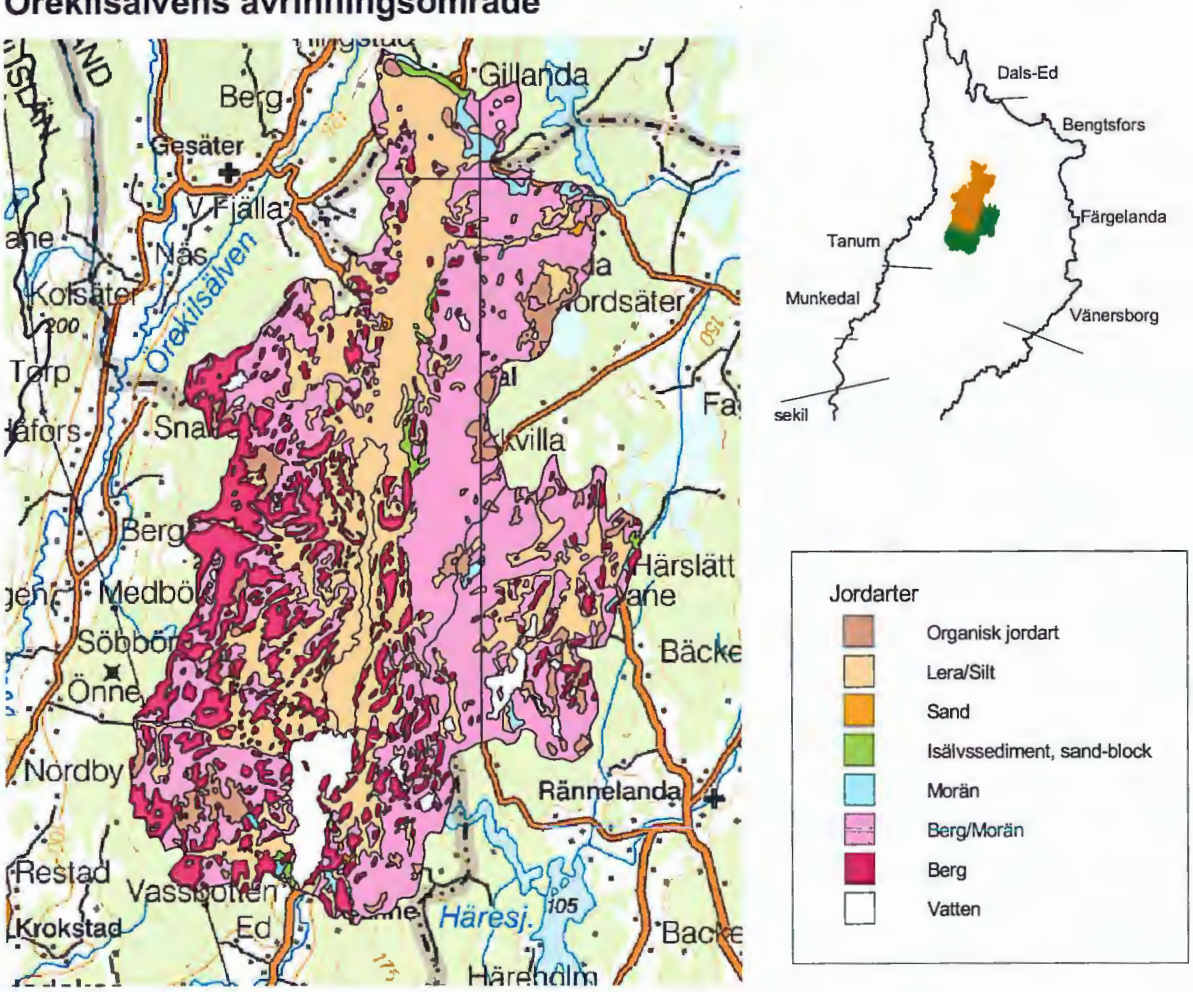
Delavrinningsområdet har statusklassats som måttlig status (gul) för ytvatten med hjälp av undersökningar och mätningar i området. Området ligger en bit nerströms inom Örekilsälvens avrinningsområde.

Berg i dagen dominerar i området men finns ganska utspritt. I västra delen avbryter mindre ytor med ett tunt täcke av morän och organisk jordarter, kärr och mossor. Detta innebär en fördröjning för ytavrinningen med vissa positiva effekter, då landskapet är brutet. Det gäller också mot öster i Örekilsälvens dalgång som korsar delavrinningsområdet från norr till syd. Det finns ingen sammanhängande yta med lera, utan där finns utspridda fläckar med berg i dagen, tunt täcke av morän, organisk jordarter, morän och två mindre sandförekomster. Mitt i dalgången finns förekomster av morän och isälvssediment.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, presenterats isälvssediment med *"Måttliga grundvattentillgångar 1-5 l/s"* och dalgången med lera rapporteras som *"Vattenförande friktionslager kan förekomma i och/eller under täta jordlager"*. Dalgången ligger under HK

med risk för relikt saltvatten. Bara en enda förekomst av isälvssediment och en av sand gör det dessutom mindre rimligt att stora grundvattentillgångar finns skyddade under leran. Delavrinnings-området borde inte prioriteras i det vidare arbetet med Vattendirektivet.

3.3.6 Delavrinningsområde 657342-127298 och 651298-217195 inom Örekilsälvens avrinningsområde



Figur 15. Delavrinningsområde 657342-127298 och 651298-217195 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

De två delavrinningsområdena som gränsar mot varandra har för ytvatten statusklassats som otillfredsställande (orange) respektive god status (grön) med hjälp av mätdata från undersökningar och provtagning.

Båda delavrinningsområdena ligger en bit nerströms inom Örekilsälvens avrinningsområde. Det delavrinningsområde som har god status ligger nedanför det med otillfredsställande status. Då skillnaden i ytvattenstatus är så stor att det skiljer två statusklasser mellan de två områdena inom samma avrinningssystem, är frågeställningen om det finns indikationer på att jordartsfördelningen ger förutsättningar för ytvattenstatusen i respektive delavrinningsområde. I Tabell 4 har arealberäkningar gjorts i GIS för att kunna jämföra fördelningen av olika jordarter i de två delavrinningsområdena. I och med att de är olika stora är det mest lämpligt att utgå från procentandelarna.

På jordartskartan har det sydöstra delavrinningsområdet med god ytvattenstatus betydligt lägre andel lera, 19 % jämfört med 35 % i det norra delavrinningsområdet med otillfredsställande ytvattenstatus. Skillnaden är inte enbart kvantitativt utan dalgången i norra området täcks av lera från nord till syd i en tydligt markerad sammanhängande yta, medan lera är småfläckigt fördelat på mindre ytor i det

sydöstra området. Det skulle kunna finnas ett större område med lera där Sannesjön finns i delavrinningsområdet med god ytvattenstatus. Sjön kan spela en positiv roll för retentionen och den kan ge en långsammare ytavrinning liksom den småfläckiga fördelningen av jordarterna. Den lokala jordartskartan visar en småskalig fördelning av berg i dagen, tunt jordtäcke av morän och organisk jordart i detta delavrinningsområde.

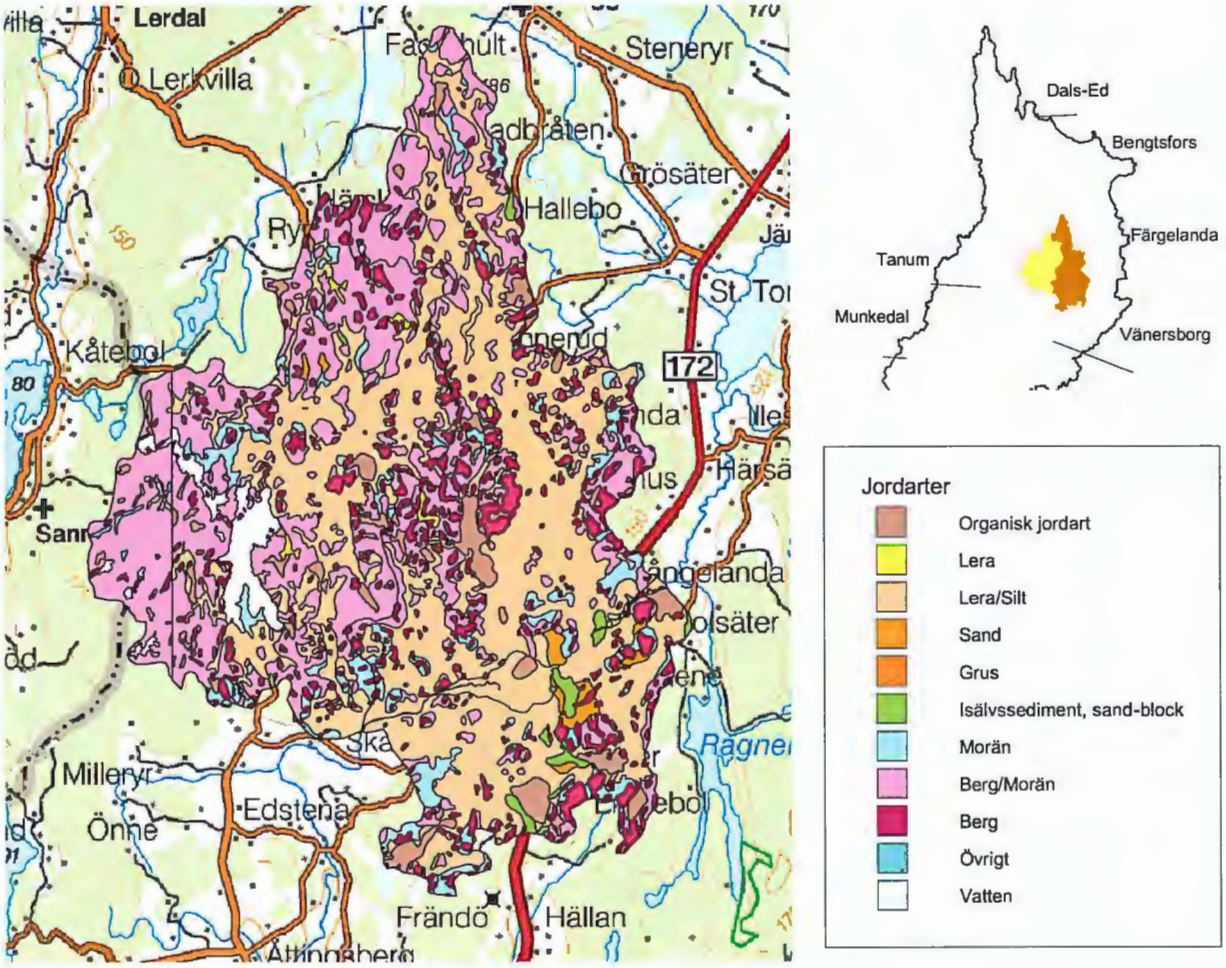
Tabell 4. Arealandel av kvartära sediment för de två delavrinningsområdena 657342-127298 med otillfredsställande ytvattenstatus till vänster och delavrinningsområde 651298-217195 med god ytvattenstatus till höger.

Delavrinningsområde 657342-127298	Hektar	Procent	Delavrinningsområde 651298-217195	Hektar	Procent
Berg	917	18 %	Berg	595	18 %
Isälvssediment, sand-block	53	1 %	Isälvssediment, sand-block	12	0 %
Morän	63	1 %	Morän	31	1 %
Organisk jordart	263	5 %	Organisk jordart	230	7 %
Sand	10	0 %	Sand	3	0 %
Lera	1 733	35 %	Lera	631	19 %
Tunt jordtäcke av morän	1 929	39 %	Tunt jordtäcke av morän	1 492	46 %
Vatten	25	1 %	Vatten	276	8 %
Övrigt	0	0 %	Övrigt	7	0 %

Andelen berg i dagen är lika i båda delavrinningsområdena, men fördelningen annorlunda. Där ytvattenstatusen är otillfredsställande finns sammanhängande ytor som gynnar snabb ytavrinning och förstärker effekten av kalt berg utan buffringsförmågan mot försurning. Där ytvattenstatusen är god är också områden med berg i dagen småfläckigt fördelade och landskapet mera brutet.

För grundvattentillgången är en förekomst av isälvssediment inom ett mindre stråk av morän i nordväst som följer israndslägen och en förekomst av isälvssediment längs dalgången i rätt vinkel till moränstråken i det norra delavrinningsområdet intressanta. Tillsammans täcker de två förekomsterna med isälvssediment 53 hektar. På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, saknas de som klassade ytor. Däremot återges dalgången som *"Vattenförande friktionslager kan förekomma i och/eller under täta jordlager"*. Det kan inte uteslutas att det finns grundvattentillgångar i isälvssediment och inte heller att sådana finns under lera. Förhållandet till högsta kustlinjen bör dock beaktas, delar av grundvattentillgångar kan ligga över och delar under HK, där det kan finnas relikt saltvatten. Den otillfredsställande ytvattenstatusen för kväve och fosfor bör leda till en kartläggning av om det finns kontakt mellan yt- och grundvatten.

3.3.7 Delavrinningsområde 650859-127984 och 651008-127739 inom Valboåns avrinningsområde

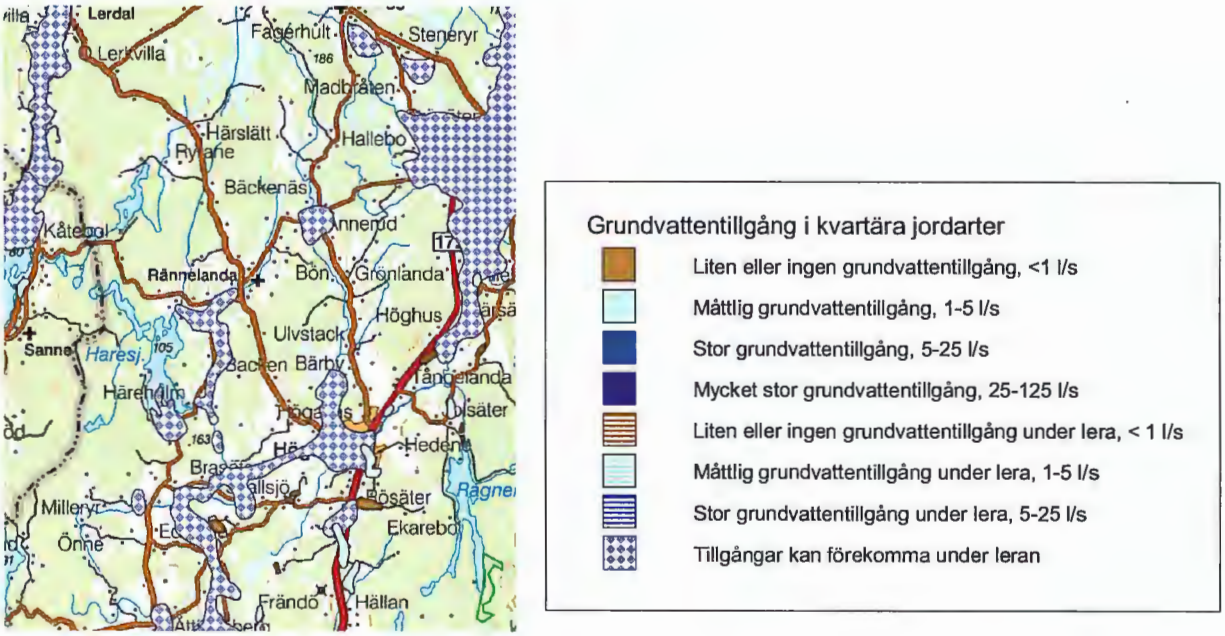


Figur 16. Delavrinningsområde 650859-127984 och 651008-127739 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Delavrinningsområdena har för ytvatten statusklassats som måttlig (gul) respektive otillfredsställande status (orange) på grund av mätdata från provtagning och undersökningar.

