

An 8

Beskrivning till kartan över grundvattentillgångar i
Karlstads kommun

Thomas Aneblom



SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

2001

ISBN 91-7158-638-5
ISSN 1402-4195

För mer detaljerad information om jordarter och berggrund hänvisas till SGUs speciella jordartskartor (SGU serie Ae) och berggrundskartor (SGU serie Af).

Närmare upplysningar erhålls genom

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Box 670

751 28 UPPSALA

Tel: 018-17 90 00

Fax: 018-17 92 10

E-post: kundservice@sgu.se

Webbplats: <http://www.sgu.se>

Omslagsbild: Nygårdskällan. Foto Thomas Aneblom.

© Sveriges Geologiska Undersökning 2001

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
1. SAMMANFATTNING	6
1.1 Utförda arbeten	6
1.2 Resultat och slutsatser	8
2. GRUNDVATTENTILLGÅNGAR	10
2.1 Allmänna förutsättningar	10
2.1.1 Naturresursen grundvatten	10
2.1.2 Vattnets kretslopp	11
2.1.3 Grundvattnet i och intill en grusås	12
2.1.4 Grundvattenbildning	13
2.1.5 Grundvattennivåer	13
2.1.6 Årstidsvariationer	14
2.1.7 Dricksvatten	16
2.1.8 Inducerad infiltration	17
2.1.9 Konstgjort grundvatten	18
2.2 Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Karlstads kommun	19
2.2.1 Grundvatten i jordlagren	19
2.2.2 Grundvatten i berggrunden	20
2.2.3 Teckenförklaring till kartorna	23
3. REDOVISNING AV FÄLTARBETEN	25
3.1 Grava–Botorp	25
3.2 Sörmon–Önnerud	26
3.3 Arnön	28
3.4 Väse	31
3.5 Lövås	35
3.6 Ölmskog–Hedetången	36
3.7 Truvemossen	38
3.8 Nygårdskällan–Sutterhöjden	39
3.9 Brattforsheden	42
4. GRUNDVATTNETS KEMI	47
5. SALT GRUNDVATTEN OCH MOTÅTGÄRDER	48
5.1 Förekomsten av salt grundvatten	48
5.2 Åtgärder mot salt grundvatten	49
6. GRUNDVATTNETS SÅRBARHET	51
6.1 Allmänt om grundvattnets sårbarhet	51
6.1.1 Grundvattenpåverkan	51
6.1.2 Konsekvens- och riskanalys	51
6.1.3 Skydd av grundvattnet	52
6.2 Kommentarer till Underlagskartan för grundvattenskydd	52

7. METODBESKRIVNINGAR	57
7.1 Georadar	57
7.2 Seismik	58
7.3 Elektriska motståndsmätningar	59
7.4 Kriging och variogramanalys	61
8. DOKUMENTATION AV GEOFYSISKA MÄTNINGAR OCH KEMISKA ANALYSER	63
8.1 Geofysiska mätningar	63
8.2 Kemiska analyser av grundvatten i observationsrör och källor	64
9. DATABASSTRUKTUR	65
10. LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR	66
10.1 Litteratur	66
10.2 SGUs Rapporten och meddelanden, valda exempel	68
10.3 Grundvattenkartor	69

FÖRORD

Kartan över grundvattentillgångarna i Karlstads kommun ingår i en serie kommuninriktade grundvattenkartor, serie An, som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU, med viss hjälpinsats av personal på kommunen. Kartan är i första hand avsedd för kommunal verksamhet, men kan givetvis användas i andra sammanhang.

Kartan är speciellt anpassad för att, tillsammans med kartan över grundvattnets sårbarhet, utgöra ett av de nödvändiga beslutsunderlag som krävs i samband med kommunal planering enligt NRL, PBL och Agenda 21 för t.ex. markanvändning, vattenförsörjning, grundvattenskydd samt grundvattenrelaterade tillstånds- och tillsynsfrågor.

Framställningen av kartan har skett i GIS-miljö (MapInfo och ArcInfo). Informationen är inlagrad i den underliggande databasen, vilken levererats till kommunen, med en noggrannhet som huvudsakligen är avsedd att passa en framställning i skala 1:50 000. Framställningar av analoga kartor över hela eller delar av kommunen från kartdatabasen kan göras i såväl större som mindre skala. Man ska emellertid vara medveten om att noggrannheten i informationen inte förändras vid en ändring av kartskalen.

Bedömningarna av grundvattentillgångarna i de kvartära avlagringarna, i första hand grusåsarna, är beroende av moderna geologiska jordartskartor i digital form. Eftersom sådana saknades för Karlstads kommun, utfördes en geologisk nykartering av hela kommunen.

Den på kartan redovisade kapaciteten för brunnar borrade i berg är statistiska bearbetningar av brunnar registrerade i SGUs brunnsarkiv.

Med ledning av kartstudierna och uppgifter som sammanställts från konsultrapporter, andra utredningar och annan dokumentation har SGU utfört kompletterande hydrogeologiska fältarbeten inom kommunen. De har innefattat geofysiska mätningar med georadar och seismik samt sonderingsborrningar med drivning av observationsrör, avvägningar, vattenprovtagning och fältanalyser.

Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm: grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet; Bo Wällberg: metodbeskrivningar – georadar och seismik; Magnus Åsman: metodbeskrivningar – Kriging och variogramanalys. Akvarellerna har utförts av Elisabet Carlsson, seismogram och radargram av Bo Wällberg. Bild- och layoutbearbetning har gjorts av Kerstin Carlstedt respektive Kerstin Finn. Digital bearbetning av grundvattenkartan, som ligger till grund för denna beskrivning, har utförts av Magnus Åsman. Åsa Gierup har gjort de länkade kartorna. Den digitala sammanställningen av beskrivningen har gjorts av Åsa Gierup.

Kartläggningen genomfördes 1996–1997. De geofysiska arbetena har letts av Bo Wällberg, borringarna av Roger Smedberg. I fältarbetena medverkade Jonas Gierup, Sven-Eric Gradstock, Johan Söderman, Åsa Gierup, Anna Jansson, Magnus Åsman och Leif Eriksson.

Kontaktperson vid kommunen har främst varit Tord Ripemo. Flera andra tjänstemän på kommunen har också varit delaktiga.

Thomas Aneblom

I. SAMMANFATTNING

I.1 Utförda arbeten

De arbeten som genomförts i samband med kartläggningen av grundvattentillgångarna i Karlstads kommun har utförts med delfinansiering av kommunen. Avvägningar av brunnar, observationsrör och fixpunkter vid geofysiska mätningar har utförts av stadsingenjörskontoret på kommunen.

Figur 1.1.a visar en principbild av hur det kan se ut på djupet i en grusås. De arbeten som genomförts i detta sammanhang har huvudsakligen syftat till att utreda frågor om grundvattenmagasinens storlek, grundvattnets strömningsriktningar och grundvattendelare. För att utreda sådana frågor är det av största vikt att ta reda på hur berggrundsytan ser ut under sand- och grusmaterialet i åsarna. Höga berglägen innebär små eller inga grundvattenmagasin. Höga berglägen kan också innebära grundvattendelare. Låga berglägen medger stora grundvattenmagasin och så vidare.

I områden med höga berglägen kan vissa grundvattenytor representera helt isolerade, mer eller mindre obetydliga hållkar. Sådana grundvattenytor faller ofta helt utanför ramen för vad som är rimliga gradienter för grundvattenytor i sand- och gruslager.

Arbetet har haft sin utgångspunkt i SGUs jordarts- och berggrundskartor samt grundvattenkartan över Värmlands län och har sedan, sammanfattningsvis, bestått av följande moment:

- Genomgång av tidigare utredningar och arkivmaterial.
- Inventering av brunnar och äldre observationsrör.
- Inventering av kända källor samt uppletande av ytterligare källor.
- Avvägning av brunnar, nysatta observationsrör och vissa fria vattenytor.
- Georadarmätningar i 17 profiler med en sammanlagd längd av 15 200 m.
- Seismiska mätningar i 12 profiler med en sammanlagd längd av 6 250 m.
- Avvägning av georadar- och seismiska profiler.
- Sonderingsborrningar på 48 platser med en sammanlagd längd av 743 m.
- Provtagning av grundvattnet i 2 observationsrör och 2 källor för kemisk analys.
- Inlagring i databaser av:
 - brunnsdata
 - georadar- och seismiska data
 - borrhingsdata
 - grundvattennivådata
- Upprättande av kartdatabaser över:
 - grundvattentillgångar i berggrunden
 - grundvattentillgångar i jordlagren
 - större sprickzoner i berggrunden
 - grundvattennivåer
 - grundvattnets strömningsriktningar
 - grundvattendelare
 - källor
- Sammanställning av dessa databaser med LMVs digitala topografiska karta (T5) till en karta över Grundvattentillgångarna i Karlstads kommun.
- Sammanställning av föreliggande beskrivning.

Brunns- och källinventeringar har utförts i vissa utvalda områden. De geofysiska mätningarna, sonderingsborrningarna och observationsrördrivningarna har i regel genomförts på ställen som bedömts vara intressanta för utvinning av större grundvattenmängder. Dessa mer omfattande arbeten har även genomförts i nyckelområden för bestämning av lägen för grundvattendelare samt utbredning och mäktighet (berglägesbestämningar) av viktiga grundvattenmagasin.

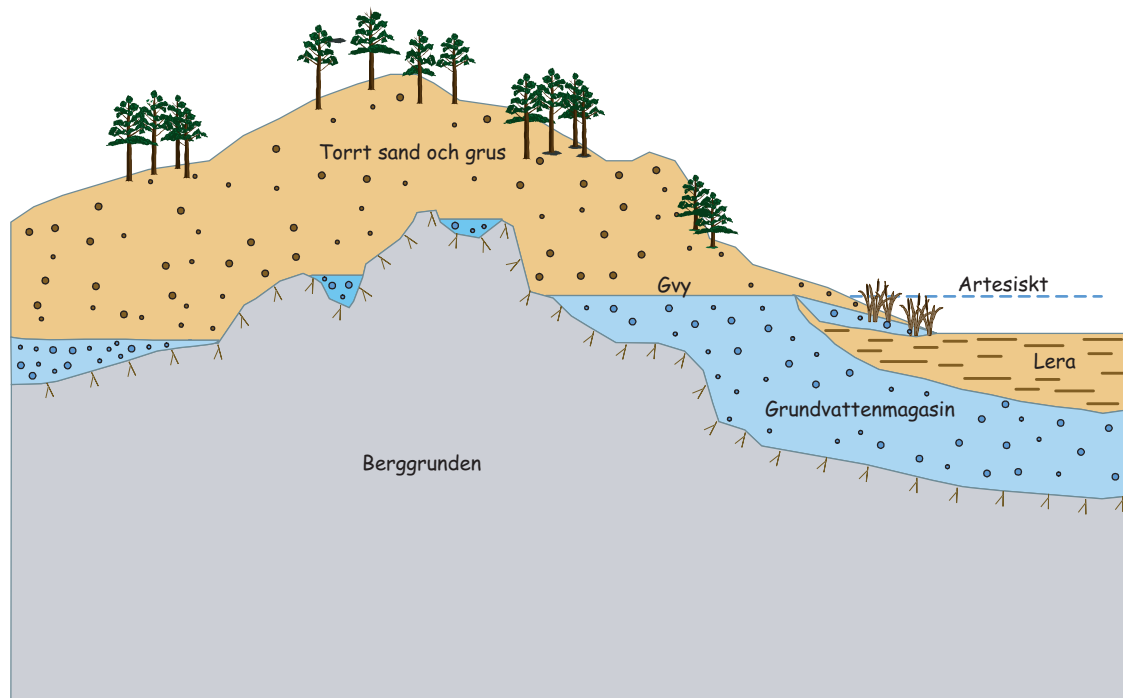


Fig. 1.1.a. Principbild av höga och låga berglägen – stora och små grundvattenmagasin i en grusås. Lägg märke till hällkaren, de små grundvattensamlingarna, där bergläget är som högst.

1.2 Resultat och slutsatser

Inom ramen för SGUs grundvattenkartering har huvuddelen av arbetsinsatserna i fält satts in i områden som var föga eller inte alls undersökta och där det ur grundvattensynpunkt fanns potentiella förutsättningar för bra vattentäkter. Dessa områden kan ses som olika alternativ för framtida behov till vissa, befintliga vattentäkter eller som reservvattentäkter.

Tabell 1.2. Befintliga vattentäkter i Karlstads kommun. Siffrorna gäller 1992.

Plats	Kapacitet m ³ /dygn	Typ av vattentäkt	Antal försörjda personer
Sörmon	26.000	Grundvatten/ jord + ytinfiltr.	70.000
Törne	3.200	Grundvatten/ jord	13.700
Mellerudstorp	3.000	Grundvatten/ jord	
Sandtorp	1.650	Grundvatten/ jord	2.300
Hynboholm	1.700	Grundvatten/ jord	4.100
S. Härtsöga	600	Grundvatten/ jord	
Väse	275	Grundvatten/ berg	600
Vallargärdet	120	Grundvatten/ berg	480
Skattkärr	400	Grundvatten/ berg	Reservvattentäkt

Den verkliga grundvattentillången kan dock avgöras först efter fullskaliga provpumpnings- och provinfiltrationsförsök. Det gäller såväl kvantitet som kvalitet. Det är också i stor utsträckning en rent teknisk fråga om hur anläggningarna utformas.

En annan fråga som inte behandlas här, är eventuella motstående intressen på de olika platserna.

Vid kartläggningen av grundvattenförhållandena i Karlstads kommun har grundvattentillgångar av kommunal betydelse, kanske också regional, påvisats. De tillgångar som utnyttjas idag för den kommunala vattenförsörjningen kommer dock även inom överskådlig tid att vara de viktigaste. Det är därför av stor vikt att dessa tillgångar utnyttjas med förstånd och att alla tänkbara skyddsåtgärder prioriteras. Det är även av stor betydelse att skyddet av framtida grundvattenmagasin för kommunal och enskild vattenförsörjning beaktas i kommunens översiktsplanering. I figur 1.2.a visas en översiktlig karta över grundvattentillgången i jordkviferer inom Karlstads kommun.

De undersökta lokalerna på Arnön har inte visat sig ha de förutsättningar som bör finnas för uttag av stora kvantiteter grundvatten.

Vissa förutsättningar för uttag av större grundvattenkvantiteter bör finnas i åsavnitten i anslutning till eller under Riksmossen vid Lövås och Truvemossen. Kvalitetsproblem kan dock förekomma på grund av humusämnen från mossarna.

Grundvattentillgången vid Nygårdskällan är, vid sidan av grundvattenmagasinet på Brattforsheden, av stort potentiellt värde. De framstår som de mest intressanta alternativen för att i framtiden tillgodose kommunen med grundvatten.

De befintliga vattentäkterna vid Hynboholm, Mellerudstorp, Härtsöga och Törne har förmodligen

förutsättningar att öka den potentiella kapaciteten genom konstgjord ytinfiltration. Läget för infiltrationsanläggningen bör dock prövas och väljas med omsorg. Vid den östra delen av Sörmon, söder om Önnerudsmossen, finns vissa förutsättningar till större uttag av vatten om infiltrationsdammar anläggs. En komplikation kan vara underliggande lerlager av okänd utbredning och omfattning.

En bedömning av grundvattentillgångar och uttagsmöjligheter i berggrunden har gjorts baserad på berggrundens uppbyggnad och skiffrihet samt förekomsten av potentiellt vattenförande sprickzoner. Kapacitetsdata från bergboreade brunnar i SGUs brunnarsarkiv har använts för att påvisa områden i kommunen med olika möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden.

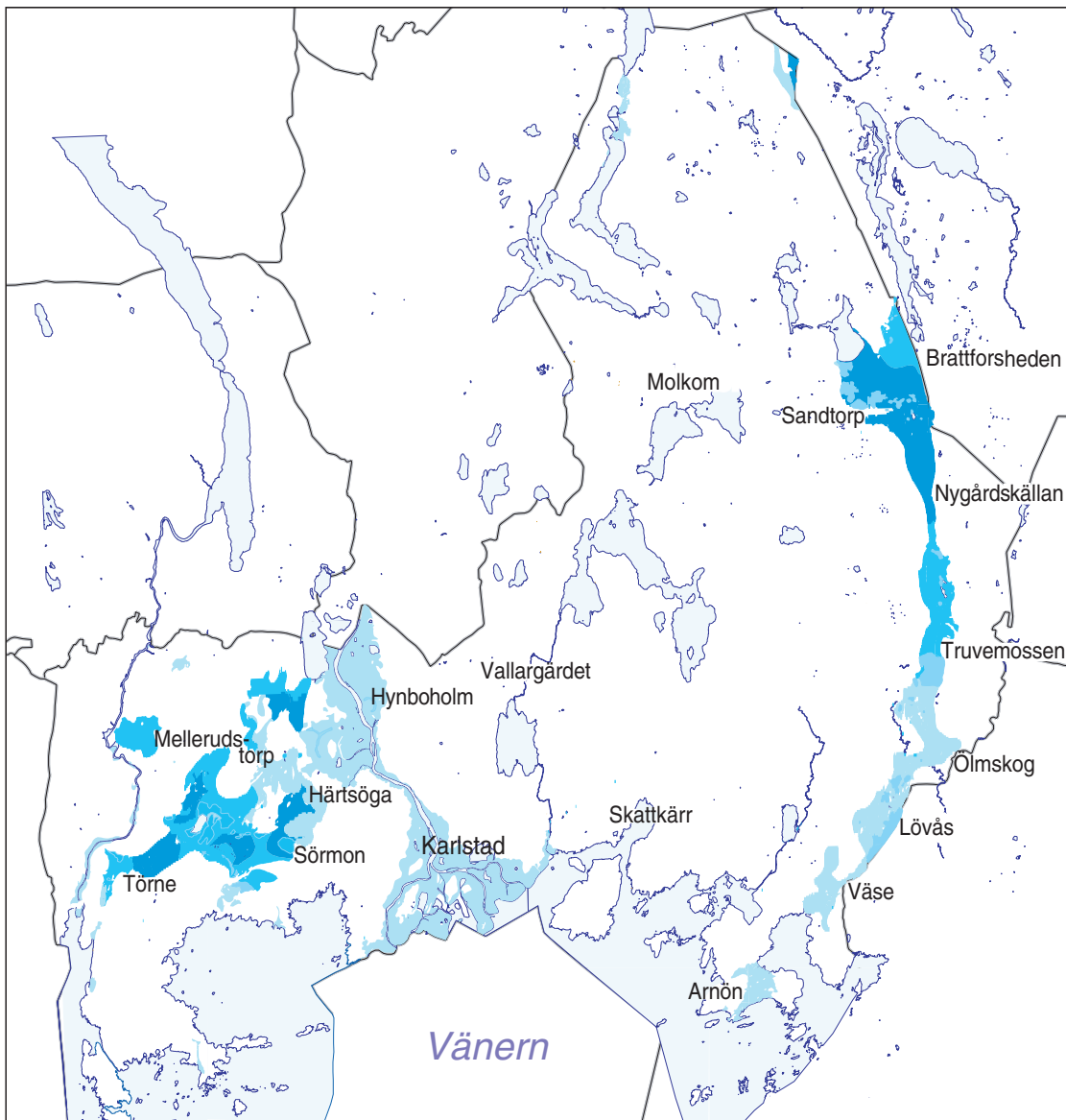


Fig. 1.2.a. Översiktlig karta över grundvattentillgången i jordakviferer inom Karlstads kommun. De ljusblå områdena visar grundvattentillgångar som bedöms vara större än 1 l/s. Mörkare blå färg betecknar tillgångar större än 25 l/s.

2. GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

2.1 Allmänna förutsättningar

2.1.1 Naturresursen grundvatten

Av allt vatten på jorden är bara några få procent sötvatten. Resten finns i haven. Större delen av sötvattnet är lagrat som grundvatten och nästan hela återstoden är bundet i form av is och snö, mestadels i polartrakterna. Ytvattenmagasinen – sjöar, floder och mindre vattendrag – innehåller bara en obetydlig del av jordens sötvattenförråd, mindre än en promille. Att det ändå finns stora sötvattensjöar och floder beror på att omsättningstiden i dessa magasin är kort. Stora vattenmängder kan alltså passera genom magasinen under kort tid.

När nederbördsvatten infiltrerats i markytan passerar det först genom den luftade eller omättade zonen. I den finns både luft och vatten i markens por- och sprickutrymmen, och flödet kallas för perkolatation. Djupare ner i marken, i den mättade zonen, fyller enbart vatten porerna och sprickorna. Det är det vattnet som kallas grundvatten.

Strömningen ned till grundvattenytan kan ta allt ifrån mindre än en timme till flera år. I sand och grus och stora sprickor sker transporten snabbare än i finkorniga jordarter och småsprickigt berg.

En geologisk bildning som är så genomsläpplig att grundvatten kan utvinnas ur den i användbara mängder kallas för en akvifer. I den kan finnas ett eller flera grundvattenmagasin. Magasinen är skilda åt i sidled genom grundvattendelare, som kan vara rörliga, dvs. de ändrar läge om vatten förs till eller tas bort från magasinen. Från vattendelarna strömmar grundvattnet åt motsatta håll. Akviferer och magasin kan också finnas ovanpå varandra, skilda åt av täta eller svårigenomträngliga lager.

I den mättade zonen (grundvattenzonen) sker vattenströmningen betydligt långsammare än i den omättade. Det beror på att lutningen hos grundvattnets tryckyta vanligen är liten. Ytligt grundvatten kan nå markytan och bilda ytvatten efter någon dag, medan djupare strömning kan ta många år.

Vanligen har grundvattnet en låg, jämn temperatur, är fritt från organiska föroreningar och innehåller ämnen som lösts ut ur marken och som är nyttiga för människor, djur och växter. Från borrhåll eller grävda brunnar kan vattnet vanligen användas helt utan rening. Eftersom nästan allt ytvatten är bildat av grundvatten beror vattenbeskaffenheten i sjöar och vattendrag till stora delar på det tillrinnande grundvattnets kvalitet.

En grundvattentillgång kan ökas på konstgjord väg genom att man infiltrerar ytvatten i sand- och grusavlagringar.

Grundvattnet har över lag god beskaffenhet. Kvaliteten kan variera något under året och från år till år, liksom grundvattennivåerna eller trycknivåerna. Förändringar i trycknivåerna beror främst på variationer i nederbörd och temperatur.

De största vattentillgångarna förekommer i de stora sand- och grusavlagringar som bildades under avsmältningen av den senaste inlandsisen.

Enskilda hushåll, som använder vatten från egna grävda eller borrhåll brunnar för sin vattenförsörjning, omfattar drygt en miljon människor i vårt land. Lika många utnyttjar grundvatten för sitt fritidsboende.

Grundvatten har många användningsområden. Några sådana är:

- för vattenförsörjning, både kommunal och enskild
- som avlopp, där vattnet fungerar som transportmedel och lösnings- och spädningsmedel
- i jordbruket för djurhållning och konstbevattning
- som processvatten i vissa industrier
- för trädgårdsbevattning
- som energikälla genom värmeutvinning
- för kylning i t.ex. industriprocesser

2.1.2 Vattnets kretslopp

Grundvattnet ingår i vattnets kretslopp och är därför en förnybar naturresurs. Det som driver kretsloppet är solens värmeenergi, tyngdkraften och jordrotationen.

Av den nederbörd som faller avdunstar ungefär hälften och återförs direkt till atmosfären genom inverkan av solenergin. Nästan hela återstoden infiltrerar i marken. Det gäller också nederbörd som tillfälligt eller under längre perioder lagras som snö eller is. Bara en liten del rinner av från markytan som ytvatten till sjöar och vattendrag. Det kan t.ex. vara regn eller snö som faller på hårdgjorda ytor såsom gator, vägar och hustak. Under den varma årstiden används mycket av det vatten som sipprar ned i marken av växtligheten, som återlämnar en del till atmosfären genom transpiration.

När de övre marklagren har nått en viss vattenmättnad kan överskottet sjunka vidare ned i marken och bilda grundvatten. Genom tyngdkraftens inverkan rör sig grundvattnet från högre terrängavsnitt mot lägre. Vilka vägar det tar och hur fort transporten går beror på grundvattenytans lutning och marklagrens genomsläpplighet.

Där grundvattnets trycknivå når upp till eller ligger högre än markytans nivå kan ett utströmningsområde bildas. Om jordlagren (i vissa fall berglagren) är genomsläppliga flödar grundvatten ut. Det uppstår källor och våtmarker. Grundvatten kan också strömma ut i botten av sjöar och vattendrag. Eftersom det bara är en liten del av den nederbörd som faller över land som rinner direkt ut i ytvatten är källflöden och långsam utströmning av grundvatten på bred front det som bestämmer vattentillgången i vattendrag och sjöar.

Från vattenytorna i sjöar och hav avdunstar vatten som tillsammans med vattenångan från markavdunstning och växternas transpiration bildar moln. Ur molnen faller nederbörd, och på så sätt fullbordas vattnets kretslopp. Se figur 2.1.

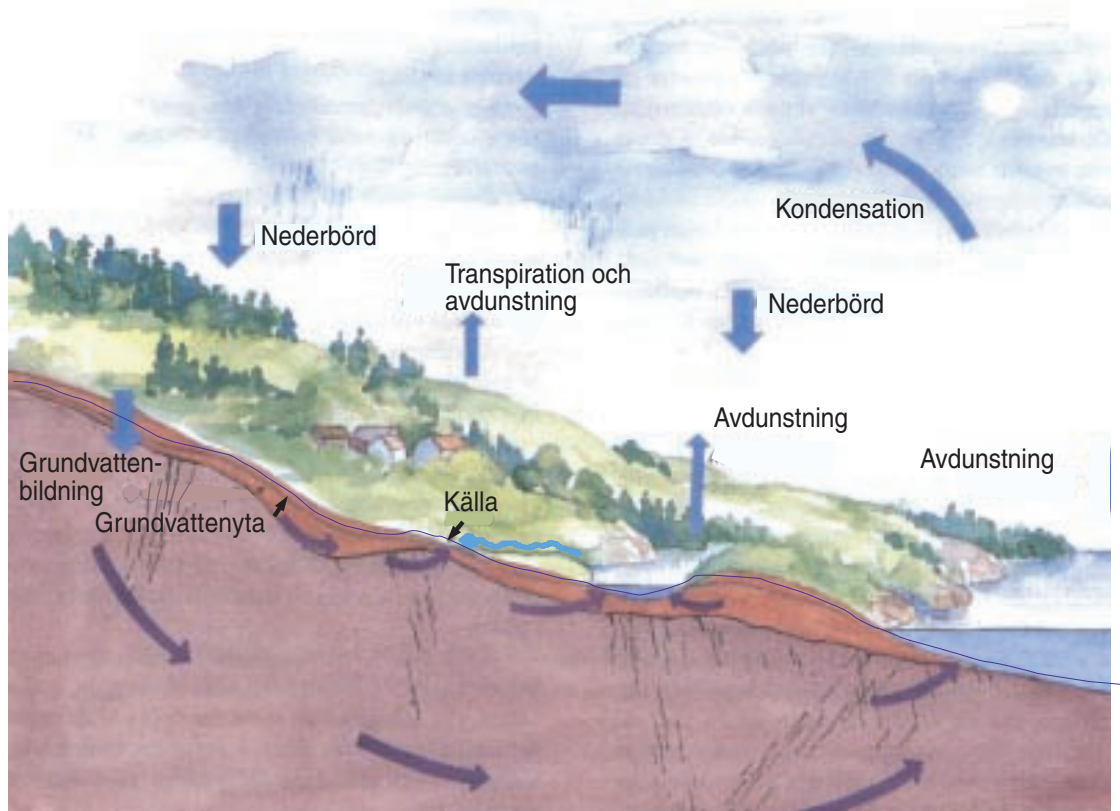


Fig 2.1. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner huvudsakligen ut i botten på bäckar, åar och sjöar samt i källor.

2.1.3 Grundvattnet i och intill en grusås

Bilden, figur 2.1.3, visar en dalgång med en isälvsavlagring – rullstensås – med sand, grus och block. Det är i åsarna som de största grundvattentillgångarna finns. Till höger i bilden finns också ett berg- och moränområde. Utanför åsarna finns de viktigaste grundvattentillgångarna i allmänhet i berggrunden. Terrängen ligger under högsta kustlinjen, dvs. landet har någon gång efter den senaste nedisningen varit täckt av hav, så som fallet är för större delen av Karlstads kommun. Den landskapstypen är ganska vanlig i Sverige. På bilden ligger grundvattnets tryckyta i åsen högre än i dalgången. Det gör att vatten kan läcka ut vid åsfoten och att brunnar i lerområdet kan vara självrinnande, artesiska. I andra delar av isälvsavlagringen och dess närmaste omgivning kan tryckytan ligga lägre, och då strömmar vatten in mot åsen; den dränerar sin omgivning. Vattentransporten sker sedan vidare i åsens längdriktning.

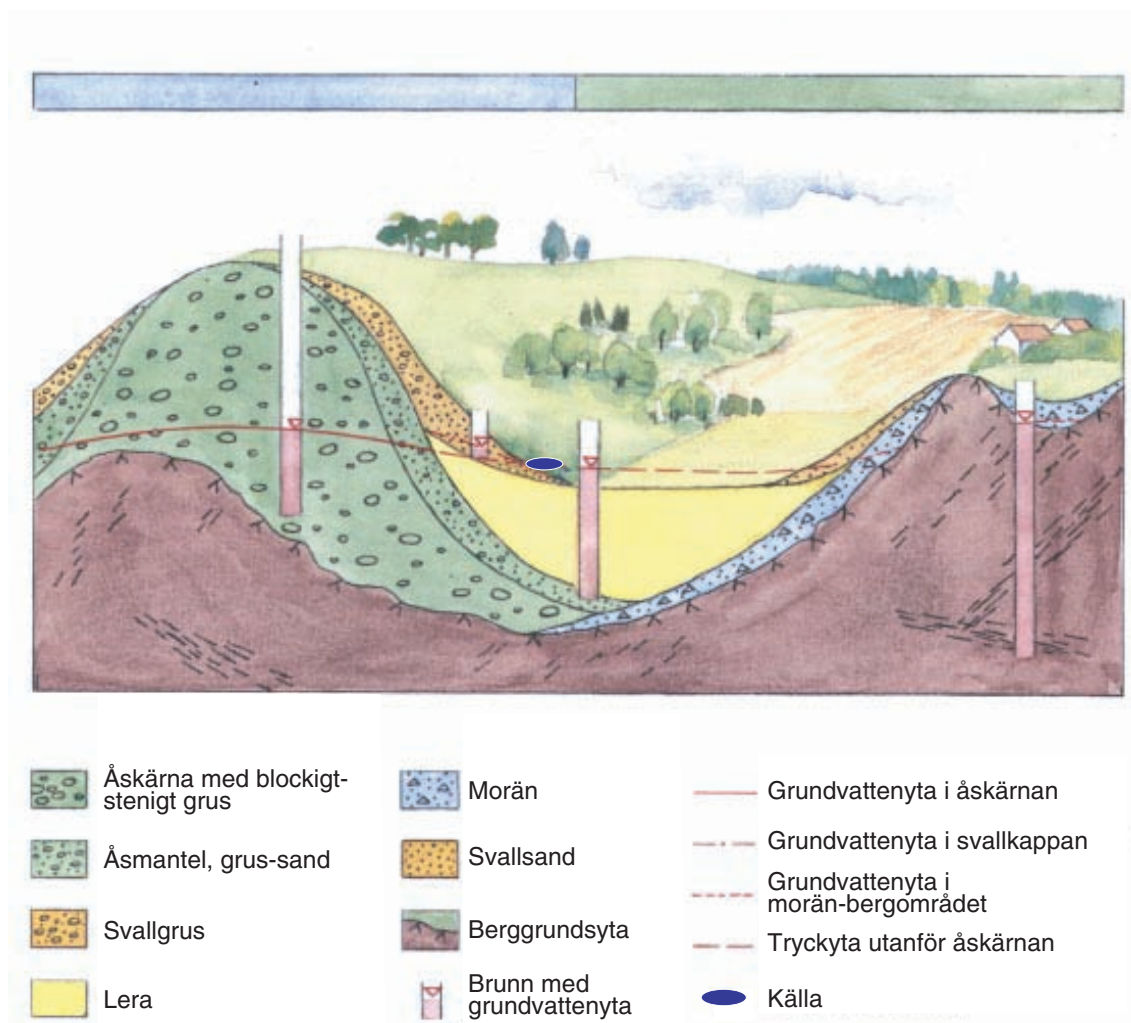


Fig. 2.1.3. Principbild på hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås. (Färgmarkeringen överst i bild visar hur detta redovisas på kartan över "Grundvattentillgångar i Karlstads kommun". Blått – tillgångar i jord, grönt – i berg.)

2.1.4 Grundvattenbildning

För att nytt grundvatten skall kunna bildas, fordras att de övre marklagren är så fuktiga att ett vattentillskott får vatten att rinna vidare nedåt och fylla på grundvattenmagasinet. Hur det fungerar kan man se när man vattnar en krukväxt. Först fylls markfuktigheten på, och efter en stund börjar vatten rinna ut ur hålet i blomkrukans botten.

Hög markfuktighet råder under den kyliga delen av året, då avdunstningen är liten och växterna vilar. I samband med regn och snösmältning under denna period sker också den mesta grundvattenbildningen. Omvänt är markfuktigheten ofta låg på sommaren, och därför bildas det inget eller bara lite grundvatten, trots tämligen riklig nederbörd. Juli och augusti är vanligen de regnräkaste månaderna på året. Grundvattennivåerna sjunker och ytavrinning i vattendragen av utläckande grundvatten minskar, men upphör vanligen inte helt.

Vattentillskotten består av regn och smältvatten. Underskottet i markfuktighet beror på avdunstning och växternas transpiration. Efter upptag av fuktighet i marken kvarstår den effektiva nederbörden, dvs. den som bidrar till grundvattenbildningen.

2.1.5 Grundvattennivåer

Grundvattenytans nivå förändras under året beroende på hur och när nybildningen av grundvatten sker. Variationsmönstret är olika för skilda områden i landet, och det är heller inte riktigt likadant från år till år. Se figur 2.1.6.a.

Variationsmönstret i södra Värmland framgår av figurerna 2.1.5.a–d, som visar förhållandena vid mätstationen på Brattforsheden. Den ingår i SGUs nationella grundvattennät.