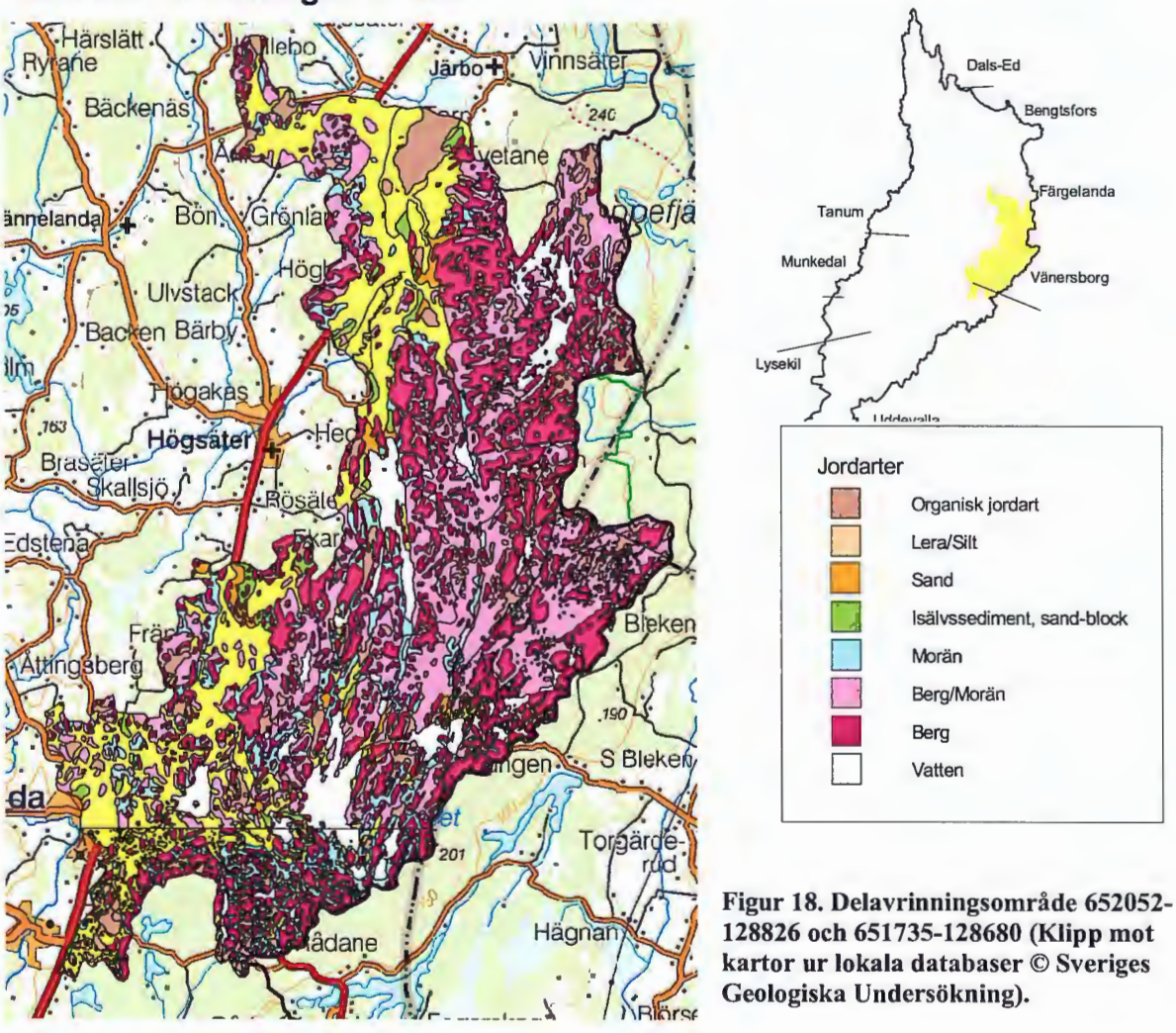
Båda delavrinningsområdena tillhör Valboåns avrinningsområde och ligger en bit nerströms. Skillnaden mellan måttlig ytvattenstatus i den västliga delen och otillfredsställande ytvattenstatus i den ostliga behöver inte vara så stor. Ändå verkar de kvartära sedimenten och deras fördelning skapar olika förutsättningar för ytvattenstatus också inom dessa två delavrinningsområden. Det finns flera vattenytor, störst är Häresjön. Dessa vattenytor verkar vara viktiga för att få en positiv ytvattenstatus. Den småfläckiga fördelningen av berg i dagen, tunt täcke av morän, organisk jordart, morän, sand och isälvssediment finns i båda delavrinningsområdena, men i det västra delavrinningsområdet med måttlig ytvattenstatus dominerar tunt täcke av morän som är småfläckigt fördelat. I det östra delavrinningsområdet med otillfredsställande ytvattenstatus finns leran i sammanhängande stora ytor.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) återfinns isälvssediment med *"Måttliga grundvattentillgångar 1-5 l/s"* eller *"Liten/ingen grundvattentillgång"*, se Figur 17. Detta gör att förutsättningarna för grundvattenförekomster under lera i de anslutande dalgångarna bedöms som mindre goda. Dessa två delavrinningsområden bör inte prioriteras för kartläggning av framtida grundvattentillgångar.



Figur 17. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 650859-127984 och 651008-127739).

3.3.8 Delavrinningsområde 651179-128489 och 650028-128007 inom Valboåns avrinningsområde



Figur 18. Delavrinningsområde 652052-128826 och 651735-128680 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

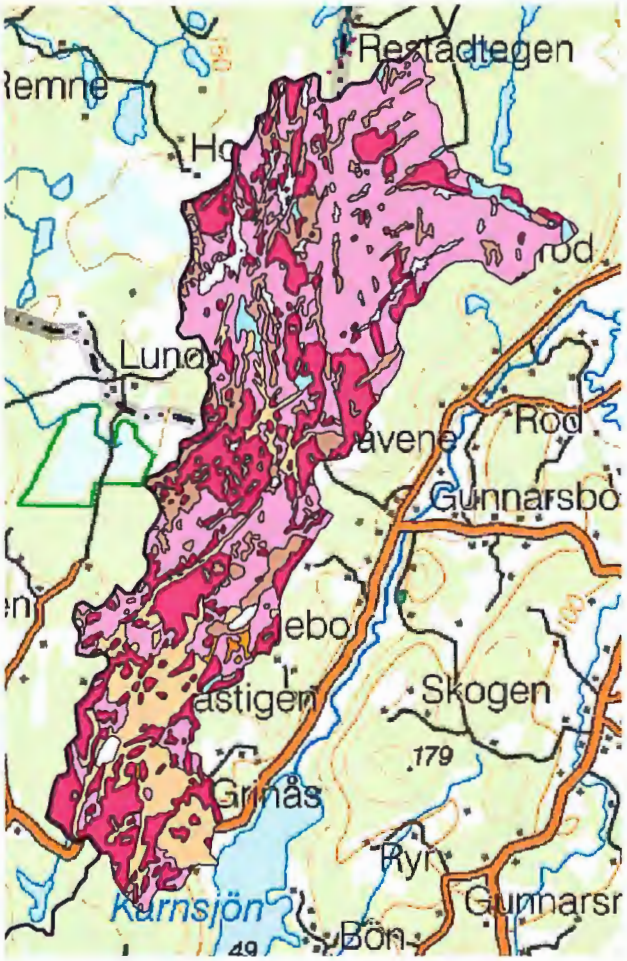
Ytvattnet i båda delavrinningsområdena har statusklassats till måttlig status (gul).

De båda delavrinningsområdena, ett nordligt och ett sydligt, ligger en bit ner i Valboåns avrinningsområde. De uppvisar en liknande fördelning av jordarter, varför de presenteras gemensamt. För avgränsningar mellan delavrinningsområdena, se Figur 7.

Fördelningen av jordarter är mycket småfläckig, även i dalgångar där det skulle kunna finnas mer sammanhängande ytor med lera. I de västra delarna av båda delavrinningsområdena bryts lerområdena av mindre förekomster av organisk jordart, morän och mycket små förekomster av sand samt isälvssediment som ett lapptäcksmönster. Detta gäller också för de östra delarna som domineras av tunt moräntäcke och talrika mindre ytor med berg i dagen. Dessa är dock fördelade på mindre osammanhängande ytor, något som verkar hindra snabb ytavrinning och gynna retention.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, saknas de två delavrinningsområdena som klassade ytor. Inom dessa två delavrinningsområden kan det möjligen finnas grundvatten i de små förekomsterna av isälvssediment. Dessa finns dock i de västra delarna som ligger under HK med risk för relikt saltvatten.

3.3.9 Delavrinningsområde 650304-125881 inom Örekilsälvens avrinningsområde



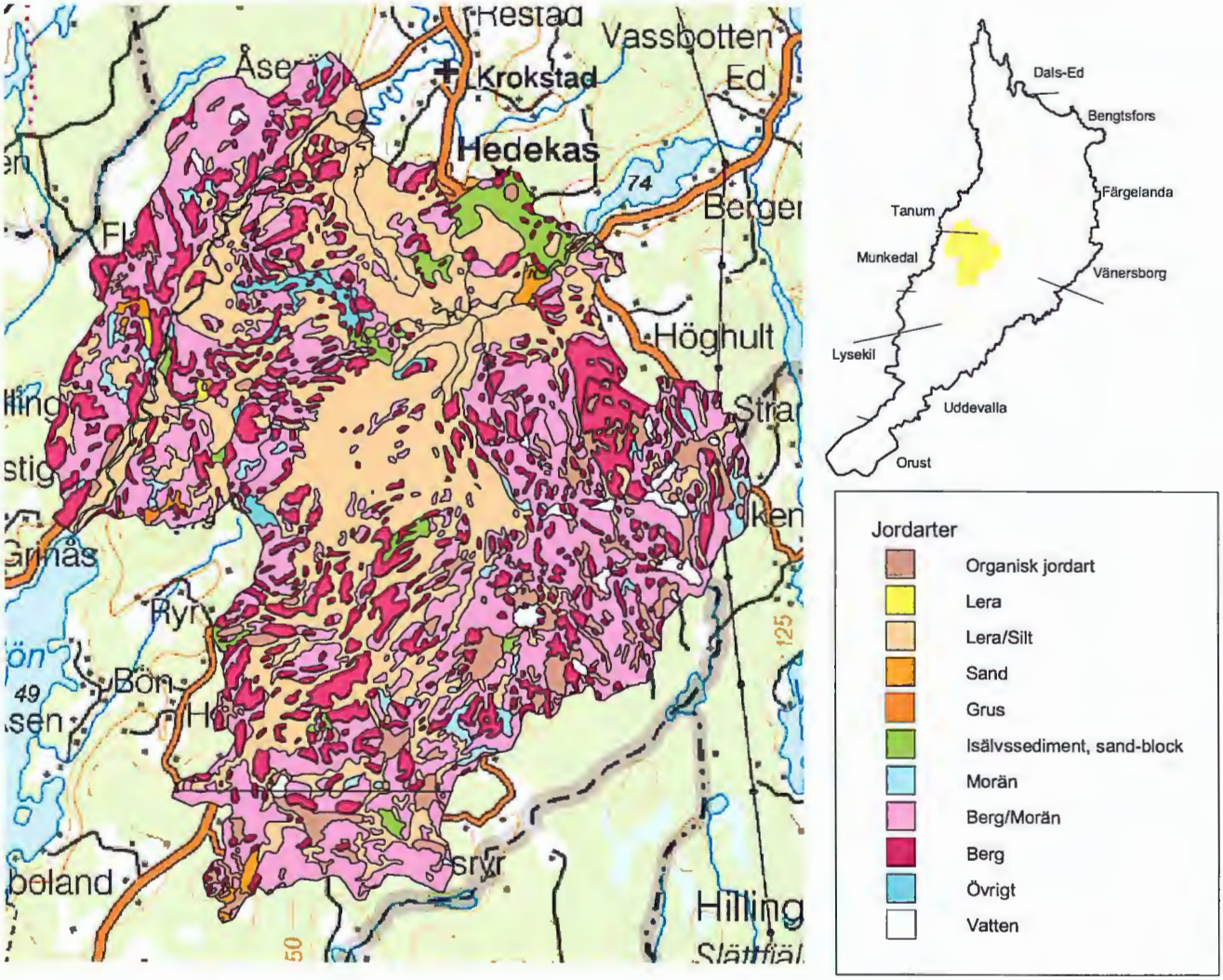
Delavrinningsområdet har statusklassats som otillfredsställande status (orange) för ytvatten. Det ligger en bit nerströms i området.

Figur 19. Delavrinningsområde 650304-125881 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Berg i dagen och tunt täcke av morän dominerar med 29 % respektive 42 % av ytan. De täcker större sammanhängande ytor. Det finns också många kärr och mossor, organiska jordarter utgör sammanlagt 12 % av ytan. Dessutom finns några förekomster av morän och en mindre förekomst av sand. I södra delen finns ett sammanhängande område med lera. Enbart 3 % av ytan täcks av vatten. Jordartsfördelningen borde ge förutsättningar för en bättre ytvattenstatus än otillfredsställande. Här bör det tilläggas att den statusbedömningen främst grundar sig på försurningsproblematiken, se rapport 2006:09 (Länsstyrelsen 2006).

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5 utvisas att det kan finnas *"Vattenförande friktionslager kan förekomma i och/eller under täta jordlager"*. Detta anses vara mindre sannolikt, då den större moränförekomsten har rubriceras under *"Liten/ingen grundvatten-tillgång"* och förekomster av isälvssediment saknas.

3.3.10 Delavrinningsområde 650556-126105, 650950-126442, 650800-126732 och 650545-126601 inom Örekilsälvens avrinningsområde

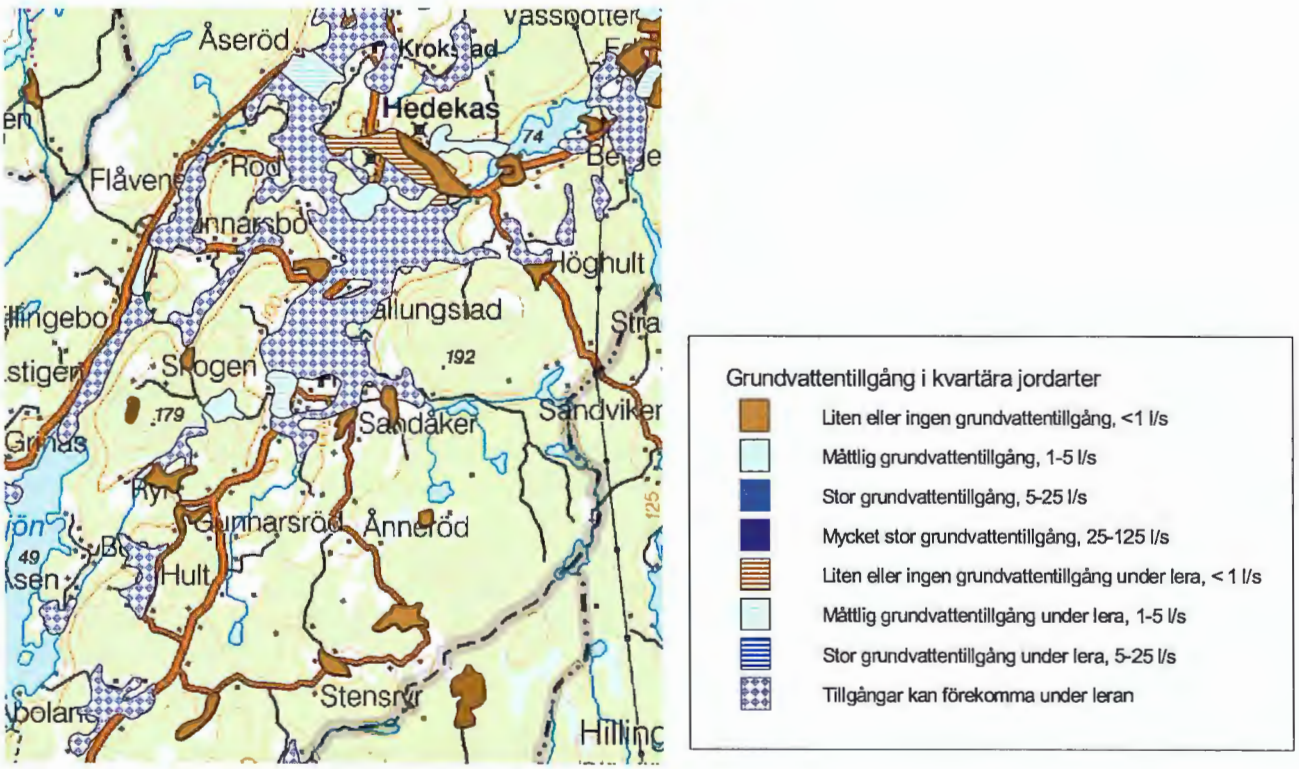


Figur 20. Delavrinningsområde 650556-126105, 650950-126442, 650800-126732 och 650545-126601 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Samtliga fyra delavrinningsområden har statusklassats till måttlig status (gul) med avseende på ytvatten. Tre av dem täcker mindre områden och samtliga har del i en större dalgång med lera, därför presenteras de gemensamt. För gränsdragningar mellan delavrinningsområdena, se Figur 7.