I figurerna 2.1.5.a–d redovisas information från en av stationerna i SGUs grundvattennät (Brattforsheden, station 19) samt beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI för området som motsvarar kartbladet 11D SO. Stationen visar nivåvariationer i ett litet magasin i grus. De första två figurerna visar månadsmedelvärden för effektiv nederbörd för perioden 1961–1990 samt grundvattennivåns månadsvisa min-, medel- och maxvärden för perioden 1986–1995. Grundvattennivån är normalt lägst under augusti–oktober som ett resultat av den relativt låga grundvattenbildningen under sommaren. Stor effektiv nederbörd under mars–april återspeglas i årets högsta medelnivå under april. I de två sista figurerna redovisas uppmätt grundvattennivå respektive grundvattennivåns avvikelse från månadsmedelvärdet. Mycket låga nivåer uppmättes under 1989 och 1996.

Hur stora skillnaderna är mellan högsta och lägsta grundvattennivå under ett år beror förutom på tillförda vattenmängder på jordlagrens och berggrundens porositet och sprickvolym. I ett litet grundvattenmagasin i morän eller urberg kan variationerna vara stora och snabba, eftersom por- eller sprick-

Topografiska kartbladet 11D SO

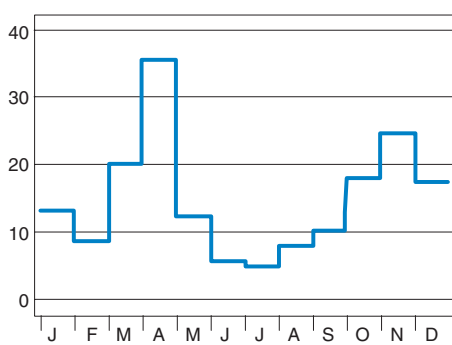


Fig. 2.1.5.a. Effektiv nederbörd (mm/månad). 30 års medelvärden enl. SMHI.

Station Brattforsheden

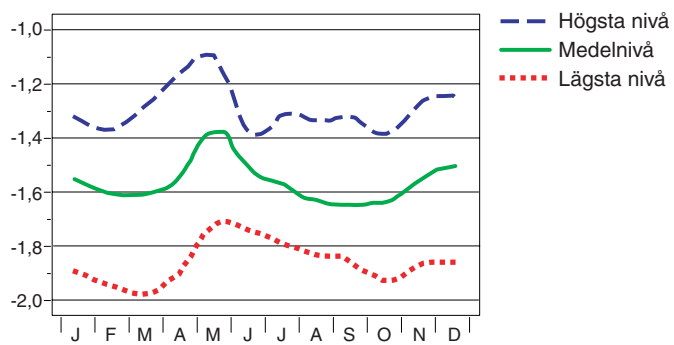


Fig. 2.1.5.b. Grundvattennivåns månadsvärden, meter under markytan.

Grundvattennätet, Brattförsheden stn 19.

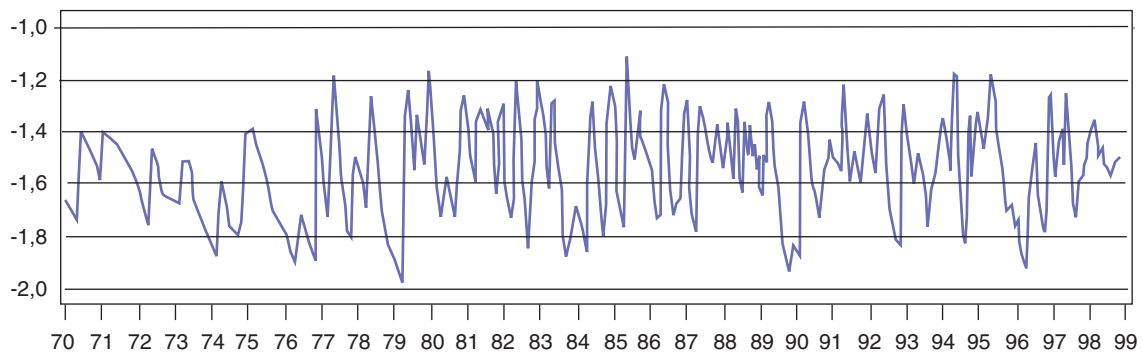


Fig. 2.1.5.c. Grundvattennivåer, meter under markytan.

Grundvattennätet, Brattförsheden stn 19.

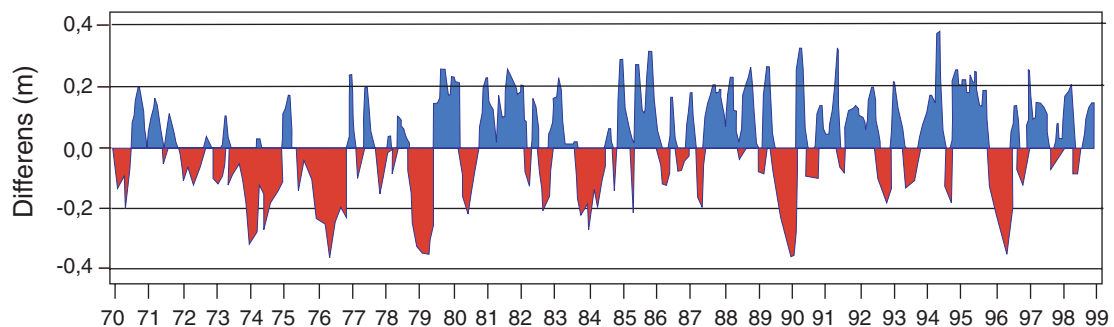


Fig. 2.1.5.d. Grundvattennivåer, avvikelse från månadsmedelvärden, meter.

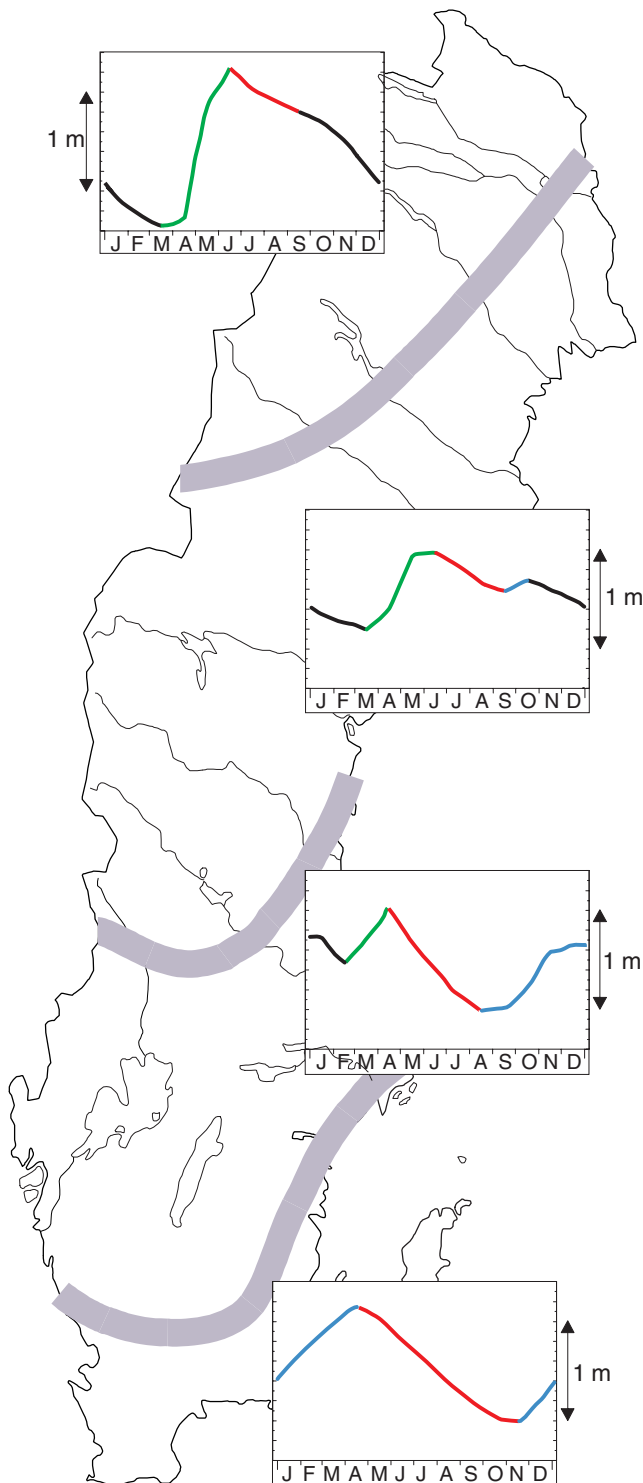
volymen är liten. De flesta av de privata brunnarna i Sverige är nedförda i sådana magasin. Ett stort magasin i t.ex. en isälvsavlagring med sand och grus och med stor porvolym reagerar långsamt och med små nivåförändringar, även om förhållandevis stora vattenvolymer tillförs eller avlägsnas.

2.1.6 Årstidsvariationer

Grundvattenmagasin i t.ex. morän och urberg reagerar med liten tidsförskjutning på förändringar i vattentillskott. I sådana följer nybildningen av grundvatten mönster eller regimer som är olika i olika delar av Sverige. Det beror på skillnader i nederbörd och avdunstning. I stora akviferer, som t.ex. grusåsarna, är årstidsvariationerna utjämnade och något mönster syns vanligen inte.

Regimerna kan utläsas i kurvor över grundvattennivån i olika landsändar. I figur 2.1.6.a har fyra av SGUs mätstationer valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som finns i Sverige.

Regimer, grundvattennivåer



- Vinter, normalt ingen grundvattenbildning
- Snösmältning, grundvattenbildning
- All nederbörd avdunstar normalt
- Nederbörden överstiger avdunstningen

Fig. 2.1.6.a. Grundvattenregimer i Sverige.

Arjeplog

Den huvudsakliga grundvattenbildningen i norra Sveriges inland sker i samband med snösmältningen på sensvåren. Grundvattennivåerna stiger snabbt och når sitt maximum på försommaren. Sedan kommer vanligen inget tillskott till grundvattnet, som i stället tappas av. En snabb övergång från sommar till vinter gör att nivåerna sjunker kontinuerligt, och de når sitt minimum strax före snösmältningen.

Sveg

I ett område som omfattar större delen av Norrlands kustland, södra Norrlands inland och fjälltrakter och norra Svealand sker nybildning av grundvatten förutom vid snösmältningen också under en kort period på hösten. Då är avdunstningen låg och nederbörden faller som regn på otjälad mark. Det gör att nivåkurvan får två maxima och två minima. De högsta grundvattennivåerna finns på våren och de lägsta under sensvintern.

Sigtuna

I södra Sveriges inland och upp mot Gävlebukten förekommer de lägsta grundvattennivåerna på sensommaren. Under hösten börjar nybildningen av grundvatten, och efter ett kort uppehåll med sjunkande nivåer när nederbörden mest faller som snö fortsätter stigningen vid snösmältningen. När den är avslutad står grundvattnet som högst.

Vellinge

I Svealands och Götalands kustområden och i det inre av sydligaste Sverige är snöperioden så kort, om den ens förekommer, att den inte nämnvärt påverkar grundvattenbildningen. Från en lägsta grundvattennivå tidigt på hösten sker därför en kontinuerlig stigning, och nivån är som högst på våren.

2.1.7 Dricksvatten

Vatten är ett av våra viktigaste livsmedel. Därför är det angeläget att det är av god kvalitet. Statens livsmedelsverk lämnar föreskrifter och allmänna råd om dricksvatten i sin kungörelse, SLV FS 1993:35. Den gäller egentligen bara för allmänna anläggningar och inte för enskilda brunnar men är en bra vägledning också för dem som har egen vattenförsörjning. Vatten till djur omfattas inte heller av kungörelsen men regleras i lagen om foder och i djurskyddslagen. Den som har egen brunn har möjlighet att mot avgift få vattenkvaliteten undersökt.

Livsmedelsverkets gränsvärden visas i tabell 2.1.7.

Det vatten som pumpas upp ur en vattentäkt kallas för råvatten, medan dricksvatten är det som efter eventuell beredning används i hushållen eller som används vid produktion eller annan hantering av livsmedel. Grundvattnet i Sverige är på många håll så bra att det kan användas utan beredning.

Ett bra vatten skall vara fritt från mikroorganismer, ha en temperatur på 12 grader eller lägre och vara klart och färglöst och lukt- och smakfritt.

pH-värdet bör vara mellan 7,5 och 9 vid tappstället. Problem kan annars uppstå med vattnets smak och med korrosion eller utfällningar på ledningar och installationer. Lågt pH kan medföra ökade metallhalter i vattnet.

Vattnets hårdhet uttrycks i ”tyska grader”, °dH, eller som vattnets kalciuminnehåll. dH-värdet bör inte vara högre än 15. Problem som kan uppstå vid höga värden är utfällning av kalcium- och magnesiumföreningar, som ger avlagringar i ledningsrör och kokkärl. Textilier kan också skadas vid tvätt i hårt vatten.

Några av de ämnen som brukar undersökas vid vattenanalys och de halter av dem som vattnet högst får ha för att betraktas som åtminstone ”tjänligt med anmärkning” vid allmän vattenförsörjning följer på nästa sida. Vid enskild vattenförsörjning är kraven ofta inte så stränga.

Kvalitetsgränserna är av olika slag. Ett tekniskt gränsvärde (t) betyder att skador på anläggningar kan ske om värdet överskrids (eller, i fråga om alkalinitet, underskrids), och ett hälsomässigt (h) att högre halter kan vara skadliga för människor. Estetisk bedömningsgrund (e) innebär att högre halter inte är farliga men kan ge t.ex. obehaglig smak eller lukt. Även om en gräns anges vara enbart teknisk eller estetisk kan ämnet vara hälsovådligt vid högre halt. Gränsvärdena avser vatten vid tappställe efter en stunds spolning.

Tabell 2.1.7. SLVs gränsvärden för dricksvatten (Tjänligt med anmärkning). A-vatten innebär dricksvatten från allmän anläggning eller vattentäkt med kommunal tillsyn, E-vatten från enskild vattentäkt. (h), (e) och (t) innebär att anmärkningen är hälsomässig, estetiskt respektive tekniskt grundad. För en fullständig redogörelse hänvisas till SLV FS 1993:35.

Parameter	Enhet	A-vatten	E-vatten
pH		7,5 (t)	
Alkalinitet, HCO ₃	mg/l	30 (t)	
Total hårdhet	odH	15 (t)	15 (t)
Kalcium, Ca	mg/l	100 (t)	
Magnesium, Mg	mg/l	30 (e)	30 (e)
Natrium, Na	mg/l	100 (t)	100 (t)
Kalium, K	mg/l	12 (t)	12 (t)
Järn, Fe	mg/l	0,20 (e, t)	0,50 (e, t)
Mangan, Mn	mg/l	0,05 (e, t)	0,30 (e, t)
Aluminium, Al	mg/l	0,10 (t)	0,50 (t)
Koppar, Cu	mg/l	0,20 (e, t)	0,20 (e, t)
Ammonium-kväve, NO ₄ -N	mg/l N	0,4 (t)	0,4 (t)
Nitrat-kväve, NO ₃ -N	mg/l N	5 (t)	5 (t)
Nitrit-kväve, NO ₂ -N	mg/l N	0,005 (t)	0,005 (t)
Fosfat-fosfor, PO ₄ -P	mg/l P	0,20 (t)	0,20 (t)
Fluorid, F	mg/l	1,3 (h) ¹	1,3 (h) ¹
Klorid, Cl	mg/l	100 (t)	100 (t)
Sulfat, SO ₄	mg/l	100 (t)	100 (t)
Klor, Cl ₂	mg/l	0,4 (e)	0,4 (e)
Fenoler	mg/l	0,010 (t)	0,010 (t)
Svavelväte		Tydlig lukt (e)	Tydlig lukt (e)
Arsenik, As	mg/l	0,010 (h)	0,010 (t)
Bly, Pb	mg/l	0,01 (h) ²	0,01 (h) ²
Cyanid, CN	mg/l	0,05 (h) ²	0,05 (h) ²
Kadmium, Cd	mg/l	0,001 (h)	0,001 (h)
Krom, Cr	mg/l	0,050 (h) ²	0,050 (h) ²
Kvicksilver, Hg	mg/l	0,001 (h) ²	0,001 (h) ²
Zink, Zn	mg/l	0,3 (t)	0,3 (t)
Bekämpningsmedel		Påvisad halt (h)	Påvisad halt (h)

¹ Gäller barn under 6 månaders ålder

² Otjänligt

2.1.8 Inducerad infiltration

En brunn som anläggs i en sand- och grusavlagring t.ex. en grusås intill en sjö (eller annat ytvatten) kan tillgodogöra sig ett ofta mycket betydande vattentillskott från sjön. Inducerad infiltration uppstår genom att pumpningen i brunnen sänker av grundvattenytan intill sjön så att sjövattnet infiltrerar genom sjöbotten och in i åsen (om inte sjöbotten utgörs av tätande lera). Infiltrationen kan ske på större eller mindre avstånd från stranden och på flera olika ställen. Se figur 2.1.8.a.

Vid passagen genom sand- och gruslagren kan sjövattnet renas och övergå till ett grundvatten med mycket god kvalitet från såväl kemisk som bakteriologisk och temperaturmässig synpunkt.

Sjövattnets temperatur kan variera mer än 20 grader under året, men när det har infiltrerat i grundvattenmagasinet blir temperaturvariationerna mycket små. Temperaturen på vattnet i brunnen håller sig kring 6–7 grader, om inte uttagsmängden är för stor i förhållande till avståndet till sjön så att temperaturen inte hinner stabiliseras.

Förutsättningar för inducerad infiltration föreligger på flera ställen inom Karlstads kommun. Större praktiskt betydelse har det sannolikt bara på Brattforsheden söder om sjön Mangen. Där har strandlinjen markerats med en kraftig, tandad linje.

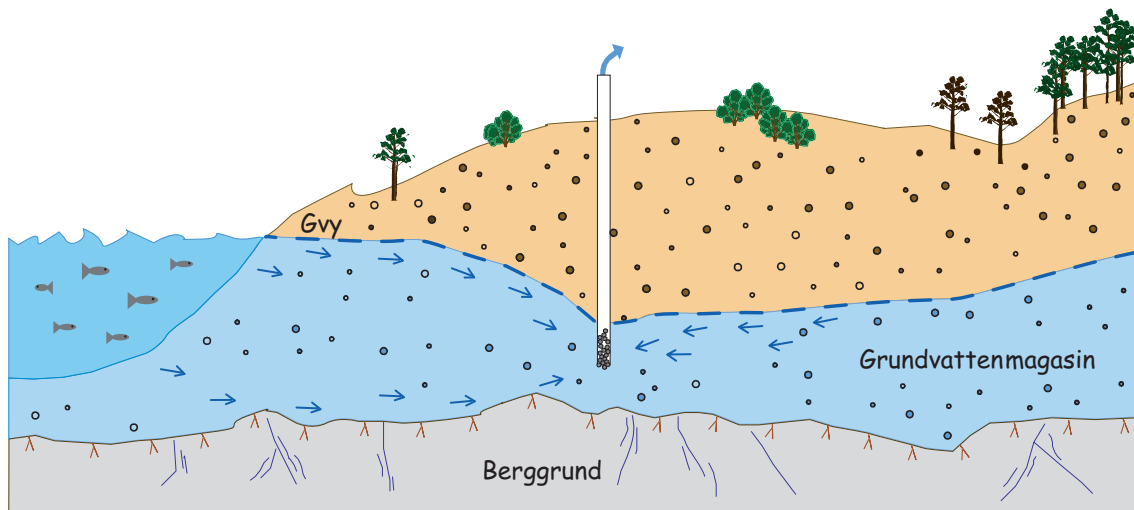


Fig. 2.1.8.a. Principbild på inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet.

2.1.9 Konstgjord grundvatten

Det är inte ovanligt att den naturliga nybildningen av grundvatten i ett område är mindre än den vattenmängd man vill ta ut för t.ex. kommunal vattenförsörjning. Under vissa förutsättningar kan det då vara möjligt att skapa konstgjord grundvattenbildning.

Vattentillgången i en sand- eller grusavlagring kan förstärkas genom konstgjord grundvattenbildning. Det tillgår vanligen så att man leder ytvatten till bassänger eller gropar i avlagringen, där det får infiltrera. Ibland byggs särskilda infiltrationsbrunnar.

På liknande sätt som vid inducerad infiltration renas sjövattnet vid passage genom sand- och gruslagren. Det vatten som erhålls i uttagsbrunnarna har övergått till ett vatten med grundvattenkarakteristik, med hög och jämn kvalitet.

Vid planering för och användande av en grundvattentäkt med konstgjord grundvattenbildning i naturliga jordlager måste förhållandevis omfattande och detaljerade hydrogeologiska undersökningar genomföras. De hydrogeologiska förutsättningar som krävs kan kortfattat beskrivas enligt följande.

- Vid infiltrationsläget bör sand- och gruslagren ha en relativt homogen sammansättning och vara tillräckligt genomsläppliga för att tillåta en infiltration av mellan 2 och 5 m³/m² och dygn.
- Den omättade zonens mäktighet under naturliga förhållanden bör vara minst 3–5 m mäktig.
- Grundvattenmagasinets mäktighet måste vara så stor vid läget för uttagsbrunnarna att tillräckliga avsänkingsmöjligheter föreligger med hänsyn till de önskade uttagsmängderna.
- God hydraulisk kommunikation måste föreligga mellan infiltrationsläget och uttagsbrunnarna.
- Strömningsriktningen från infiltrationsläget skall vara så entydigt att huvuddelen av det infiltrerade vattnet kan utvinnas.
- För att säkerställa jämn och god grundvattenkvalitet måste grundvattnets uppehållstid i marken vara tillräckligt lång, vilket medför att uttagsbrunnarna måste placeras på ett tillräckligt stort avstånd från infiltrationsläget, minst 14 dygn eller 200–300 m.
- En fördel är om grundvattenmagasinet har en så stor magasinande förmåga att uttag kan ske under längre tid – flera veckor – utan infiltration.

Naturligt grundvatten med ursprungligen höga halter av järn, mangan eller humus kan ofta förbättras genom att det luftas i vattenkaskaden i infiltrationsbassängen. En sådan anläggning kan se ut som figur 2.1.9.a visar med den skillnaden att råvattnet kommer från en grundvattenbrunn i stället för från en sjö.

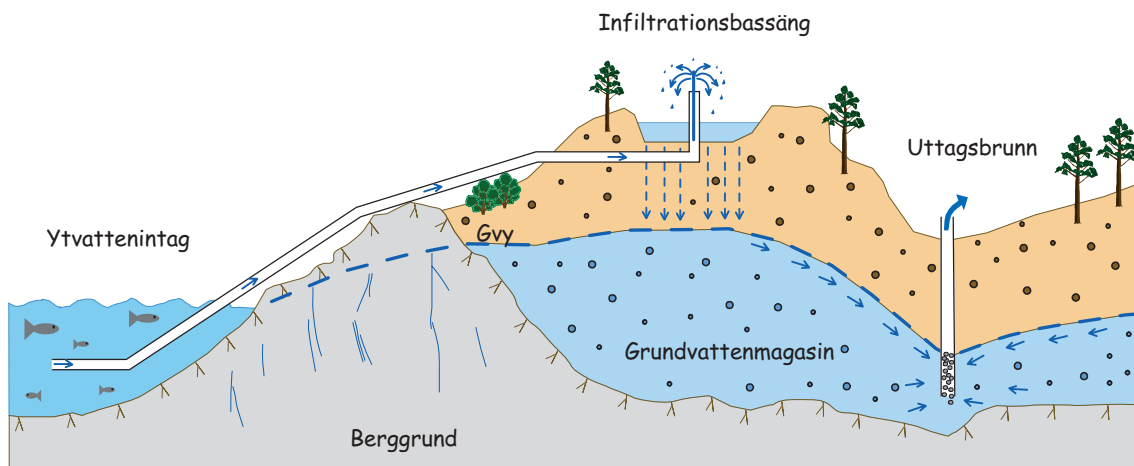


Fig. 2.1.9.a. Principbild på konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnet leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet.

Ett annat användningssätt för metoden är att återcirkulera kylvattnet för luftkonditioneringsanläggningar. Infiltrationstekniken kan också användas när man vill upprätthålla grundvattentrycket i tätorter som är belägna på grundvattenförande avlagringar. Sjunger trycket genom dränering via kabelgravar, schakt för vatten- och avloppsledningar och tunnlar etc. kan sättningsskador uppstå på byggnader, gator och vägar.

2.2 Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Karlstads kommun

2.2.1 Grundvatten i jordlagren

Inom Karlstads kommun finns de största grundvattentillgångarna i de stora isälvsavlagringarna. Vanligtvis förekommer isälvsavlagringar i form av långsträckt åsar med i huvudsak nord-sydlig utsträckning; Inom Karlstads kommun är åsbildningar av denna typ emellertid av underordnad betydelse. De stora isälvsavlagringarna är här till sin ytform utbredda och flacka som Brattforsheden, Sörmon och på Arnön. Den inre uppbyggnaden är ofta komplicerad och till stor del ej helt klarlagd.

1. **Sörmon** är för närvarande det viktigaste området inom Karlstads kommun för dess försörjning av dricksvatten. Förutom Karlstads tätort förses även hela Hammarö kommun med vatten från Sörmoverket. De naturligt bildade grundvattenmängderna, ca 50 l/s, räcker inte till för behovet som för närvarande är ca 300 l/s. Grundvattenbildningen förstärks med infiltration av Vänervatten i ett antal infiltrationsdammar på Sörmon. Magasinet i den östra delen utnyttjas för närvarande inte. Vissa försättningar till infiltrationsanläggning här kan finnas.

2. **Hynboholmsområdet** utnyttjas för närvarande som vattentäkt och beräknas kunna ge maximalt 25 l/s. Uttagen kan ökas väsentligt om konstgjord infiltration tillgripes i de gamla grustäkterna. Störande infrastruktur som flygplats, landsvägar och järnväg kan vara ett problem. Även föroreningar från det gamla asfaltsverket kan vara ett stort problem.

3. **Härtsöga** har en vattentäkt med en kapacitet på minst 7 l/s. Provpumpningsförsök har indikerat att 15 l/s kan erhållas. Möjligheterna till förstärkt grundvattenbildning i infiltrationsdammar vid de gamla grustäkterna bör vara goda.

4. **Mellerudstorps** vattentäkt har en kapacitet av ca 35 l/s. Vissa möjligheter till förstärkning av grundvattenbildningen genom konstgjord infiltration bör finnas i de närliggande grustagen.

5. **Törne** har för närvarande en grundvattentäkt som ger ca 37 l/s. Tillsammans med vattentäkten vid Mellerudstorp förser den ca 13 500 personer med dricksvatten. Möjligheten till förstärkning av grundvattenbildningen här kan vara begränsad på grund av underlagrande leror. Närheten till E 18 är även en negativ faktor.

6. **Väses** ca 600 personer försörjs för närvarande med grundvatten från en bergborrad grundvattentäkt belägen ganska centralt i samhället. Vattnet är behäftat med vissa kvalitetsproblem som järn, mangan och fosfat. Möjligheter till att erhålla grundvatten ur isävsavlagringen som löper genom samhället bör vara goda. Vid området mellan Björkvik och Lindås ca 1 km söder om samhället finns vissa förutsättningar till de vattenkvantiteter, 3–5 l/s, som är behovet. En annan möjlighet kan finnas i åsen mellan Björkvik och N. Bottenvik. Dock erfordras förmodligen en infiltrationsanläggning vid den befintliga grusgropen. Förutsättningarna är dock att inte några förorenande deponier finns där.

7. **Lövås** är beläget mitt i åsstråket från Brattforsheden till Väse. Vid grusavlagringen norr om Lövås går berggrunden i dagen på flera ställen och har även blottats vid grustäkterna. Förutsättningarna till större uttag av grundvatten bedöms inte vara speciellt goda här. Fastigheten södra Lövås är belägen på en liten åskulle. Seismiska undersökningar visar att större grundvattenuttag förmodligen ej kan göras här. Bästa förutsättningar till grundvattenutvinning finns antagligen i åsavlagringen under Riksmossen.

8. **Ölmskog** och området upp mot Hedetången kan ha goda betingelser för större uttag av grundvatten. Jorddjupet är stort och åsen kan stå i direktkontakt med Ölman. Förutsättningar till inducerad infiltration föreligger då.

9. **Truvemossen** döljer sannolikt åsen. Grundvattentillgången bör därför vara god här. Forsåskällan antyder att vattentillgången kan vara minst 10 l/s. Höga järnhalter kan dock vara ett problem.

10. **Nygårdskällan** lämnar minst 45 l/s. Tillgången av grundvatten kan dock vara betydligt större.

11. **Brattforsheden** har sedan länge ansetts som en av landets största potentiella grundvattentillgångar. Den naturligt bildade grundvattenmängden bedöms vara minst 100 l/s. Genom inducerad infiltration från sjöarna Mången och Alstern kan de uttagbara vattenkvantiteterna sannolikt bli väsentligt större.

12. **Övriga isälvsavlagringar.** Mellbymon har inte undersökts i detta arbete. Förutsättningar till uttag av grundvatten kan vara goda. Åsavsnittet vid Lämpeshålan har vissa förutsättningar för god grundvattentillgång. Åsen mellan Älvsbacka och Östanås i kommunens allra nordligaste del kan ha vissa förutsättningar för uttag av grundvatten som räcker till den lokala vattenförsörjningen.

13. **Älvssedimenten** är inom kommunen huvudsakligen Klarälvens sediment. De har en skiftande sammansättning från silt till grus, men består mest av sand och mo. Generellt ökar grovleken på materialet från söder mot norr. Grundvattentillgången är i regel god, men de uttagbara mängderna kan variera från någon liter per sekund till ett tiotal liter per sekund beroende på materialets sammansättning och läge. Inslag av organiskt material kan dessutom medföra sämre vattenkvalitet.

Övriga sand- och grusförekomster som finns i kommunen bedöms inte innehålla några mer betydande grundvattentillgångar. De stora sand- och grusförekomsterna längs Gjuttorpbäcken i kommunens östra del utgörs av förhållandevis grunda och i stor utsträckning torra svallavlagringar. Tillräckliga grundvattenmängder för enskild förbrukning torde dock kunna påträffas på många håll.

Många områden är betecknade som "Sammanhängande områden med mäktig lera. Vattenförande sand- och gruslager kan förekomma i och under leran". I sådana områden är det förhållandevis vanligt att det under leran förekommer något så när välsorterade sand-, grus- eller luckra moränlager. Dessa kan ha en mäktighet av några decimeter till några meter och kan ge förhållandevis mycket vatten, upp till några liter per sekund, dvs. kanske 5 000–10 000 liter per timme.

2.2.2 Grundvatten i berggrunden

Berggrunden inom Karlstads kommun består av kristallint urberg. Bergarterna är gnejser av varierande slag. Gnejsomvandlade graniter, s.k. urgraniter, dominerar.

Inom relativt stora områden i kommunens östra och norra delar förekommer hyperit, som är en mörk, något brunviolett bergart.

Den röda värmlandsgraniten finns inom kommunen bara i den allra östligaste delen från Lövhöjden upp till kommunens nordligaste område.

Bergarterna intar generellt en nordväst–sydostlig strykning, dvs. strukturen – förskiffringsplanen – i berggrunden och bergartsgränserna är företrädesvis riktad i nordväst–sydost. I västra delen av kommunen dominerar dock nord–sydliga eller nordost–sydvästliga riktningar.

För närmare information hänvisas till de kombinerade berggrunds- och jordartskartorna SGU serie Aa nr 144, 151 och 174 i skala 1:50 000 och berggrundskartan SGU serie Ba nr 45, södra bladet i skala 1:250 000.

Förskiffringsplanens stupningsvinkel har ganska stor betydelse för grundvattentillgången vid brunnborrning i berg. Detta beror på att det i berggrunden uppstår avlossningar – sprickbildning som ofta är vattenförande – längs många förskiffringsplan därför att bergets hållfasthet är sämre i förskiffringsplanen. Bergarten är lätt klyvbar längs förskiffringsplan, men inte lika lätt i andra riktningar. (Jämför med ådringen i trä!) Då de flesta brunnar borrar vertikalt är chanserna små att man skall träffa vattenförande avlossningssprickor i områden med vertikalt eller brant stupande förskiffringsplan. I områden med flackt stupande förskiffring är chanserna naturligtvis betydligt större att få vatten. Möjligheterna är omvänt proportionella mot stupningsvinkeln. Störst möjlighet har man om man borrar med så rät vinkel som möjligt mot förskiffringsplanen. Detta kan vara viktigt att ta hänsyn till i områden med små grundvattentillgångar, t.ex. där tillgängligt markområde inte inrymmer några egentliga sprickzoner – dvs. de flesta villa- och sommarstugedomter.

Förskiffringsplanens stupningsvinkel, lutningen från horisontalplanet, varierar från område till område. Inom hela Karlstad kommun är stupningen oftast flack, i regel 15–20 grader. I vissa områden är stupningen något brantare, men sällan mer än 30 grader. Detta innebär att brunnborrning inom Karlstad i regel skall utföras vertikalt. Se figur 2.2.2.a.

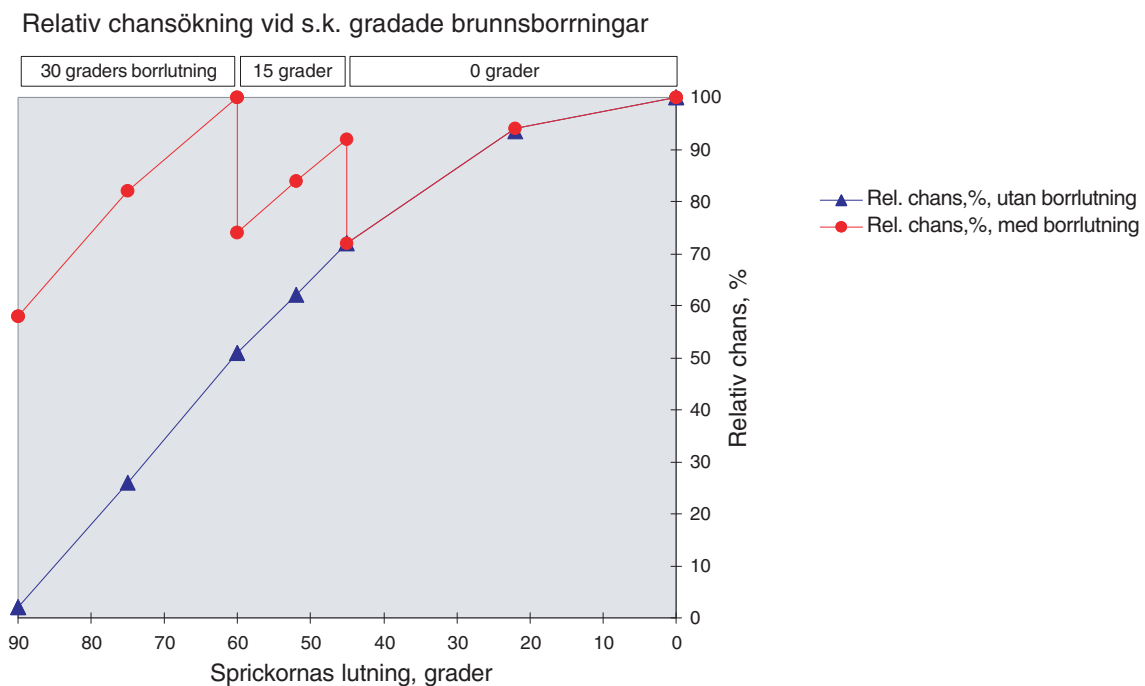


Fig. 2.2.2.a. Bilden visar hur den relativa chansen ökar om man vid brunnborrning tar hänsyn till vilken riktning sprickorna har (strykning och stupning) och därvid riktar borrrningen åt rätt håll. Diagrammet förutsätter att man alltid borrar till ett visst djup. På grundvattenkartan har rekommenderade borrriktningar markerats.

Vad beträffar möjligheterna att få vatten vid brunnborrning i berg, kan man rent allmänt säga att dessa bergarter i genomsnitt ger något större vattenmängder än vad som är vanligt i svenskt urberg. Den genomsnittliga (median) kapaciteten av bergborrade brunnar i kommunen är 1000 l/tim, och genomsnittsbrunnen är 66 m djup. Se figur 2.2.2.b. För övrigt finns SGUs brunnnsdata i MapInfoskiktet "Bark 1780" som ingår i databaserna till kartan över "Grundvattentillgångar i Karlstads kommun".

Kartbilden (huvudkartans bild) över variationerna i möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden har hämtats från SGUs karta "Grundvattnet i Sverige" (Ah 17). Denna har framtagits med hjälp av statistiska bearbetningar av brunnnsdata från SGUs brunnnsarkiv.

Vill man söka mer vatten genom borrning i berg än detta genomsnittsvärde, är det i allmänhet nödvändigt att borra på en större, vattenförande sprickzon. De större sprickzonernas och förkastningarnas lägen framgår av grundvattenkartan. Sprickzonernas mer exakta lägen i naturen bör då lokaliseras i förväg med särskilda geofysiska metoder.

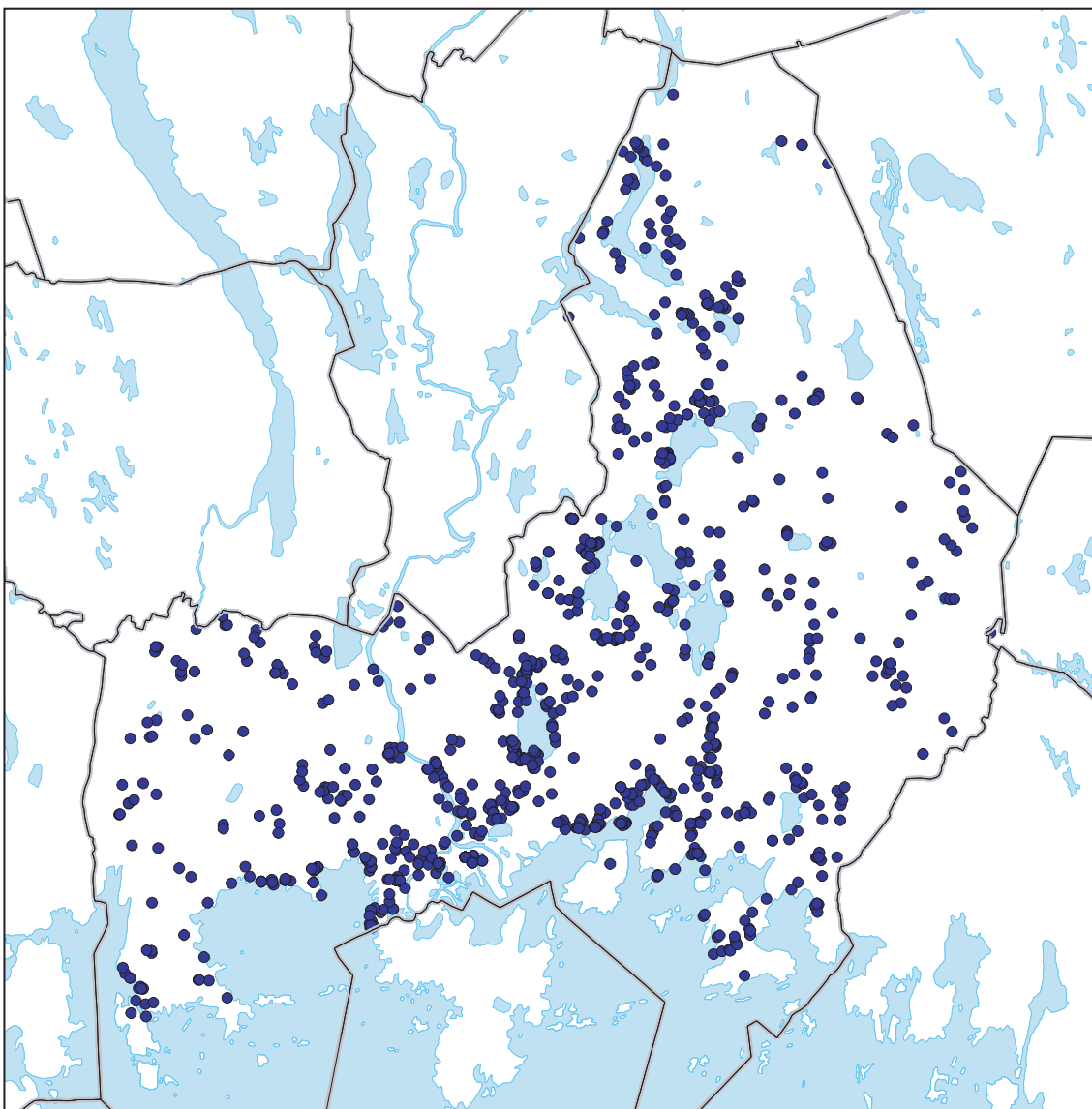


Fig. 2.2.2.b. Brunnar i Karlstads kommun registrerade i SGUs brunnnsarkiv. Kapaciteten i dessa har utgjort underlag för kartbilden över grundvattentillgångarna i berggrunden. (Gröna och ljusbruna områden på huvudkartan.)

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus, huvudsakligen isälvsavlagringar



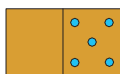
Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkta eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25–125 l/s (ca 2000–10000 m³/d)



Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–2000 m³/d)



Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1–5 l/s (ca 80–400 m³/d)



Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen < 1 l/s (< ca 80 m³/d)
Viktigt infiltrationsområde (höger)

Sand- och gruslager under lera



Grundvattentillgång i sand- och gruslager under jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i leran vid avsäkning av grundvattennivån.



Sammanhängande område med mäktig lera. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under leran. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i leran vid avsäkning av grundvattennivån

ORGANISKA JORDARTER



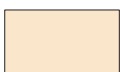
Mosse, kärr, gyttja. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGUs brunnsarkiv



Tämligen goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 600–2000 l/h (ca 15–50 m³/d)



Mindre goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 0–600 l/h (ca 0–15 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR

- ○ ○ Grundvattendelare, fast
- |○|○ Grundvattendelare, rörlig
- ◆◆◆◆ Bedömd grundvattendelare, fast
- ➔ Grundvattnets huvudrörelseriktning
- +—+—+ Strandlinje där uttagsmöjlighet i angränsande isälvsavlagring är större p g a inducering
- Källa med flödesriktning, vanligen med ett flöde av > 0,5 l/s
- L Lerskikt förekommer, utbredning ej fastställd
- ⊙ Observationsrör eller rörbrunn för mätning av grundvattennivå
- ▼ Sonderingsborrning
- ✦ Kommunal grundvattentäkt i jord (vänster) eller berg (höger)
- ▣ Kommunal grundvattentäkt med konstgjord grundvattenbildning
- ⊠ Kommunal grundvattentäkt i berg, reserv
- Y ■ Kommunal ytvattentäkt
- ▣ ✦ Enskild brunn i jord (vänster) eller berg (höger) med kapacitet överstigande 6000 l/h (> ca 150 m³/d)
- — Störrre sprickzon, indikation, troligen med bättre möjlighet till grundvattenuttag än omgivande berggrund

3. REDOVISNING AV FÄLTARBETEN

Fältarbetena utfördes under juni och september 1996 samt i maj och september 1997. Insatserna koncentrerades till de områden som var mest intressanta från grundvattensynpunkt och där tidigare undersökningar saknades eller behövde kompletteras. Efter samråd med kommunen beslöts att på Sörmon, som är väl dokumenterad tidigare, skulle insatserna göras på den östra delen. I området runt Karlstads nya flygplats har omfattande undersökningar i samband med dess projektering genomförts. Resultat och dokumentationer från tidigare insatser inom kommunen har vägts in vid bedömning och sammanställning av grundvattenkartorna. Resultaten från insatserna för detta arbete är lagrade i SGUs parameterdatabas och är levererade till Karlstads kommun. Här nedan redovisas ett urval av dessa arbeten.

3.1 Grava–Botorp

Vid den inledande jordartskarteringen framkom vissa indikationer på att isälvssediment förekommer öster om Klarälven vid Botorp. Misstanken väcktes då att det kunde vara en utlöpare från Sörmon–Hynboholmsavlagringen och att den eventuellt var dold under Klarälvsedimenten söder om Södra Hyn. Betingelser för stora grundvattenuttag skulle då finnas. Kontakt med Klarälven kunde då ge möjlighet till inducerad infiltration. För att utröna mäktigheter och jordartssammansättning på djupet företogs sonderingar nära Brotorp på den östra sidan om älven samt seismiska undersökningar och borrhningar med jordprovstagning på den västra sidan, ca 1 km sydväst om Grava kyrka.

De två sonderingarna vid Brotorp (se figur 3.1.b) har visat att sedimenten består av växlande lager finsand och silt med inslag av lera. Vid den östra sonderingspunkten påträffades berg eller eventuellt block 18,5 m under markytan. Den västra sonderingen avbröts vid det anmärkningsvärt stora jorddjupet 43 m. Inget tyder på att isälvssediment påträffats.

Den seismiska profilen (96021, figur 3.1.a) vid Grava visade ett jorddjup på 22–27 m. Den seismiska hastigheten 1650–1700 m/s antyder att jordlagren utgörs av sand och grus och att grundvattenytan sjunker svagt mot nordöst. Den efterföljande borrhningen med kontinuerlig kontroll av uppspolat material visade 0–16 m finsand och mo. Vid 11–14 m förekom träflisor av okänd ålder. Från 16 m till 21 m förekom lös lera. Under leran påträffades mo och finsand. Vid 27,5 m djup under markytan fanns en sandig morän. Borrhningen avbröts vid 30 m djup, sannolikt helt nära berg.

Undersökningarna i detta område har inte kunnat påvisa isälvssediment eller grövre sediment av betydelse under finsedimenten i området nära Klarälven. Förutsättningar för grundvattenuttag av större kvantiteter är därför små.

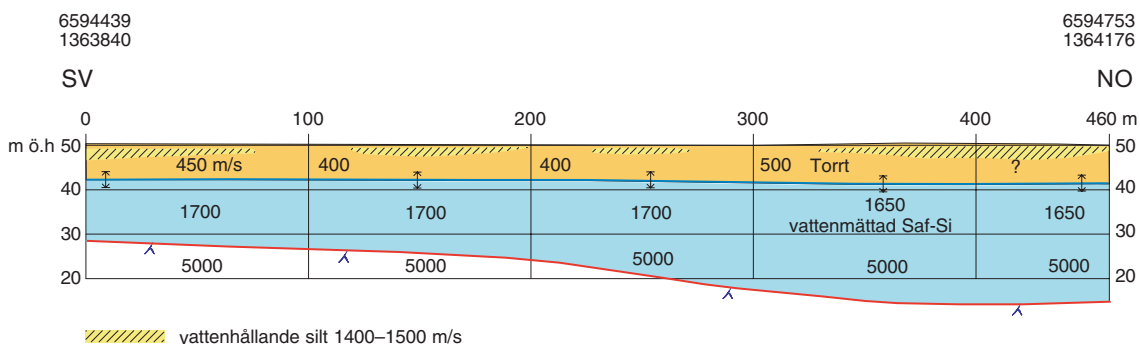


Fig. 3.1.a. Seismisk profil 96021 Grava. Röd linje: berggrundsyta. Övre linje: markyta. Blå linje: bedömd grundvattenyta.

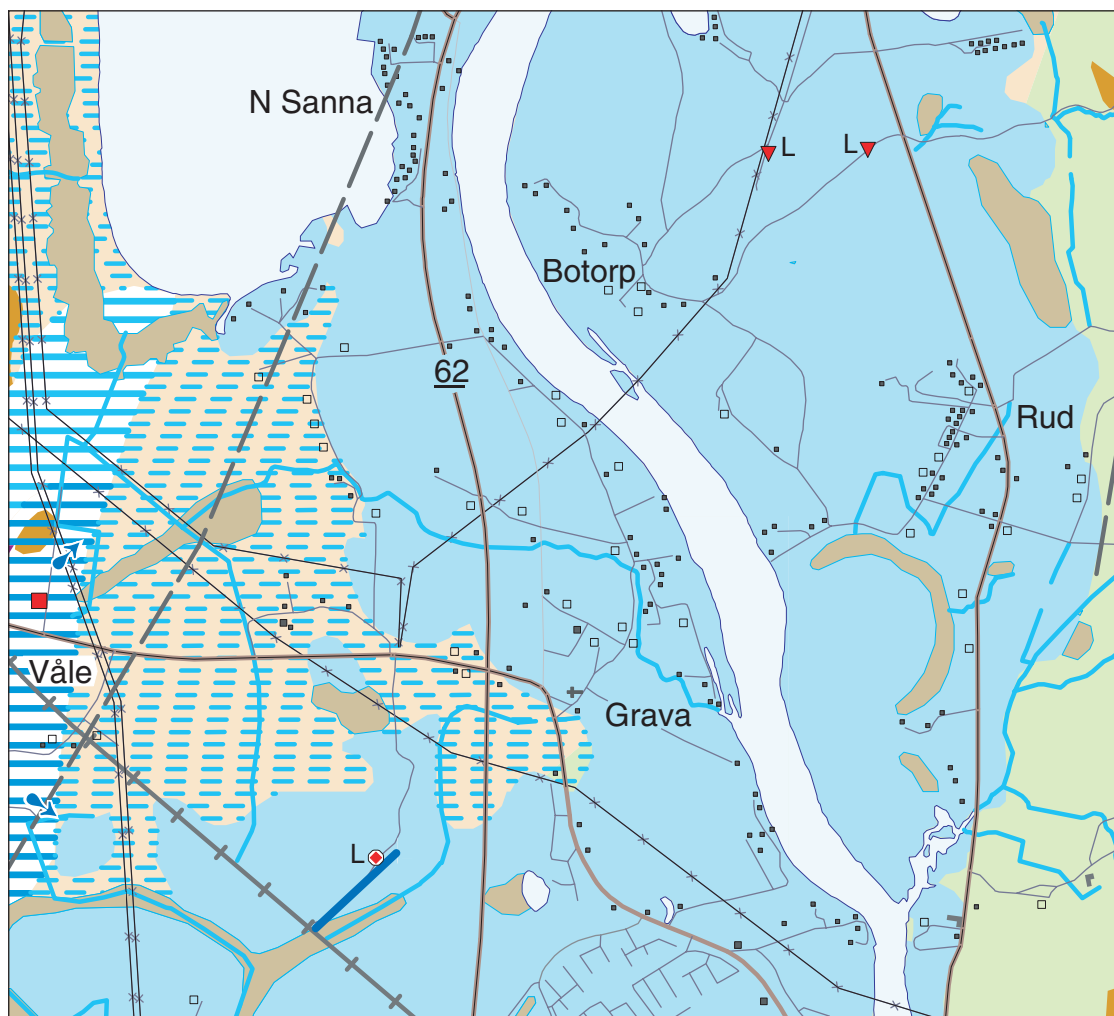


Fig. 3.1.b. Grundvattentillgångar i Grava-Botorpsområdet.

3.2 Sörmon-Önnerud

De centrala och västra delarna av Sörmon är relativt väl dokumenterade vid flera undersökningar och utredningar i samband med anläggningen av Karlstads vattentäkt. Vissa undersökningar har emellertid utförts i de östra delarna av Sörmon vid Önnerudsmossens närhet.

En 460 m lång väst-östlig seismisk profil (96019, figur 3.2.a) upprättades längs den lilla vägen vid Önnerudsmossens norra kant (se figur 3.2.b). Jorddjupet är ca 23 m i den västra delen och ökar till ca 35 m i den östra. Våghastigheten 1650 m/s indikerar att jordarterna huvudsakligen är silt och sand. Grundvattenytan är högst i den västra delen, 67–68 m ö.h. och lägst i den östra, 62–63 m ö.h.

En sondering vid den östra delen av profilen visar en jordmäktighet av 24,6 m, huvudsakligen grovmo. Borrstopp vid sannolikt berg. Ett eller flera lerlager förekommer. Grundvattenytan är ca 5 m under markytan.

Tre observationsrör sattes i detta område. Rör 9602 ca 100 m väster om mossen, rör 9603 ca 500 m SV om mossen och rör 9606 omedelbart söder om mossen. I samtliga borrhull finns huvudsakligen mo och sand. Rör 9602 borrades till 14 m djup och rör 9603 till 35,5 m djup. Jordarten i botten består i rör 96002 och 96003 av hårt packad sand. Berg eller morän har ej påträffats i någon av dessa borrhull. Rör 9606 borrades till 35,5 m djup. De sista tre meterna utgjordes förmodligen av morän. De uppmätta nivåerna i rören visar att grundvattennivån sjunker mot nordost. Den branta

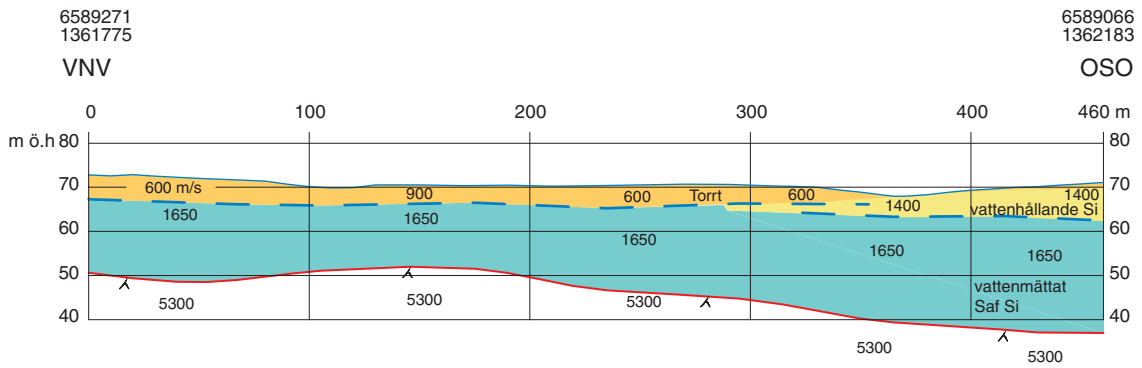


Fig. 3.2.a. Seismisk profil 96019 norr om Önnerudsmossen. Röd linje: berggrundsytta. Övre blå linje: markyta. Undre blå linje: bedömd grundvattenyta.

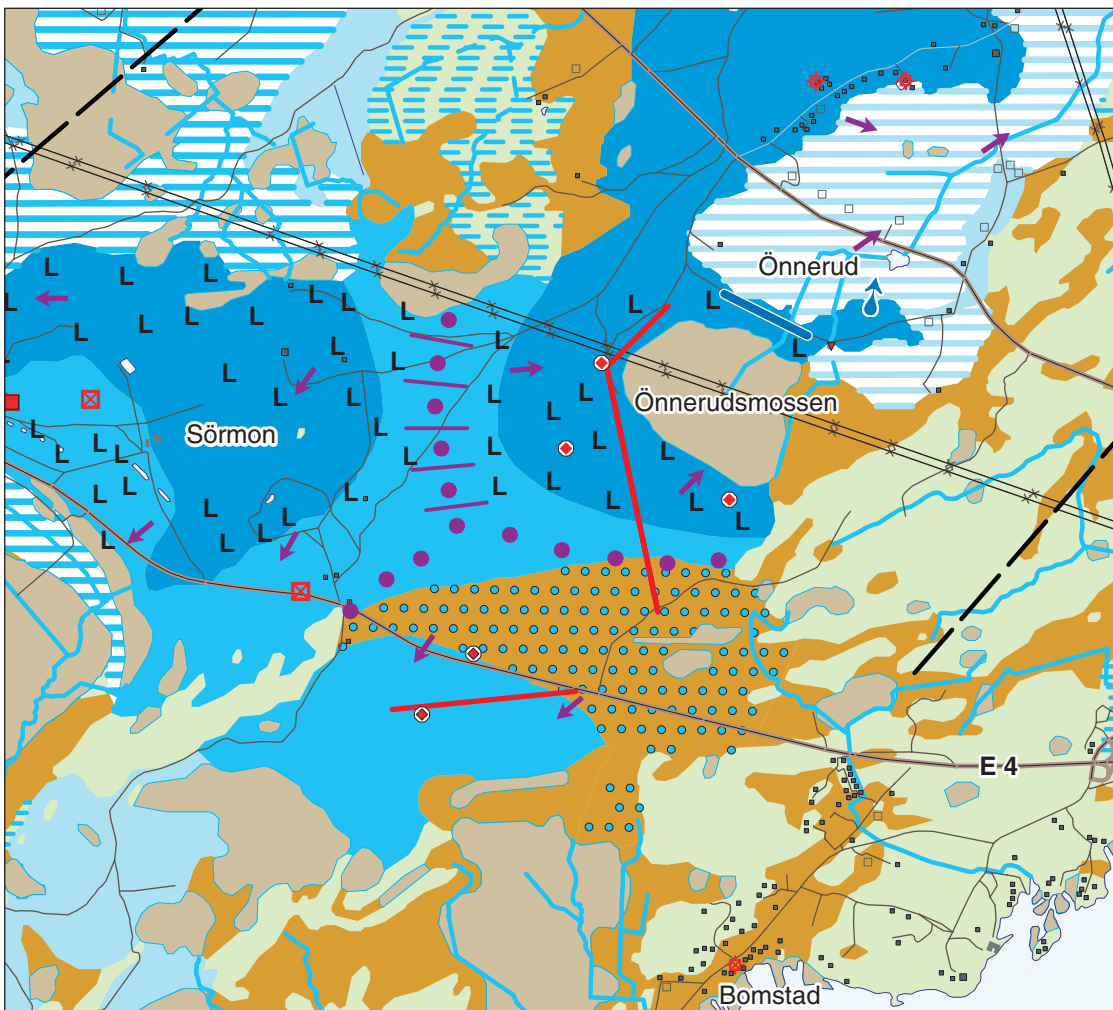


Fig. 3.2.b. Grundvattentillgångar på Sörmon. Läget för den fasta grundvattendelaren är ej helt säkert. Berggrundsryggar som löper i öst-västlig riktning är påvisade med seismik (Blomqvist) och antyds i georadarmätningar.

gradienten tyder på en relativt finkornig jordart. Vid samtliga borrhöjningar påträffades, på 6 till 16 m djup, 3,5–8,5 m mäktiga lerlager. Detta stämmer väl överens med ”3D-modellen”, bilaga 17 i Thorsten Blomqvists licentiatavhandling ”Sörmon” (1969).

Söder om E 18 utfördes en 900 m lång georadarprofil (9620, figur 3.2.c) i väst–östlig riktning. På radardiagrammet syns tydligt den flacka grundvattenytan 4–5 m under markytan. Mellan 260 och 660 m kan även berggrunden anas ca 6–25 m under markytan.

Ett observationsrör drevs ner till 8 m vid punkten 200 m på profilen. Sondringen visar att de översta 5 m utgörs av relativt hårt packad finsand. Mellan 5 och 10 m förekommer något lösare finsand. Jorddjupet bedöms enligt georadarmätningen vara mer än 25 m. Grundvattenytan uppmättes till 4,19 m under markytan, vilket stämmer bra med radarmätningen.

Undersökningarna i detta område tyder på att uttag av större mängder (>25 l/s) naturligt bildat grundvatten inte är möjligt. Anläggande av infiltrationsdammar i syfte att förstärka grundvattenbildningen kan vara en möjlig lösning för att ta ut större vattenmängder. Dammarnas lokalisering är viktig. Bl.a. måste noggranna undersökningar för att klarlägga lerans utbredning först komma till stånd.

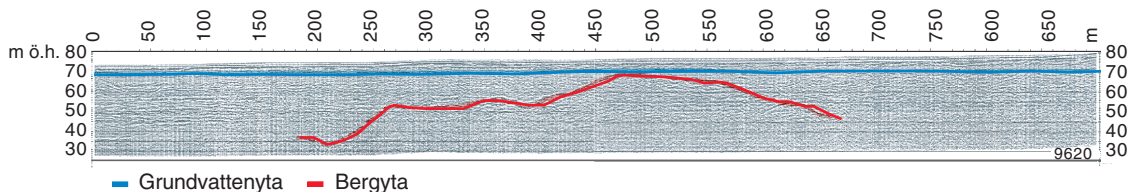


Fig. 3.2.c. Georadarprofil 9620 ca 200 m söder om E18. Röd linje: bedömd berggrundsytta. Blå linje: bedömd grundvattenytta.

3.3 Arnön

Förutom de glacialfluviala avlagringarna vid Sörmon, Törne, Mellbymon och Hynboholm är avlagringarna i isälvsstråket från Arnön norrut via Väse–Lövås–Ölmskog och upp till Brattforsheden de mest framträdande inom Karlstads kommun. Isälvs sediment delar på vissa ställen upp sig i flera grenar och är delvis dold under leror och finare sediment eller myrar och torvmossor. I vissa partier går berggrunden i dagen, vid andra är mäktigheten mycket stor. Sedimenten är på vissa platser, t.ex. Arnön, ganska finkorniga, på andra relativt grova som t.ex. det stora grusfältet norr om Lövås. Ofta är sammansättningen blandad med växelvisa lager grövre och finare jordarter.

Vid den översiktliga hydrogeologiska länskarteringen 1992 och vid den nya jordartskarteringen 1995 kom isälvsavlagringen på Arnön att framstå som ett intressant alternativ till Sörmon som plats för grundvattenutvinning. Flera möjliga faktorer talade till Arnöns fördel:

1. Ytjordarten består huvudsakligen av sand.
2. Naturlig grundvattenbildning ca 40 l/s.
3. Möjlighet till inducerad infiltration från Vänern.
4. Möjlighet till konstgjord grundvattenbildning.
5. Frånvaro av infrastruktur och bebyggelse.
6. Relativt nära anslutning till det kommunala vattennätet vid Skattkärr eller via Sätterholmsfjärdens botten till Hammarö.

Ett antal geofysiska mätprofiler gjordes på utvalda platser. Kompletterande sonderingar utfördes och ett par observationsrör sattes.

En georadarprofil (R97a, figur 3.3.a) upprättades i den västra delen ned till Vänern. Berggrunden går i dagen i profilens norra del vid vägen till Långerudden. Radardiagrammet är ganska svårtolkat i detalj, men antyder att jorddjupet varierar från någon meter till ca 15 m. Grundvattenytan är svår att urskilja. En sondering utfördes i en svacka ca 350 m från Vänern. Sondringen nådde 10,4 m under

markytan där det blev stopp mot berg eller block. Materialet är genomgående relativt hårt packad homogen sand och grovmo. Grundvattenytan uppmättes till ca 3,9 m under markytan (ca 5 m över Vänerns yta, ej avvägd).

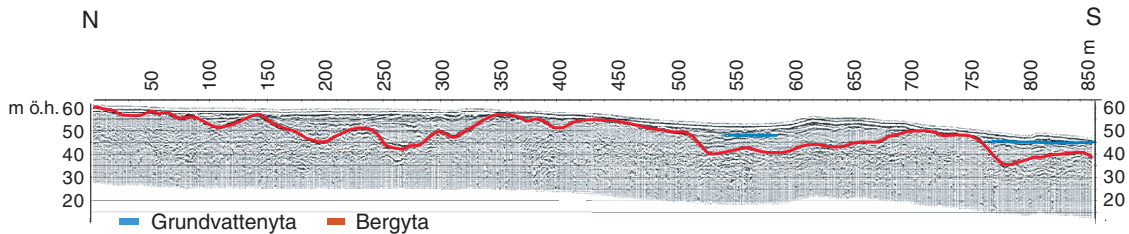


Fig. 3.3.a. Georadarprofil R97a. Röd linje: bedömd berggrundyta. Blå linje: bedömd grundvattenyta.

Från Stora Björnrükans friluftsbad, mitt på Arnöns södra strand, upprättades en georadarprofil (R97b1, figur 3.3.b) mot norr nästan över hela Arnön. Radarbilderna i den södra delen är svårtolkad och det är svårt att avgöra om det är högt bergläge, morän eller möjligen isälvsgrus. Berggrunden går i dagen endast 200 m mot öster vid badplatsen och ett system bergryggar löper mot den sydvästra delen av Arnön vid Hovlanda och Långerudden. Mycket tyder på att en eller flera bergtrösklar, möjligen även morän förekommer här i söder. På radardiagrammet uppträder 250 m från stranden 2–3 m under markytan något som kan tolkas som en grundvattenyta eller ett lerlager. Förmodligen är det lera eftersom signalerna från underliggande lager blir svaga.

För att få information om underliggande jordarter sattes ett observationsrör intill vändplatsen vid Stora Björnrükans friluftsbad. Borrningen gav intryck av att jordlagren här utgörs av grusig sand. (Borrningen fick av tekniska skäl avbrytas på 8 m djup.) Omedelbart efter rörsättningen stod emellertid vattenytan i röret 90 cm under Vänerns yta. Efter 4 dagar hade nivån i röret stigit 78 cm men stod fortfarande 12 cm under Vänerns yta. Detta tyder på att jordarten är relativt ogenomsläpplig, förmodligen morän.

En seismisk profil (S1-97, figur 3.3.c) lades i nordlig-sydlig riktning i den centrala delen av ön. Det visade sig att berggrunden ligger relativt högt i den södra delen med en svacka i den centrala delen. Grundvattennivån sjunker svagt mot norr. Grundvattendelarens läge har förmodligen sitt läge någonstans i närheten av profilens södra ände.

En sondering gjordes ca 300 m NV om norra änden profil S1-97. Under ca 1 m sand och mo fanns 1 m lera. Därunder påträffades berg. Grundvattennytan låg endast 0,2 m under markytan. Tre sondförsök gjordes med samma resultat. Sondringen flyttades 200 m norrut. Här var jorddjupet 5,4 m. Jordarten var grovmo och sand. Ingen lera påträffades. Grundvattennytan låg 1,6 m under markytan.

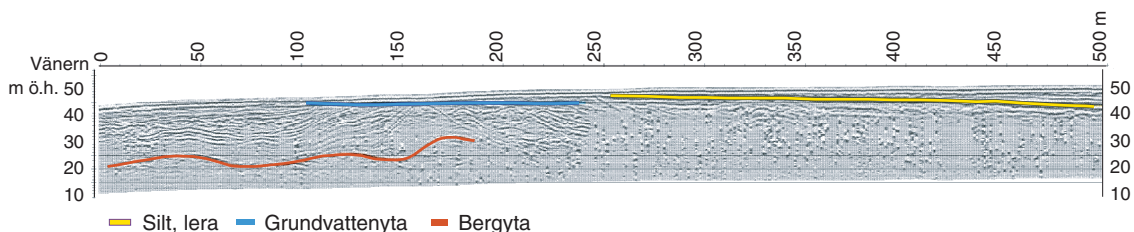


Fig. 3.3.b. Georadarprofil R97b1 från Väneren vid Stora Björnrükan längs vägen mot norr. Röd linje: bedömd berggrundyta. Blå linje: bedömd grundvattenyta. Gul linje: bedömd förekomst av lera eller finsediment.

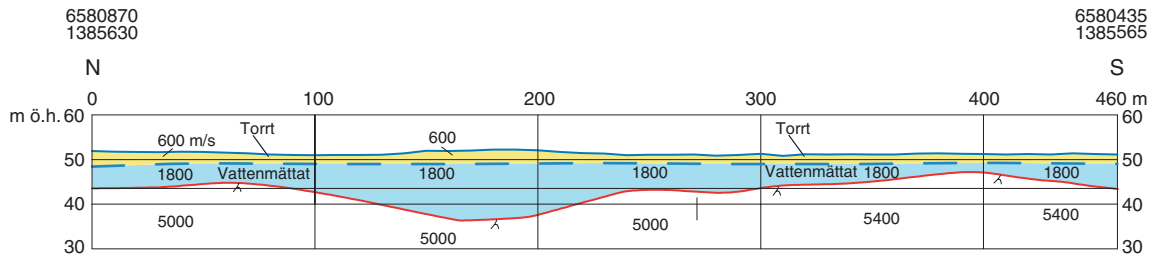


Fig. 3.3.c. Seismisk profil S1-97. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markytan. Undre blå streckad linje: bedömd grundvattenytan.

Ytterligare en seismisk mätning (S6-97, figur 3.3.d) utfördes på Arnön ca 100–500 m söder Sandviken. Jorddjupet visade sig vara relativt stort, 15–22 m. Grundvattenytan låg ganska horisontellt med en lägsta nivå i den norra delen mot Vänern, ett par meter över dess yta.

Mitt på profil S6-97 där jorddjupet var som störst sattes ett observationsrör. Borrningen gav följande resultat: 0–8 m grovmo och mellansand, 8–10 m mellansand, 10–11 m grovmo, 11–12 m grovmo och finmo, 12–15 m lera, 15–17 m troligen morän, stopp mot block eller berg.