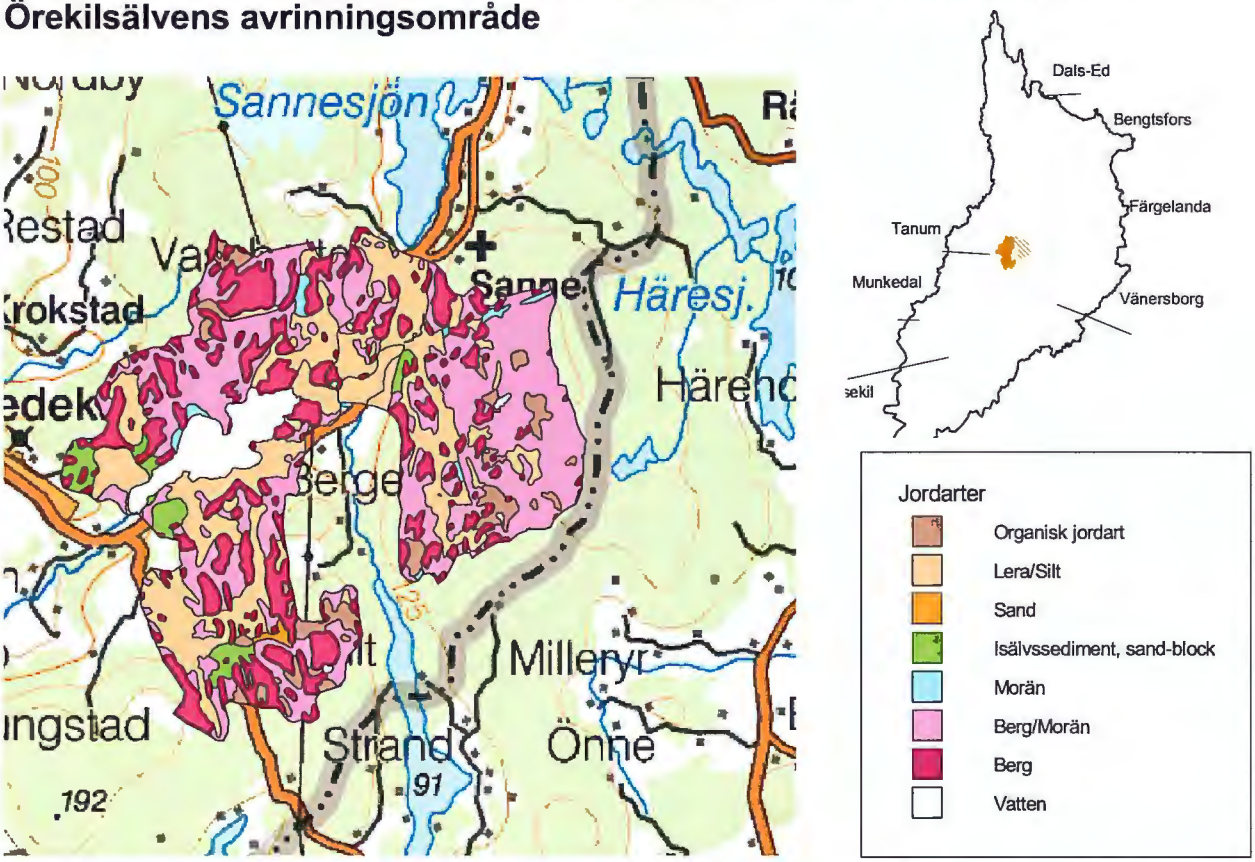
En större förekomst av isälvssediment i norr är av intresse för grundvattentillgångar. Till isälvsavlagringen ansluter större sammanhängande ytor med lera som längre söderut övergår i ett småfläckigt brutet landskap. Karakteristiskt för de fyra delavrinningsområdena är ett lapptäcke av jordarterna och inga jordarter som dominerar större ytor. Det finns många mindre områden med organisk jordart och små förekomster av morän, sand och isälvssediment. Men framför allt finns det inga sammanhängande ytor med berg i dagen eller bara tunt täcke av morän. Detta motverkar alltför snabb ytavrinning. Andelen vattenyta är liten förutom några mindre sjöar i sydost. Dalgången med lera utgör inte så stor andel av ytan i varje delavrinningsområde som Figur 20 ger sken av. Vart och ett av de fyra delavrinningsområdena har del i lerdalgången.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005)återfinns både den större och den mindre förekomsten av isälvssediment med *"Måttliga grundvattentillgångar 1-5 l/s"* och *"Liten/ingen grundvattentillgång"*. Där förekomster är kartlagda under lera finns inte heller större grundvattentillgångar. Denna kartläggning gör det osannolikt att det fortfarande kan finnas ej kartlagda grundvattenreservoarer. Området ligger under HK, med risk för relikt saltvatten. En hydrogeologisk kartering av de konstaterade förekomsterna med måttliga grundvattentillgångar bör prioriteras i det vidare arbetet enligt Vattendirektivet.



Figur 21. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 650556-126105, 650950-126442, 650800-126732 och 650545-126601).

3.3.11 Delavrinningsområde 651080-127156 och 650947-126890 inom Örekilsälvens avrinningsområde

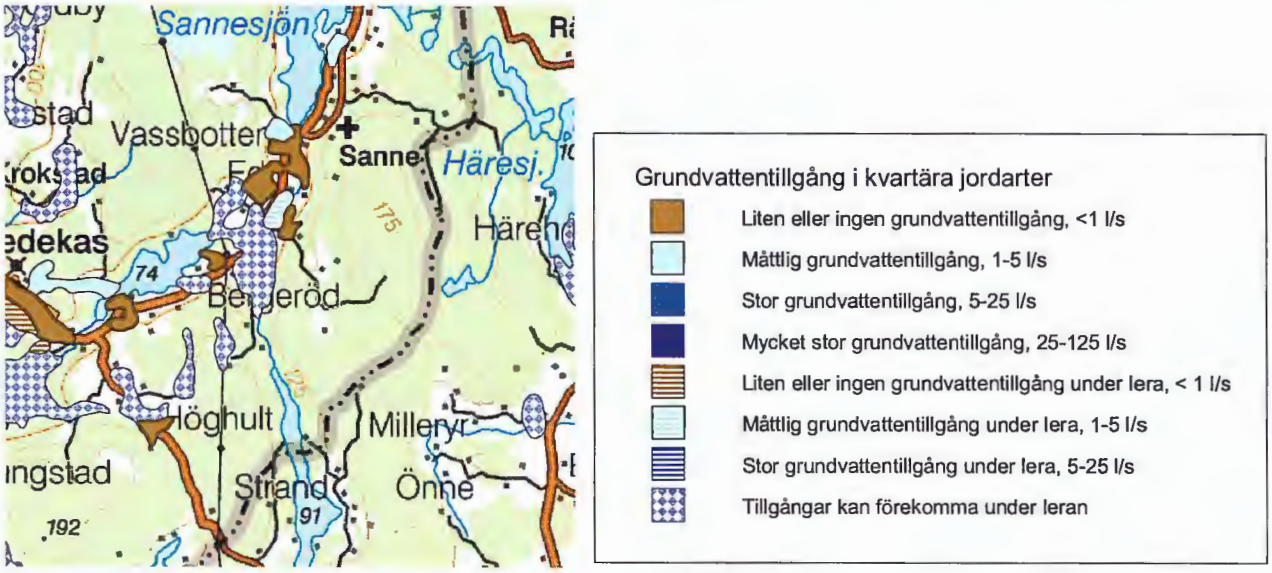


Figur 22. Delavrinningsområde 651080-127156 och 650947-126890 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Dessa två delavrinningsområden har för ytvatten statusklassats som otillfredsställande status (orange). Det västra delavrinningsområdet har klassats med hjälp av data från undersökningar medan klassningen av det östra delavrinningsområdet baseras på modellräkningar för enbart kväve och fosfor enligt WATSHMAN-modellen. De ligger en bit nerströms inom Örekilsälvens avrinningsområde.

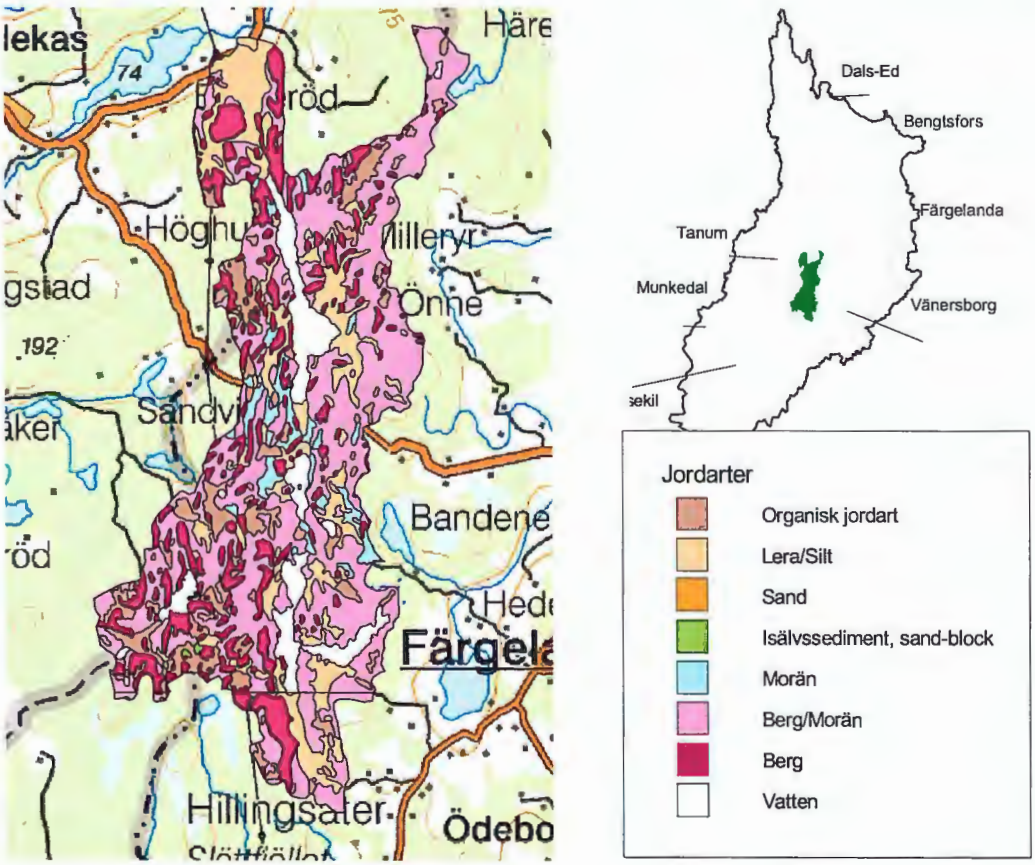
Berg i dagen, områden med tunt täcke av morän, två små moränförekomster, organisk jordart och fyra mindre avlagringar med isälvssediment samt en förekomst av sand är småskaligt fördelade. Detta gäller även för områden med lera. Det finns en sjö i det västra delavrinningsområdet med en arealandel på 9 % som motsvarar nästan 110 hektar. Båda delavrinningsområdena är mycket små till ytan och fördelningen av vattenyta och jordarter ger ingen indikation för en hög ytavrinning. Lera har 24 % av ytan, men förekommer inte sammanhängande. Det finns ett flertal mindre områden av berg i dagen, tunt täcke av morän och isälvssediment som bryter av lerområdet. Jordartsfördelningen borde ge bättre ytvattenstatus än otillfredsställande.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) återfinns isälvssediment och sand kartlagda både med *"Måttliga grundvattentillgångar 1-5 l/s"* och *"Liten/ingen grundvattentillgång"*. En hydrogeologisk kartering av de konstaterade förekomsterna med måttliga grundvattenreservoarer bör prioriteras i arbetet med grundvattentillgångar enligt Vattendirektivet. Den otillfredsställande ytvattenstatusen för kväve och fosfor bör leda till en kartläggning av om det finns kontakter mellan yt- och grundvatten. Störst är dock faran för infiltration av föroreningar i områden med avloppsinfiltration eftersom isälvssediment har god permeabilitet.



Figur 23. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 651080-127156 och 650947-126890).

3.3.12 Delavrinningsområde 651000-127105 inom Örekilsälvens avrinningsområde



Figur 24. Delavrinningsområde 651000-127105 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Delavrinningsområdet har för ytvatten statusklassats som god status på grund av mätdata. Det ligger nerströms inom Örekilsälvens avrinningsområde.

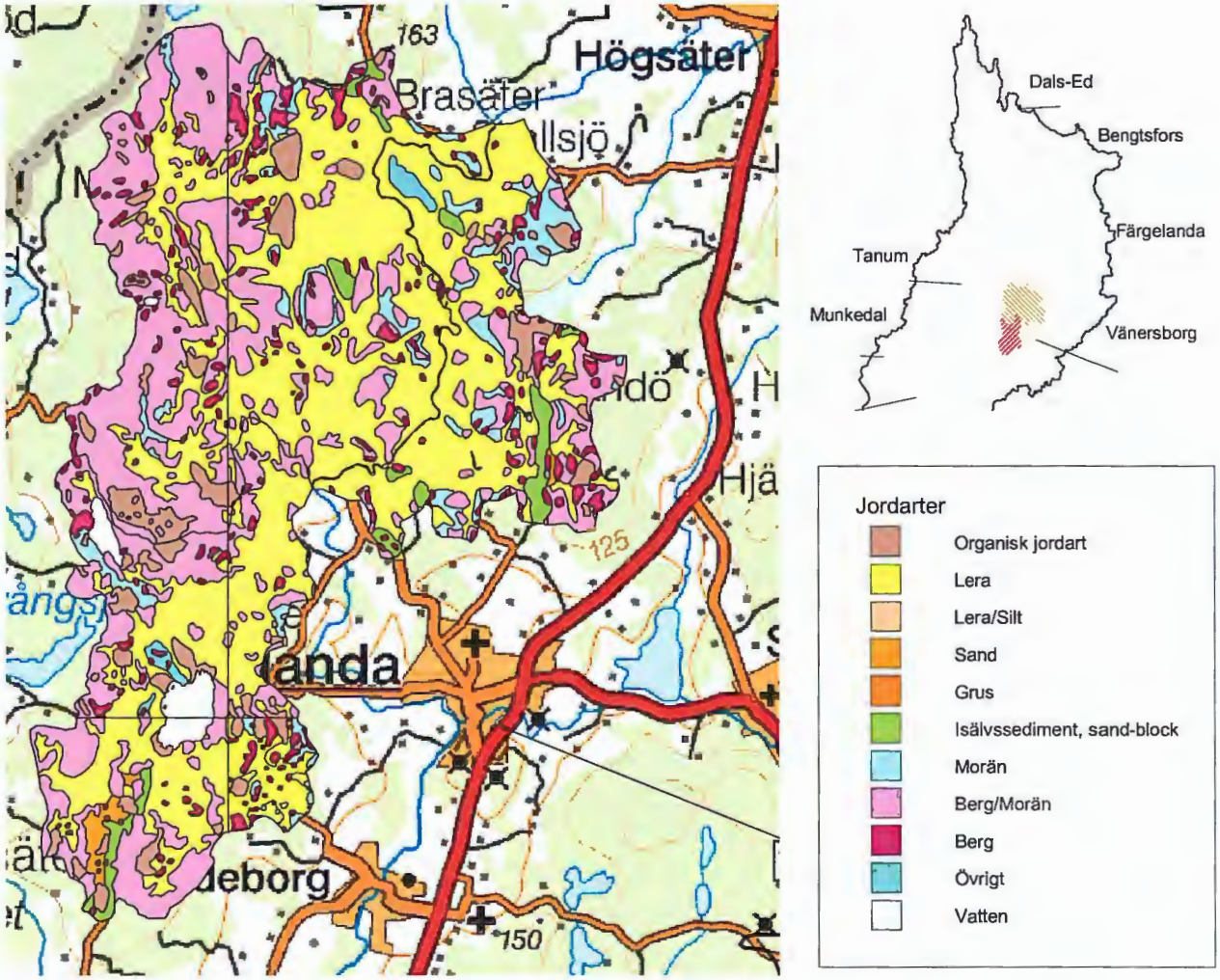
På jordartskartan syns en småskalig fördelning av områden med berg i dagen, områden med tunt täcke av morän, organisk jordart och flera små moränförekomster. Moränen utgör 4 % av arealen, se Tabell 5. Tre små förekomster av isälvssediment har liten utbredning. Andelen vattenyta är förhållandevis hög med 8 %, medan lera ändå täcker en yta av 15 %. Leran finns inte i sammanhängande ytor utan är mera fläckvis fördelat, vilket i sin tur medför en annan typ av markanvändning för jordbruket än de stora sammanhängande ytorna. Typiskt för jordartfördelningen i ett område med god ytvattenstatus är också en mycket hög andel organisk jordart, 10 %.

Tabell 5. Arealandel av kvartära sediment delavrinningsområde 651000-127105

Delavrinningsområde 651000-127105	**Hektar**	**Procent**
Berg	917	19 %
Isälvssediment, sand-block	53	0 %
Morän	64	4 %
Organisk jordart	264	10 %
Lera	1 734	15 %
Tunt jordtäcke av morän	1 929	45 %
Vatten	25	8 %

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, återfinns bara en liten del av områden med lera under *"Vattenförande friktionslager kan förekomma i och/eller under täta jordlager"*. Delavrinningsområdet saknar jordarter som skulle rättfärdiga en prioritering i kartläggning av dessa.

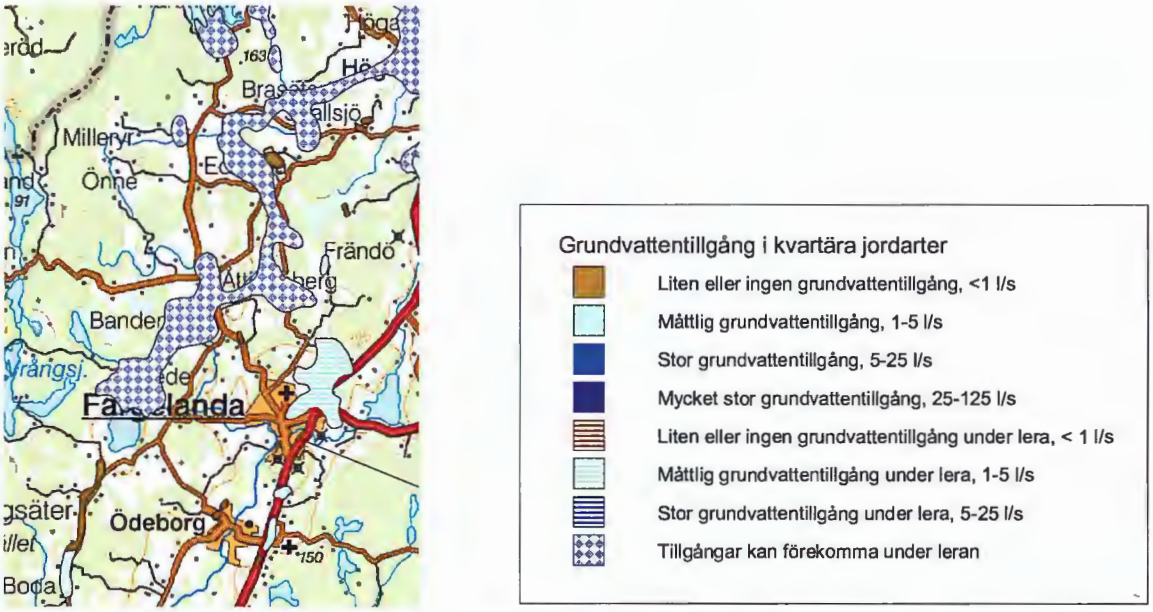
3.3.13 Delavrinningsområde 650323-127643 och 650306-127563 inom Valboåns avrinningsområde



Figur 25. Delavrinningsområde 650323-127643 och 650306-127563 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

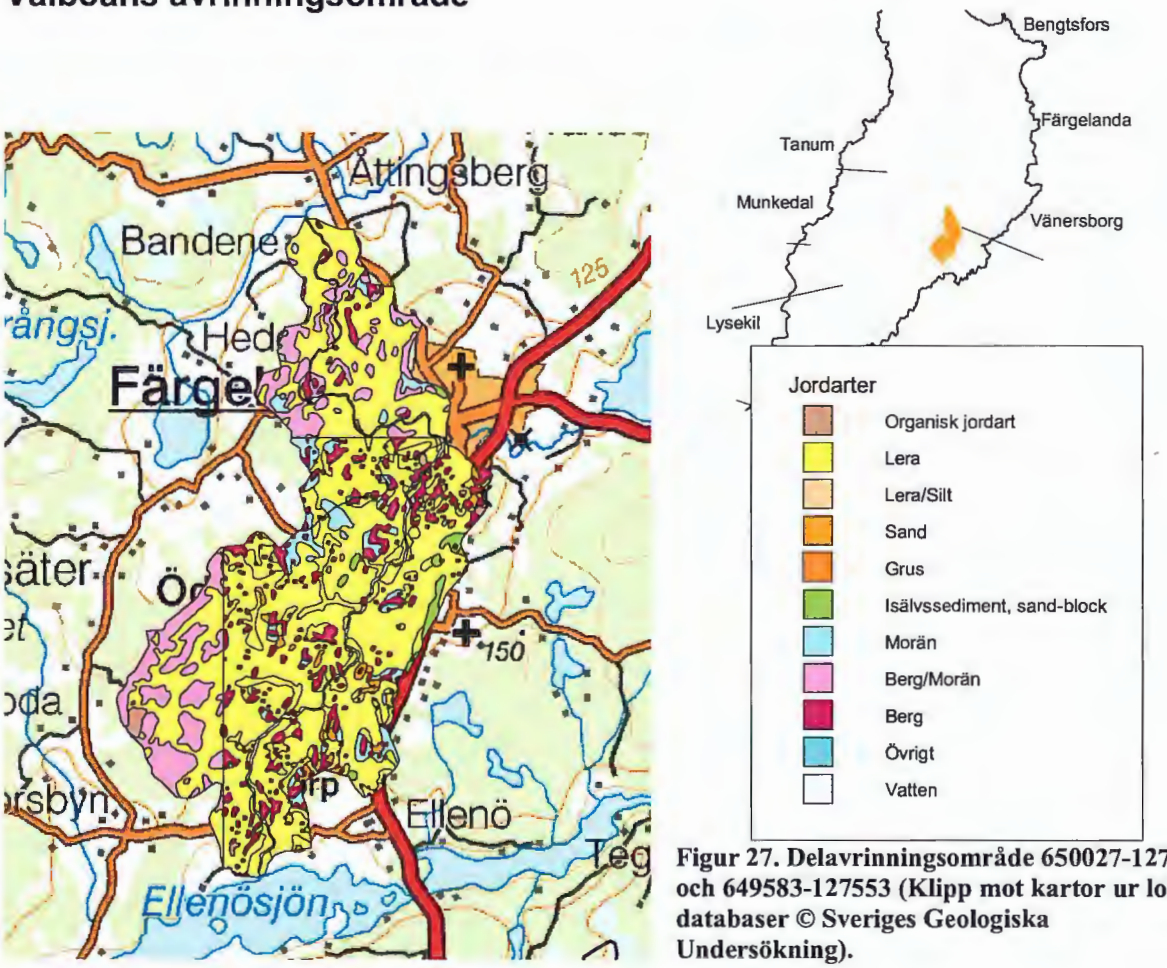
De två delavrinningsområdena har för ytvatten statusklassats som otillfredsställande (orange) respektive dålig status (röd). Klassningen baserades inte på mätdata utan gjordes med modellräkningar för kväve och fosfor enligt WATSHMAN. Dessa två delavrinningsområden ligger en bit nerströms i Valboåns avrinningsområde. Ytvattenklassningen grundar sig inte på mätdata. Frågeställningen är om fördelningen av kvartära jordarter ger en indikation i samma riktning som modelleringen av kväve och fosfor. I det södra delavrinningsområdet finns två mindre sjöar som borde skapa bra förutsättningar för att bromsa ytavrinning och öka retention. Helt dominerande är ändå förekomster av lera. Där finns dock ett flertal mindre förekomster av berg i dagen, organisk jordart, morän och isälvssediment. I västra delen finns mer sammanhängande ytor med bara ett tunt täcke av morän.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) är en förekomst av isälvssediment kartlagd som *"Liten/ingen grundvattentillgång"* medan de mindre förekomsterna saknas som ytor. En preliminär kartläggning av dessa förekomster av isälvssediment borde prioriteras i vidare arbete enligt Vattendirektivet, särskilt de förekomster som ligger ovanför HK. Den otillfredsställande ytvattenstatusen för kväve och fosfor bör leda till en kartläggning av om det finns kontakter mellan yt- och grundvatten. Störst är dock faran för infiltration av föroreningar i områden med avloppsinfiltration eftersom isälvssediment har god permeabilitet.



Figur 26. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 650323-127643 och 650306-127563).

3.3.14 Delavrinningsområde 650027-127770 och 649583-127553 inom Valboåns avrinningsområde

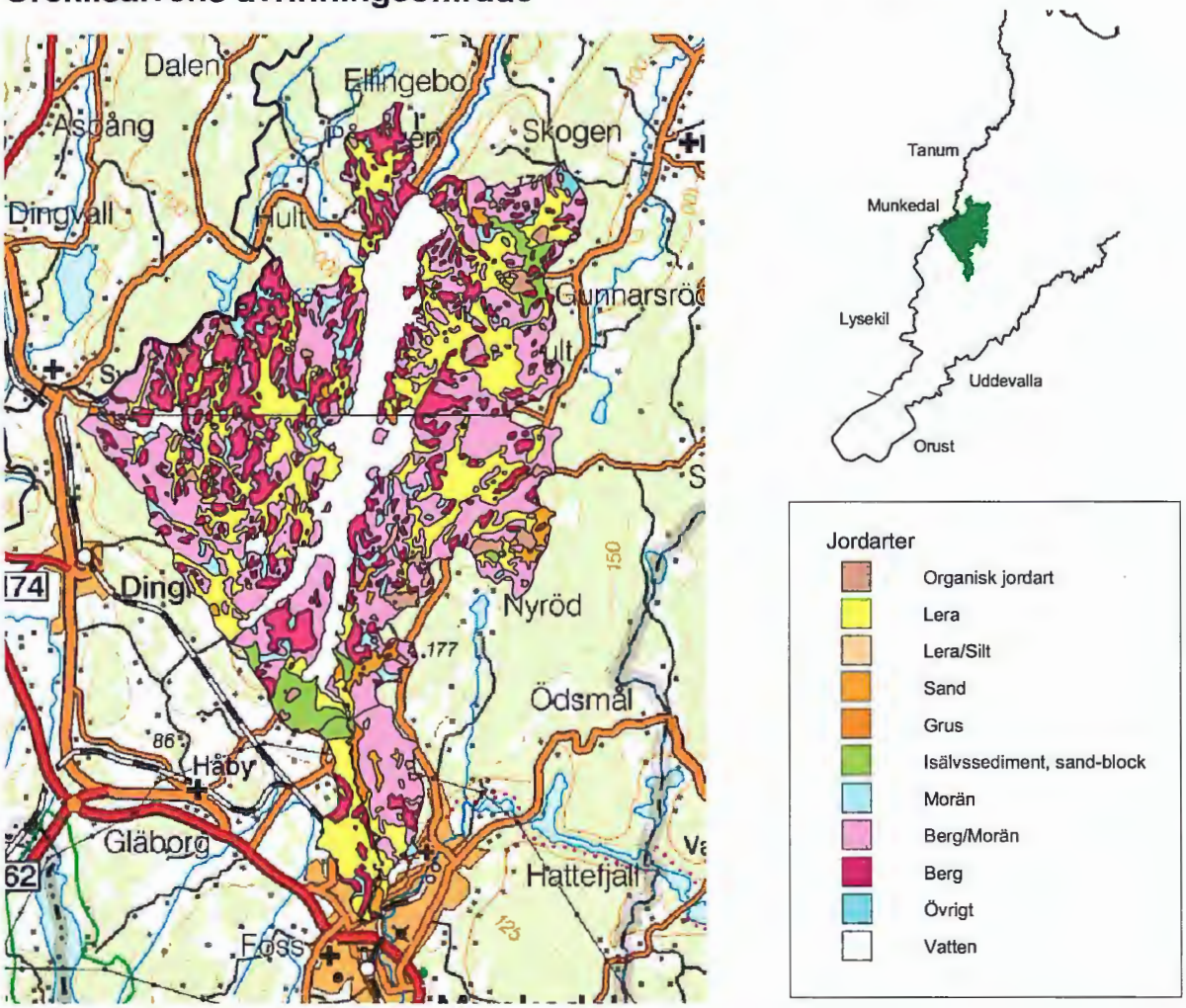


Figur 27. Delavrinningsområde 650027-127770 och 649583-127553 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Dessa två delavrinningsområden har för ytvatten statusklassats som otillfredsställande status (orange). Klassningen baserades på mätdata från undersökningar i området, för gränser mellan delavrinningsområdena, se Figur 7.

Stora sammanhängande förekomster av lera dominerar i båda delavrinningsområdena. Berg i dagen, tunt täcke av morän, morän och organisk jordart är visserligen fläckvis fördelade, vilket skulle kunna ge en vis buffertförmåga mot försurning och skydd mot snabb ytavrinning, men deras sammanlagda andel av ytan i området är för liten. Dessutom saknas sjöar. Det finns flera mycket små förekomster av isälvssediment. Vid Ödeborg i väster finns isälvssediment som på rapporteringskartan är kartlagt som måttlig grundvattentillgång, se Figur 5. Detta ger inga goda förutsättningar för grundvattentillgångar under lera i anslutning till isälvsavlagringen. Dessa två delavrinningsområden bör inte prioriteras för kartläggning av framtida grundvattentillgångar.