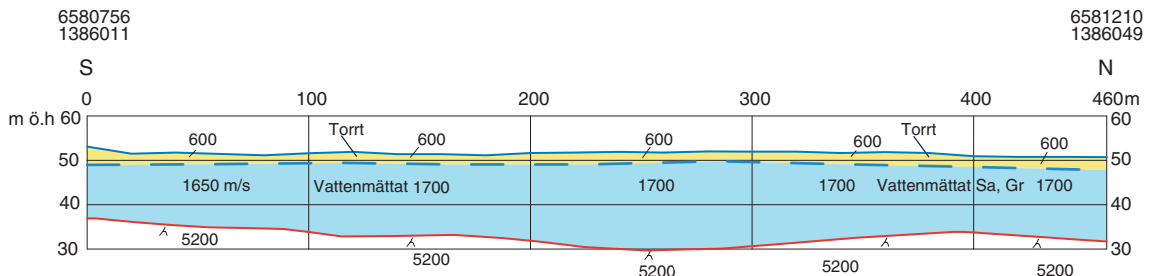


Fig. 3.3.d. Seismisk profil S6-97 Arnön. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markytan. Undre streckad blå linje: bedömd grundvattenytan.

Vid Sandviken ca 60 m från Vänerns strand utfördes en sondering. Sonderingen gav följande resultat: 0,0–5,0 m hård grovmo och sand, 5,0–15,0 m grovmo och mellansand, 15,0–25,3 m lös lera, 25,3–26,9 m stenig morän, stopp mot berg eller block på 26,9 m. Grundvattenytan låg ca 4 m under markytan, eller något över Vänerns yta.

Undersökningarna på Arnön visar att den geologiska uppbyggnaden är mer komplicerad än en första anblick ger intryck av. Lerlager finns flerstades i de centrala och norra delarna. Bergryggar som ibland når högre än Vänerns nivå, med en orientering SSV–ONO, förekommer framför allt i den södra och västra delen. En grundvattendelare, delvis berggrunds/moränbetingad och delvis rörlig går över Arnön från sydvästra delen mot nordost (se figur 3.3.e). Mycket talar också för att tätare jordarter, förmodligen morän, förekommer på vissa ställen under den ytliga sanden. Mycket tyder på att uttagbara grundvattenmängder mer än 25 l/s inte är möjligt på grund av att grövre isälvsediment av betydelse inte har påträffats. Anläggande av konstgjord infiltration kan dessutom bli problematisk på grund av lerförekomster med okänd utbredning.

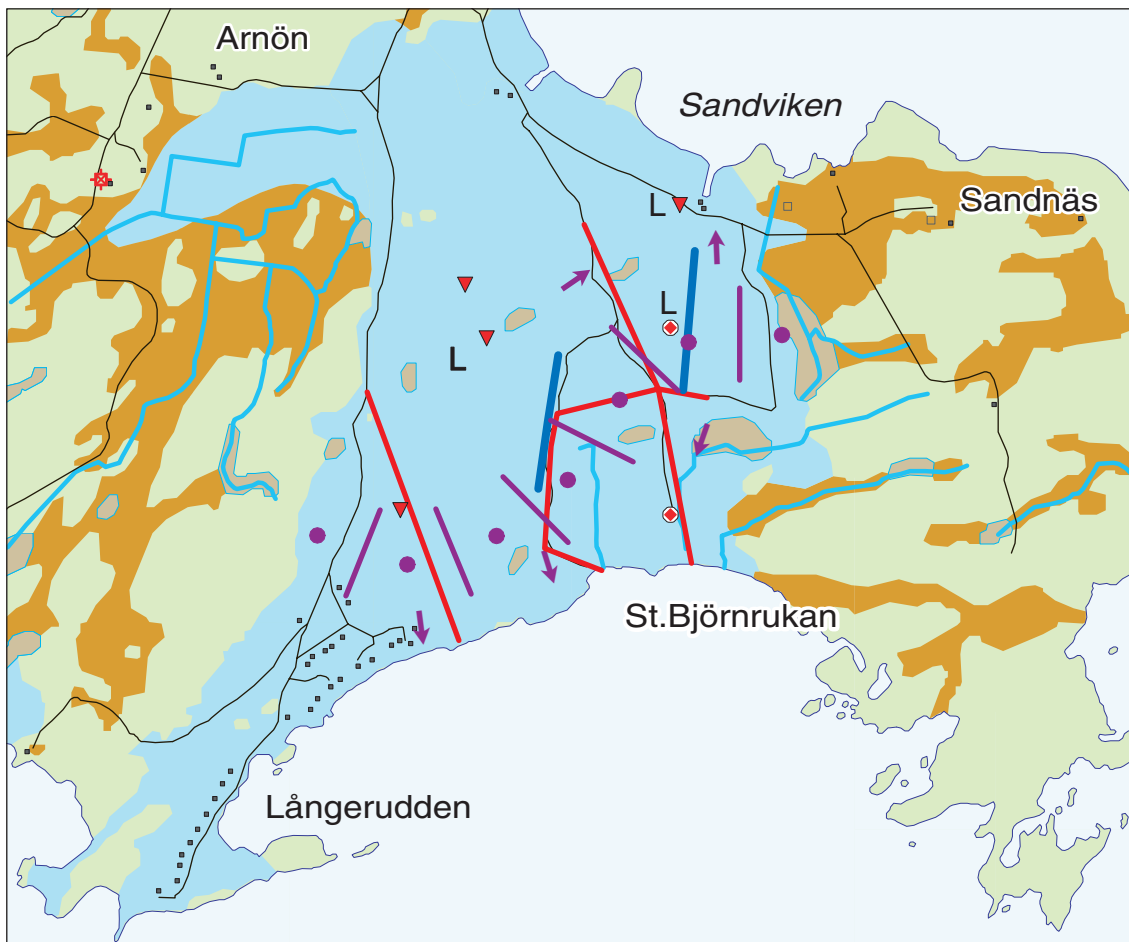


Fig. 3.3.e. Grundvattentillgångar på Arnön.

3.4 Väse

Väse förses för närvarande med grundvatten från en kommunal vattentäkt relativt centralt i samhället. Den i berg djupborrade täkten ligger endast 200 m från järnvägen och ca 700 m från Europaväg 18. Kapaciteten är ca 3,2 l/s och är för närvarande tillräcklig, men kvaliteten är inte fullt tillfredsställande. Relativt höga halter av järn, mangan och fosfat har uppmätts.

Ett antal sonderingar, seismiska och georadarmätningar har utförts för att utröna mäktigheten och utbredningen på den isälvsavlagring som löper genom området från norr och nordost till Vätern i söder.

Den seismiska profilen (S2-97, figur 3.4.a) vid N. Bottenvik visar att berggrundsytan har en svacka som ligger drygt 20 m under markytan. Den seismiska hastigheten i jordlagren tyder på att leror dominerar. En zon med låga hastigheter i berg kan möjligen bero på en krosszon. Grundvattenytan återfinns ca 4 m under markytan i den norra delen av profilen och 1,5–2 m lägre i den södra delen. Den seismiska undersökningen ger ingen information om rikligare grundvattenförande lager förekommer.

Från N. Bottenvik upprättades en georadarprofil (R97c1, figur 3.4.b) längs vägen mot söder till Strandviksvägen. Radardiagrammet bekräftar resultaten vid den seismiska undersökningen att berggrunden stiger mot söder. En fortsättning på georadarprofilen upprättades söder om vägen längs stigen mot Björkvik (R 97 c2). Av diagrammet framgår att berggrundsytan sjunker med drygt 10 m mot söder. Samtidigt framträder radarekot från grundvattenytan, ca 4 m under markytan och sjunker långsamt mot söder. Vid den södra delen av radarprofilen R97c2 är mäktigheten på grundvattenmagasinet ca 15 m. Mycket tyder på att en lokal grundvattendelare, berggrunds- och moränbetingad, finns vid Strandviksvägens närhet.

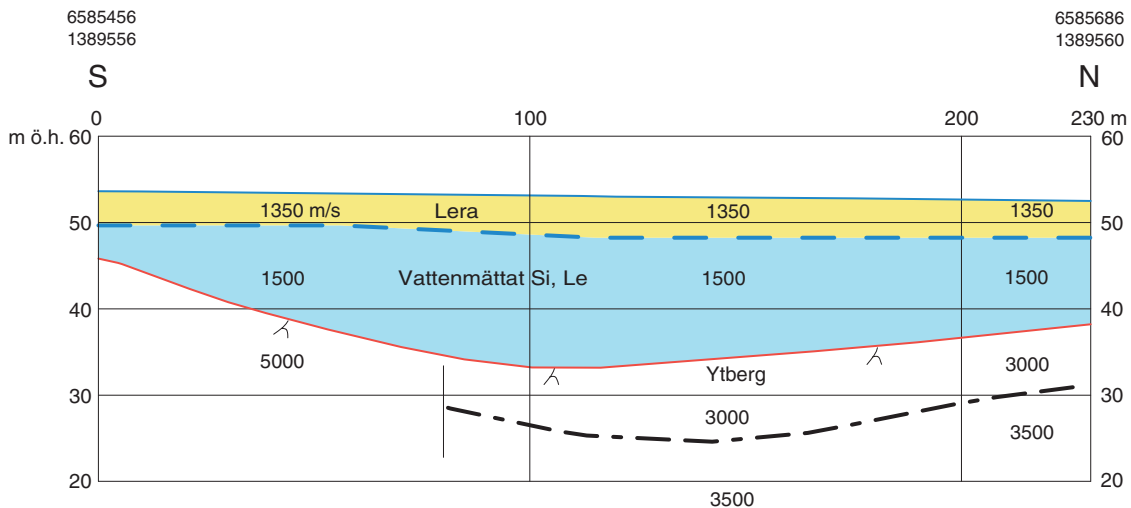


Fig. 3.4.a. Seismisk profil S2-97 vid N. Bottenvik. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markytan. Streckad svart linje: bedömd gräns mellan övre lösare och undre berg. Streckad blå linje: bedömd grundvattenyta.

En sondering utfördes vid Nytorp, ca 500 m NNV om Björkvik och gav följande resultat: 0–2,0 m grovmo/mellansand, 2,0–4,0 m silt, 4,0–9,2 m lera, 9,2–15,7 m grovmo/sand, 15,7–16,0 m morän, 16,0 m stopp mot berg eller block. Grundvattenivån var 1,45 m under markytan.

Ett 2^o observationsrör sattes vid Södra Mon intill gamla riksvägen. Läget valdes där eftersom åsens huvudgren förmodligen går här. Utbredning, mäktighet och vattenkapacitet var osäker. Borrningen gav följande resultat: 0–3 m lera, 3–7,6 m mellansand. Stopp mot förmodat berg. Grundvattenytan var vid borrhållet (september 1996) ca 1,5 m under markytan. Vattenkapaciteten bedömdes vid spolning till ca 2 l/sek.

Den nordliga åsgrenen från Väse upphör till synes i närheten av fotbollsplanen ca 500 m norr om E18. För att utröna om isälvsedimenten fortsätter mot norr under finsedimenten utfördes två seismiska mätningar. Den första profilen (S 96022, figur 3.4.c) drogs från Karsvalla gård österut till landsvägen. Diagrammet visar att bergytan sjunker ca 10 m från väst till öst. En sondering utfördes 350 m SO om profilens östra ände. Sondringen gav följande resultat: 0–0,8 m grovmo, 0,8–1,5 m lös mjåla, 1,5–4,8 m lös lera, 4,8–4,9 m mo, 4,9–5,2 m lös lera, 5,2–5,3 m mo, 5,3–8,3 m lös lera, 8,3–8,6 m morän. Stopp mot block eller berg. Grundvattenytan uppmättes till ca 2 m under markytan.

Den andra profilen förlades ca 600 m norr om den första strax söder om Bäcks gård (figur 3.4.d). Mätningarna visar att jordtäcket är endast ett par meter.

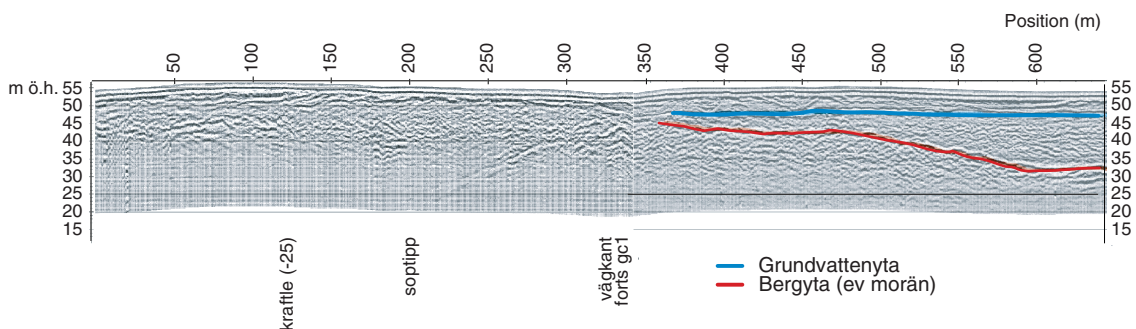


Fig. 3.4.b. Georadarprofiler R97c1 och R97c2 från N Bottenvik mot Björkvik i söder. Röd linje: bedömd berggrundsytan. Blå linje: bedömd grundvattenyta.

Sonderingen och resultat från de seismiska undersökningarna tyder på att isälvsediment av någon betydelse inte förekommer här.

Undersökningarna i Väseområdet visar att de bästa förutsättningarna för uttagbara mängder naturligt bildat grundvatten troligen finns i området mellan Björkvik och Lindås. Av större intresse är emellertid området mellan N. Bottenvik och Björkvik. Förutsättningar för konstgjord infiltration kan finnas i närheten av den gamla grustäkten. Noggranna undersökningar och sanering av de gamla deponierna i grustäkten bör dock först genomföras. En karta över grundvattentillgångarna vid Väse visas i figur 3.4.e.

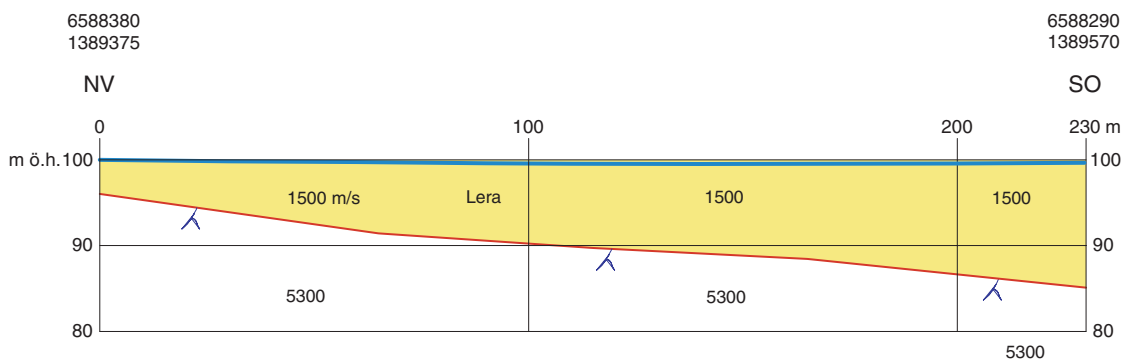


Fig. 3.4.c. Seismisk profil S 96022 från Karsvalla mot öst till vägen. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markytan. Undre blå linje: bedömd grundvattenyta.

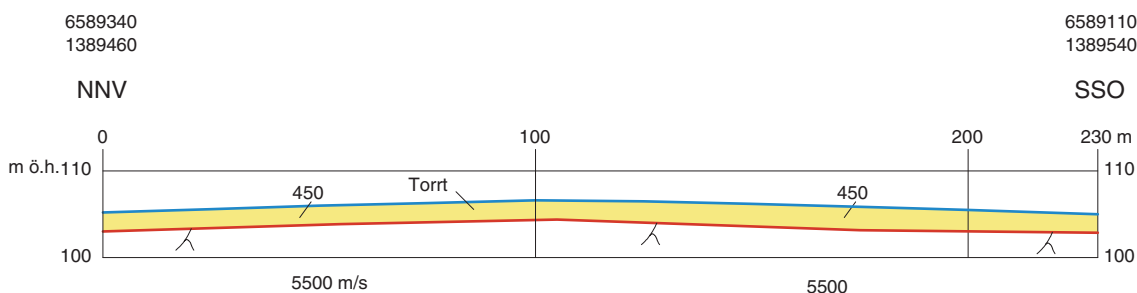


Fig. 3.4.d. Seismisk profil S 96025 ca 500 m söder om Bäck. Röd linje: berggrundsytan. Blå linje: markytan.

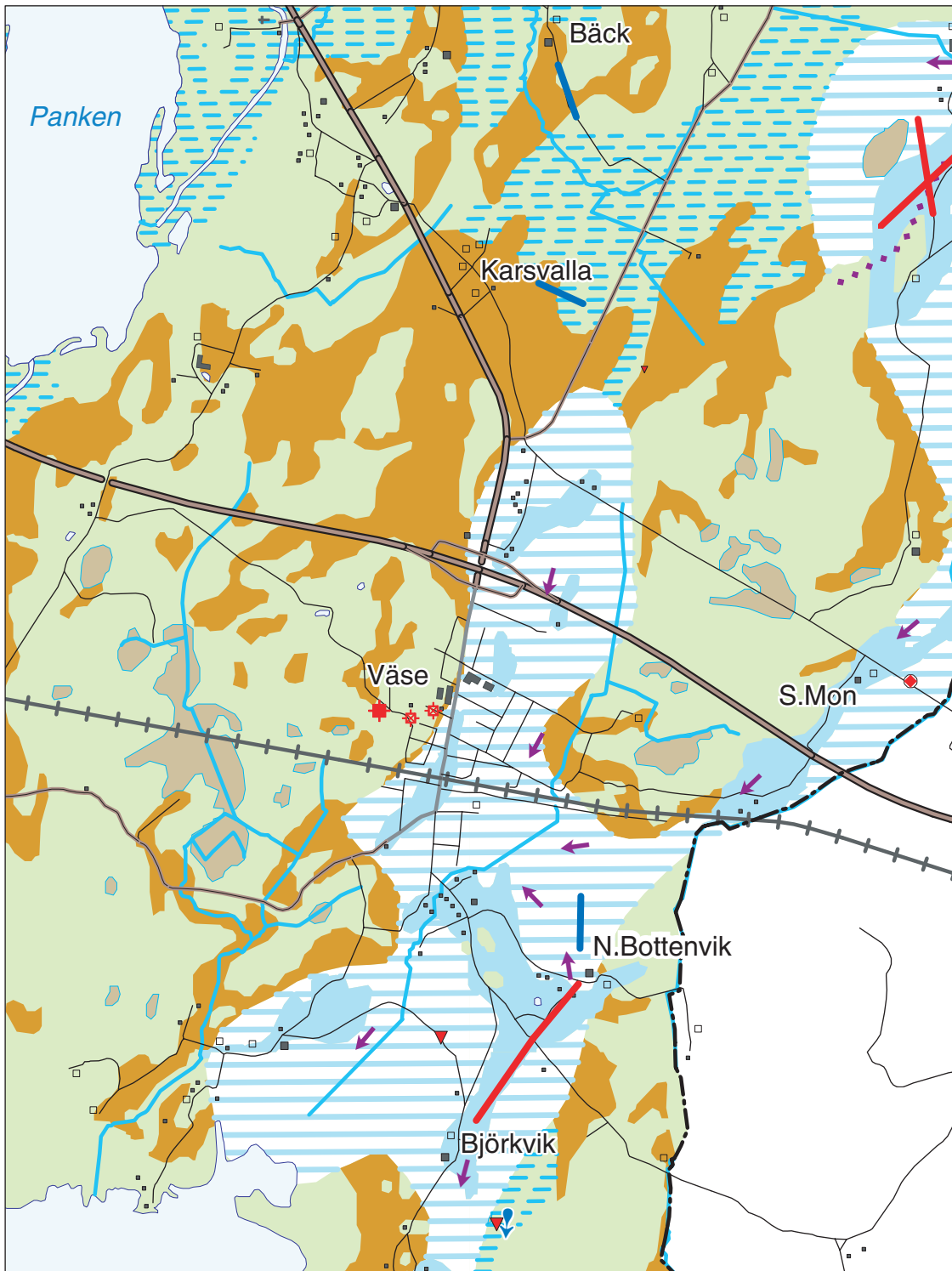


Fig. 3.4.e. Grundvattentillgångarna vid Väse.

3.5 Lövås

Vid Lövås utfördes två seismiska profiler (S3-97 och S4-97, figur 3.5.a). Den första lades söder om gården Södra Lövås och den andra norr därom. Syftet med mätningarna var att utröna mäktigheten och utbredningen på isälvsavlagringen vid gården och grundvattenytans gradient och om det eventuellt låg en grundvattendelare här. Mätningarna visar att berggrunden sjunker både mot söder och mot norr från Södra Lövås. Grundvattenytan sjunker från norr till söder (ca 600 m) med ca 2 m. Den seismiska hastigheten tyder på att jordarten är ganska finkornig, möjligen med silt inblandat. Det höga bergläget och den låga våghastigheten vid de seismiska undersökningarna tyder på att åsens huvudstråk troligen ligger längre österut under Riksmossen i nära anslutning till kommungränsen. Isälvsedimenten sticker upp som ett par små öar i mossen och ett par sticksonderingar mellan öarna och strax söder om dem bekräftar att det finns isälvsand ca 6 meter under torven.

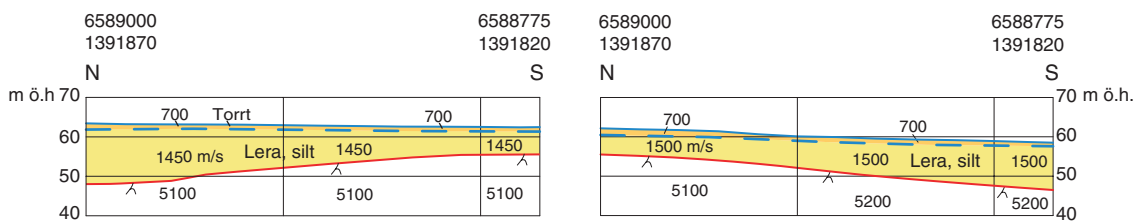


Fig. 3.5.a. Seismiska profilerna S4-97 norr och S3-97 söder Södra Lövås. Röd linje: berggrundsytta. Övre blå linje: markyta. Undre streckad linje: bedömd grundvattenyta.

En maskinsondering utfördes söder om åskullen som är belägen ca 500 m SSV om Södra Lövås. Sonderingen gav följande resultat: 0,0–1,0 m lös lera, 1,0–5,6 m mycket lös lera, 5,6–5,8 m moskikt, 5,8–7,6 m lös lera, 7,6–21,4 m homogen grovmo, 21,4–22,3 m stenig morän. Stopp mot berg eller block vid 22,3 m. Grundvattennivån gick ej att mäta på grund av att borrhålet ej stod öppet.

Undersökningarna vid Lövås visar att grundvattenströmmen sker mot sydväst ut mot Riksmossen där åsens centrala stråk antagligen har sitt läge, se figur 3.5.b. En grundvattendelare, troligen delvis berggrundsbedingad, bedöms ha ett läge från Norra Mon till Långmyren. Bästa förutsättningen för större uttagbara mängder grundvatten finns förmodligen i isälvsedimenten under Riksmossen.

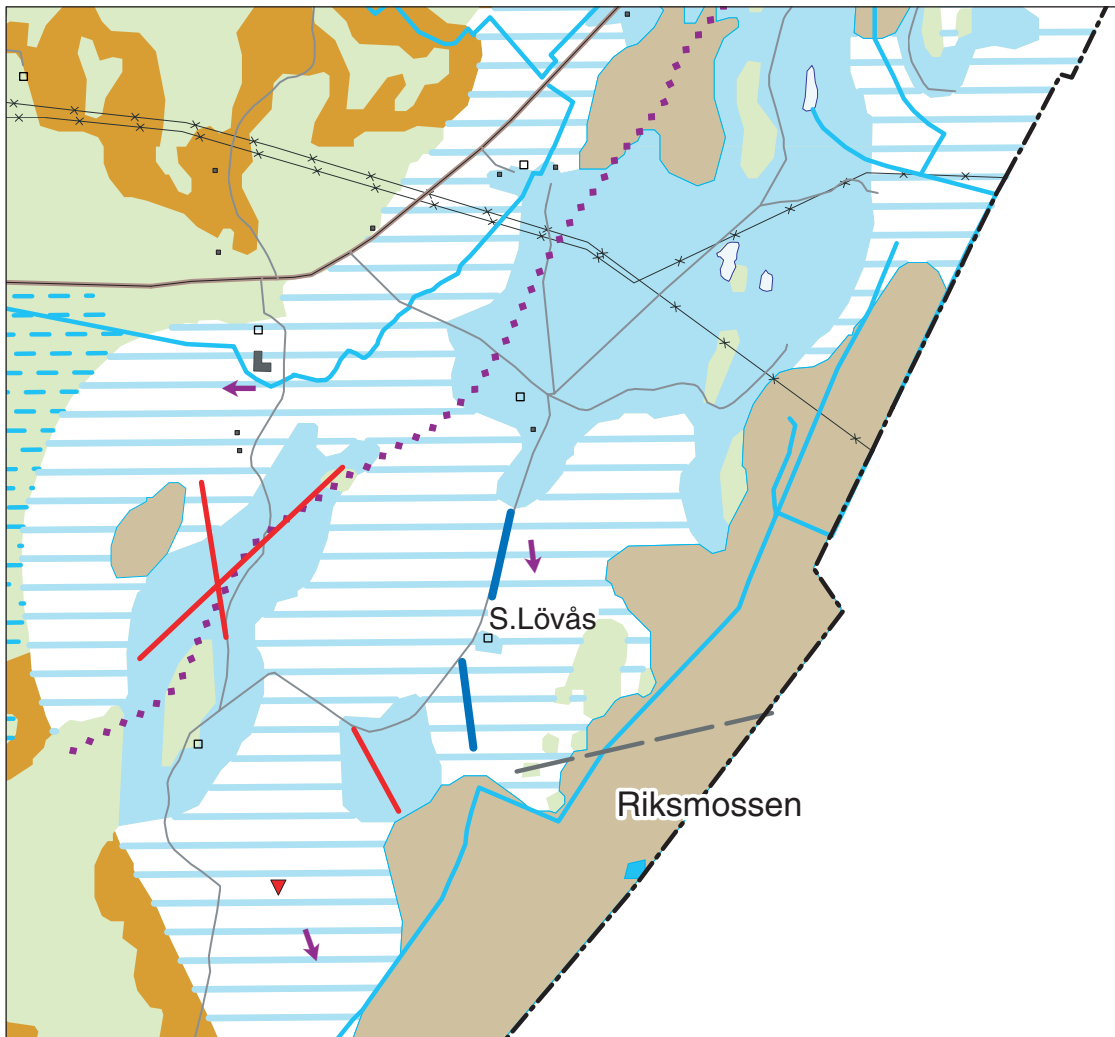


Fig. 3.5.b. Grundvattentillgångar i Lövåsområdet.

3.6 Ölmskog–Hedetången

Vid Ölmskog går Väseåsen in i Ölman dalgång och korsar Ölman vid Gummerud och vid slättområdet upp till Hedetången finns den förmodligen under finsedimenten. Åsens utbredning och mäktighet under finsedimenten är inte känd. Borrprotokollet för en jordborrad brunn vid Gummerud ger följande lagerföljd: 0–6 m mo, 6–19 m grå lera, 19–29 m brun lera, 29–30 m sand, 30–34 m grus. Enligt protokollet har inte berg, block eller morän påträffats. Vattenkapaciteten uppgavs till ca 2500 l/tim, men är troligen betydligt större. På Ölman botten, ca 400 m väster om fastigheten Älvvik, mynnar ett källflöde. Källans flöde är svårt att mäta, men uppskattades till några l/s. Källan förser bl.a. Ölmskogs hönseri med vatten.

En seismisk mätning (S 96026, figur 3.6.a) utfördes ca 500 m sydost om Ölmskogs gård. Syftet var att klargöra om åsens utbredning även kunde lokaliseras här. Jorddjupet vid den 460 m långa profilen var endast ca 10 m. Vågastigheten 1450 m/s indikerade att jordlagret i huvudsak bestod av lera. En borring vid profilens början i den västra delen bekräftade resultatet: 0–1,5 m mo och mjåla, 1,5–7,6 m lera. Vid 7,6 m påträffades morän. Grundvattenytan stod 2,77 m under markytan.

Mellan gårdarna Åsen och Skyttorpet utfördes en sondering för att klarlägga jordmäktigheten och eventuellt grundvattenförande lager. Under 19,6 m lera påträffades 1,8 m mo och mellansand. Vid 21,4 m djup påträffades en hårt packad morän.

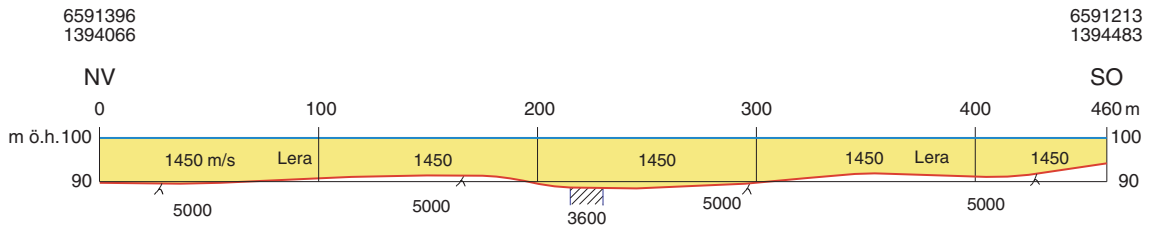


Fig. 3.6.a. Seismisk profil S 96026 från Ölmskogs gård mot sydost. Röd linje: berggrundsytan. Blå linje: markytan. Streckat område: krosszon i berggrunden.

Längs vägen mellan Buxerud och Hedetången utfördes en seismisk profil för att utröna åsens utbredning mot väster och fastställa jordmäktigheten. I den östra delen mot åsen ser man på diagrammet 96027 lerlagret som är ca 15 m mäktigt (se figur 3.6.c). Grundvattenytan återfinns ca 4,5 m under markytan och sjunker något mot väster. Under leran återfinns en 13–15,5 m mäktig grovkornig jordart med en våghastighet av ca 1800 m/s. Detta är sannolikt huvudsakligen grus. Åsens utsträckning mot väster är svår att uttolka från det seismiska diagrammet, men bedöms sträcka sig ca 500 m väster om vägen mot Sutterhöjden.

Slättområdet mellan Ölmskog och Hedetången domineras av glaciallera av relativt stor mäktighet, på vissa ställen mer än 30 m. Mycket tyder på att åsen och mo/sandlager finns under lerorna i de centrala delarna. Den exakta utbredningen av den underliggande åsen är ej känd. Möjligheter till uttag av vattenmängder upp till 5 l/s bör vara goda, se figur 3.6.b.

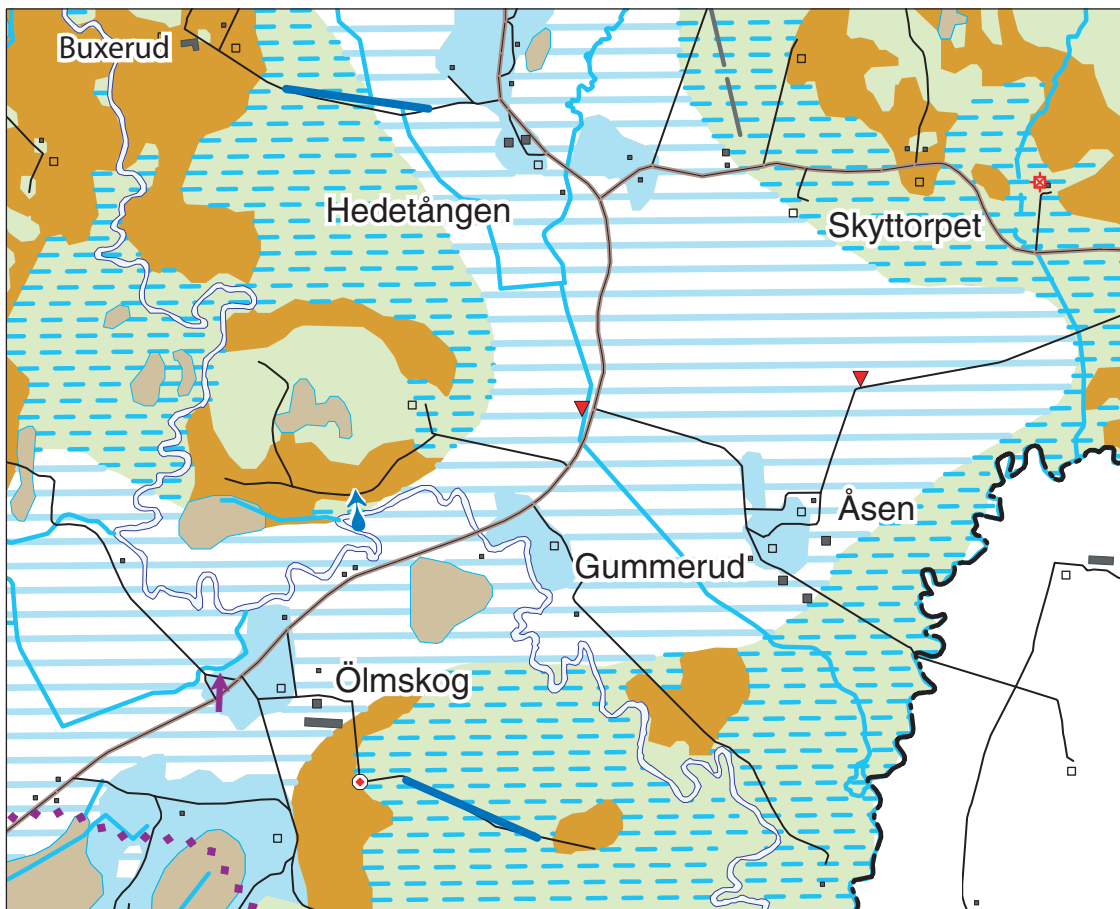


Fig. 3.6.b. Grundvattentillgångar i Ölmskog-Hedetångenområdet.