3.3.15 Delavrinningsområde 649838-125866 och 649125-125926 inom Örekilsälvens avrinningsområde



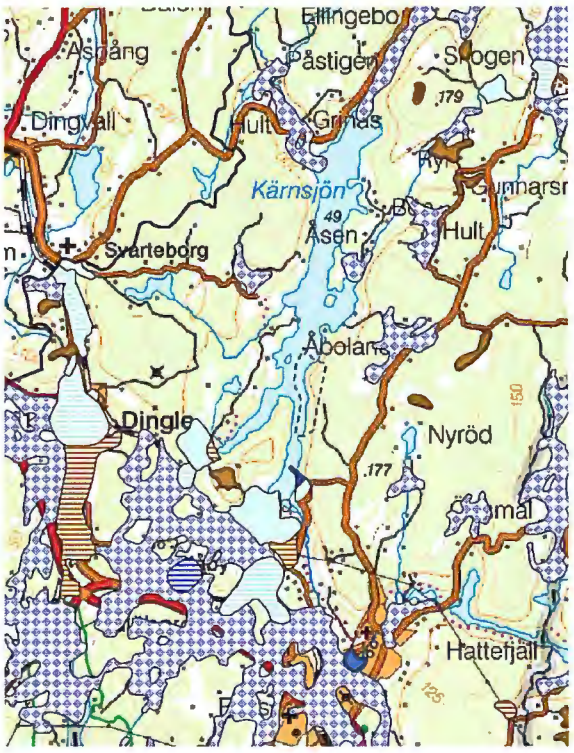
Figur 28. Delavrinningsområde 649838-125866 och 649125-125926 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Delavrinningsområdena har för ytvatten statusklassats som god status (grön) på grund av data från undersökningar i området.

Delavrinningsområdena ligger nerströms i Örekilsälvens avrinningsområde. Det norra delavrinningsområdet kring Kärnsjön täcker en mycket stor yta, medan det södra en mycket mindre yta. Gränsen skulle gå genom isälvssediment, för avgränsningar mellan delavrinningsområdena, se Figur 7.

Jordartskartan visar en småskalig fördelning av berg i dagen, områden med tunt täcke av morän, många mindre moränförekomster i norra delen organisk jordart. Framför allt är leromården i det större delavrinningsområdet kring Kärnsjön är ingalunda sammanhängande. Kärnsjön själv utgör 14 % av arealen i delavrinningsområdet, och där skulle det kunna finnas en sammanhängande yta med lera. Grundvattentillgångar kan finnas i två områden med isälvssediment och två mindre sandförekomster samt i dalgångar under lera.

Kring Kärnsjön som ytvattentäkt pågår vidare arbete med utformning av ett vattenskyddsområde enligt nya riktlinjer (Naturvårdsverket 2003; Kvarnstedt 2004). Grundvattenförekomsterna borde ingå i utformningen av vattenskyddsområde kring ytvattentäkt Kärnsjön. Faran för infiltration av föroreningar finns särskilt i områden med avloppsinfiltration, därför att isälvssediment har god permeabilitet.



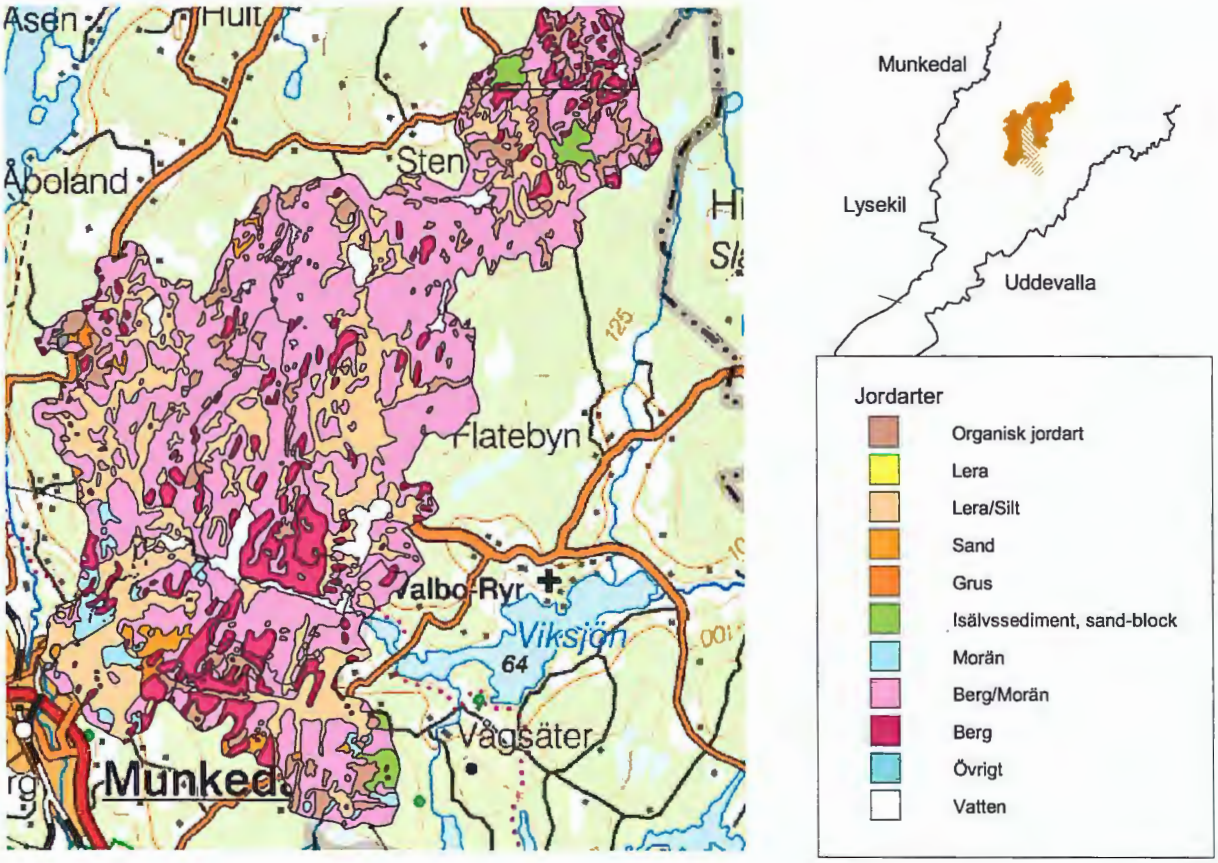
På kartan från EU-rapporteringen (Figur 29) (Naturvårdsverket 2005) finns förekomster med isälvssediment presenterade som *"Måttlig grundvattentillgång 1-5 l/s"* samt en *"Stor grundvattentillgång under lera 5-25 l/s"*. Området ligger under HK med risk för relikt saltvatten. Hydrogeologisk kartering av dessa grundvattenreservoarer borde prioriteras i en karakterisering enligt Vattendirektivet.

Grundvattentillgång i kvartära jordarter

- Liten eller ingen grundvattentillgång, <1 l/s
- Måttlig grundvattentillgång, 1-5 l/s
- Stor grundvattentillgång, 5-25 l/s
- Mycket stor grundvattentillgång, 25-125 l/s
- Liten eller ingen grundvattentillgång under lera, < 1 l/s
- Måttlig grundvattentillgång under lera, 1-5 l/s
- Stor grundvattentillgång under lera, 5-25 l/s
- Tillgångar kan förekomma under leran

Figur 29. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 649838-125866 och 649125-125926).

3.3.16 Delavrinningsområde 649208-126426, 649252-126191, 649248-126223 och 649169-126435 inom Örekilsälvens avrinningsområde



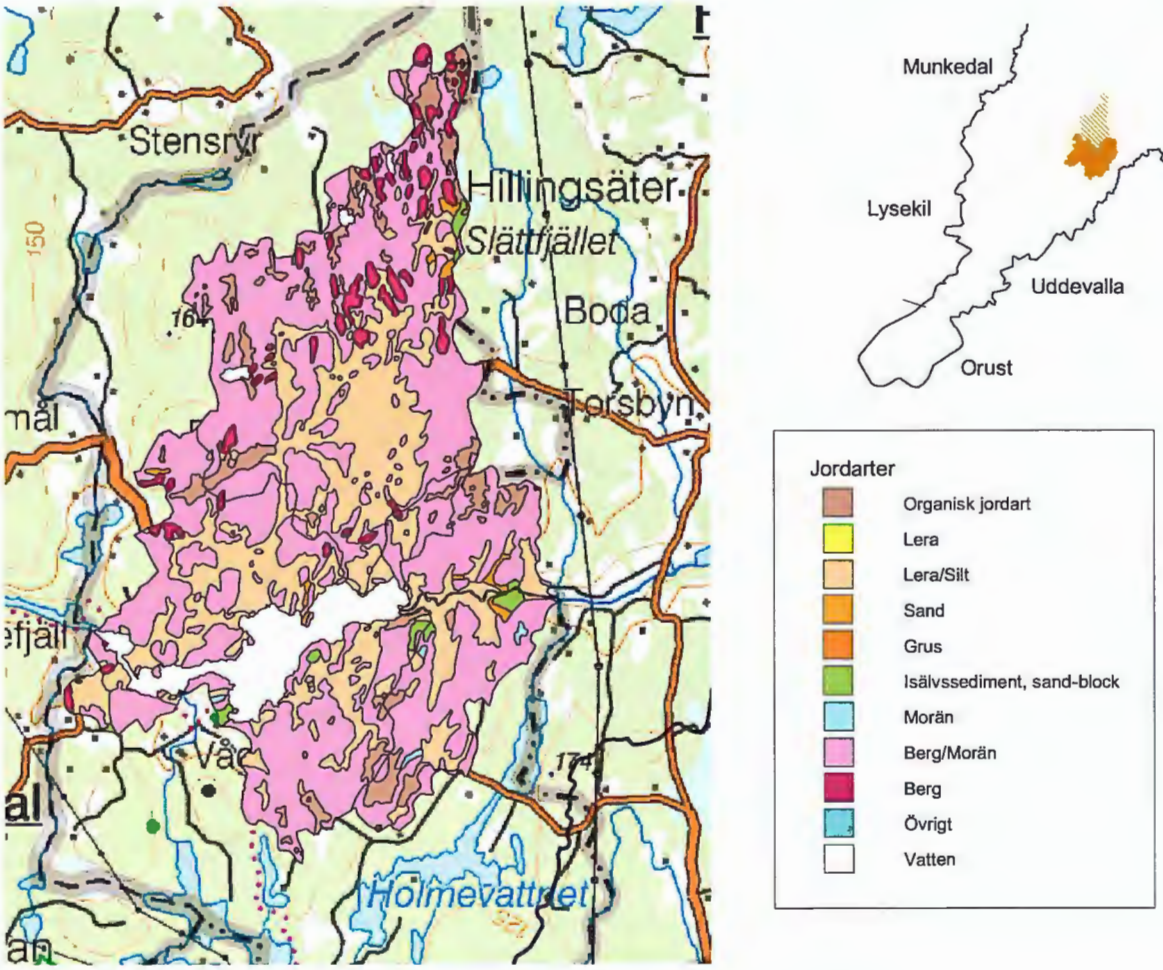
Figur 30. Delavrinningsområde 649208-126426, 649252-126191, 649248-126223 och 649169-126435 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Samtliga fyra delavrinningsområdena har för ytvatten statusklassats som otillfredsställande status (orange). I de västra och östra delavrinningsområdena är klassningen baserad på data från undersökningar, medan ytvattenklassningen av de två andra baseras på modellräkningar för enbart kväve och fosfor enligt WATSHMAN. Delavrinningsområdena ligger långt nerströms i Örekilsälvens avrinningsområde, för gränser mellan delavrinningsområdena, se Figur 7.

Störst andel av området täcks av ett tunt täcke av morän (mellan 40 % och 58 % av ytan). De större sammanhängande ytorna anses gynna snabb ytavrinning. En snabb ytavrinning kan antas i ännu högre grad för de två större områdena med berg i dagen. Ytor med lera är spridda men täcker ändå lite större sammanhängande ytor i de tre södra delavrinningsområdena. Förekomster av morän, sand och organisk jordart har för liten andel av ytan för en större positiv effekt på ytavrinning och buffring. Angående grundvattentillgång och infiltration är en sandförekomst norr om Munkedal och de tre förekomsterna av isälvssediment av störst intresse, särskilt då de ligger över HK.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, redovisas isälvsedimenten vid Stensryr och sandförekomsten som *"Liten/ingen grundvattentillgång"*. Däremot har området med isälvssediment inom Munkedal tätort kartlagts som stor grundvattentillgång. Hydrogeologisk kartering av dessa grundvattenreservoarer borde prioriteras i karakteriseringen enligt Vattendirektivet. Den otillfredsställande ytvattenstatusen för kväve och fosfor bör leda till en kartläggning om det finns kontakt mellan yt- och grundvatten. Störst är dock faran för infiltration av föroreningar i områden med avloppsinfiltration, därför att isälvssediment har god permeabilitet.

3.3.17 Delavrinningsområde 649231-126848, 649086-126554 och 649209-127053 inom Örekilsälvens avrinningsområde



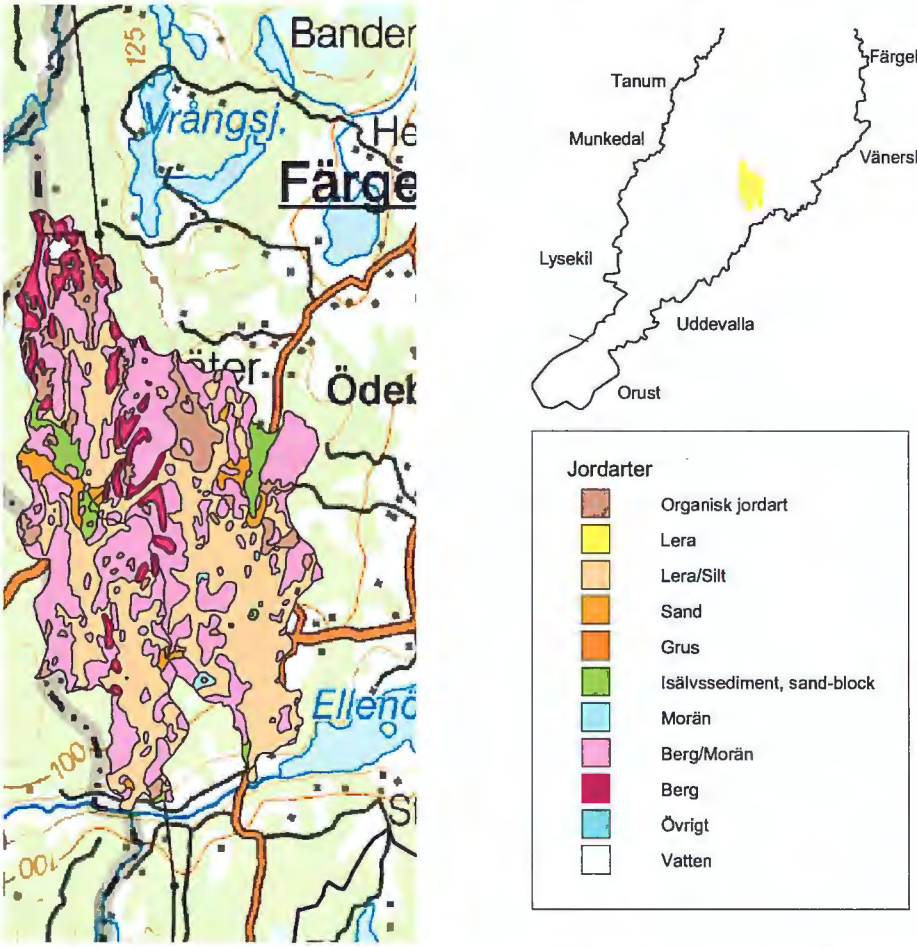
Figur 31. Delavrinningsområde 649231-126848, 46 649086-126554 och 47 649209-127053 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Det norra delavrinningsområdet har statusklassats som otillfredsställande status (orange) för ytvatten baserat på beräkningar med närsaltsmodellen WATSHMAN, medan det finns mätdata för klassningen av de båda sydliga delavrinningsområdena. Områdena ligger ganska långt nerströms i Örekilsälvens avrinningsområde, för gränsdragningar mellan delavrinningsområdena, se Figur 7.

Störst del av ytan har tunt täcke av morän som finns i större sammanhängande områden. Områden med lera har täcker också stora delar av området. Leran finns i stora och sammanhängande förekomster. Viksjön med sin relativt stora vattenyta borde dock ha en positiv effekt på retention och ytvattenstatus. Andelen berg i dagen och organisk jordart är låg och dessa områden är mycket små. Flera mindre förekomster av sand och isälvssediment är intressanta som grundvattentillgångar.

Samtliga förekomster av sand och isälvssediment redovisas på kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, som *"Liten/ingen grundvattentillgång"*, vilket gör det mindre troligt att det finns större grundvattentillgångar under leran. De ligger samtliga under HK med risk för relikt saltvatten.

3.3.18 Delavrinningsområde 649213-127132 och 649252-127305 inom Örekilsälvens och Valboåns avrinningsområde



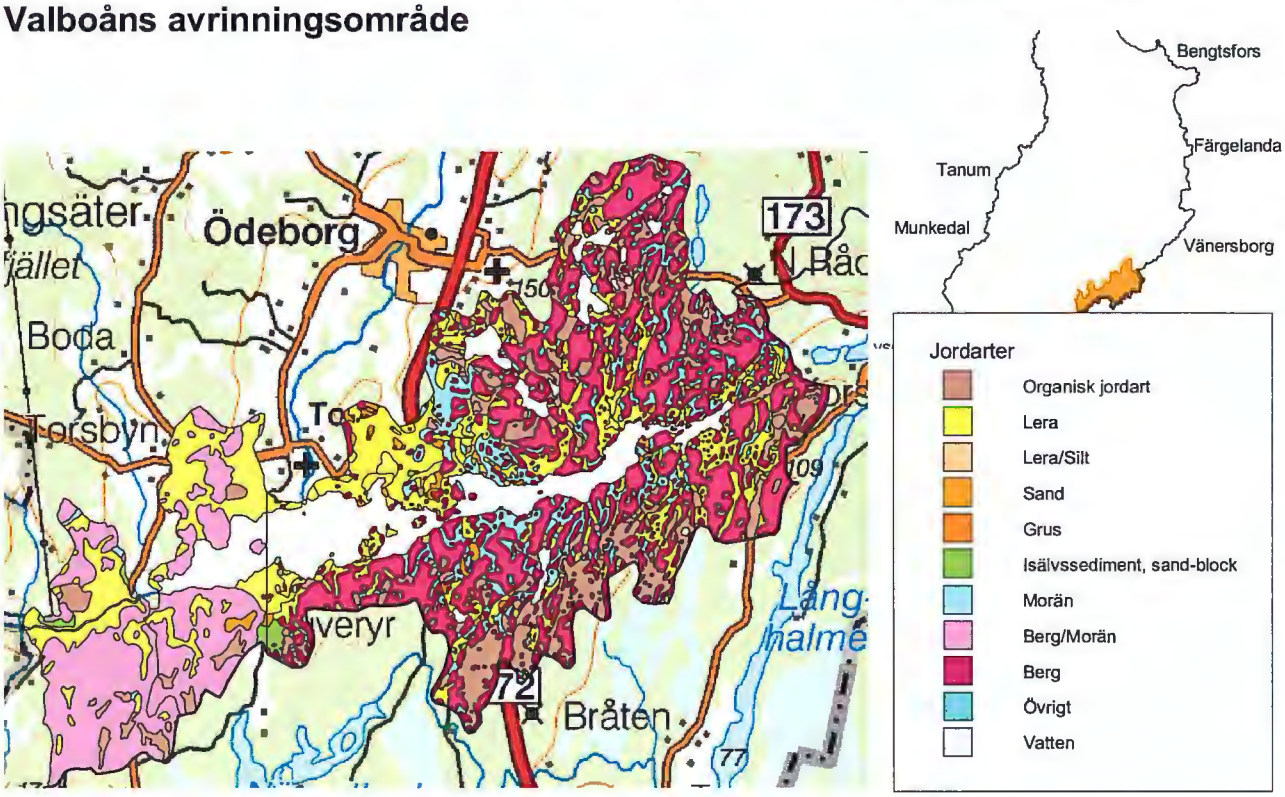
Figur 32. Delavrinningsområde 649213-127132 och 649252-127305 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Även om delavrinningsområdena tillhör två olika avrinningsområden och ligger långt ner inom Örekilsälvens respektive Valboåns avrinningsområde, ansluter de direkt mot till ett delavrinnings-område med god ytvattenstatus uppströms. De är dock omgivna av delavrinningsområden med måttlig ytvattenstatus. För gränsdragningar mellan delavrinningsområdena, se Figur 7.

På jordartskartan dominerar lera i båda delavrinningsområdena. Ytorna med lera är ändå inte sammanhängande utan bryts av förekomster av andra jordarter. Områden med tun täcke av morän är väldigt utspridda. Ytor med berg i dagen är små och utspridda. Det finns två små förekomster av morän och flera mindre förekomster av isälvssediment och sand. Samtliga skulle kunna vara intressanta grundvattentillgångar.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, har isälvssediment i öster vid Boda kartlagts som *"Måttlig grundvattentillgång 1-5 l/s"*, medan de andra förekomsterna av isälvssediment och sand inte innehåller några nämnvärda mängder. Detta ger inga goda förutsättningar för grundvattentillgångar under lera i anslutning till isälvsavlagringarna och området ligger under HK med risk för relikt saltvatten.

3.3.19 Delavrinningsområde 649275-127400 och 649203-127168 inom Valboåns avrinningsområde



Figur 33. Delavrinningsområde 649275-127400 och 649203- 127168 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

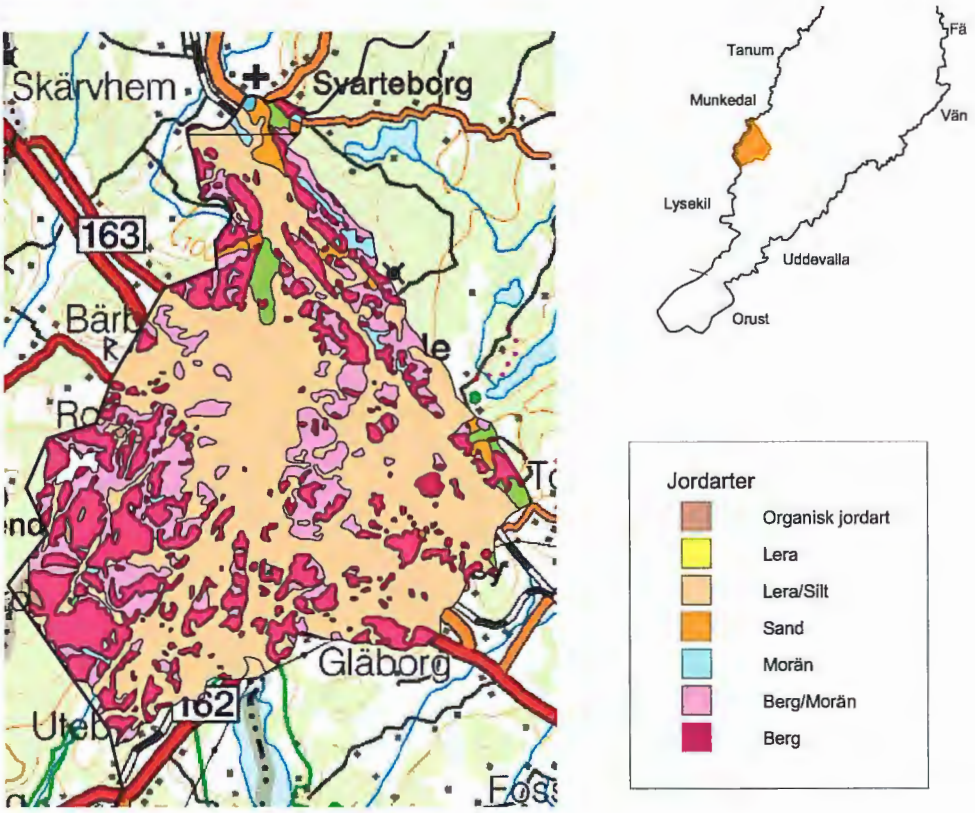
De två delavrinningsområdena har för ytvatten statusklassats till otillfredsställande status (orange) på grund av näringsdata, se rapport 2006:6. Båda delavrinningsområdena ligger långt ner i Valboåns avrinningsområde. Det västra delavrinningsområdet är betydligt mindre och skulle inte kunna presenteras för sig själv (för gränsdragningar mellan delavrinningsområden, se Figur 7).

Ellenösjön gör att delavrinningsområdet har en stor andel vattenyta. Även utspridd organisk jordart har en ganska stor ytutbredning. Små förekomster av morän och lera är väl utspridda de södra delarna. Berg i dagen dominerar arealmässigt och tunt täcke av morän är förekommer i större sammanhängande arealer, vilket säkert gynnar snabb ytavrinning. Ändå skulle jordartsfördelningen kunna ge förutsättningar för en bättre ytvattenstatus än otillfredsställande.

Söder om Ellenösjön vid Stuveryr finns en isälvsavlagring och en sandförekomst. Den senare är angiven som *"Måttlig grundvattentillgång 1-5 l/s"* på kartan från EU-rapporteringen, se Figur 5 (Naturvårdsverket 2005), och borde prioriteras i karakteriseringen enligt Vattendirektivet. Det kan dock finnas relikt saltvatten på grund av läget under HK.

Den otillfredsställande ytvattenstatusen för kväve och fosfor bör leda till en kartläggning av om det finns kontakter mellan yt- och grundvatten. Störst är dock faran för infiltration av föroreningar i områden med avloppsinfiltration eftersom isälvssediment har god permeabilitet.

3.3.20 Delavrinningsområde 649469-125336 inom Gullmarns avrinningsområde



Figur 34. Delavrinningsområde 649469-125336 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

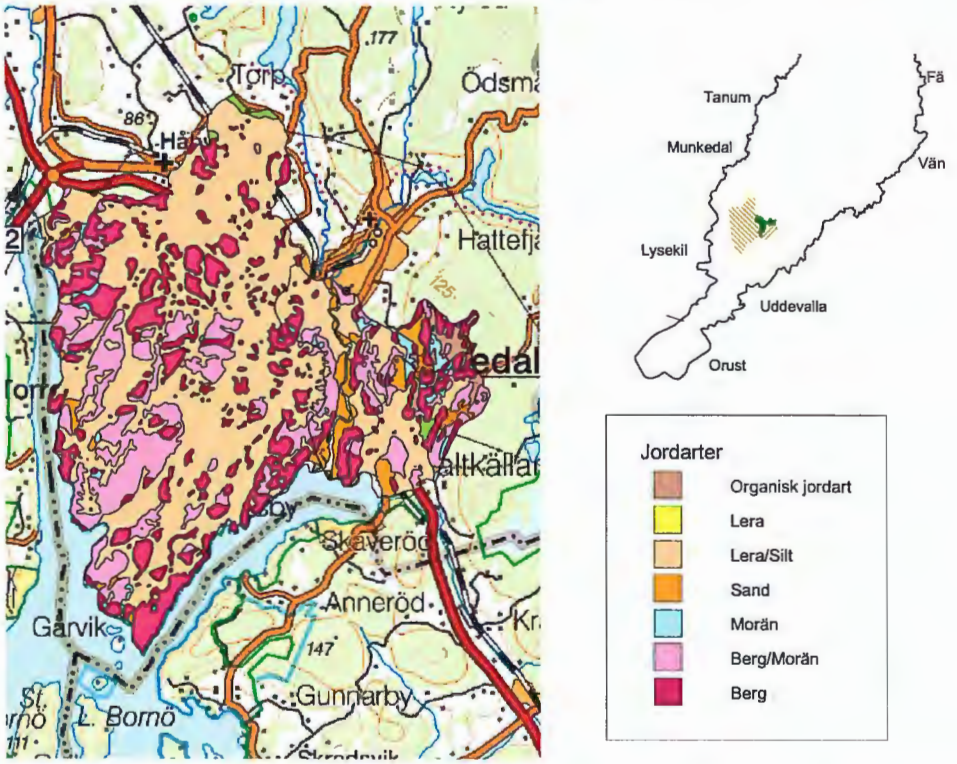
Delavrinningsområdet har statusklassats till otillfredsställande status (orange) för ytvatten grundat på mätdata från området.

Mest iögonfallande är dominansen av sammanhängande ytor med lera samt avsaknaden av större ytvattenförekomster och organisk jordart. I västra delen finns det mera sammanhängande områden med berg i dagen, där ytavrinning sker snabbt. I resten av området finns berg i dagen lite utspritt och tunt täcke av morän, men de utgör inte någon stor del av ytan. Det finns några mindre förekomster av morän, sand och isälvssediment i nordost och ost i anslutning till leran.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, finns två mindre områden som *"Måttlig grundvattentillgång 1-5 l/s"*. Dessa borde prioriteras i karakteriseringen enligt Vattendirektivet. De andra områdena har kartlagts som *"Liten/ingen grundvattentillgång"*. Under leran söder om Svarteborg dessutom finns två större områden med *"Måttlig grundvattentillgång 1-5 l/s"* som är väl skyddade för infiltration och intressanta för nästa steg i karakteriseringsarbetet enligt Vattendirektivet speciellt då området ligger ovanför HK.

Den otillfredsställande ytvattenstatusen för kväve och fosfor bör leda till en kartläggning av om det finns kontakter mellan yt- och grundvatten. Störst är dock faran för infiltration av föroreningar i områden med avloppsinfiltration eftersom isälvssediment har god permeabilitet.

3.3.21 Delavrinningsområde 648820-125571, 648742-126103 och 648911-125979 inom Gullmarns avrinningsområde



Figur 35. Delavrinningsområde 648820-125571, 648742-126103 och 648911-125979 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

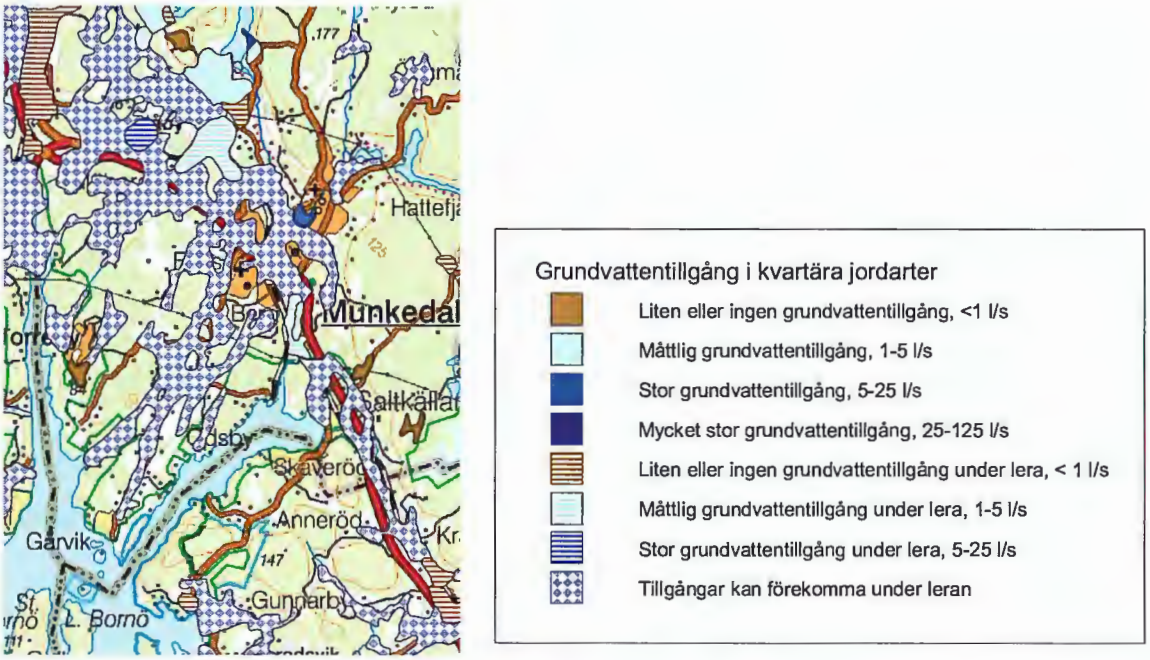
Delavrinningsområdena väster och öster om Saltkällan har för ytvatten statusklassats som otillfredsställande status på grund av WATSHMAN-modellen. Delavrinningsområdet kring Saltkällan har god ytvattenstatus enligt mätdata.