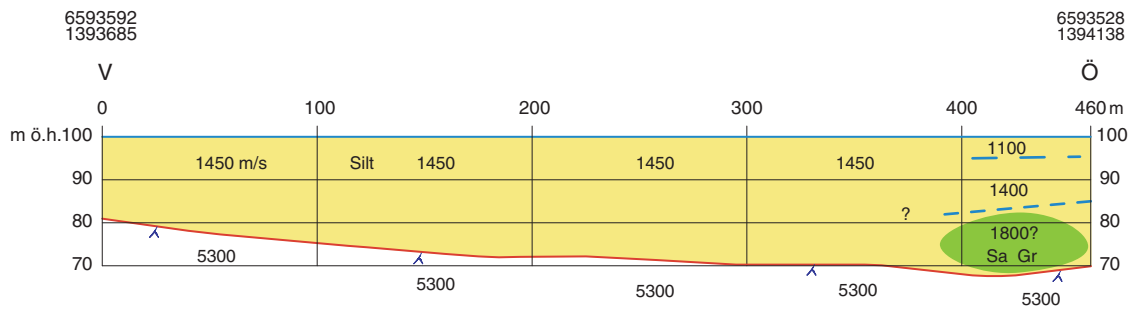


Fig. 3.6.c. Seismisk tvärprofil S 96027 i dalgången mellan Buxerud och Hedetången. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markytan. Övre streckad blå linje: grundvattenytan. Undre streckad blå linje: bedömd gräns för grövre åsmaterial.

3.7 Truvemossen

Vid Truvemossens västra kant är åsen synlig och finns förmodligen under den västra delen av mossen. En sticksondering på mossen ca 500 m sydväst om skjutbanan bekräftar detta. Under 4,9 m torv finns 0,7 m gytjtjeler och därunder mo och sand, sannolikt isälvsediment.

En ganska stor källa, Forsås järnkälla, flödar ca 300 m söder om Truvemossen, se figur 3.7.a. Flödet är uppmätt till ca 10 l/s. Källan bildar två bubblande kratrar mitt ute på en åker. Kraftig järnutfällning förekommer. En mindre källa flödar med drygt 1 l/s ca 500 m norr om mossen, 500 m nordost om Truve gård.

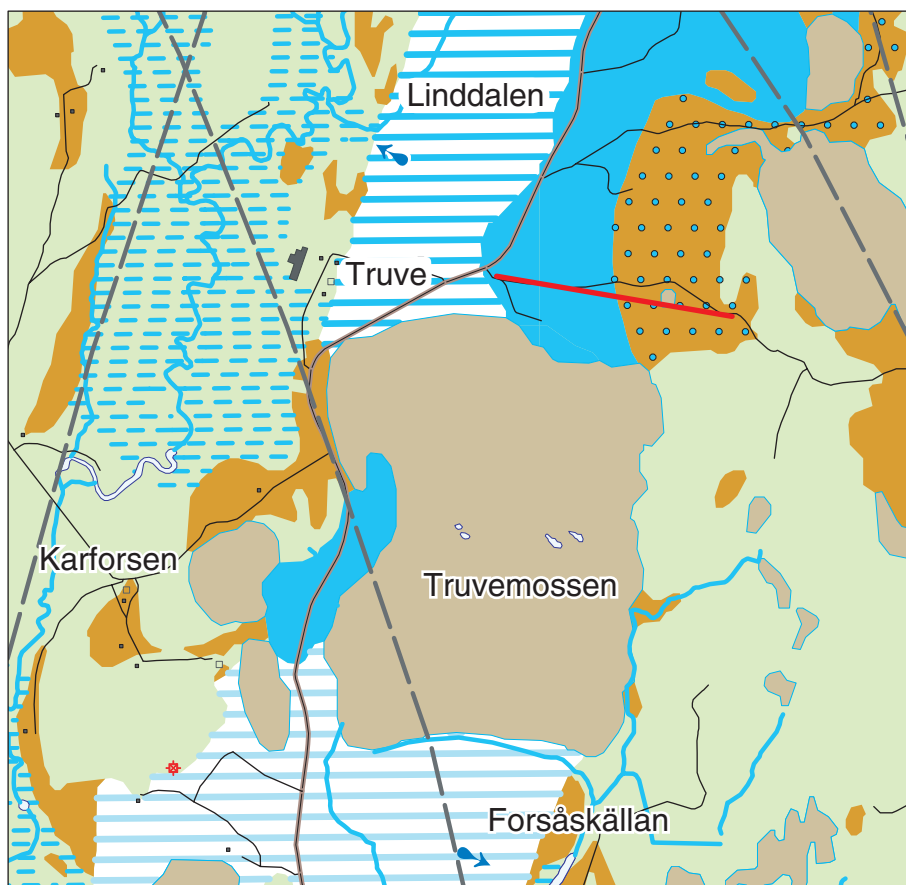


Fig.3.7.a. Grundvattentillgångar i området runt Truvemossen.

En georadarmätning utfördes norr om Truvemossen för att utvärdera åsens mäktighet. På radardiagrammets västra del (figur 3.7b) ses grundvattenytan tydligt ca 5 m under markytan. Grundvattenytan stiger något mot öster. Vid ungefär 220 m kan radarekott från berggrunden anas ca 22 m under markytan och stiger mot öster. Vid 420 m når berggrunden samma nivå som grundvattenytan och fortsätter stiga mot öster. Vid profilens östra kant är åsmaterialet endast några meter. Detta innebär att åsen i dess östra delar är torr men här utgör åsen ett viktigt infiltrationsområde. På grundvattenkartan har den fått en särskild markering med blå prickar.

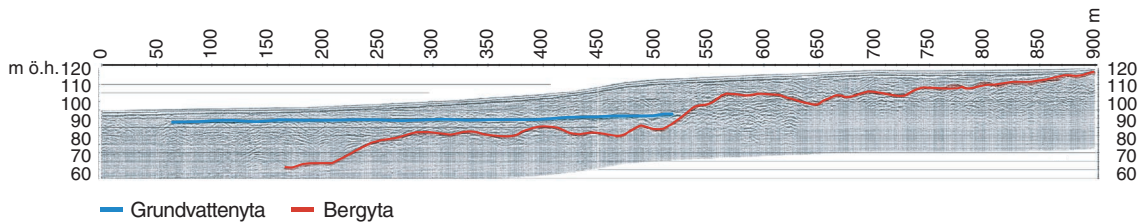


Fig. 3.7.b. Georadarprofil R 9619 från väst till öst längs vägen nära skjutbanan vid Truvemossens norra sida. Röd linje: bedömd berggrundsytan. Blå linje: bedömd grundvattenytan.

Goda förutsättningar till uttag av grundvatten från isälvsedimenten i detta område bör finnas i Forsåskällans närhet. Uttagsmängderna är minst 10 l/s. Goda uttagsmöjligheter finns även norr om Truvemossen vid lerområdet upp mot Linddalen mellan Ölman och den synliga åsen. Den östra högre liggande delen av åsen är på grund av höga berglägen till stora delar torr, men har stor betydelse som infiltrationsområde.

3.8 Nygårdskällan–Sutterhöjden

Hela området vid Ölman's övre lopp består i ytan av finsediment, huvudsakligen lera. Det 5 km långa lerområdet har på vissa ställen en bredd på mer än 3 km. Finsedimenten har skurits ner av Ölman's tillflöden i flera ravindalar. Materialet vid ravinernas slänter består till stora delar av finmo men med omväxlande lager av lera och grovmo. Enligt J. Lundqvist (SGU serie Ca nr 38, 1958) framhålls att isälvsediment sannolikt underlagrar stora delar av lerslätten mellan Gräsås i söder till Sutterhöjden i norr. Lundqvist stödjer sina antaganden på att källor eller källhorisonter rinner fram i ravinerna och utgör ett stort bidrag till Ölman's flöde i dess övre lopp.

Den i särklass största källan är Nygårdskällan i den södra delen av området, se figur 3.8.a. Källan rinner upp på botten eller i kanten av Ölman. Källan finns beskriven redan 1917 av statsgeologen E. Svenonius. Flödet i källan uppskattades då till ca 60 liter per sekund. Statsgeologen N.G. Hörner, som besökte källan flera gånger på 1920-talet, konstaterade att den ständigt ändrar utseende. Vid en mätning i september 1997 var källans flöde ca 45 l/s. En sticksondering visade att leran vid källkanten är ca 5 m mäktig. Under leran vidtager mo och sand. På ca 7 m djup påträffades grus och sten vilket gjorde fortsatt sondering omöjlig (jämför seismiska diagrammet 96024, figur 3.8.b).

Anledningen till att Nygårdskällan rinner fram just i detta område måste vara att det från i huvudsak norr kommande grundvattnet hindras att fortsätta mot söder. En blick på den geologiska kartan visar att den flera kilometer breda dalgången här trängs samman till en bredd av mindre än 1 km. Vissa indikationer tyder på att det även kan finnas en öst–västlig bergtröskel som utgör ett hinder för grundvattenströmmen. På någon svag punkt, kanske initierad av skred i ravinerna, har grundvattnet trängt upp genom leran och källan/källorna har uppstått. En ständig erosion och vid vissa tillfällen möjligen även sättningar i leran har, som tidigare nämnts, fått som följd att källan ständigt ändrar utseende.

För att utvärdera den eventuella förekomsten och utbredningen av isälvsedimenten eller andra vattenförande lager i finsedimentområdet mellan Nygårdskällan och Sutterhöjden utfördes ett antal borrhiningar, sonderingar och seismiska undersökningar i området.

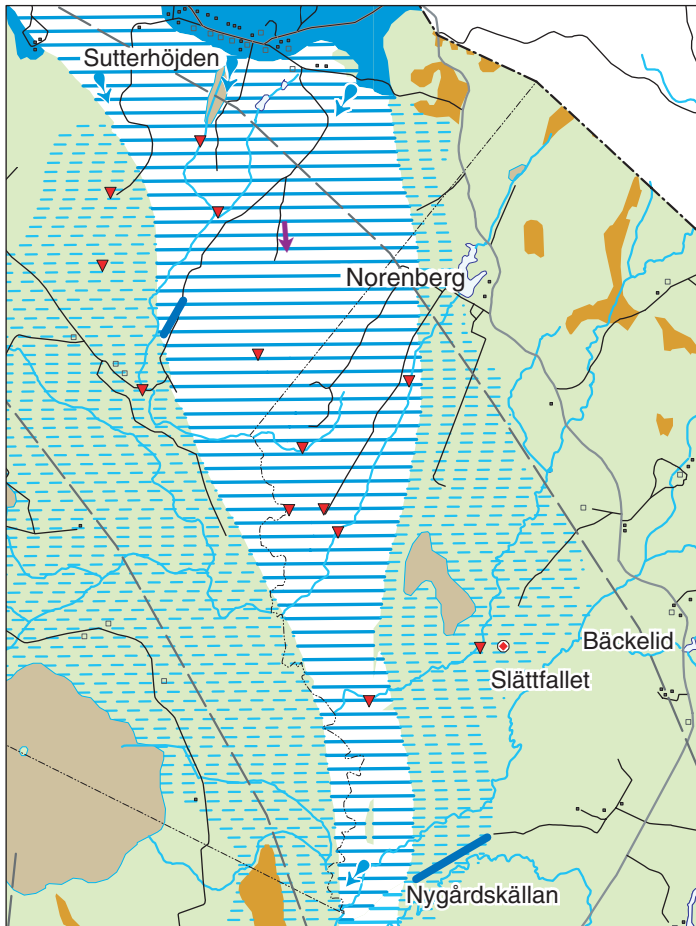


Fig.3.8.a. Grundvattentillgångarna i området mellan Nygårdskällan i söder och Sutterhöjden i norr.

En 500 m lång seismisk profil drogs i väst-östlig riktning ca 150 m öster om Nygårdskällan. Resultatet visade på relativt stora jorddjup, 21–32 m. Mätningarna tyder även på att de nedre 10–15 m närmast berget består av sand- och molager.

Ett 2"-observationsrör (9707) sattes nära Slättfallet ca 1,5 km NNO Nygårdskällan. Lagerföljden gav följande resultat: 0–2 m mjäla, 2–16 m lera, 16–38 m växlande lager lera, finmo och grovmo, 38–44 m lera, 44–45,4 m hård morän. Stopp vid 45,4 m mot berg eller block. Grundvattenytan ställde sig på 13,14 m under markytan. Vid borringen påträffades inte något grovkornigt grundvattenförande isälvsediment.

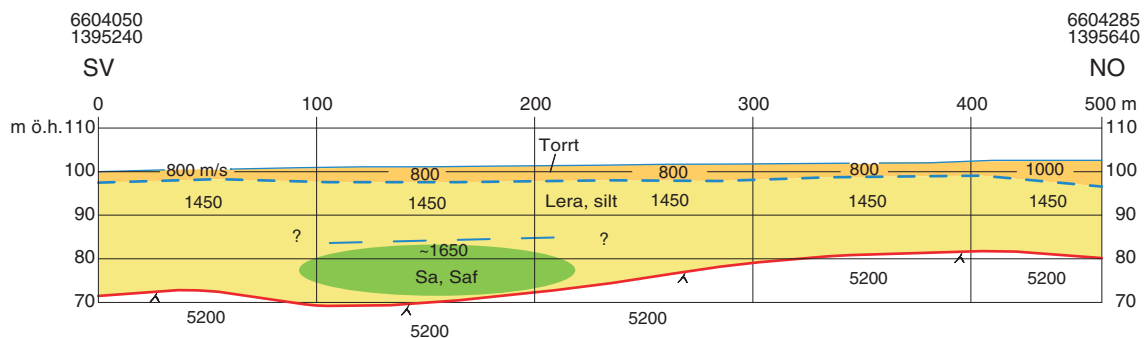


Fig. 3.8.b. Seismisk profil S 96024 ca 150 m öster om Nygårdskällan. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markytan. Övre streckad blå linje: grundvattenytan. Undre streckad blå linje: gräns för grövre material, sannolikt isälvsmaterial.

Ett tiotal enkla sonderingar med en förlängningsbar sticksond (maxdjup 10 m) utfördes på olika platser i botten på några av övre Ölmans bäckraviner. De översta lagerföljderna liknade de i rör 9707 redovisade: de översta metrarna bestod av mjäliga eller finmoiga leror, mot djupet varvades dessa lager med grovmo och sand. Vid en sondering vid Ölmans botten ca 200 m sydost om Ängbäck blev det sondstopp mot förmodad morän på endast 1,25 m djup.

En maskinsondering utfördes ca 1,5 km sydväst om Norenberg. Sonderingen gav följande resultat: 0,0–4,0 m grovmo och finmo, 4,0–21,9 m mycket lös lera, 21,9–22,1 m moskikt, 22,1–23,7 m lera med moskikt, 23,7–25,5 m lera, 25,5–27,3 m homogen finmo, 27,3–29,5 m homogen grovmo och 29,5–32,0 m lera. Borrningen avbröts vid 32 m.

Ytterligare en maskinsondering företogs ca 1 km SSV Sutterhöjden i nära anslutning till den seismiska profilen 96028 (figur 3.8.c). Sonderingen gav följande resultat: 0–2,0 m finmo/mjäla, 2,0–10,0 m lös lera, 10,0–16,0 m grovmo, 16,0–24,1 m lös lera, 24,1–24,4 m varvig lera, 24,4–24,9 m finmo/grovmo, 24,9–27,4 m lös lera, 27,4–30,5 m finmo/grovmo. Sonderingen avbruten vid 30,5 m. Avståndet till berg är förmodligen endast några meter (jämför seismiska diagrammet).

Grövre glaciala sediment har således ej påträffats vid någon borrning eller sondering. Dessa förekommer förmodligen under finsedimenten i området från Sutterhöjden ned till trakten av Nygårdskällan. På kartan (figur 3.8.a) har dess förmodade förekomst markerats med blårandig beteckning. Med vetskap om vattenföringen i Nygårdskällan och övriga mindre källor i ravinernas bottnar och slänter bör de uttagbara vattenmängderna vara minst 40 l/s under förutsättning att de grövre vattenförande lagren kan lokaliseras.

Värt att nämna i samband med detta område är den så kallade hälsokällan vid Sutterhöjden. Källan rinner fram ca 500 m SV om Sutterhöjdens by. Den är omnämnd i några skrifter och artiklar på 1930-talet och i en uppsats från Vuxenskolans cirkelgrupp "Hembygdsforskning" 1991. Av dessa skrifter framgår att det omkring 1913–1936 här bedrevs en badanstalt. Vattnet som är rikt järnhaltigt uppgavs även vara radioaktivt, vilket ansågs mycket hälsobringande. Flödet i källan hösten 1997 var ej mätbart, men uppskattades till ca 0,5 l/s. Vid källan förekommer rikligt med roströda järnutfällningar.

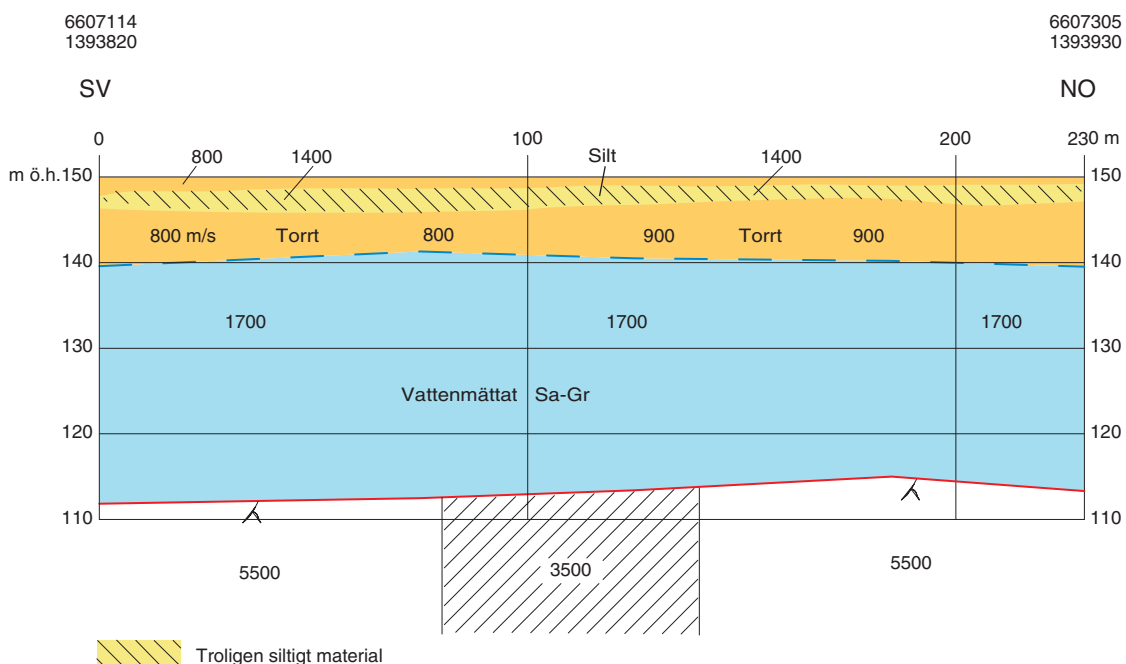


Fig. 3.8.c. Seismisk profil S 96028 ca 1 km S Sutterhöjden. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markytan. Streckad blå linje: grundvattenytan. Streckat område: krosszon i berggrunden

3.9 Brattforsheden

En tektoniskt betingad sprickdal från Edebäck vid Klarälven, går längs sjön Alstern, fortsätter mot SSO och bildar Ölmans dalgång och går vidare mot Kristinehamnstrakten. I denna sprickdal anses, med stor säkerhet, Klarälvens preglaciala fåra finnas. Brattforsheden, som fyller ut en del av denna dalgång, är den nationellt mest intressanta kvartärgeologiska avlagringen inom Karlstads kommun, se figur 3.9.g. Den har beskrivits utförligt för första gången i N.G. Hörners avhandling ”Brattforsheden, ett värmländskt randdeltakomplex och dess dyner” (1927).

Den södra delen av Brattforsheden, som är en ca 12 km² stor sandhed, är från grundvattensynpunkt den mest intressanta inom Karlstads kommun. Dess inre byggnad är till stor del okänd, men man har antagit att den är uppbyggd av, i huvudsak, grövre glacifluviala sediment med stor mäktighet. Grundvattenmagasinet här har ansetts som ett av landets mest betydande. Någon ytavrinning existerar inte på Brattforsheden. Den nederbörd som ej avdunstar eller upptages av vegetationen infiltrerar och bildar grundvatten. Den av nederbörden direkt bildade mängden grundvatten på denna del av Brattforsheden är i grova drag 100 l/s.

I den västra delen av Brattforsheden har SGU sedan början av 1970-talet ett tiotal observationsrör som ingår i det nationella observationsnätet för grundvatten. Dessa rör är placerade från Mängenbaden i norr till källorna i Tjuvdalen drygt 1 km mot söder. Nivåerna i observationsrören visar tydligt grundvattenytans successiva sänkning från Mängens yta ca 166 m ö.h. till ca 149 m vid källorna i Tjuvdalen. Källorna uppges ge 20–25 l/s (L. Nordberg & G. Persson 1974). Det sker således en infiltration till Brattforsheden från sjön Mängens södra strand. Man har även antagit att liknande infiltrationsförhållande råder i den östra delen vid Alsterns södra strand, men någon undersökning av detta förhållande har ej gjorts tidigare.

Några av de sydligast belägna observationsrören visar en grundvattennivå som är nästan 5 m högre än övriga. Detta har sin orsak av förekommande lerlager som här ger upphov till ett lokalt övre grundvattenmagasin.

Två seismiska mätningar utfördes på Brattforsheden. Den första (96023, figur 3.9.a) drogs i väst-östlig riktning på vägen strax norr om flygfältet. Jorddjupet som uppmättes här varierar från knappt 20 m till drygt 40 m. Det minsta jorddjupet återfinns i mitten på profilen. Denna ”puckel” är förmodligen en fortsättning från den mot norr belägna Hällebergshöjden. På diagrammet syns tydligt den mot väster svagt sjunkande grundvattenytan. Från den östra delen av profilen till den västra sjunker grundvattenytan ca 2 m. Den seismiska våghastigheten, 1650 m/s, tyder på grovmo och sand.

Den andra seismiska profilen (S5-97, figur 3.9b) förlades ca 1 km öster om flygfältet med en sträckning i stort sett från norr mot söder. Profilen placerades i vad N.G. Hörner benämnde Skeppunds-dalen. Denna, i grova drag, syd-nord löpande ca 10 m djupa och 300–400 m breda sänka går från Alsterns sydände över Brattforsheden mot Suttertjärn. De uppmätta jordmäktigheterna visade sig vara omkring 100 m, som mest ca 110 m. Berggrundsytan lutar från söder mot sjön Alstern i norr. Även grundvattenytan visade sig sjunka mot norr, till skillnad mot förhållandet på Brattforsheden söder om

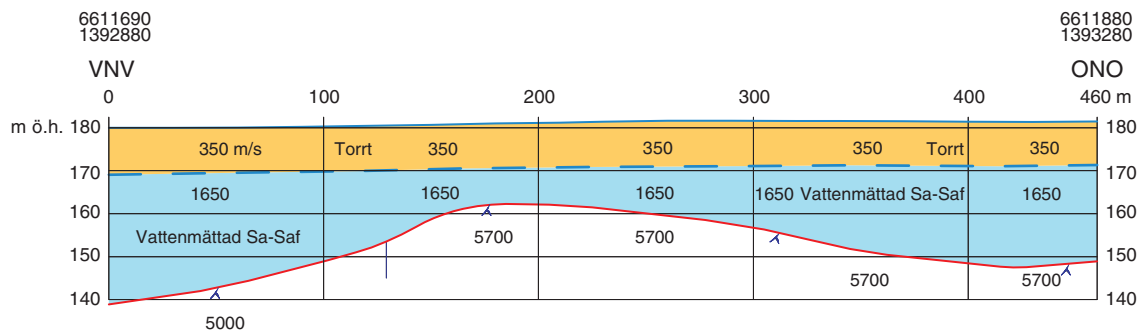


Fig. 3.9.a. Seismisk profil 96023 norr om flygfältet på Brattforsheden. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markyta. Streckad blå linje: grundvattenyta.

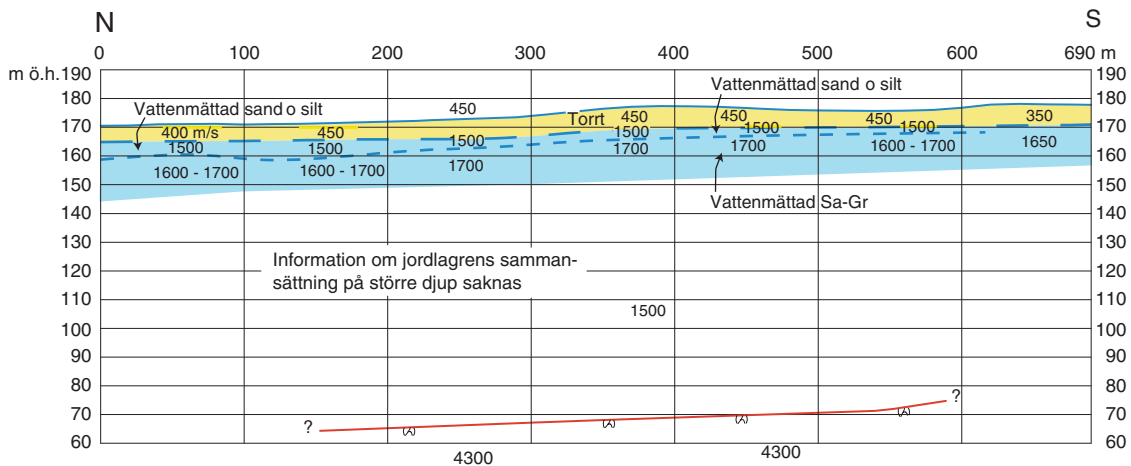


Fig. 3.9.b. Seismisk profil (S5-97) från N till S ca 1 km öster flygfältet. Röd linje: berggrundsytan. Övre blå linje: markytan. Övre streckad blå linje: grundvattenytan. Undre streckad blå linje: gräns mellan finare och grövre material.

Mangen. Den seismiska hastigheten 1600–1700 m/s tyder på mo, sand och grus. Den fullständiga lagerföljden kan bara erhållas med en djupborring, vilket vore önskvärt, men rymdes inte i denna undersökning.

I området norr och öster om flygfältet genomfördes ett antal mätningar med georadar. Mätningarna gav mycket fina resultat då det gällde att uttolka grundvattenytans läge.

Berggrunden kan vanligen uttolkas då jorddjupet är mindre än 15–20 m. Profilen 96:1 (figur 3.9.c) förlades längs den väst–öst-gående vägen omedelbart norr om flygfältet. I likhet med den seismiska mätningen (96023) framträder grundvattenytan tydligt och visar att den är ganska flack men faller mot väst. I mitten på mätprofilen syns, i likhet med motsvarande seismiska profil, berggrunden som sticker upp som en ”puckel”. Jorddjupet är här endast ca 7 m.

Profil 96:2 (figur 3.9.d) drogs från 400 m norr om flygfältets västra ände mot norr till södra kanten av Hällebergshöjden. Den i det närmaste horisontellt liggande grundvattenytan kan tydligt urskiljas ca 10 m under markytan. Vid ca 580 m stiger berggrunden relativt brant. Vid ca 675 m går berggrunden högre än grundvattenytan. Vid slutet av profilen är berggrunden endast några meter under markytan.

Öster om flygfältet utfördes 5 georadarprofiler. Profil 96017 (figur 3.9.e) förlades på skogsvägen längs kommungränsen från gamla landsvägen Karlstad–Filipstad mot söder. Profilen förlängdes senare med profil R97j. Totala längden på profilerna är 1600 m. I denna långa profil framträder grundvattenytan tydligt 6–7 m under markytan. Grundvattenytan sjunker mot norr i den norra delen och är relativt horisontell i profilens mellersta del. I den allra sydligaste delen sjunker nivån svagt mot söder. En rörlig grundvattendelare finns således någonstans längs denna del.

En tvärprofil, R97l (figur 3.9.f), förlades i detta område över vad N.G. Hörner kallade Skeppunds-dalen. Denna, i grova drag nord–sydliga, 300–400 m breda och ca 10 m djupa sänka går från Alsterns

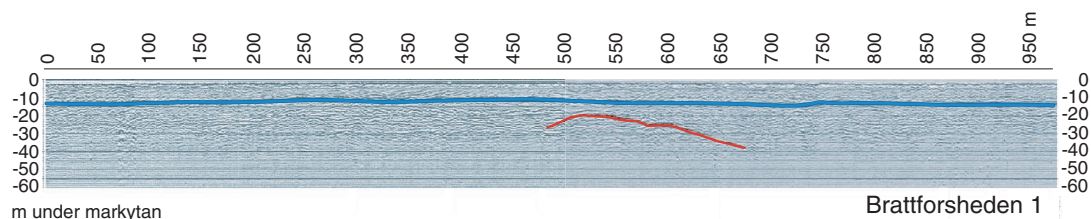


Fig. 3.9.c. Georadarprofil 96:1 längs vägen norr flygfältet. Profilen överlappar den seismiska profilen 96023. Röd linje: tolkad berggrundsytan. Blå linje: tolkad grundvattenytan.

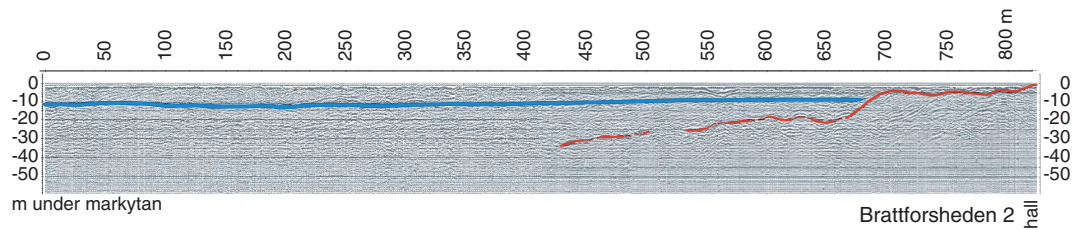


Fig. 3.9.d. Georadarprofil (96:2) från ca 400 m norr om flygfältet mot Hällebergshöjdens södra ände. Blå linje: tolkad grundvattenyta. Röd linje: tolkad berggrundsytta.

sydända över Brattforsheden mot Suttertjärn. Georadarmätningen visar att grundvattenytan här är 2–3 m lägre än omgivningen. Detta indikerar att grövre och mer genomsläppligt material förekommer här, eventuellt med inslag av tätare material på sidorna.

Då endast tre brunnar fanns i detta område kompletterades de med fyra observationsrör för att få en tydligare uppfattning om hur grundvattenströmmarna går, och kunna bestämma var eventuella grundvattendelare finns och, inte minst viktigt, för att korrelera de geofysiska mätresultaten.

Rör 9703 sattes norr om väg 63, ca 150 m väster om Klingertjärnen helt intill kommungränsen. Borrningen gav följande resultat: 0,0–5,0 m grovmo och mellansand, 5,0–6,0 m stenigt grusigt lager, 6,0–28,6 m homogen grovmo och mellansand. Där borrningen avslutades befann sig rörspetsen 3,3 m under Alsterns yta och ca 10,0 m under Klingertjärnens yta. Det nedsänkta klucklodet blev endast fuktigt. Efter tre månader uppmättes grundvattennivån här till 1,16 m (+159,03 m ö.h.) över Alsterns yta, men 5,57 m under Klingertjärnens yta. Jordarten på djupet här är sålunda relativt tät och Klingertjärnen utgör en sekundär grundvattenyta som ligger på finsediment. N.G. Hörner påvisade i sina undersökningar (1927) att: ”i deltats centrala delar uppträder stundom något enstaka, lokalt ler- eller mjälaskikt på djupet”.

Rör 9704 placerades i skärningspunkten av den seismiska profilen S5-97 och radarprofilen R971. Borrningen gav följande resultat: 0–5 m grovmo, 5–12 m mellansand, 12–15 m mellansand och grovmo, 15–16 m grovmo. Grundvattenytan uppmättes till 5,09 m under markytan (+166,29 m ö.h.).

Rör 9705 placerades ungefär en km söder om rör 9704. Röret borrades till 15 m djup genom homogen grovmo och mellansand. Grundvattenytan lodades till 11,08 m under markytan (+158,09 m ö.h.).

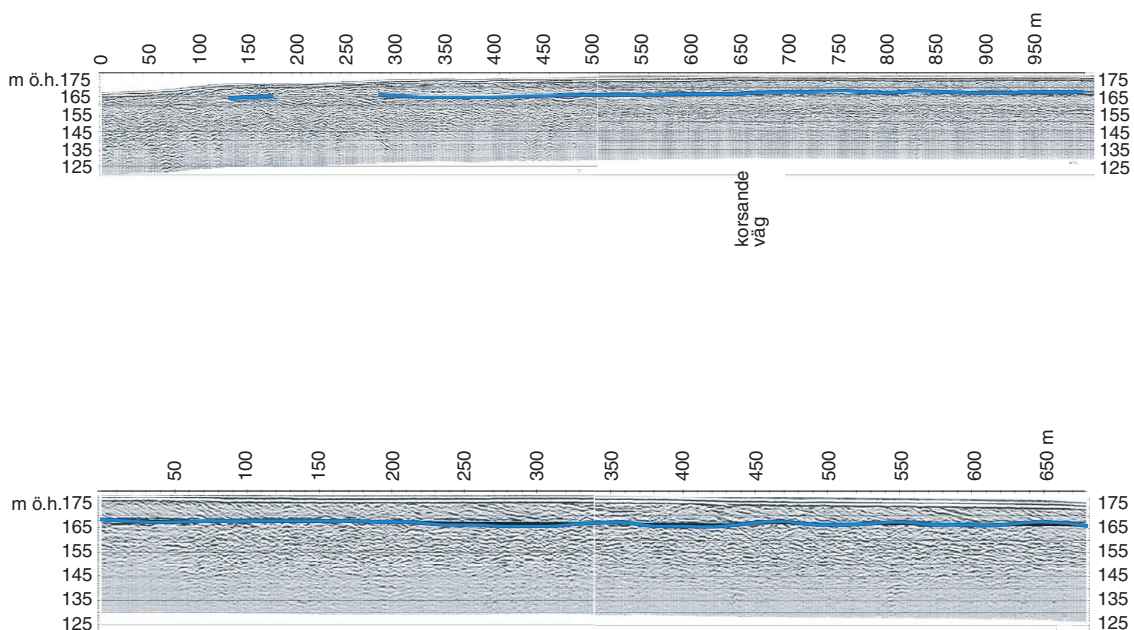


Fig. 3.9.e. Georadarprofiler 96017 (överst) och R97j (underst). Blå linje: tolkad grundvattenyta.

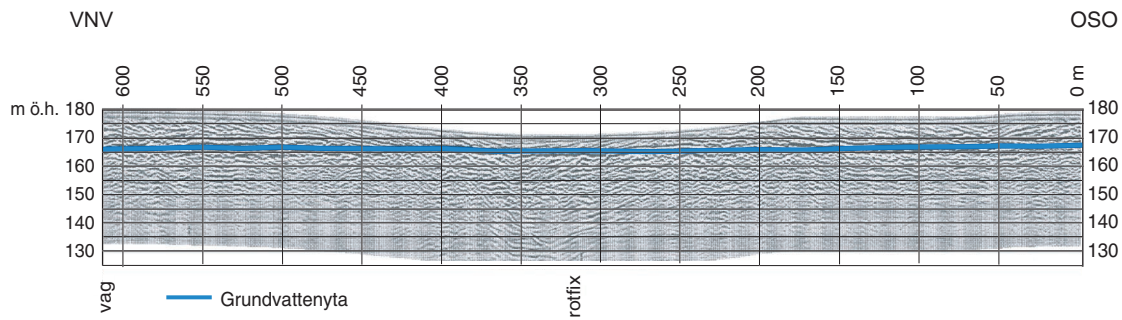


Fig. 3.9.f. Radarprofil R971 från SO till NV ca 1 km öster om flygfältet. Blå linje: tolkad grundvattenyta.

Rör 9706 sattes 650 m norr om flygfältet. Röret borrades till 19 m djup genom homogen grovmo och sand. Grundvattenytan ligger här 15,08 m under markytan (+166,69 m ö.h.).

Vid järnvägsövergången för vägen mellan Fageråsen och Brattforsheden företogs en sondering. Syftet var att undersöka jordmättigheten och om sedimenten finns under lerorna. Sonderingen gav följande resultat: 0,0–2,0 m mjåla och finmo, 2,0–10,0 m lös lera, 10,0–16,5 m mycket lös lera,

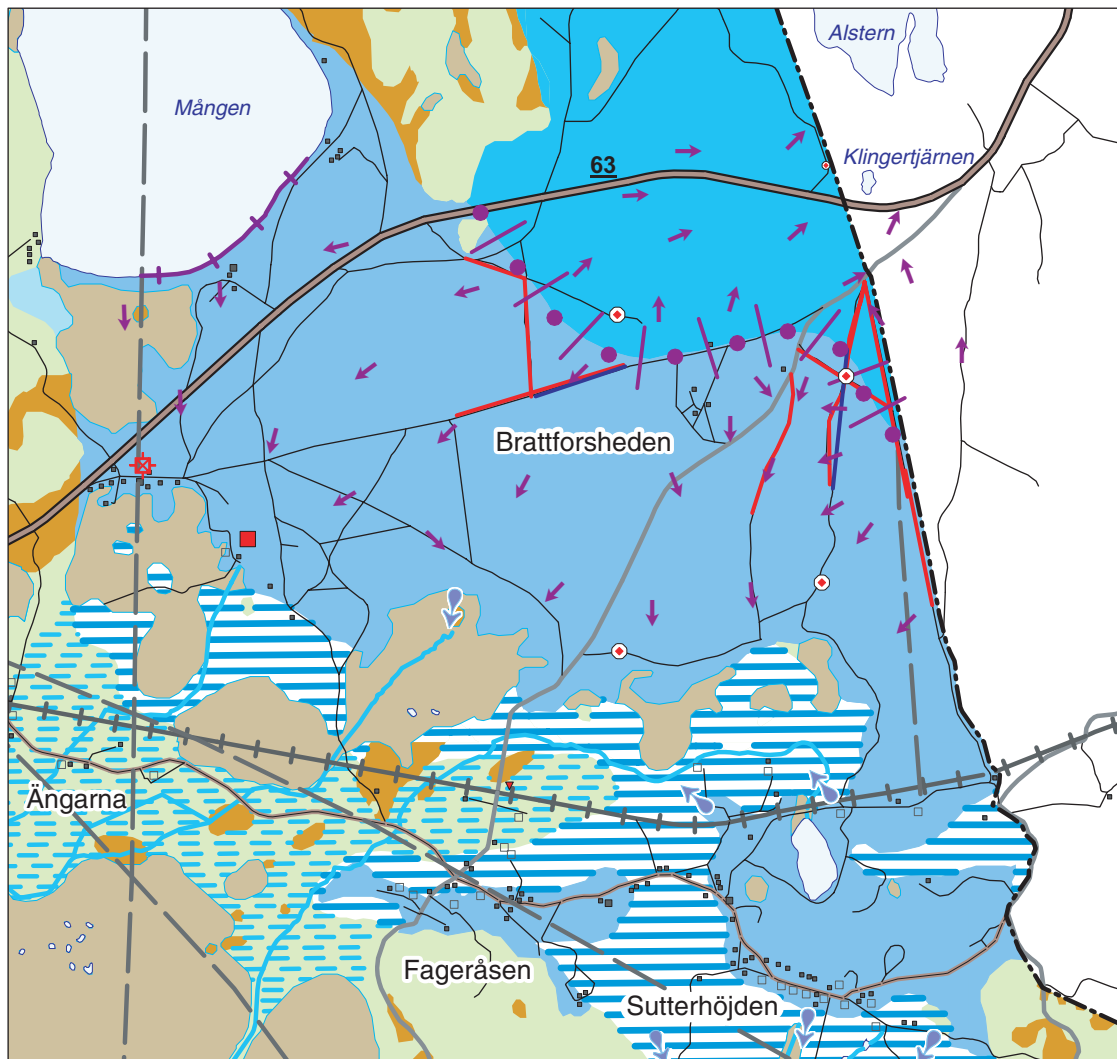


Fig. 3.9.g. Grundvattnets strömning på Brattforsheden. Sammanställningen i den centrala och östra delen baseras huvudsakligen på geofysiska mätningar och är inte helt säker men ger en generell bild. Grundvattendelaren är med stor säkerhet rörlig och dess exakta läge kan ej bestämmas.

16,5–17,5 m hård packad bottenmorän. Sonderingen avbruten vid 17,5 m. Grundvattenytan uppmättes till ca 3,6 m under markytan. Undersökningen visar att det sannolikt inte finns någon direkt förbindelse mellan Brattforsheden och isälvsavlagringen vid Fageråsen under de däremellan liggande finsedimenten.

Sammanställning av resultaten från genomförda geofysiska mätningar, borrhningar och avvägning av grundvattenytan i brunnar och observationsrör visar att Brattforshedens uppbyggnad och grundvattenförhållande, speciellt i den östra delen, är mer komplicerad än man tidigare förmodat. Vid den västra delen är det redan tidigare klarlagt att ytvatten infiltrerar från sjön Mangens södra strand. Grundvattnet strömmar mot söder och ger upphov till källorna i Tjuvdalen. Lerlager förekommer troligen längs hela Brattforshedens södra kant och ger här upphov till mindre sekundära grundvattenmagasin vilkas storlek ej är känd. Förutsättning för uttag av grundvatten i detta område bedöms som mycket goda tack vare inducerad infiltration från Mangan.

En rörlig grundvattendelare har sitt läge från Hällebergshöjden i nordväst till Gräshöjden i sydost. Grundvattnet strömmar härifrån i stort sett mot sydväst eller nordost.

Mellan flygfältet och kommungränsen i öster visar undersökningarna att grundvattenytan har en sadelformad "svacka". Svackan har i stort sett samma sträckning som Skeppundsaldalen, som löper från Alsterns södra ände mot söder. Detta tyder, som tidigare nämnts, på att berggrunden i Skeppundsaldalen och ovanliggande sediment, möjligen på stort djup, är mer dränerande än omgivningen och/eller att omgivningen består av tätare material. I berggrunden under Skeppundsaldalen går säkert den tidigare omnämnda sprickzonen som sjön Alstern är belägen i. Möjligtvis kan en djupare grundvattenström i sedimenten och i berggrundens sprickzon gå i motsatt riktning som det ytliga grundvattenflödet, dvs. från sjön Alstern mot söder. Goda förutsättningar för uttag av stora mängder grundvatten skulle i så fall föreligga.

Av stort intresse vore att se hur materialet ser ut på större djup i Skeppundsaldalen. Jorddjupet är enligt de seismiska mätningarna mer än 100 m. En djupborrning skulle ge svar på många frågor, men resurser för detta fanns inte vid denna kartläggning.

4. GRUNDVATTNETS KEMI

Vid upprättandet av kartorna ”Grundvattentillgångar i Karlstads kommun” och ”Underlagskarta för grundvattenskydd i Karlstads kommun” har inga resurser ägnats att klargöra och redovisa den befintliga kvaliteten på grundvattnet. I samband med fältarbetet insamlades dock vattenprov vid etablerandet av rör 97002 på Arnön och rör 97007 vid Slättfallet samt vid källinventeringen av källorna vid Sutterhöjden och Linddalen. Analysresultaten redovisas i [tabell 8.2](#). Nedan presenteras en kort information om grundvattnets kemi i allmänhet.

Grundvattnets kemiska sammansättning är ett resultat av de kemiska egenskaperna hos nederbörden och de processer som vattnet utsätts för på sin väg genom marken ner till grundvattnet. Jonkoncentrationen ökar genom avdunstningen i de övre marklagren. Förändringar i jonsammansättningen sker genom att joner i det nedsippande vattnet byts ut mot joner som är bundna till markpartiklar, jonbyte, och genom sönderdelning av mineral, vittring. Jonbytesprocessen är speciellt intensiv när vattnet är i kontakt med organiskt material och lerpartiklar som har stor kontaktyta. Intensiteten av vittringen är beroende av mineralens vittringsbenägenhet och kontaktytan mellan vatten och mineral. I grova jordar som grus, sand och grovkorniga moräner är vittringsintensiteten låg, medan den är hög i finkorniga jordar, som t.ex. lera och lerig morän. Vittringen ”drivs” under naturliga förutsättningar av humussyror och kolsyra som bildas genom nedbrytning av växtrester. Genom förbränningen av fossila bränslen har nederbörden tillförts svavelsyra, som bidrar till ökad sulfathalt och tillskott av vätejoner vilket bidrar till ökad vittring.

Kalcit är det mest lättvittrade mineralet, och kalkhaltiga jord- och bergarter har mycket stor betydelse för grundvattnets kemiska sammansättning. Lättvittrade mineral, som i allmänhet innehåller stor andel kalcium och magnesium, i kombination med finkorniga jordarter och lång uppehållstid, ger grundvattnet hög totalhårdhet, liksom hög elektrisk konduktivitet som är ett mått på den totala halten lösta salter.

Vid normal kolsyrevittring bildas lika mycket kalcium och magnesium (totalhårdhet) som vätekarbonat, medan det vid vittring med en stark syra som t.ex. svavelsyra bildas förhållandevis mer kalcium och magnesium än vätekarbonat. Alkaliniteten, som är ett mått på grundvattnets förmåga att motstå försurning, utgörs inom de normala pH-intervallen av vätekarbonat.

Grundvattnets surhet, vätejonkoncentrationen, anges som pH. Låga pH-värden kan bero på effekter av den sura nederbörden, men kan också ha naturliga orsaker. Ett ytligt grundvatten som är naturligt surt p.g.a. hög halt humussyror och/eller högt koldioxidtryck, kanske aldrig hinner neutraliseras under sin uppehållstid i det grundvattenförande lagret. Vätejoner förbrukas vid vittringen, varvid pH ökar.

Sulfatjoner som tillförs grundvatten från nederbörden har både mänskligt och marint ursprung. Riktigt höga halter i grundvatten har dock i allmänhet geologiskt ursprung och bildas genom oxidation av sulfider. I Mälarenregionen ger dränering av gyttejeler höga sulfathalter i grundvattnet.

Fluoridhalten i grundvatten är beroende av berggrundens geokemiska sammansättning. Bergborrade brunnar belägna i områden med pegmatiter och vissa yngre graniter har ofta relativt höga fluoridhalter i vattnet. Jordbrunnar har generellt sett låga halter.

Grundvattnets kloridhalt beror på det geografiska läget. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i Sydvästsverige än på andra håll i landet p.g.a. det marina inflytandet. I delar av Sverige som tidigare har varit täckta av hav kan saltvatten finnas kvar och ge höga kloridhalter. Även andra orsaker till förhöjda kloridhalter i grundvattnet förekommer. Se vidare [kapitel 5](#) som berör frågan om salt grundvatten närmare.

Höga nitrathalter beror praktiskt taget enbart på mänsklig påverkan. Problem med höga halter i grundvatten förekommer i jordbruksområden med genomsläppliga jordar, särskilt i jordgrundvatten.

5. SALT GRUNDVATTEN OCH MOTÅTGÄRDER

5.1 Förekomsten av salt grundvatten

Risken att få salt grundvatten på grund av direkt inträngning av havsvatten vid anläggande av bergborrade brunnar är av naturliga skäl större ju närmare en havsstrand man borrar. Redan på ett avstånd av en halv till en kilometer från stranden torde dock den risken vara mycket liten. Det salta grundvatten som påträffas i brunnar på större avstånd från havet härrör från mer eller mindre stora djup under brunnområdet. I vissa fall kan det emellertid röra sig om mänsklig påverkan – vägsalt, soptippar m.m. – vid markytan.

Beträffande möjligheterna att bedöma risken för salt grundvatten i områden långt från havet, pekar nuvarande kunskaper på att salt grundvatten förekommer överallt, inte bara nära kusten och inte heller endast i områden som efter senaste istiden varit täckta av salta hav.

I samband med djupborringen vid Gravberg i Siljansområdet påträffades salt grundvatten på ca 4 000 m djup och på ca 6 000 m djup påträffades saltlake med en salthalt av storleksordningen 100 000 mg/l. Motsvarande saltlake har nu påträffats även i Oskarshamnsområdet och på ”endast” ca 1 000 m djup. Sannolikt har denna saltlake inget direkt med forntida havsvatten att göra. Den har antagligen med kemisk balans mellan cirkulerande vattenlösningar och jordskorpan på stora djup att göra.

Det salta grundvattnet förekommer således på mycket olika djup och med mätningar med geoelektrisk sondering kan man kvantifiera risken för salt grundvatten genom att mäta hur långt ner det är till gränsen mellan sött och salt grundvatten. Se metodbeskrivningen, [avsnitt 7.3](#).

En brunn måste dock inte nå ända ner till saltvattengränsen för att den skall kunna bli påverkad av det salta grundvattnet. Orsaken är att även om gränsen mellan sött och salt grundvatten ligger djupt ner, så har det salta vattnet en trycknivå som ligger avsevärt mycket högre. Detta förhållande illustreras i figur 5.1.a.

Om gränsen till det salta grundvattnet ligger 300 m under grundvattennivån (den söta) och salthalten motsvarar havens salthalt, så innebär de hydrauliska tryckförhållandena att det salta vattnets trycknivå inte ligger på 300 m djup utan endast ca 7 m lägre än grundvattennivån. Detta medför att salt grundvatten i många fall kan trycka upp i sprickor som via en brunn når ner till saltvattengränsen, om man genom pumpning dränerar ut sötvattnet i sprickorna (se figur 5.1.b). I de flesta fall får man emellertid inte ett ”rent” saltvatten, utan tillförsel av ytterligare vatten från en mycket oregelbunden

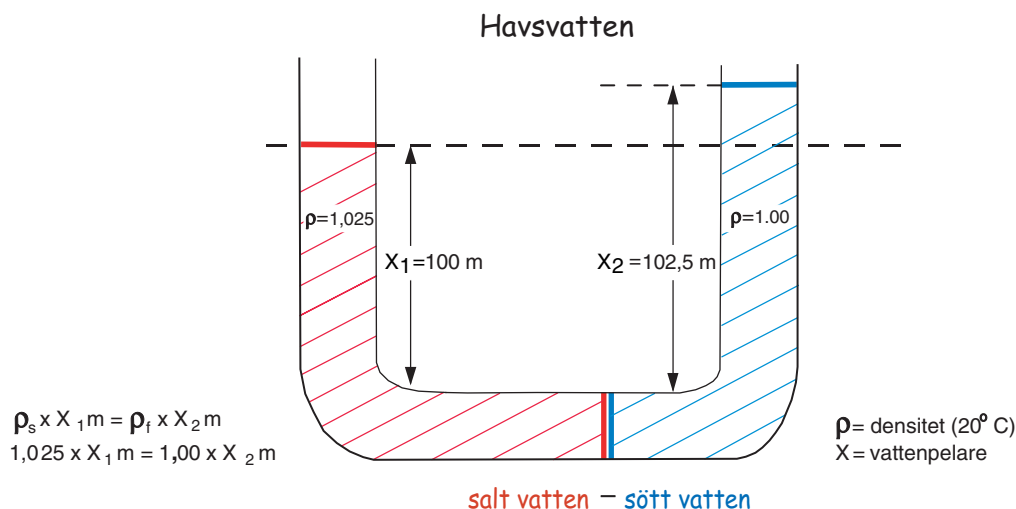


Fig. 5.1.a. Enligt principen om kommunicerande kärl balanseras en 102,5 m hög vattenpelare med sött vatten av en 100 m hög vattenpelare med salt vatten (3,5 %).

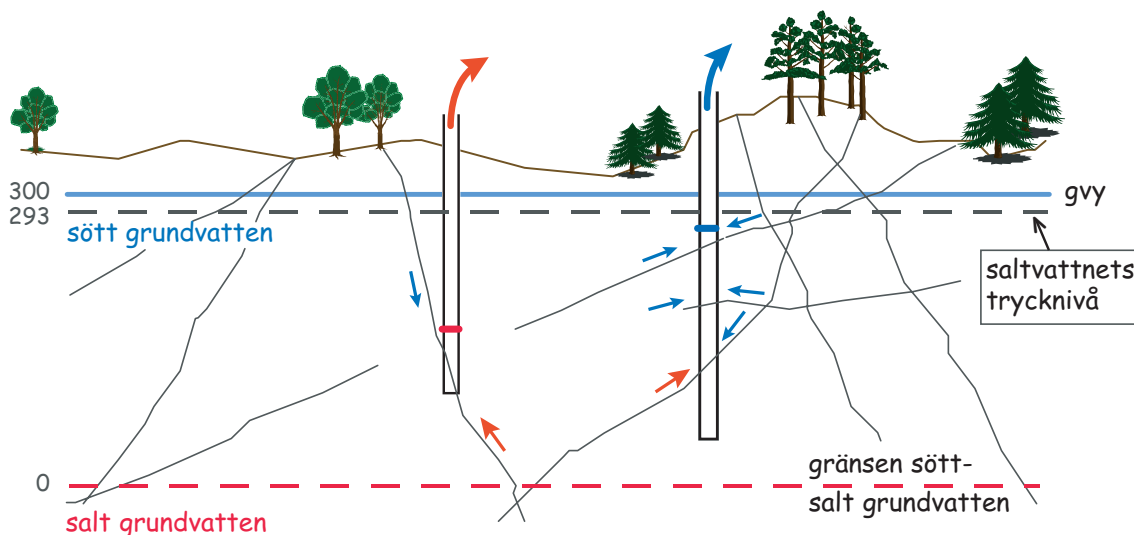


Fig. 5.1.b. Brunnen till vänster får vatten från i huvudsak en, dåligt vattenförande, spricka. Den övre delen av sprickan töms efter en tid på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks det salta vattnet upp utan att sina. Brunnen ger vatten med hög salthalt. Brunnen till höger får vatten från flera rikligt givande sprickor med sött vatten och det förhållandevis lilla bidraget av salt vatten från djupet medför att brunnen ger vatten med låg salthalt.

sprickighet kan ge vilka blandningsförhållanden som helst. Det är ju inte heller så att det salta grundvatten man får upp vid pumpning i brunnar alltid har en viss bestämd salthalt.

Risken för salt grundvatten är störst i de låglänta delarna av kommunen, på öarna i Vänern och på många ställen nära stränderna.

Trots att stora delar av kommunen varit täckt av havsvatten efter den senaste istiden är risken för kvarvarande salt grundvatten således olika i olika delar av kommunen. Det föreligger ett klart samband mellan låg marknivå, särskilt i områden nära Vänern, och hög saltvattenrisk.

När landytorna var täckta av havsvatten var allt grundvatten salt. När sedan landet höjt sig ur havet har det salta grundvattnet successivt tvättats ut av infiltrerande regnvatten. Denna process har pågått dels under längre tid, dels med större och därmed effektivare hydraulisk gradient i höjdområden än i lågömråden.

5.2 Åtgärder mot salt grundvatten

För att minska risken för salt grundvatten vid brunnsborrning bör man borra så grunt som möjligt. I riskområden kan man försöka öka möjligheterna att påträffa vattenförande sprickor på litet djup. Detta kan man göra genom att ta hänsyn till sprickornas lutning i förhållande till borrhålets lutning. Man bör borra med så rät vinkel som möjligt mot sprickorna i berggrunden. Om man inte direkt kan avgöra hur sprickorna är orienterade, bör man borra på motsvarande sätt i förhållande till förskiffringsplanen. Se [avsnitt 2.2.2](#).

Det är ofta bättre att borra ”gradade” borrhål, dvs. med en avvikelse av 15–20 grader från vertikallplanet och att inte borra djupare än 40–50 m, än att borra vertikala och djupa brunnar. Har man inte fått tillräckligt med vatten på detta djup är det i allmänhet bättre att avbryta borrningen och genomföra en hydraulisk tryckbehandling av borrhålet än att borra djupare. Tryckbehandlingen innebär att vatten pressas ner i borrhålet med så högt tryck att befintliga, små sprickor kan vidgas och spolats rena och t.o.m. att nya sprickor kan bildas.

Vid all borrning i områden med risk för salt grundvatten bör salthalten i vattnet kontinuerligt övervakas under pågående borrning allteftersom borrhålet fördjupas. Detta dels för att undvika onödiga

borrkostnader, dels för att undvika att hydraulisk förbindelse uppstår mellan salt vatten på djupet och andra närliggande brunnar – egna nya brunnsborrningsförsök och grannars befintliga brunnar.

Har mycket salt grundvatten påträffats och risken kan bedömas vara stor att närliggande brunnar skadas kan det bli nödvändigt att med cement gjuta igen det salta borrhålet. Detta måste då ske på ett särskilt sätt. Borrhålet måste med hjälp av bl.a. en tillräckligt lång slang gjudas igen från botten och uppåt så att det blir helt tätt. Eventuellt kan man först försöka att gjuta igen de undre delarna av brunnen och tryckbehandla de övre, i hopp om att få kontakt med närliggande sprickor med sött grundvatten.

Förutom att stor försiktighet måste iakttas vid borring av en brunn i ett område med risk för salt grundvatten, måste man vara mycket försiktig även när man pumpar vatten ur brunnen. Ju mer man pumpar desto större blir risken för att man får in salt grundvatten i brunnen. Risken hänger i första hand ihop med hur mycket grundvattennivån sänks i brunnen. Detta kan man mäta med ett s.k. kabelljuslod, vilket fungerar så att en lampa tänds när lodet kommer i kontakt med grundvattenytan nere i brunnen. Från pumpstart kan man följa hur mycket vattnet sjunker i brunnen allteftersom pumpningen fortgår.

Vid pumpning av en bergborrad brunn får en långvarig avsänkning av vattennivån i brunnen med ca 10 m eller mer anses vara en indikation på att brunnen ansträngs för mycket och att risken för att vattnet skall bli salt är stor.

Vid nyborring av en brunn bör man inte anstränga brunnen genom en allt för stor och långvarig avsänkning av grundvattennivån bara för att få reda på hur mycket den under lång tid maximalt kan ge. Det är bättre att pumpa med den vattenmängd som man absolut behöver. Är behovet stort och provpumpningen skall vara långvarig, måste salthalten i vattnet övervakas mer eller mindre kontinuerligt. Stiger salthalten upp mot angivna gränsvärden (>100 mg/l Cl innebär korrosionsrisk, och >300 mg/l ger saltsmak) måste pumpningen radikalt minskas eller helt avbrytas.

Brunnar som fått in salt grundvatten förblir oftast salta, men det finns flera exempel på att vattnet i en brunn som blivit salt åter kan bli sött, om man minskar vattenuttaget tillräckligt mycket. Brunnen bör då stå orörd en längre tid så att den ursprungliga skiktningen av sött och salt grundvatten kan återhämta sig innan den åter börjar pumpas men då med ett betydligt mindre vattenuttag.

Risken ökar, som framgått ovan, med ökande brunnsdjup. Detta innebär bl.a. att risken för salt grundvatten är mycket liten i grävda brunnar. Har man råkat ut för salt vatten vid brunnsborring, trots att åtgärderna ovan vidtagits, bör man undersöka möjligheterna att anlägga en brunn i jordlagren.

Numera finns även avsaltningssystem för enskilda hushåll. Mängden vatten som dessa producerar är emellertid relativt begränsad.

6. GRUNDVATTNETS SÅRBARHET

6.1 Allmänt om grundvattnets sårbarhet

6.1.1 Grundvattenpåverkan

Påverkan på grundvattnet kan vara av kvantitativ art, t.ex. i form av dränering och bortledning av vatten vilket medför en avsänkning av områdets grundvattennivåer, eller av kvalitativ art, dvs. i form av infiltration och spridning av föroreningar med grundvattnet. Följande huvudtyper av föroreningskällor kan sägas utgöra en risk för påverkan på grundvattnet:

- Diffusa läckage av t.ex. dagvatten från vägar och samhällen, infiltrationsanläggningar, avfallsdeponier och via luftdeposition.
- Tillfälliga utsläpp vid en olyckshändelse där förorenande ämnen kan spridas med och kontaminera yt- och grundvattnet.
- Byggnations- och grundläggningsskeden medför en ökad risk för förorenings-spridning till grundvattnet.

Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen är risken för allvarliga skador på grundvattnet störst i de områden som markerats med röd färg på sårbarhetskartan. Här kan det vara nödvändigt att agera mycket snabbt för att förhindra omfattande och kostsamma skador.

6.1.2 Konsekvens- och riskanalys

Konsekvensen för grundvattnet vid ett föroreningsutsläpp till marklagren kan beskrivas som en sammanvägning av grundvattnets värde och sårbarhet. Grundvattnets värde beror bl.a. på grundvattenmagasinets storlek och hydrauliska egenskaper, grundvattnets kvalitet samt betydelsen för naturmiljö och vattenförsörjning. Sårbarheten beror i huvudsak på jordlagrens genomsläpplighet, förekomsten av skyddande skikt, avståndet till grundvattenytan, grundvattnets strömningsriktning och hastighet samt närheten till privata och kommunala vattentäkter.

På samma sätt kan risken för att grundvattnet förorenas beskrivas som en sammanvägning av sannolikheten att en olyckshändelse verkligen inträffar och den konsekvens händelsen får, se figur 6.1.2.a.

Grundvattnets sårbarhet och värde framgår av sårbarhetskartan respektive grundvattenkartan över Karlstads kommun. Dessa kartor (och databaser) kan därför med fördel användas som underlag för risk- och konsekvensanalyser vid t.ex. förebyggande planering i händelse av olyckor, lokalisering av miljöfarliga verksamheter eller framtagandet av miljökonsekvensbeskrivningar (MKB).

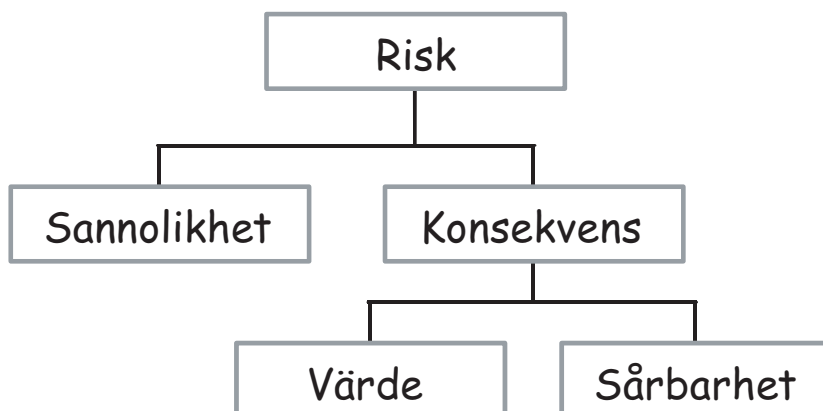


Fig. 6.1.2.a. Risk- och konsekvensanalys.

6.1.3 Skydd av grundvattnet

Grundvattnet måste skyddas, inte bara med tanke på vattenförsörjningen för människor och djur, utan också därför att grundvatten väsentligen är ursprunget för ytvattnet med dess växt- och djursamhällen.

Skyddsåtgärderna går i princip ut på att förhindra att föroreningar når vattentäkter eller ytvatten. Skulle en skada inträffa i grundvattnets tillrinningsområde måste tiden för föroreningstransporten i marken vara så lång att skyddsmekanismerna i jord och berg eller motåtgärder som sätts in hinner verka innan grundvattnet når brunnar eller sjöar och vattendrag.

Det naturliga skyddet består i att föroreningar på kemisk eller mekanisk väg läggs fast i marken eller bryts ned till ofarliga beståndsdelar. När stora föroreningsmängder på kort tid sprids över en begränsad markyta, t.ex. vid olyckor i samband med transport av hälsofarliga vätskor eller vid ovarsam hantering av skadliga ämnen, måste marken saneras. Man försöker då samla upp föroreningarna genom att t.ex. gräva bort skadad jord och pumpa upp förorenat vatten. Motverkande kemikalier används också i viss utsträckning för att neutralisera skadorna. På senare tid har man börjat använda bakterier för att påskynda den naturliga nedbrytningen av oljeprodukter som infiltrerat i marken.

För att förebygga skador på grundvatten som används för kommunal vattenförsörjning fastställs skyddsområden kring vattentäkterna, ett inre och ett yttre. Områdena bestäms så, att det från gränsen mellan det inre och det yttre skyddsområdet skall ta mellan 60 och 100 dygn för grundvattnet att nå vattentäkten. Från det yttre områdets yttergräns skall transporttiden vara minst ett år. Helst skall det yttre skyddsområdet omfatta hela tillrinningsområdet till en grundvattentäkt. Hur stora områdena blir när det gäller brunnar i jord beror huvudsakligen på grundvattenmagasinens och jordlagrens sammansättning och utbredning samt avståndet till grundvattendelare. För bergborrade brunnar måste hänsyn tas till t.ex. berggrundens spricksystem och täckande jordlager när skyddsområdesgränserna bestäms.

Inom skyddsområdena gäller regler för vilken typ av verksamhet som får förekomma respektive är förbjuden. Kraven är naturligtvis strängare för den inre zonen än för den yttre. Skyddsområdesbestämmelserna utfärdas av länsstyrelserna.

För enskilda brunnar finns inga regler eller bestämmelser när det gäller skyddet av vattnet. Brunnägaren måste själv svara för att åtgärder är vidtagna så att vattnet inte skadas. Att se till att marken lutar utåt och är tät åt alla håll närmast brunnen och att ordna med något slags hägn omkring den är till stor nytta.

6.2 Kommentarer till Underlagskartan för grundvattenskydd

”Underlagskartan för grundvattenskydd” (sårbarhetskartan) är en temaprodukt som bygger på kartan ”Grundvattentillgångar i Karlstads kommun” och jordartskartan över Karlstads kommun. Sårbarhetskartan bygger på den digitala grundvattenkartan över kommunen, vilken i sin tur bygger på digitalt geologiskt kartunderlag i skala 1:50 000, information från äldre grundvattenutredningar samt på nya, detaljerade mätningar med georadar och seismik, sonderingsborrningar och grundvattennivåmätningar. De sistnämnda är utförda i såväl gamla som nydrivna observationsrör samt i inventerade brunnar.

Kartan är avsedd att utgöra ett beslutsunderlag vid den övergripande planeringen av markanvändningen i kommunen med hänsyn till skyddet av grundvattentillgångarna på såväl kort som på mycket lång sikt. Den ger en möjlighet att identifiera de viktigaste, potentiella riskområdena och vidta eller åtminstone planera lämpliga skyddsåtgärder. Sammanställd med uppgifter om t.ex. trafikförhållanden på vägarna, miljöfarliga transporter och hantering av miljöfarliga ämnen i kommunen kan man med detta underlag också genomföra riskanalyser och besluta om relevanta skyddsåtgärder.

Med kartan och databasen som grund har kommunen även ett underlag vid lokalisering av miljöfarlig verksamhet, MKB-utredningar samt planering och genomförande av miljöövervakningsprogram.

Underlagskartan för grundvattenskydd över Karlstads kommun visar infiltrationsförhållanden i jordlagren, var infiltrationen sker snabbt och var den sker mer långsamt. Av kartan framgår var viktiga

grundvattentillgångar finns som kan ta skada vid eventuell infiltration av miljöfarliga ämnen.

Färgsättningen är avsedd att fungera som ett enkelt signalsystem, där röd färg visar områden med hög sårbarhet, grön färg områden med låg sårbarhet och där gul färg visar områden med intermediär sårbarhet.

Områden med hög sårbarhet är sådana där spridningen av föroreningar kan ske snabbt och där det finns stora grundvattenmagasin som kan skadas, t.ex. i en grusås, som inte har något överlagrande, tätande lerskikt. Områden med låg sårbarhet är sådana där spridningen av föroreningar till grundvattnet kan ske mycket långsamt eller inte alls, t.ex. sådana där förekommande grundvatten är skyddat av överlagrande, tillräckligt mäktig lera, samt områden utan större grundvattentillgångar.

Kartan visar grundvattnets strömningsriktning, grundvattendelare och viktiga brunnsanläggningar. Den visar även sådana potentiella miljörisker som t.ex. bensinstationer, miljöfarliga industrier och avfallsanläggningar, samt inte minst vägnätet. Av detta kan man i stora drag utläsa vilka spridningsvägar som skadliga ämnen vid eventuella utsläpp i marken skulle följa. Till exempel från potentiella föroreningskällor mot kommunala vattentäkter.

All grundvatteninformation är markerad med blå färg och de potentiella miljöriskerna med rödlila färg. Informationen om miljöriskfaktorerna bygger på uppgifter från miljökontoret i Karlstads kommun. I sårbarhetskartans digitala version kan man genom att ”klicka” på symbolen få mer information om respektive objekt.

Infiltrationsförhållanden

Beträffande de infiltrationshastigheter som angivits för **infiltrationsbenägna jordarter med viktig grundvattentillgång** (röd färg) gäller dessa för den vertikala transporten av vatten från markytan ner till grundvattenytan. För de flesta oljor är hastigheten lägre (diesel 0,5–0,2 x vattnets, tjockare oljor 0,01–0,001 x vattnets) och för t.ex. bensin är den högre (1,5 x vattnets). För den vidare transporten i grundvattenströmmens riktning är hastigheten direkt proportionell mot gradienten, dvs. grundvattenytans lutning. Vad gäller oljor kan, även om oljan själv rör sig mycket sakta i jordlagren, tillräckligt stora mängder lösa sig i vattnet för att ge dålig smak åt det och röra sig vidare med samma hastighet som vattnet.