Jordartsfördelningen kan förklara skillnaden mellan ytvattenklassningen för de tre delavrinningsområdena. I de två delavrinningsområdena med otillfredsställande ytvattenstatus dominerar lera och sammanhängande partier med berg i dagen. Några större ytor med tunt täcke av morän är sammanhängande där och har därför ingen större positiv inverkan på ytavrinning och retention. Ytor med sötvatten samt organisk jordart saknas. Förekomster av sand, morän och isälvssediment är få och mycket små.

Delavrinningsområdet med god ytvattenstatus har en hög andel organisk jordart samt flera mindre förekomster av sand, morän och isälvssediment. Jordartsfördelningen är småskalig, vilket gynnar retentionen och bromsar ytavrinning.

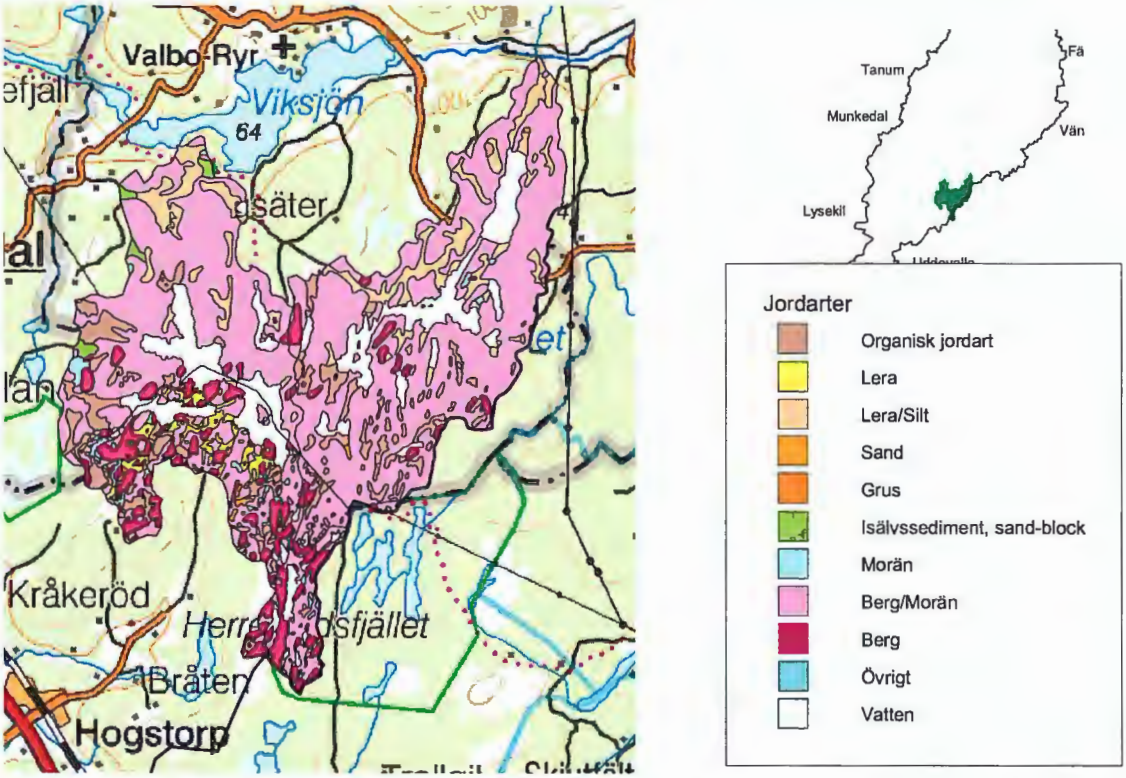
På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) finns en förekomst av isälvssediment med som klassificerats till *"Stor grundvattentillgång 5-25 l/s"*, se Figur 36. Söder om Håby finns en *"Stor grundvattentillgång under lera 5-25 l/s"* kartlagd. Samtliga övriga förekomster av sand och isälvssediment är kartlagda och då som *måttlig* eller *liten/ingen grundvattentillgång*.

Hydrogeologisk kartläggning av de goda tillgångarna och anslutande leromården bör prioriteras i det vidare arbete enligt Vattendirektivet, med reservation för risk av saltvatteninträngning eller relikt saltvatten.



Figur 36. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 648820-125571, 648742-126103 och 648911-125979).

3.3.22 Delavrinningsområde 649180-127141 och 649049-126592 inom Valboåns avrinningsområde



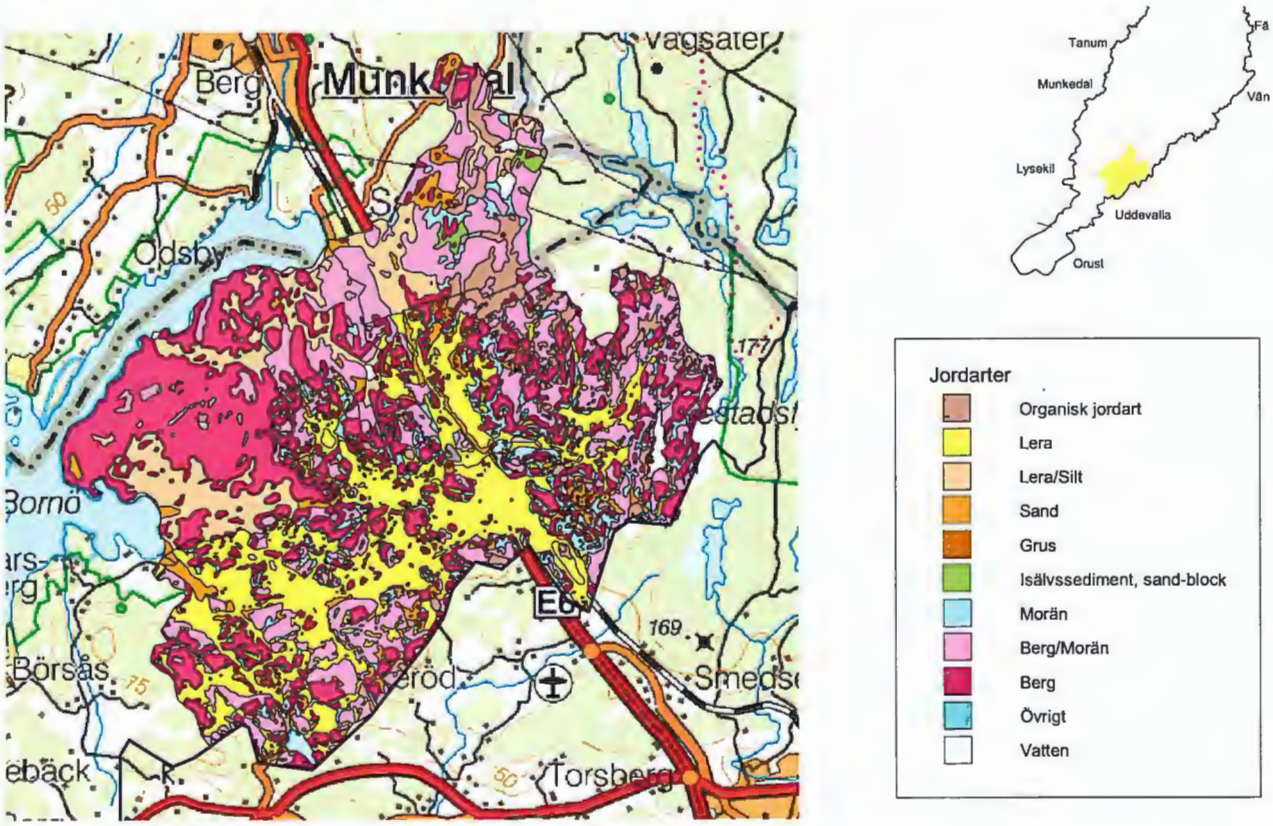
Figur 37. Delavrinningsområde 649180-127141 och 649049-126592 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Delavrinningsområdet har statusklassats som god ytvattenstatus (grön) baserad på mätdata. Båda delavrinningsområdena ligger långt ner inom Valboåns avrinningsområde, de är ungefär lika stora och gränsen mellan dem löper ungefär i mitten, se Figur 7.

På jordartskartan är den stora ytandelen av sjöar och organisk jordart i ögonfallande. Denna fördelning borde ha en positiv effekt på ytavrinning och retention, vilket gynnar ytvattenstatusen. Lera utgör extremt liten del av ytan och förekommer endast i mindre osammanhängande ytor. Förekomster av lera gör tillsammans med små områden av berg i dagen att det tunna täcket av morän blir småfläckigt fördelat även om ytan är relativt stor.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, finns en liten förekomst av morän och en mindre förekomst av isälvssediment i västra delavrinningsområdet kartlagda som *"Liten/ingen grundvattentillgång"*. De två delavrinningsområdena är inte relevanta för grundvattentillgångar.

3.3.23 Delavrinningsområde 648600-126120, 648348-125786 och 647988-125961 inom Gullmarns avrinningsområde



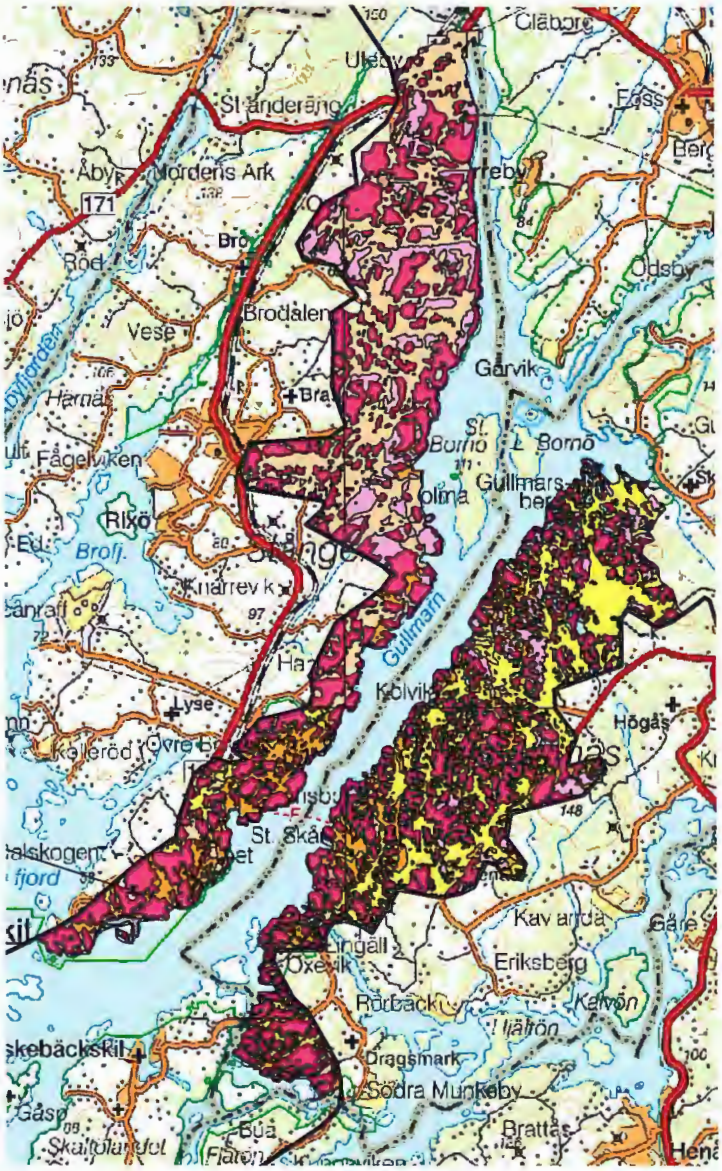
Figur 38. Delavrinningsområde 648600-126120, 648348-125786 och 647988-125961 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

Delavrinningsområdena har för ytvatten statusklassats som måttlig status (gul) grundat på data från undersökningar i området. I det västra området finns dock bara modellerade närsaltsberäkningar till grund för klassningen. För gränser mellan delavrinningsområdena, se Figur 7.

På jordartskartan syns en småskalig fördelning av berg i dagen, områden med tunt täcke av morän, talrika mindre förekomster av morän, organisk jordart och några förekomster av sand och isälvssediment i nord och i väst. Mot Gullmarn i nordväst finns ett större parti berg i dagen och i sydligaste delen mera sammanhängande ytor med lera som samtliga gynnar snabb ytavrinning och därmed försurning.

Förekomster av sand och isälvssediment i nord och i väst borde kunna vara av intresse för grundvattentillgångar. De ligger lågt i terrängen. Vid närheten till Gullmarnfjorden gör att det finns stora risker för relikt saltvatten. Relikt saltvatten finns inte kartlagt i den svenska EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005). På kartan från rapporteringen redovisas förekomster av sand och isälvssediment som *"Liten/ingen grundvattentillgång"*. Delavrinningsområdena anses därför och med hänsyn till problematiken kring relikt saltvatten inte vara relevanta för grundvattentillgångar.

3.3.24 Delavrinningsområde 648045-125094 och 647198-125275 inom Gullmarns avrinningsområde



Det östra delavrinningsområdet längs Gullmarn har statusklassats till otillfredsställande status (orange) grundat på modelleringar av närsaltsförhållanden med WATSHMAN-modellen. För det västra delavrinningsområdet finns däremot mätdata som grund för klassningen.

Figur 39. Delavrinningsområde 648045-125094 och 647198-125275 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning).

På jordartskartan dominerar andelen berg i dagen, vilket innebär snabb ytavrinning. Organisk jordart och större ytor med sötvatten saknas. Lera finns småfläckigt fördelad på många mindre ytor. Det samma gäller för av tunt täcke av morän som utgör en mindre del av ytan. Moränförekomsterna är

mycket små. Några förekomster av sand finns i närheten av fjorden, vilket innebär en risk för saltvatteninträngning om förekomsterna skulle visa sig innehålla grundvattenreservoarer.

På kartan från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), se Figur 5, har några förekomster av sand redovisats som *"Liten/ingen grundvattentillgång"*. De två delavrinningsområdena är inte relevanta för grundvattentillgångar.

3.4 Utvärdering av lokala jordartskartor för delavrinningsområden och Naturvårdsverkets rapportering till EU om grundvattentillgång

Lokala jordartskartor innehåller tack vare en större detaljrikedom betydligt mer värdefull information över kvartära sediment med möjliga grundvattentillgångar än de kartor som låg till grund för EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005). I och med att jordartskartor fanns i digital form för Gullmarns tillringsområde kunde de utvärderas per delavrinningsområde. Det visade sig att EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) i sin helhet är ett bra underlag. De stora grundvattentillgångarna fanns med på kartan. Inför nästa steg i en fungerande vattenförvaltning enligt Vattendirektivet finns ett visst kompletteringsbehov för grundvattenförekomster. Vid en genomgång av de enskilda delavrinningsområdena var ett mål att ifrån jordartsfördelningen förbättra underlaget och att ange var en hydrogeologisk specialkartering av grundvattenreservoarer borde prioriteras.

För några delavrinningsområden ger jordartfördelningen indikationer på att det kan finnas fler grundvattenförekomster enligt Vattendirektivets kvantitativa krav. Den kinematiska porositeten i permeabla jordarter, speciellt i sand och isälvssediment, gör även mindre sådana förekomster till bra grundvattenreservoarer. Mycket beror dock på det topografiska läget. Förekomsterna bör ligga lågt i terrängen för att vara vattenmättade också under sommaren.