I **infiltrationsbenägna jordarter med obetydlig eller utan grundvattentillgång** (brun färg) kan föroreningar snabbt infiltrera i marken, men de bedöms inte kunna skada några större grundvattentillgångar i jordlagren. Däremot kan föroreningar snabbt spridas till närbelägna, bergborrade brunnar.

Det förekommer emellertid vissa partier av åsarna, **viktiga infiltrationsområden** (brun färg med röda prickar), där den underliggande berggrunden ligger så högt att det på dessa ställen inte finns några egentliga grundvattenmagasin. Man skulle kunna likna dessa höga berglägen vid bergöar som sticker upp ur omgivande grundvattenmagasin. Ibland sticker de upp som hållar i markytan, men många gånger är de helt täckta av åsens sand och grus. De kan då konstateras endast genom geofysiska mätningar och borrhningar. Se figur 1.1.a.

I dessa områden sker emellertid infiltrationen av nederbördsvatten lika effektivt som i andra delar av åssystemen. Det infiltrerade vattnet når bergytan och rinner snabbt av åt sidorna och ner i grundvattenmagasinen som omger dessa ”bergöar”. På samma sätt kan eventuella föroreningar nå grundvattenmagasinen. Dessa områden betecknas på sårbarhetskartan med brun färg med röda prickar för att ange att de är mycket sårbara trots att det inte finns några grundvattenmagasin just där.

Risken för förorening av grundvattnet i **områden täckta av lera** kan i allmänhet anses vara mycket liten. I dessa kan emellertid torksprickor uppträda under torrperioder. Sådana sprickor kan maximalt nå 2–3 m under markytan. Genom sådana sprickor kan föroreningar snabbt tränga ner. Detta innebär att områden med mindre lermäktighet än ca 2 m inte kan betraktas som skyddade för infiltration av föroreningar uppifrån (ljusgrön färg). Man kan i allmänhet räkna med att lerområdena har en kantzon med en bredd av storleksordningen 10–50 m, ibland mer, inom vilken leran är tunnare än 2 m.

På kartan över Karlstads kommun har områden med mäktig lera (> ca 5 m) avgränsats (mörkgrön färg). I sådana områden torde grundvattnet vara fullständigt skyddat för infiltration av föroreningar uppifrån.

I områden med **växlande infiltrationsförhållanden** är infiltrationsbenägenheten i allmänhet vad man skulle kunna kalla normal. Dessa områden utgörs huvudsakligen av:

1. Morän, där infiltrationshastigheten kan variera ganska mycket beroende på moränens sammansättning t.ex. hur stort lerinnehållet eller grusinnehållet är. I en sandig–moig morän, som det vanligen är fråga om i Karlstads kommun, kan infiltrationshastigheten vara från några millimeter till några decimeter per dygn. Om emellertid grusiga skikt förekommer kan infiltrationshastigheten lokalt vara högre.
2. Berg i dagen, hållar. Här är infiltrationshastigheten helt beroende av hur pass uppsprucket berget är. Om hållarna är utan större sprickor är infiltrationen mycket liten, ofta ingen. Om hållarna är genomslagna av stora sprickor kan infiltrationshastigheten vara mycket hög.

Generellt kan man emellertid säga att berggrundens allra största sprickor i allmänhet ger sig till känna i form av dalgångar, i allmänhet med förhållandevis mäktiga, skyddande jordtäckan. Det är vanligen också så att berggrunden är blottad uppe på höjderna, men jordtäckt i lägre belägna områden. Nästan varje höjdområde och varje vägsränning genom berg är potentiella riskområden för förorening av grundvattnet i berggrunden. Höjdområden är så gott som alltid inströmningsområden för grundvattnet (grundvattenströmmen riktad nedåt). Även om det kan vara svårt att komma till rätta med föroreningar i berggrunden, är dess hydrauliska konduktivitet vanligen så låg att man för det mesta bör kunna räkna med att ha förhållandevis lång tid på sig för att vidta nödvändiga åtgärder, såvida inte föroreningen inträffat nära en vattentäkt.

Våtmarker: Kärr och mossar är oftast utströmningsområden för grundvatten (grundvattenströmmen riktad uppåt), varför man i allmänhet inte behöver befara någon förorening av grundvattnet på sådana ställen, men undantag finns. I vissa områden med mossar finns risk för förorening av grundvattnet men mosstorvens hydrauliska konduktivitet är i allmänhet så låg att infiltration och spridning går mycket långsamt. I samtliga våtmarker är risken vanligtvis störst att föroreningar sprids med ytvattnet.

Grundvattnets strömningsriktning

Uppgifterna om grundvattnets strömningsriktning grundar sig på avvägda nivåer i observationsrör och brunnar, sonderingar, seismiska- och georadarprofiler. De har angivits endast i områden med större grundvattentillgångar.

Grundvattendelare utgör de högsta grundvattennivåerna i åssystemen. En grundvattendelare utgörs av en gränslinje mellan två intill varandra liggande grundvattenmagasin. I princip rör sig grundvattenströmmen vinkelrätt från grundvattendelaren in mot och igenom det ena grundvattenmagasinet och med diametralt motsatt riktning genom det andra.

Grundvattendelare kan vara fasta eller rörliga. Fasta grundvattendelare är vanligtvis betingade av höga berglägen, bergklackar som bildar fasta barriärer mellan två grundvattenmagasin.

Rörliga grundvattendelare i t.ex. en ås är betingade av att nederbörden, som faller över hela åsens yta, fyller på grundvattenmagasinen varvid grundvattennivån i åsen stiger. Någonstans kommer då grundvattnet att läcka ut. Detta utläckage sker vanligtvis mer koncentrerat i källor, där grundvattennivån sänks. Vid källorna är grundvattennivån som lägst. Detta betyder att det någonstans mellan två källor finns ett ställe där grundvattennivån är högst. Detta är definitionsmässigt grundvattendelaren. Om sanden och gruset i åsen är någorlunda jämt fördelade utan några bergklackar eller andra barriärer kommer detta att vara en rörlig grundvattendelare.

Om man vid en av källorna skulle anlägga en brunn och pumpa ut mer vatten än vad som normalt rinner ut i källan, dvs. sänka grundvattennivån ytterligare, kommer detta att påverka grundvattendelarens läge på så sätt att den förskjuts längre bort från den källa där man anlade brunnen. Detta kan jämföras med hur ett skred i lös sand griper allt längre bort från den plats där man gräver om man gräver allt djupare. På Brattforsheden har en grundvattendelare identifierats som bedöms vara rörlig.

Utsläpp av miljöfarliga ämnen

Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen är risken för allvarliga skador på grundvattnet störst i de områden som markerats med röd färg. Här kan det vara nödvändigt att agera mycket snabbt för att förhindra omfattande och kostsamma skador.

Kartan ger möjlighet att identifiera de viktigaste, potentiella riskområdena och vidta eller åtminstone planera lämpliga skyddsåtgärder, se figur 6.2.a samt figur 6.2.b.

Med kartan som underlag har man även stöd för planering och genomförande av miljöövervakningsprogram vid anläggningar där mer diffust läckage eller andra mer eller mindre osynliga utsläpp kan förekomma.

I ett akut läge kan man inledningsvis utgå från grundvattnets markerade strömningsriktning. I vissa fall kan det dock vara nödvändigt att känna till strömningsriktningen mer i detalj. Detta gäller t.ex. i närheten av grundvattentäkter, vilka kan påverka strömningsriktningen olika mycket beroende bl.a. på hur stora uttagen är. Man får emellertid räkna med att grundvattnet intill en brunn alltid strömmar mot brunnen. Då detta kan sägas gälla generellt har det inte markerats på kartorna. Detta innebär naturligtvis att man i allmänhet bör stoppa grundvattenuttagen i alla brunnar intill ett utsläpp av skadliga ämnen, och som skyddsåtgärd anlägga en saneringsbrunn eller motsvarande.

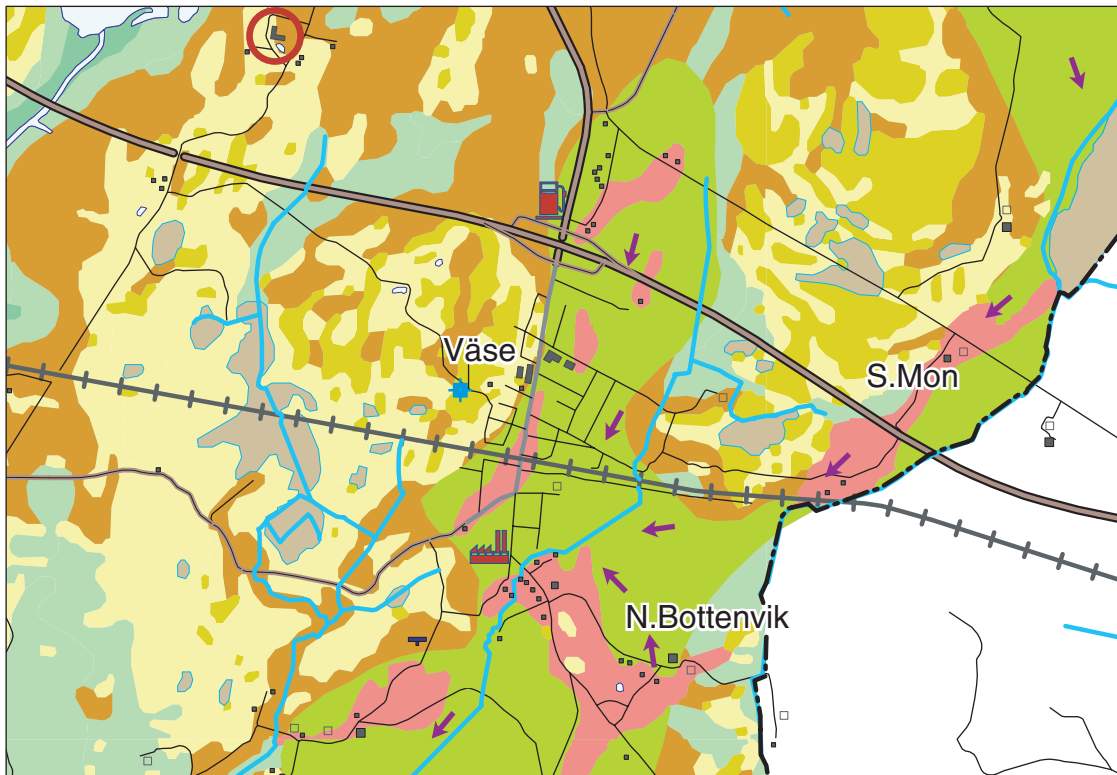


Fig. 6.2.a. Underlagskartan för grundvattenskydd ingår inte i serie An. Här visas ett utsnitt från Väse.

Ljusrött: grundvattentillgång med relativt hög sårbarhet.

Gulgrönt: stor grundvattentillgång under lera.

Ljusgrönt: tunn lera (< ca 3 m) ger inte alltid skydd.

Gult: växlande förhållanden, huvudsakligen morän- och hållområden.

Vid den röda bensinpumpen förekommer hantering av drivmedel och oljor, vid cirkeln gödsel.

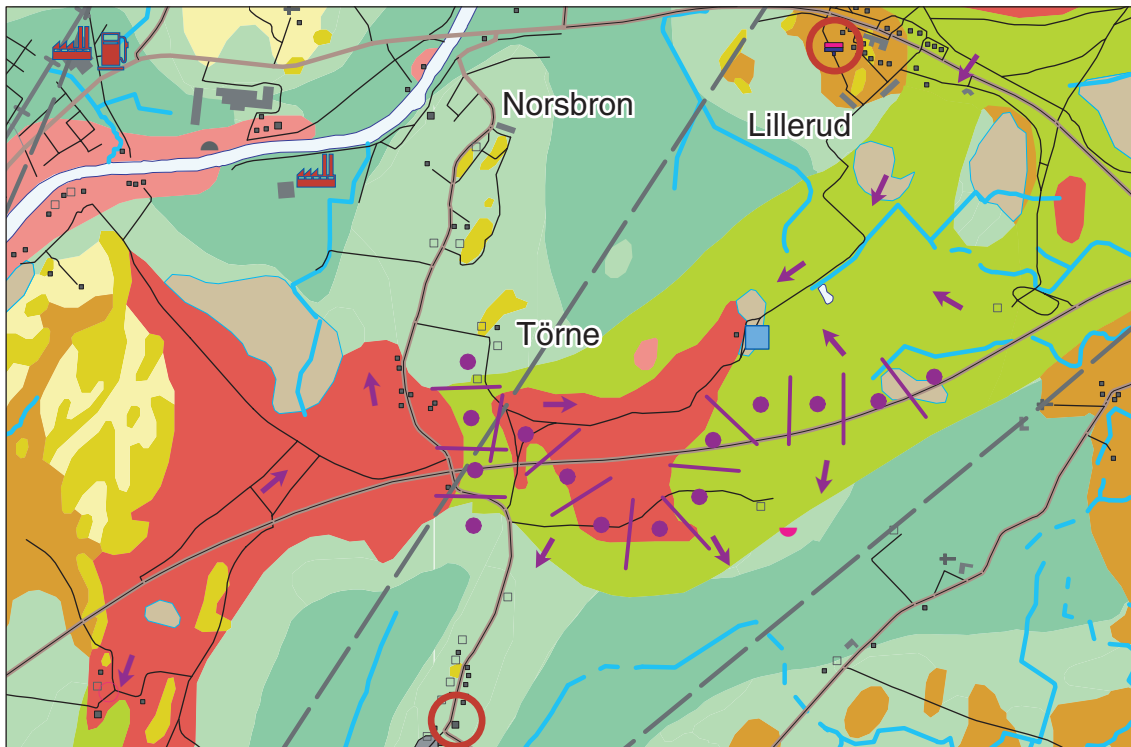


Fig. 6.2.b. Underlagskartan för grundvattenskydd ingår inte i serie An. Här visas ett utsnitt från Törne.

Rött: stor grundvattentillgång med hög sårbarhet.

Ljusrött: relativt stor grundvattentillgång, måttlig till relativt hög sårbarhet.

Gulgrönt: stor grundvattentillgång under lera.

Ljusgrönt: tunn lera (< ca 3 m) ger inte alltid skydd.

Mörkgrönt: Mäktig lera (> ca 3 m) ger alltid skydd.

Gult: växlande förhållanden, huvudsakligen morän- och hällområden.

Ljusbrunt: våtmark, vanligen utströmningsområde, liten sårbarhet.

Vid ljusblå kvadrat: kommunal grundvattentäkt.

Vid röda cirklar: gödsel.

Vid fabrikssymbol: miljöfarlig verksamhet.

Violetta punkter: ungefärligt läge för grundvattendelare.

7. METODBESKRIVNINGAR

7.1 Georadar

Georadar arbetar med elektromagnetiska vågor med frekvenser mellan 25 MHz och ca 2 GHz. Utbredningshastigheten för sådana vågor i marken är omkring 1/3 av ljusets hastighet eller ca 10 cm/ns (nanosekund). Beroende på arbetssätt kan man tala om två typer av instrument, där energi sänds ut antingen i form av pulser med ett brett frekvensspektrum, eller som vågtåg där frekvensen varierar på ett kontrollerat sätt under sändningstiden. Det instrument som använts är av den första typen, dvs. puls-eko.

Från elektriska reflektorer, dvs. föremål eller strukturer där de elektriska egenskaperna förändras på ett markant sätt, kan en del av den utsända energin återsändas till markytan. Sändare och mottagare arbetar synkront så att man efter varje utsänd puls under en viss tid (någon miljondels sekund) registrerar reflexerna från marken. Registreringarna, som kan vara i analog eller digital form, kallas radargram. Presentation av georadardata sker i form av profiler med stackade signaler där reflexer från föremål, skiktgränser eller andra strukturer kan komma fram.

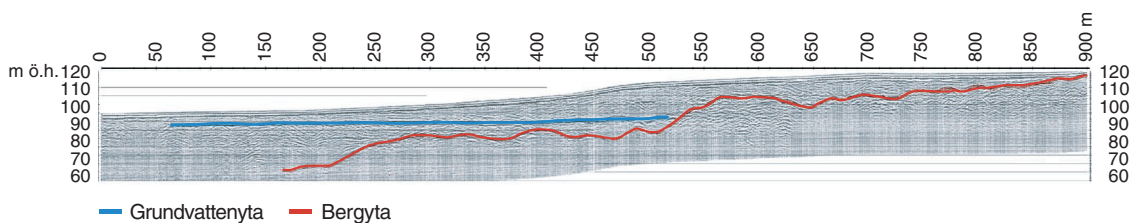


Fig. 7.1. Georadarprofilen ovan går från väster till öster vid skjutbana strax norr om Truvemossen. Röd linje visar berggrundenytan. Blå linje visar grundvattenytan.

Geologiska förutsättningar

Georadar fungerar bäst på torr mark med grovkorninga, väl sorterade jordarter. Från områden med isälvsediment finns mätningar där bergytan indikerats på närmare 50 m djup. I finkorniga jordarter är radarns räckvidd starkt begränsad. På en ren lerjord eller lerig morän kan man möjligen få reflexer från 3–4 m djup. Den dåliga penetrationen i täta jordarter beror bl.a. på de fukthållande egenskaperna. Närvaron av vatten höjer den elektriska ledningsförmågan och dielektricitetsstalet, vilket medför ökad dämpning av signalen. Högfrekventa signaler dämpas dessutom snabbare än lågfrekventa.

Detaljupplösningen i en radarmätning beror på arbetsfrekvensen och kan i dagligt tal sägas vara en halv våglängd. Vid frekvensen 50 MHz, som är vanlig vid jorddjupsmätning, betyder detta att man kan indikera föremål som har en reflekterande yta med omkring 1/2 m sida. Den höga upplösningen är kanske radarns främsta egenskap.

Tillämpningsområden

Georadar används bl.a. för att:

- bestämma jordjupet
- få fram vilka strukturer som finns i jord och berg
- lokalisera grundvattenytan i grövre sediment
- påvisa föremål i jordtäcknet (block, rör, håligheter etc.)
- lokalisera spridning av föroreningar från vägar, deponier m.m.

7.2 Seismik

Grundläggande principer

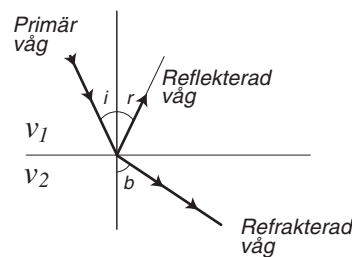
Den metod som används vid grundvattenundersökningar kallas refraktionsseismik. Det är en geofysisk mätmetod som baseras på elastiska vågors utbredning i marken. Vågornas utbredningshastighet skiljer sig mellan olika jord- och bergarter vilket gör det möjligt att beräkna lagermäktigheter och bedöma vissa materialegenskaper. Vid en stöt eller detonation i marken alstras vågrörelser av flera typer (tryck-, skjuv- och ytvågor). Av dessa har tryckvågen eller P-vågen den högsta utbredningshastigheten och kan härigenom registreras och analyseras med relativt enkel apparatur. Tryckvågor i marken utbreder sig genom longitudinella partikelrörelser på samma sätt som ljudvågor i luften. Efter en explosion vid markytan vandrar vågfronten klotformigt i det översta lagret. När den träffar ett djupare liggande lager med annan hastighet reflekteras en del av vågens energi medan återstoden vandrar vidare i det nya lagret. Vid passage av skiktgränsen sker en brytning av vågens utbredningsriktning. Tänker man sig utbredningsriktningen som en stråle i ett vertikalt snitt, kan refraktionen beskrivas med Snells lag som säger att

$$\sin(i) / \sin(b) = v_1 / v_2$$

$i = r$ infallsvinkel resp reflektionsvinkel

b brytningsvinkel

v_1, v_2 vågens utbredningshastighet i skikt 1, 2

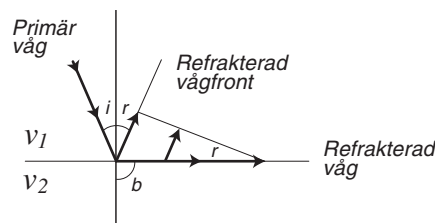


Om hastigheten ökar mot djupet, inträffar vid en viss infallsvinkel kritisk refraction, vilket innebär att vågstrålen efter passage av skiktgränsen går parallellt med denna. Infallsvinkeln vid kritisk refraction är

$$i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

och

$$b = 90^\circ$$



När den kritiskt refrakterade vågen breder ut sig längs skiktgränsen, alstras i överliggande lager nya vågor som vandrar tillbaka mot markytan. Denna sekundära, refrakterade vågfront blir plan och lämnar skiktgränsen med en vinkel r som är lika stor som infallsvinkeln för vågen.

Genom denna mekanism bryts vågor tillbaka mot markytan där tiden för deras ankomst kan registreras. Ankomsttider för refrakterade vågor står i bestämd relation till skiktjäktigheter och hastigheter i lagerföljden. Förloppet registreras med givare i marken anslutna till en seismograf. Registreringarna, som kallas seismogram, innehåller data som beskriver markens rörelse i tiden samt uppgifter om geofonernas och skottpunkternas lägen.

Mätförfarande

Mätningen utförs i praktiken längs en linje där man på jämna avstånd placerar givare – s.k. geofoner – som reagerar för vibrationer i marken. Genom att spränga på lämpliga platser i profilen genereras mätdata i den omfattning som behövs. Vid tolkningen av mätningen bestäms, för varje skott, tider för P-vågfrontens passage av de olika geofonerna. Tiderna plottas mot geofonernas lägen i form av väg-tiddiagram. Ur dessa s.k. gångtidskurvor kan skiktens mäktigheter och hastigheter för den aktuella lagerföljden beräknas. Bergets läge kan beräknas i såväl skottpunkter som geofonpunkter, vilket

ger en relativt detaljerad kontinuerlig bild av bergytan. Hastigheten i berget ger viss information om bergets kvalitet jämte läget av mer markerade svaghetszoner. Mätresultaten redovisas i profilform där lagerföljden anges som skikt med olika hastigheter.

Geologiska förutsättningar

I Sverige har vi genom landisens verkningar ett jordtäckte bestående av morän och sediment. Sammansättningen är oftast enkel med god korrelation mellan hastighet och jordart. Hastigheten för P-vågor i våra jordarter varierar mellan ca 300 m/s i torr sand och ungefär 2800 m/s i vattenmättad, hårt packad morän. De sedimentära bergarterna har hastigheter från ca 3000 m/s och upp emot 6000 m/s. I urberget är hastigheten vanligen 5000–6000 m/s, men kan i basiska bergarter nå 7000 m/s. Se vidare figur 7.2.a. Dessa förhållandevis enkla fysikaliska förhållanden har medfört att refraktionsseismiken oftast ger goda undersökningsresultat.

P-vågshastighet (m/s x 100)

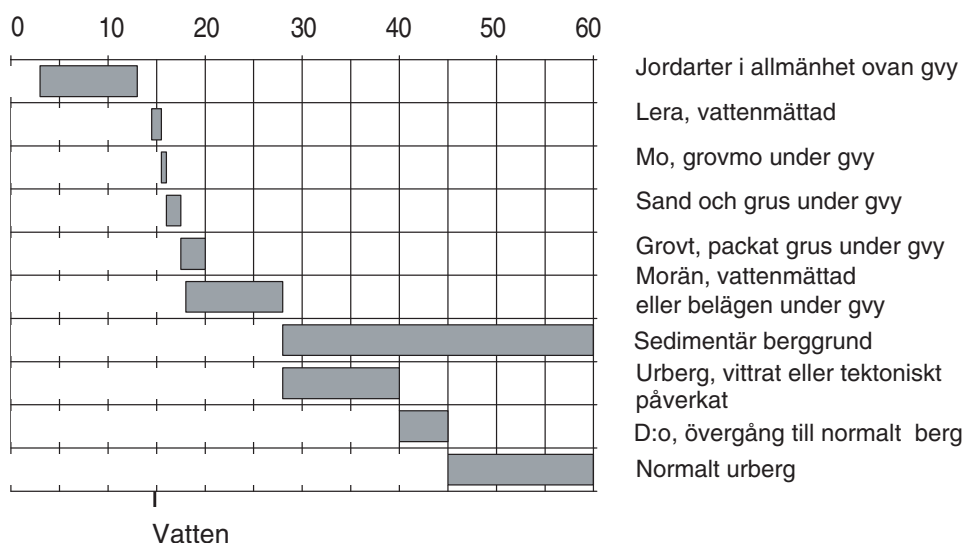


Fig. 7.2.a. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

Tillämpningsområden

- Jordartsbestämningar
- Jorddjupsbestämning
- Grundvattenmagasin – mäktighet och volym
- Sprickzoner i berg – sprickakviferer
- Bedömning av bergkvalitet i samband med anläggningsarbeten

7.3 Elektriska motståndsmätningar

Resistiviteten hos vanliga jord- och bergarter beror huvudsakligen på deras innehåll av elektrolyt, dvs. mängden porvätska (porositeten anges i %), och på elektrolytens salthalt. Som framgår av figur 7.3.a bestäms elektrolytens resistivitet av salthalt och temperatur och kan som jämförelse uppskattas för havsvattnet i Östersjön (ca 1 % salthalt och 10 grader C) till något mindre än 1 ohm.

Resistiviteten för jord och berg kan beräknas relativt väl med hjälp av Archies lag, om porositeten och elektrolytens resistivitet är kända.

Om elektrolyten utgörs av sött grundvatten blir resistiviteten betydligt högre än om vi har salt

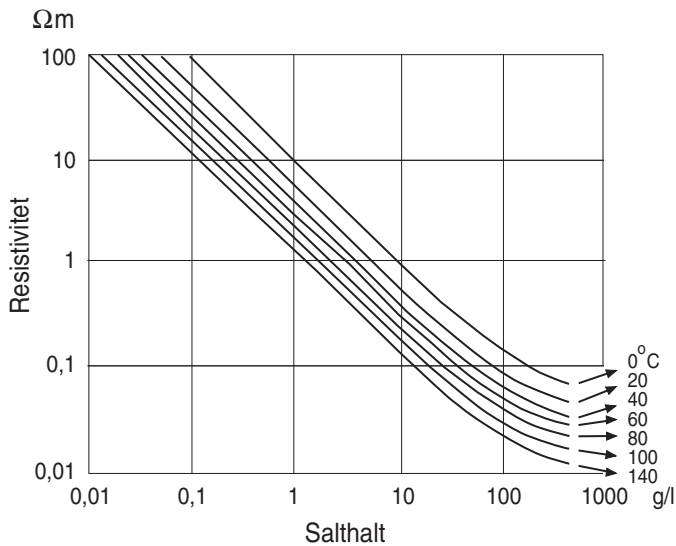


Fig. 7.3.a. Förhållandet mellan salthalt och resistivitet i vatten.

grundvatten. Porositeten kan variera från några hundradels procent i kristallint berg utan sprickor till flera tiotals procent i sand och grus (t.o.m. i leror, som kan ha stort vatteninnehåll!) samt i vissa sedimentära bergarter.

Regnvatten, dvs. i princip destillerat vatten, tillförs hela tiden från ovan, och eftersom det är lättare (densiteten är lägre), kommer det söta vattnet att "flyta ovanpå" eventuellt salt grundvatten som blir kvar på djupet. Vi får en mer eller mindre horisontell skiktning av sött och salt grundvatten.

Resistivitetmätningar eller motståndsmätningar kan således användas för att skilja mellan olika berg- och jordarter på grundval av deras resistivitetsegenskaper, se figur 7.3.b. Vanligtvis tänker man sig att även jordtäcknet och berggrunden är horisontellt skiktade, med minskande porositet mot djupet, se figur 7.3.c.

Mätningarna utförs så att man sänder en kontrollerad ström med strömstyrkan I mellan två strömelektroder (M och N) samtidigt som potentialen (spänningen) V mellan två mätelektroder (A och B) registreras. Elektroden består av rostfri ståltråd som körs ner i jordtäcknet.

När vi nu känner ström och spänning kan den genomsnittliga eller skenbara resistiviteten beräknas för volymen i närheten av mätupställningen. Det går att visa att 50 % av den totala strömmen aldrig når djupare än till halva avståndet mellan strömelektroden vid homogena elektriska förhållanden. Som en tumregel brukar man ange att inträngningsdjupet eller undersökningsdjupet är av storleksordningen $1/3$ till $1/4$ av avståndet mellan strömelektroden beroende på den elektriska kontrasten mellan de skikt som man vill detektera.

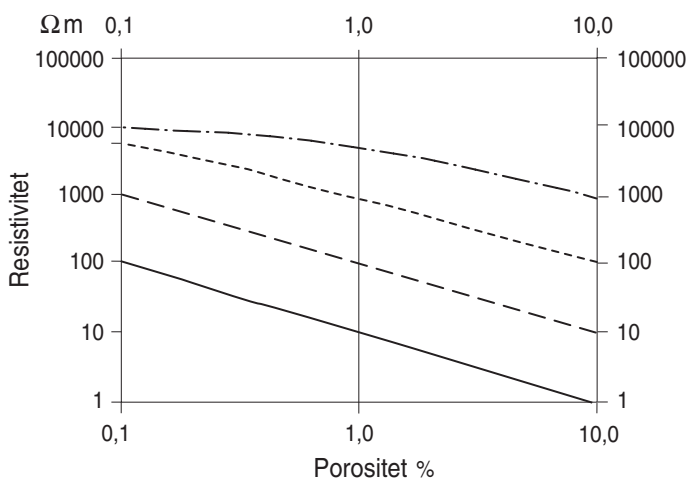


Fig. 7.3.b. Förhållandet mellan resistivitet och porositet i jord och berg.

Om vi successivt ökar avståndet mellan strömelektrodena kommer den beräknade skenbara resistiviteten att gälla en allt större volym. Eftersom centrum för mätupställningen inte flyttas innebär detta att mätningen gradvis når allt större djup, se figur 7.3.d. Skall vi undersöka jordtäckets i kontrast mot berggrunden så behöver vi mäta ut till ett avstånd av minst 40 meter mellan strömelektrodena om jordtäckets är 10 m tjockt. Skall vi upptäcka gränsen mellan sött och salt grundvatten på 1000 m djup måste vi mäta ut till avståndet 4000 m mellan strömelektrodena.

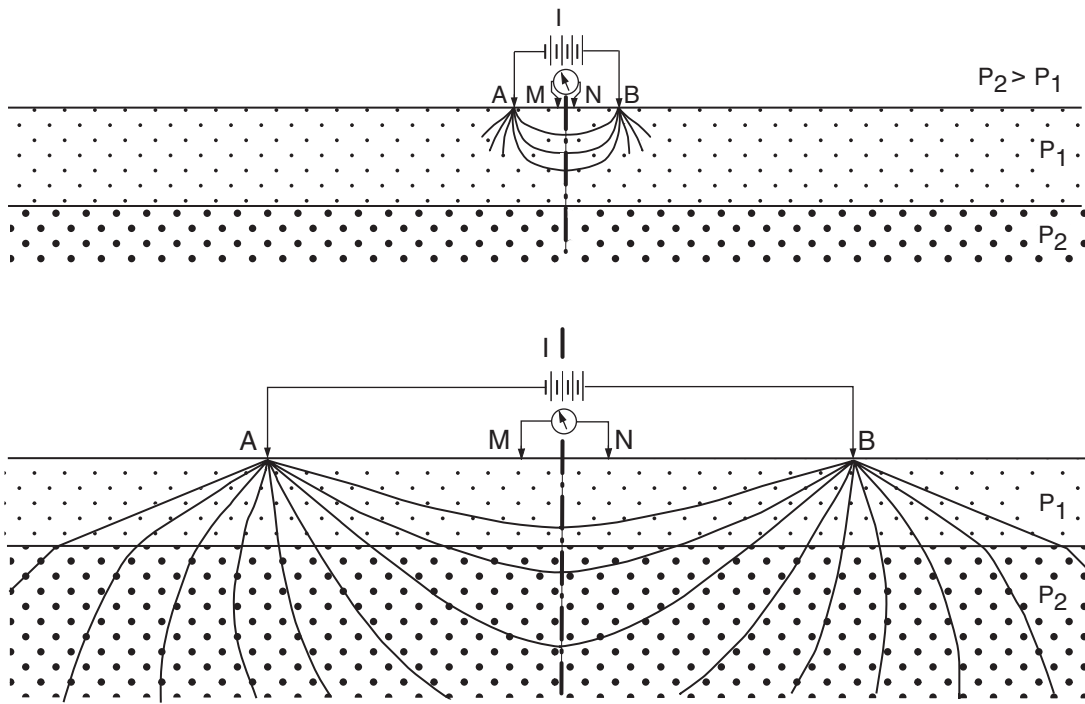


Fig. 7.3.c. och d. Vertikala elektriska sonderingar – VES – genomförs med successivt större avstånd mellan elektrodena, varvid allt djupare liggande skikt undersöks.

Med moderna datorprogram kan man lätt konstruera en rimlig, horisontellt skiktad modell av flera lager med lämpliga, tänkbara resistiviteter som stämmer med våra uppmätta mätvärden. Vi måste dock komma ihåg att det kan finnas många olika modeller som kan fungera lika bra, och vidare att naturen i verkligheten kan vara betydligt mer komplicerad. Den kanske i själva verket inte alls är horisontellt skiktad i vår mätpunkt.

7.4 Kriging och variogramanalys

Kriging är en interpolationsmetod för att förutsäga rumsliga värden. Metoden är namngiven efter Krieger, en sydafrikansk gruvingenjör som på femtiotalet utvecklade empiriska metoder för att bestämma malmklassfördelning från fördelningar baserade på insamlade malmklasser.

Kriging bygger på att viktning sker av data från omgivande punkter. Storleken på vikterna beror på hur variogrammet (semivariogrammet) ser ut. Vikterna standardiseras så att summorna av dem blir 1 (unbiased estimation). Den interpolerade noden får då värdet från omgivande punkter multiplicerad med respektive beräknad standardvikt:

$$Y_o = \sum w_i Y_i \quad (i = 1, \dots, n)$$

Y_o är det beräknade värdet

w_i är de beräknade standardvikterna

Y_i är värdena för omgivande punkter

Vid interpolering med kriging används inte punkter utanför det område man definierar (räckvidd). För att bestämma vilka punkter och på vilket sätt de påverkar en punkt (x_p, y_i) ansätter man ett variogram. Ett variogram är helt enkelt en funktion som beskriver variationerna. Man antar att skillnaden i värde mellan två punkter beror på avståndet mellan dem och deras relativa orientering.