Mer än 10 % av ytan i Gullmarns tillrinningsområde angavs i EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) som arealer med möjliga grundvattentillgångar under lera. Utvärdering av digitala jordartskartor som baseras på lokal kartering kan delvis avhjälpa denna osäkerhet. För enskilda delavrinningsområden indikeras vilka områden med lera som med stor sannolikhet kommer att innehålla grundvattenreservoarer och borde prioriteras i kartläggnings- och karakteriseringsarbetet. Avgörande är hur områden med lera är fördelade på jordartskartan och deras topografiska läge. Jordartskartorna återger i jämförelse med EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), som baseras på regionalt material, ett bredare underlag för sådana bedömningar, därför att fler mindre förekomster av isälvssediment och sand är kartlagda.

I närheten av havet, det vill säga nära Gullmarn, och i områden som en gång låg under högsta kustlinjen, tillkommer en annan problematik. Det finns stora risker för saltvatteninträngning eller för relikt saltvatten från den tid då sand eller isälvssediment låg under havsnivån. Saltvatteninträngning finns inte kartlagd i den svenska EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005). I vissa andra länders rapporteringar ingår dock en sådan kartläggning. Som exempel kan nämnas den tyska delstaten Schleswig-Holstein där man har tittat på risken för saltvatteninträngning för att kunna skydda och övervaka hotade grundvattentillgångar (www.wasser.sh). Saltvatteninträngning påverkar den kemiska statusen av grundvattnet negativt och är irreversibel. Jordartskartorna kan bara ge indikationer var det finns kvartära sediment som kan vara hotade som grundvattenreservoarer, men denna tolkning kan inte ersätta en utförlig kartering som också behövs med hänsyn till grundvatten i berggrunden.

Ett viktigt värderingsunderlag saknas i EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005). Av jordarts-kartorna framgår inte hur mäktiga de olika kvartära avlagringarna är, då de visar sedimentförhållanden vid 0,3 m till 0,5 m djup. Därför är det svårt att bedöma vilka grundvattenreservoarer som förfogar över skyddande täckskikt och vilka som bör särskilt övervakas. Kartor över skyddande täckskikt ingick i andra länders EU-rapportering. Lagerföljden och de kvartära sedimentens mäktighet, både vattenförande sediment och skyddande (lera), kommer förhoppningsvis att framgå av de beskrivningar till jordartskartorna som är under bearbetning. Ett nationellt borregister liknande det som finns i

Danmark med borrprotokoll från byggprospektering och prospektering för infrastruktur borde finnas så att dessa underlag kvalitetssäkras och finns tillgängliga till exempel för riktad miljöövervakning av grundvattenreservoarer. I nuläget finns grunduppgifter bara delvis hos Sveriges Geologiska Undersökning, SGU. Viktig information finns utspridd hos kommuner, statliga verk som Vägverket, Banverket och Statens geotekniska Institut, samt hos enskilda konsulter och underkonsulter. Uppgifter om lagerföljden är betydelsefulla både för miljöövervakning och för åtgärdsplaneringen.

3.5 Samband mellan ytvattenstatus och jordartsfördelningen

Vattendirektivet utgår från naturliga gränser för ytvatten. I och med att jordartkartorna klipptes enligt dessa delavrinningsområden kan ytvattenstatusen direkt jämföras med jordartsfördelningen.

Vattenförvaltningen kan dra direkta slutsatser för miljöövervakning av grundvattenreservoarer och potentiella grundvattentillgångar i delavrinningsområden med dålig eller otillfredsställande ytvattenstatus. Kontakter mellan yt- och grundvatten bör antingen fastställas eller uteslutas. Kartlagda grundvattenreservoarer i delavrinningsområden med ytvattenkontakt bör övervakas med hänsyn till den kemiska statusen.

Nytt för denna rapport är att kvartära sediment och deras fördelning har kunnat korreleras med ytvattenstatus. Jordartsfördelningen ger förutsättningarna var retention av framför allt kväve och fosfor kan få en förstärkt positiv effekt i enskilda delavrinningsområden. Delavrinningsområden där markanvändning och snabb ytavrinning bidrar till en försämring av ytvattenstatusen går också att läsa ur lokala jordartskartor.

För att kunna dra slutsatser bör delavrinningsområdenas läge inom avrinningsområdet, uppströms – nedströms, beaktas. Uppströms kan ett delavrinningsområde ha god ytvattenstatus eftersom påverkan från markanvändningen är mindre. Nerströms kan ett delavrinningsområde ha sämre ytvattenstatus på grund av påverkan från området längre uppströms. I rapporten har samtliga delavrinningsområden presenterats. Både den procentuella andelen av jordarter beträffande ytan och själva fördelningen över arealen – om det finns stora sammanhängande ytor av samma jordart eller om jordartsfördelningen är småfläckig inom ett delavrinningsområde, är avgörande. I delavrinningsområden med otillfredsställande/dålig ytvattenstatus dominerar lera i dalgångar som täcker större arealer och/eller sammanhängande partier med berg i dagen. Dessa jordarter med den fördelningen gynnar en viss markanvändning och snabb ytavrinning. Ytor med sötvatten samt organisk jordart har en liten procentuell andel eller saknas helt. Finns det större ytor med tunt täcke av morän är det helt avgörande om det är sammanhängande eller om jordarten är fördelad över arealen i ett stort antal mindre förekomster. Delavrinningsområden med god ytvattenstatus eller måttlig ytvattenstatus längre nerströms har en relativ hög procentuell andel organisk jordart och/eller sand och/eller isälvssediment och/eller större ytor med sötvatten. En småskalig jordartsfördelning gynnar retentionen och bromsar ytavrinning. Ytvattenstatusen kan vara god även med en procentuell andel lera på 15 %, om leran inte finns sammanhängande i en dalgång utan är fördelad över arealen i ett stort antal mindre förekomster.

Procentandelen där utvärdering av jordartsfördelningen kan korreleras med ytvattenstatus är mycket hög. Av 53 delavrinningsområden visade 46 tydliga samband mellan jordartsfördelning och ytvattenstatus. Fyra av delavrinningsområden utan ett sådan samband hade bättre ytvattenstatus än de förutsättningar som jordartsfördelningen visade, två av dem låg långt uppströms, två hade bedömts enligt modellberäkningar med WATSHMAN. Tre delavrinningsområden utan korrelation mellan jordartsfördelning och ytvattenstatus hade sämre ytvattenstatus än de förutsättningar som jordartsfördelningen visade, en av dem hade ytvattenklassats enbart på grund av mätningar för fosfor och de två andra på grund av närsalter.

Sammanfattningsvis kan störst ekonomisk nytta av en utvärdering av småskaliga digitala jordartskartor förväntas för riktade åtgärder. Det är mycket mera kostnadseffektivt att anlägga en våtmark i ett delavrinningsområde med en jordartsfördelning som ger förutsättningar för en

otillfredsställande eller dålig ytvattenstatus än i ett delavrinningsområde med en jordartsfördelning som i sig redan ger goda förutsättningar till retention och därmed till en god eller måttlig ytvattenstatus. Att utvärdera geologiska grundförutsättningar borde ingå i kostnadsanalysen också för andra åtgärder inom den framtida vattenförvaltningen.

3.6 Slutsatser och handlingsstrategier

Lokala digitala jordartskartor har använts för att bedöma var mer underlag och geologiska specialkarteringar behövs för att komplettera EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005), så att den framtida vattenförvaltningen kan prioritera övervakning och åtgärdsplaner.

Utöver denna rapport finns flera viktiga användningsområden för den geologiska grundinformationen att dra nytta av. Lokala jordartskartor visar mindre förekomster av sand och isälvssediment som samtliga är potentiella grundvattentillgångar. Samtidigt är dessa sediment mycket känsliga för infiltration av föroreningar. En framtida vattenförvaltning kan använda den platsspecifika informationen för att jämföra med områden där avloppsinfiltration är tillåtet och prioritera miljöövervakning i dessa områden. Detta gäller även för större grundvattentillgångar i EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005). Kännedom om sådana förhållanden behövs för en fungerande miljöövervakning genom Vattenförvaltningen, därför att den kemiska grundvattenstatusen kan påverkas negativt.

Miljöövervakning av grundvattenreservoarer måste dessutom grundas på en kartläggning av påverkan från mänsklig aktivitet, utsläpp och diffusa utsläpp. Också här gäller det att fastställa kontakter mellan yt- och grundvatten. Industriell påverkan är inte relevant för Gullmarns tillrinningsområde. Den geologiska grundinformationen borde däremot nyttjas för avrinningsområden där förorenade sediment är kända, se exempelvis http://www.o.lst.se/o/amnen/Miljoskydd/Förorenade+områden/, eller där sedimenten kan förväntas innehålla betydande föroreningar. Diffusa utsläpp från sediment med "gamla synder" berör framför allt fauna och flora i kantzoner till diken, mindre och större vattendrag. Att få grepp om dem bör ingå i åtgärdsplanering för att nå det nationella miljökvalitetsmålet "Levande sjöar och vattendrag".

4. Tack

Författaren vill framföra sitt tack till Vattendistrikt Västerhavet och till Vattenvårdsenheten som gjorde denna rapport möjlig. Lars-Ove Lång på SGU tackas för värdefulla synpunkter samt Lena Enebjörk för arbetet med redigeringen.

5. Figurförteckning

Bakgrundskartor Lantmäteriet Dnr 106-2004/188

Figur 1. Gullmarns tillrinningsområde i Sverige 2
Figur 2. Översiktlig berggrundskarta för Gullmarns tillrinningsområde (Klipp ur regionala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 4
Figur 3. Översiktlig karta över mediankapaciteten i berggrunden inom Gullmarns tillrinningsområde med sprickighet (klipp ur regionala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 6
Figur 4. Strandlinjeförskjutning i norra Bohuslän under holocen; BP = before present (Påsse 2003). 7
Figur 5. Karta från EU-rapportering (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot Gullmarns tillrinningsområde). 8
Figur 6. Karta över högsta kustlinjen, HK, i Gullmarns tillrinningsområde. 9
Figur 7. Statusbedömning av ytvatten enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket 1999) streckade områden är endast bedömda med avseende på kväve och fosforförhållanden som modellerats med WATSHMAN (Länsstyrelsen 2006). 11
Figur 8. Delavrinningsområde 653973-126795 och 652443-126958 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 12
Figur 9. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005) klippt mot geografiskt område kring delavrinningsområde 653973-126795 och 652443-126958. 13
Figur 10. Delavrinningsområde 653363-127500, 653300-127618 och 652440-127086 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning) 14

Figur 11. Delavrinningsområde 652548-127999 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 15
Figur 12. Delavrinningsområde 652052-128826 och 651735-128680 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 16
Figur 13. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 652052-128826 och 651735-128680). 17
Figur 14. Delavrinningsområde 651270-126553 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 18
Figur 15. Delavrinningsområde 657342-127298 och 651298-217195 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 19
Figur 16. Delavrinningsområde 650859-127984 och 651008-127739 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 21
Figur 17. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 650859-127984 och 651008-127739). 22
Figur 18. Delavrinningsområde 652052-128826 och 651735-128680 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 22
Figur 19. Delavrinningsområde 650304-125881 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 23
Figur 20. Delavrinningsområde 650556-126105, 650950-126442, 650800-126732 och 650545-126601 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 24
Figur 21. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 650556-126105, 650950-126442, 650800-126732 och 650545-126601). 25
Figur 22. Delavrinningsområde 651080-127156 och 650947-126890 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 26
Figur 23. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 651080-127156 och 650947-126890). 27
Figur 24. Delavrinningsområde 651000-127105 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 27
Figur 25. Delavrinningsområde 650323-127643 och 650306-127563 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 29
Figur 26. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 650323-127643 och 650306-127563). 30
Figur 27. Delavrinningsområde 650027-127770 och 649583-127553 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 30
Figur 28. Delavrinningsområde 649838-125866 och 649125-125926 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 31
Figur 29. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 649838-125866 och 649125-125926). 32
Figur 30. Delavrinningsområde 649208-126426, 649252-126191, 649248-126223 och 649169-126435 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 33
Figur 31. Delavrinningsområde 649231-126848, 46 649086-126554 och 47 649209-127053 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 34
Figur 32. Delavrinningsområde 649213-127132 och 649252-127305 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 35
Figur 33. Delavrinningsområde 649275-127400 och 649203- 127168 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 36
Figur 34. Delavrinningsområde 649469-125336 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 37
Figur 35. Delavrinningsområde 648820-125571, 648742-126103 och 648911-125979 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 38
Figur 36. Karta från EU-rapporteringen (Naturvårdsverket 2005; Klipp mot geografiskt område kring delavrinningsområde 648820-125571, 648742-126103 och 648911-125979). 39
Figur 37. Delavrinningsområde 649180-127141 och 649049-126592 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 39
Figur 38. Delavrinningsområde 648600-126120, 648348-125786 och 647988-125961 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 40
Figur 39. Delavrinningsområde 648045-125094 och 647198-125275 (Klipp mot kartor ur lokala databaser © Sveriges Geologiska Undersökning). 41

6. Referenser

Litteratur

Berglund, B.E. (1979) The deglacaition of Southern Sweden. 13 500 – 10 000 BP. Boreas, Vol. 8, s. 89–118

Fredén, C. (1982) An outline of the marine stage of the Väner basin I. Olausson, E. (Red.) The pleistocene/holocene boundary in south-western Sweden. Sver. Geol. Unders. C 794

Johansson, B. T. (1982) Deglaciationen av norra Bohuslän och södra Dalsland, Publ. A 38, Göteborg ISSN 034-2367

Kvarnstedt, T. (2004) Utformning av vattenskyddsområde för ytvattentäkt – en metodstudie enligt Naturvårdsverkets handbok, Publ. B 413, Göteborg ISSN 1400-3821

Länsstyrelsen i Älvsborgs län (1989) Sjöar i Älvsborgs Län. Norra delen. Beskrivning och naturvärdesbedömning. Länsstyrelsen Rapport 1989:8.

Länsstyrelsen Västra Götalands län (2006) Gullmarns tillrinningsområde Bakgrundsbeskrivning enligt vattendirektivet. Rapport 2006:09.

Lång, L.-O., Bergstedt-Söderström, A. & Ojala, L. (2005): Förslag till distriktsvis inventering av grundvattenförekomster. - SGU-rapport 2005:3. 23 pp.

Lång, L.-O., Stejmar Eklund, H. & Graffner, O. (2003): Utgångspunkter för avgränsning av tillrinningsområden till grundvattenmagasin. - SGU-rapport 2003:22. 16 pp.

Naturvårdsverket (1999) Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Grundvatten. Rapport 4915. Naturvårdsverkets förlag.

Naturvårdsverket (2005) Beskrivning, kartläggning och analys av Sveriges vatten – sammanfattande rapport. Rapportering 22 mars 2005 enligt EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG) Ytvatten. Naturvårdsverket. Dnr 721-3909-04.

Påsse, T. (2003) Strandlinjeförskjutning i norra Bohuslän under holocen. In P. Person (Ed.) Strandlinjer och vegetationshistoria. Kvartärgeologiska undersökningar inom Kust till kust projektet, 1998-2002. s. 33-88.

Sverige Nationalatlas – Berg och jord (1994) SGU, Curt Fréden. ISBN 91-87760-27-4.

SGU Serie Ah 13 Engqvist, P. & Müllern, C.-F. (1998) Beskrivning till grundvattnet i Västra Götalands län, mellersta delen, fd Älvsborgs län. Uppsala ISBN 91-7158-575-3, 55pp.

SGU Serie Ah 12 Engdahl, B., Fogdestam, M. & Engqvist P. (1999) Beskrivning till grundvattnet i Västra Götalands län, fd Göteborgs och Bohus län. Uppsala ISBN 91-7158-581-8

Vattendirektivet (2000) Europaparlamentets och Rådets direktiv 2000/60/EG, Europeiska gemenskapernas officiella tidning.

Internet

EU- rapportering för Schleswig-Holstein, den nordligaste tyska delstaten www.wasser.sh - januari 2006

Miljömål (2004) Miljömålen, 15 miljömål, Ingen övergödning. www.miljomal.nu - januari 2006

NOLIMP-WFD (2005) www.nolimp.org - januari 2006