Vid variogramanalys plottar man variansen mellan mätpar mot avståndet mellan mätparen.

Figur 7.4.a visar ett exempel på ett variogram, man ser att variansen ökar med avståndet. Därefter anpassar man en analytisk variogramfunktion som används för att beräkna krigingvikterna. Efter att ha kommit fram till ett variogram som passar med sina data kan man beräkna krigingvikterna.

En stor fördel med kriging är att man kan ge konfidensintervall för de uppskattade värdena. Förutsättningen för att man ska kunna göra det är att följande antaganden gäller:

1. Att de uppskattade felen följer en normalfördelning. Detta stämmer oftast när man ser på stora områden. Ser man på mindre områden, speciellt de extrema, är detta antagande inte korrekt.
2. Att krigingvariansen från den geostatistiska modellen är en korrekt uppskattning av variansen av de faktiska felen.

Särskilt viktigt är att tröskelvärdet blir en bra uppskattning för variansen hos alla data. En mycket ojämn rumslig fördelning leder ofta till att man underskattar variansen.

Finessen med kriging ligger bl.a. i att man får information om den rumsliga fördelningen på mätdata. Möjlig synergieffekt mellan mätdata beror på avståndet mellan dem och på den rumsliga kontinuiteten. En mätning av grundvattenytan från två brunnar med 10 meters avstånd skiljer sig mindre än t.ex. sulfatkoncentrationen i samma brunnar. Faktumet att grundvattenytan har en högre rumslig kontinuitet kommer att påverka utseendet på variogrammet. Kriging tar därför hänsyn till två viktiga aspekter när man interpolerar, nämligen avstånd och den rumsliga fördelningen.

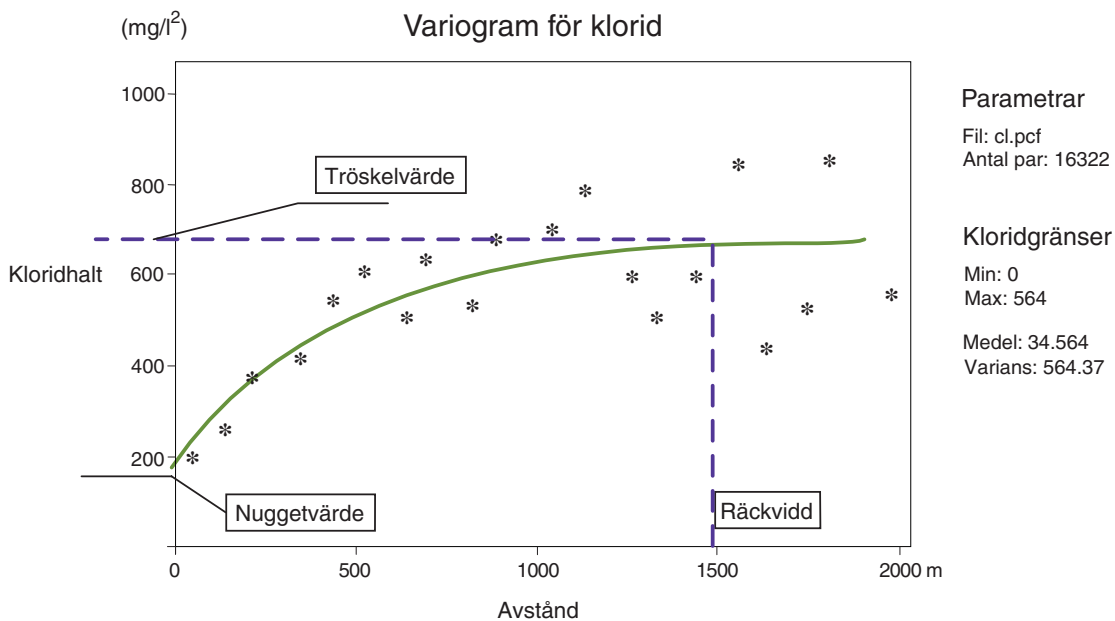


Fig. 7.4.a. Exempel på variogramanalys, här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet. I figuren framgår autokorrelationens räckvidd, tröskelvärdet för observationer som är oberoende av varandra samt nuggetvärdet, den lägsta variansen.

8. DOKUMENTATION AV GEOFYSISKA MÄTNINGAR OCH KEMISKA ANALYSER

Förutom följande dokumentation finns SGUs geofysiska mätningar tillgängliga i form av radargram och seismogram samt inventerade brunnar, observationsrör, SGUs borrhningar m.m. dokumenterade i databaser i den digitala MapInfo-versionen av ”Grundvattentillgångar i Karlstads kommun”.

8.1 Geofysiska mätningar

Tabell 8.1 Geofysiska mätningar. R = Georadar, S = Seismik

Profil	y start	x start	y slut	x slut	GEORADAR Plats eller sträcka
R 96:1	1392469	6611574	1393492	6611881	Brattforsheden
R 96:2	1392590	6612360	1392860	6611700	Brattforsheden
R 9613	1361500	6589200	1361200	6588900	Sörmon
R 9614	1361200	6588900	1361450	6587700	Sörmon
R9617	1394500	6612200	1394700	6611200	Brattforsheden
R 9618	1394500	6612200	1394400	6611850	Brattforsheden
R 9619	1394840	6597500	1395720	6597350	Truvemossen
R 9620	1360200	6587200	1361100	6587290	Sörmon
R 97a	1389950	6580800	1385300	6579950	Arnön
R 97b1	1386000	6580200	1385600	6581450	Arnön
R 97b2	1386120	6580750	1385600	6580750	Arnön
R 97b2	1385600	6580750	1385650	6590050	Arnön
R 97c1	1389500	6585300	1389350	6585060	Bottenvik
R 97c2	1389350	6585060	1389100	6584750	Björkvik
R 97d	1391400	6589150	1390900	6588650	Moholm
R97e	1391100	6588600	1391200	6588600	Moholm
R 97f	1391460	6588430	1391550	6588340	Norra Mon
R 97g	1395500	6600350	1394950	6600400	S Mosaren
R 97h1	1395100	6602300	1394800	6602400	Lämpeshålan
R 97h2	1394850	6602450	1394900	6602180	Lämpeshålan
R 97i	1394150	6611800	1393900	6611030	Brattforsheden
R 97j	1394650	6611350	1394800	6610700	Brattforsheden
R 97k	1394490	6612240	1394300	6611350	Brattforsheden
R 97l	1394620	6611620	1394170	6611940	Brattforsheden
					SEISMIK
S 9619	1361775	6589271	1362183	6589066	Önnerudsmossen
S 9620	1359865	6590280	1360008	6589842	Sörmon,Tranhem
S 9621	1363840	6594439	1364176	6594753	Skåre
S 9622	1389375	6588380	1389570	6588290	Karsvalla
S 9623	1392880	6611690	1393280	6611880	Brattforsheden
S 9624	1395240	6604050	1395640	6604285	Nygårdskällan
S 9625	1389460	6589340	1389540	6589110	Bäck
S 9626	1394066	6591396	1394483	6591213	Ölmskog
S 9627	1393685	6593592	1394138	6593528	Hedetången
S 9628	1393820	6607114	1393930	6607305	S Sutterhöjden
S1-97	1385630	6580870	1385565	6580435	Arnön
S2-97	1389556	6585456	1389560	6585686	Bottenvik
S3-97	1391740	6588620	1391770	6588390	Lövås
S4-97	1391870	6589000	1391820	6588775	Lövås
S5-97	1394404	6611920	1394335	6611240	Brattforsheden
S6-97	1386011	6580765	1386049	6581210	Arnön

8.2 Kemiska analyser av grundvatten i observationsrör och källor

Tabell 8.2

Parameter		Provtagningsplatser			
		S 9501 rör Arnön x:65 8136 y:13 86 00	S 9502 rör Slättfallet x:66 06 85 y:13 95 20	S 9502 källa Sutterhöjden x: 66 08 50 y: 13 93 48	S 9503 källa Linddalen x: 65 97 95 y: 13 94 53
Turbiditet	FNU	26	720	7,6	0,23
Bottensats		Mycket stor	Mycket stor	Tämligen stor	Ingen
Bottensats, art		Lera	Lera	Stoft, partiklar	
Lukt 20°		Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Lukt 50°		Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Färgtal	Pt mg/l	35	35	5	5
COD(Mn)	mg/l	15	1,1	1,4	< 1
Konduktivitet 25°C	mS/m	6	43	13	7
pH		6,9	8,4	8,0	7,2
Alkalinitet	mg/l	21	265	62	26
Kolsyra agg. CO ₂	mg/l	6	<1	<1	5
Hårdhet tot. Ca+Mg	mg/l	6	19	19	10
Hårdhet, total	°dH	0,8	2,7	2,7	1,4
Fe	mg/l	0,17	0,25	0,13	<0,02
Mn	mg/l	0,18	0,08	0,03	<0,01
Al	ug/l	<0,05	0,38	<0,05	<0,05
Cu	ug/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrit, NO ₂ -N	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

9. DATABASSTRUKTUR

Den digitala informationen över grundvattentillgångar i Karlstads kommun finns tillgänglig i SGUs databaser och presenteras översiktligt i figur 9.1. Informationen är framtagen i formaten MapInfo och ArcInfo, men kan erhållas även i andra format. Data är lagrade i RT90 2,5 gon V.

Övriga data med anknytning till ”Karta över grundvattentillgångar i Karlstad kommun” som finns tillgängliga på SGU är bl.a.:

- tolkade bilder på seismiska profiler,
- anpassade symbolfiler i formatet MapInfo,
- postscriptfiler för utplottning av data

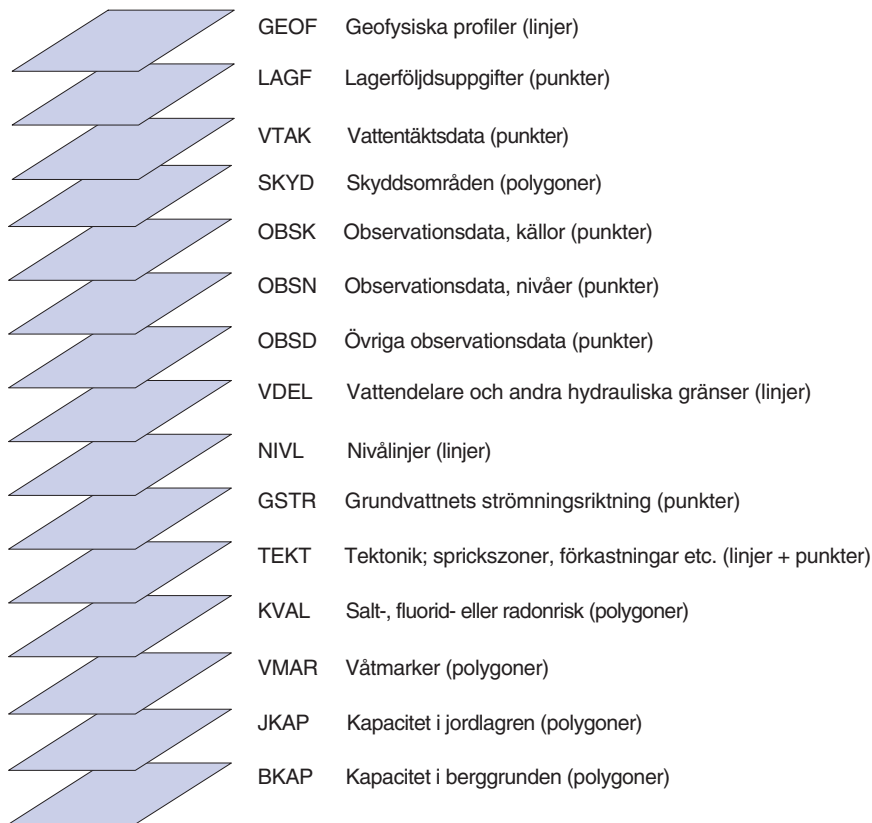


Fig 9.1. Översiktlig databasstruktur. För Karlstad kommun saknas skikten KVAL och SKYD.

10. LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR

10.1 Litteratur

- Aastrup, M., 1985: Grundvattenövervakning inom PMK. Rapport från verksamheten 1985. *Statens naturvårdsverk. Rapport 3236*.
- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4415*.
- Agerstrand, T., 1973. *Praktisk geohydrologi. Praktisk miljökunskap. Vattenmiljön*, 53–80. Red. Brink, Céwe m.fl. Natur och Kultur, Stockholm.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafsson, G., 1984: Brunnar: Undersökning – Dimensionering – Borrning – Drift. *Byggforskningsrådet R 42: 1984*.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T., 1980: Utvinning av värme ur bergborrade brunnar. Förstudie. *Byggforskningsrådet. R 142: 1980*.
- Aneblom, T., 1998: Karta över grundvattnet i Värmlands län med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Ah 19*.
- Bengtsson, M.-L., 1996: Hydrogeologisk sårbarhetsklassificering som verktyg i kommunal planering. Med exempel från Lerums kommun. *Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen Publ. A81*.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI, Norrköping.
- Bertills, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Försurningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 3567*.
- Blomqvist, T., 1969. Sörmon. *Stratigrafiska studier av en litoralt omlagrad glaciofluvial ackumulation i Värmland*. Kvartärgeologiska institutionen. Uppsala universitet.
- Brink, R. & Tullberg, H., 1982: Att utvinna och lagra värme i mark och vatten. Juridiska aspekter. *Byggforskningsrådet. T 44: 1982*.
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt. Metod–Teknik–Analys*. Stockholm.
- Byggforskningsrådet, 1982: Bergvärme, grundvattenvärme och geotermi. BFR-seminarium maj 1982. *Rapport R130:1982*.
- Bäckström, O., 1981: *Försurning*. Uppsala universitet. Kvartärgeologiska avdelningen.
- Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrocks. *Nordic Hydrology 8*, 103–116.
- Carlsson, L. & Gustafsson, G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. *Byggforskningsrådet R41: 1984*.
- Coordinating committee for hydrology in Nordic countries (COHYNO), 1984: *Nordic Glossary of Hydrology*. Iréne Johansson (ed.), Almquist & Wiksell International, Stockholm.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäcket akviferer främst åsarnas. *Grundvatten*. Red. Eriksson, Gustafsson och Nilsson. Norstedt & Söner förlag. Stockholm.
- Engqvist, P., Olsson, T. & Svensson, T., 1978: Pumping and recovery tests in wells sunk in till. *Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting, Hanasaari, 1978. Papers of workshops*. Helsinki.
- Eriksson, A., 1981: Energibrunnar. *Sveriges geologiska undersökning. Information från brunnarsarkivet 1/81*.
- Flentzberg, A., 1909: Offerkällor och trefaldighetskällor. *Fataburen*, 65–84, 141–149.
- Fredén, C., (temaredaktör) 1998: *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas. Andra uppl.
- Fredén, C., 2000: Jordartskartan Karlstad NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 140*.
- Fredén, C., 2000: Jordartskartan Karlstad SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 141*.
- Fredén, C., 2001: Jordartskartan Karlstad NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 142*.
- Fredén, C., 2001: Jordartskartan Munkfors SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 150*.

- Frycklund, C., Jacks, G., Johansson, P.-O. & Lekander, K., 1994: Konstgjord grundvattenbildning – Processtudier vid inducerad infiltration och bassänginfiltration. *VA-forsks rapportserie 1994-08*.
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrickningen. *Folkminnen och folktankar vol 21*, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck*. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala.
- Gustafsson G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nordic Hydrologic Conference, Aalborg 1974*, 525–543. København.
- Gustafsson, G., 1976: A method of calculating the hydraulic properties of leaky esker–aquifer systems. Nordic Hydrologic Conference, Reykjavik 1976, IV 47–64. Även i: *Nordic Hydrology* 8, 1977, 65–82. Reykjavik.
- Gustafsson, G., Norling, E., Ahlbom, K., De Geer, J., Hård, S., Karlqvist, L., Persson, G. & Thoregren, U., 1980: Energigeologisk kartering. Metodstudie. *Byggeforskningsrådet R 134: 1980*.
- Gustafsson, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. *Grundvatten*. Red. Eriksson, Gustafsson och Nilsson. Nordstedt & Söners förlag. Stockholm.
- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet*. Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo.
- Hydén, H., 1983: Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter. *Byggeforskningsrådet. R:47*.
- Hörner, N.H., 1927: Brattforsheden. Ett värmländskt randdeltakomplex och dess dyner. *Sveriges geologiska undersökning C 342*.
- Johansson, P.-O., 1987: Methods for estimation of direct natural groundwater recharge in humid climates – with examples from sandy till aquifers in southern Sweden. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 1045*.
- Johansson, P.-O., 1987: Spring discharge and aquifer characteristics in a sandy till area in southeastern Sweden. *Nordic Hydrology* 18, 203–220.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten, teori och tillämpning*. AB Svensk Byggtjänst, Solna.
- Knutz, Å., Svensson, T., Lindmark, P., Rosén, B., Eriksson, A. & Landin, O., 1995: Yt- och grundvat-
tenskydd. *Vägverket Publikation. 1995:1*.
- Larsson, I., 1972: Groundwater in granite rocks and tectonic models. *Nordic Hydrology* 3, 111–129.
- Larsson, I., 1977: Torra och vattenrika bergartstyper i svenskt urberg. *Vatten* 33.2, 96–101. Stockholm.
- Lerner, D.N., Issar, A.S. & Simmers, I., 1990: *Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge*. Internat. Assoc. of Hydrogeologists. Hannover, Heise. (International contributions to hydrogeology. Vol. 8).
- Lidman, E.-K. & Mattsson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet. Stockholm.
- Lindell, M., 1966: *Isälvsavlagringar i Gästrikland och Hälsingland*. Lic. avhandling i naturgeografi. Naturgeografiska inst., Uppsala universitet.
- Lindén, A., Melin, O. & Mellander, H., 1983: *Områden med anomal radioaktiv värmeproduktion i södra och mellersta Sverige*. Energiforskningsnämnden. Långsiktig energitillförsselforskning.
- Lindgren, J., 1997: Radon i vatten – ännu inga gränsvärden. *Sveriges geologiska undersökning. Grundvatten* 2/96–1/97.
- Lundqvist, J., 1958: Beskrivning till jordartskarta över Värmlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 38*.
- Müllern, C.-F., 1980: Airborne geophysical measurements used for hydrogeological mapping. 6:e *Nordiska Hydrologiska Konferensen. Uppsala Universitet, Naturgeografiska Institutionen. Rapport Nr 53*. Uppsala.
- Naturvårdsverket, 1991: Grundvattentäkter. Skyddsområden – Skyddsföreskrifter. *Allmänna råd 90:15*.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *NHP rapport 35*.

- Nordqvist, R., 1982: *Försurning*. Uppsala Universitet. Kvartärgeologiska avdelningen.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Byggnadsförkningsrådet. R 149: 1985*.
- Persson, G., 1992: Groundwater protection and vulnerability maps in Sweden. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol. XLII*.
- Programmet för övervakning av miljö kvalitet (PMK), 1986: Sura och försurade vatten. *Monitor: Statens naturvårdsverk*.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. Report *Series A, No 41, Division of Hydrology, Uppsala Univ.*
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 3023*.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet, Stockholm.
- Saxena, R. & Dressie, Z., 1983: Estimation of groundwater recharge and moisture movement in sandy formations by tracing natural 0-18 and injected tritium profiles in the unsaturated zone. *I: Isotope hydrology (Proceedings of Symposium in Vienna, 1983), IAEA, Vienna, 139–150*.
- Statens Livsmedelsverk, 1993: Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. *SLV Författningssamling 1993:35*.
- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU 1994:97*.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstgjord grundvattenbildning. *VA-forsks rapportserie 1992-13*.
- Svenska Vatten- och Avloppsverksförbundet, 1995: VA-verk 1994. Statistiska uppgifter över kommunala vatten- och avloppsverk. *VAV S94*.
- Svenska Vatten- och Avloppsverksförbundet, 1997: Skydd av vattentäkter. *Meddelanden, VAV M98*.
- Sveriges geologiska undersökning, 1968: *Inventering för naturvårdsändamål av grusförekomster inom Gävleborgs län. Delrapport 1*.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC 45*. Uppsala.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1984: Geologisk ordlista. *TNC 77*. Uppsala.
- UNESCO, 1983: *International legend for hydrogeological maps*. UNESCO, Paris.

10.2 SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

Nr

17. Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand–bentonitskikt. 1980.
21. Groundwater-level fluctuations as a measure of the effective porosity and groundwater recharge. 1980.
27. Intruded and relict groundwater of marine origin. SWIM -81. 1981.
30. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
37. Geokemisk kartering. 1984.
39. Salt grundvatten i Sverige. 1985.
42. Geokemisk kartering. Bäcktorv. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
57. Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
67. Strandförskjutningen i Eskilstunatrakten för ca 9 000 till 4 000 år sedan. 1991.
75. Biogeokemiska kartan 8–10, G–J och 11–12, H–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1993.
86. Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövärdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.
99. Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999. 1999.

10.3 Grundvattenkartor

SGU serie Ag, grundvattenkartor i skala 1:50 000

Nr

1. Örebro SV
2. Örebro NO
3. Örebro NV
4. Trelleborg NV/Malmö SV
5. Örebro SO
6. Trelleborg NO/Malmö SO
7. Nynäshamn NV
8. Eskilstuna NO
9. Linköping NO
10. Östergötlands sedimentära berggrund (skala 1:100 000)
11. Eskilstuna NV
12. Norrköping NO
13. Malmö NV
14. Helsingborg SV
15. Höganäs NO/Helsingborg NV

SGU serie Ah, grundvattenkartor, län, i skala 1:250 000

Nr

1. Kalmar län
2. Västmanlands län
3. Gotlands län
4. Blekinge län
5. Uppsala län
6. Stockholms län
7. Södermanlands län
8. Hallands län
9. Skaraborgs län
10. Kronobergs län
11. Jönköpings län
12. Göteborgs och Bohus län
13. Älvsborgs län
14. Östergötlands län
15. Skåne län
16. Gävleborgs län
17. Grundvattnet i Sverige (skala 1:1 miljon)
18. Dalarnas län
19. Värmlands län
20. Örebro län
21. Jämtlands län (under arbete)
22. Västerbottens län
23. Västernorrlands län (under arbete)
24. Norrbottens län (under arbete)

SGU serie An, digitala grundvattenkartor, kommuner, i skala 1:50 000

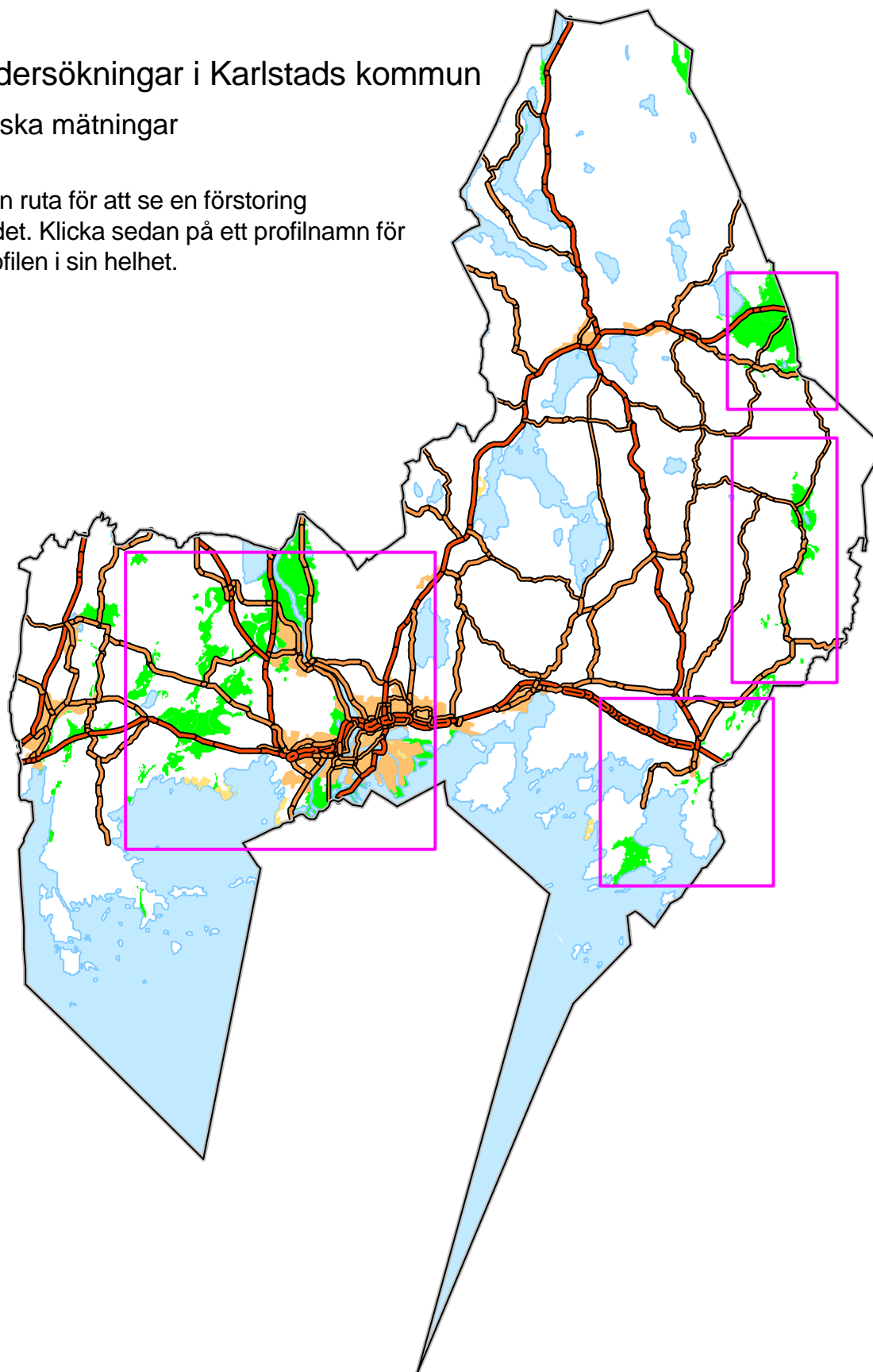
Nr

1. Haninge
2. Hässleholm
3. Strängnäs
4. Upplands-Bro
5. Södertälje
6. Söderhamn
7. Katrineholm
8. Karlstad
9. Laxå
10. Norrköping
11. Linköping
12. Nynäshamn
13. Bollnäs
14. Höganäs
15. Håbo
16. Kristinehamn
17. Umeå
18. Göteborg
19. Heby
20. Helsingborg (under arbete)
21. Stockholm

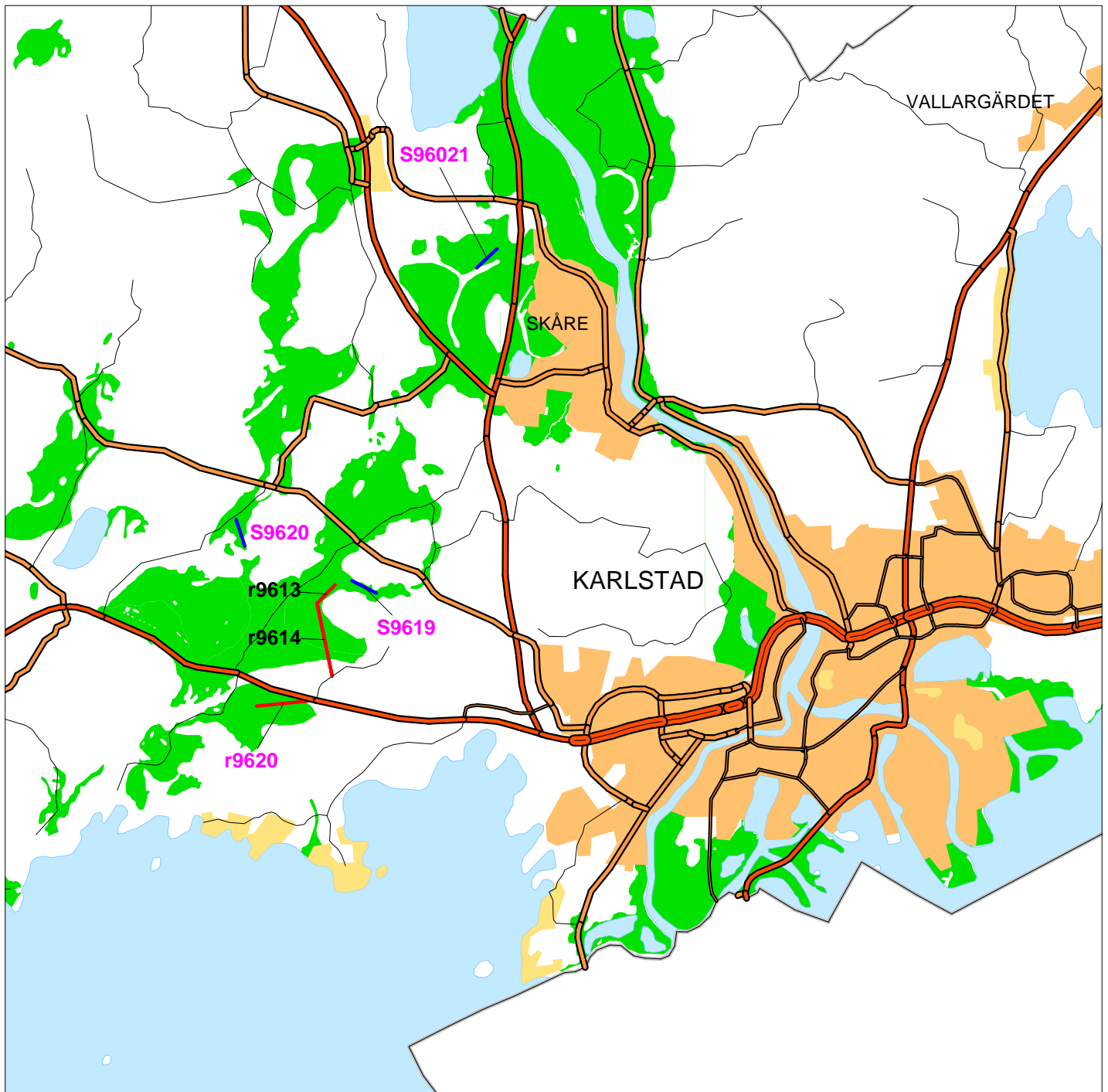
Fältundersökningar i Karlstads kommun




Geofysiska mätningar

Klicka i en ruta för att se en förstoring av området. Klicka sedan på ett profilnamn för att se profilen i sin helhet.

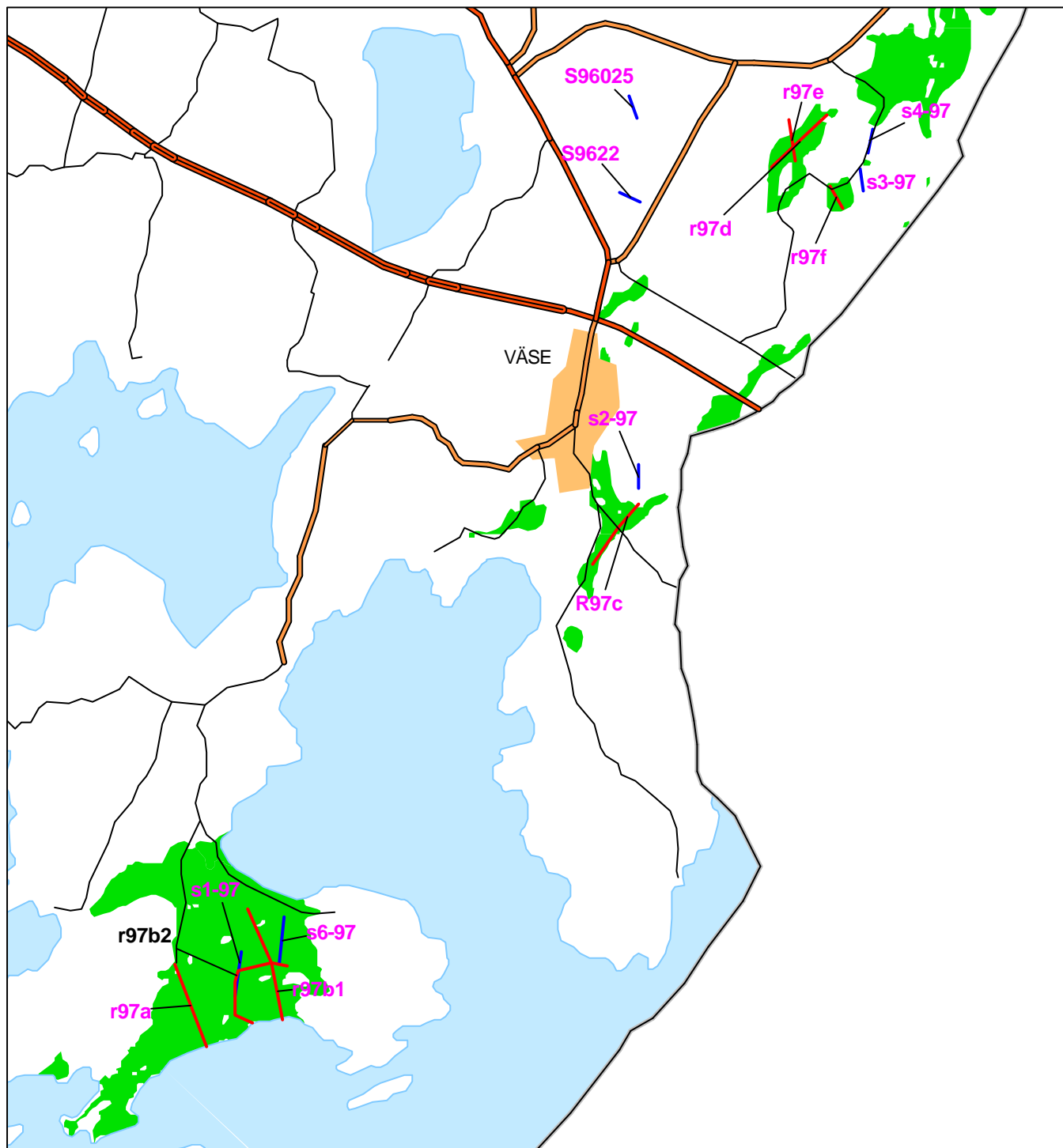





Vid klick på en seismisk- eller georadarprofil med violett namn visas profilen i dess helhet.



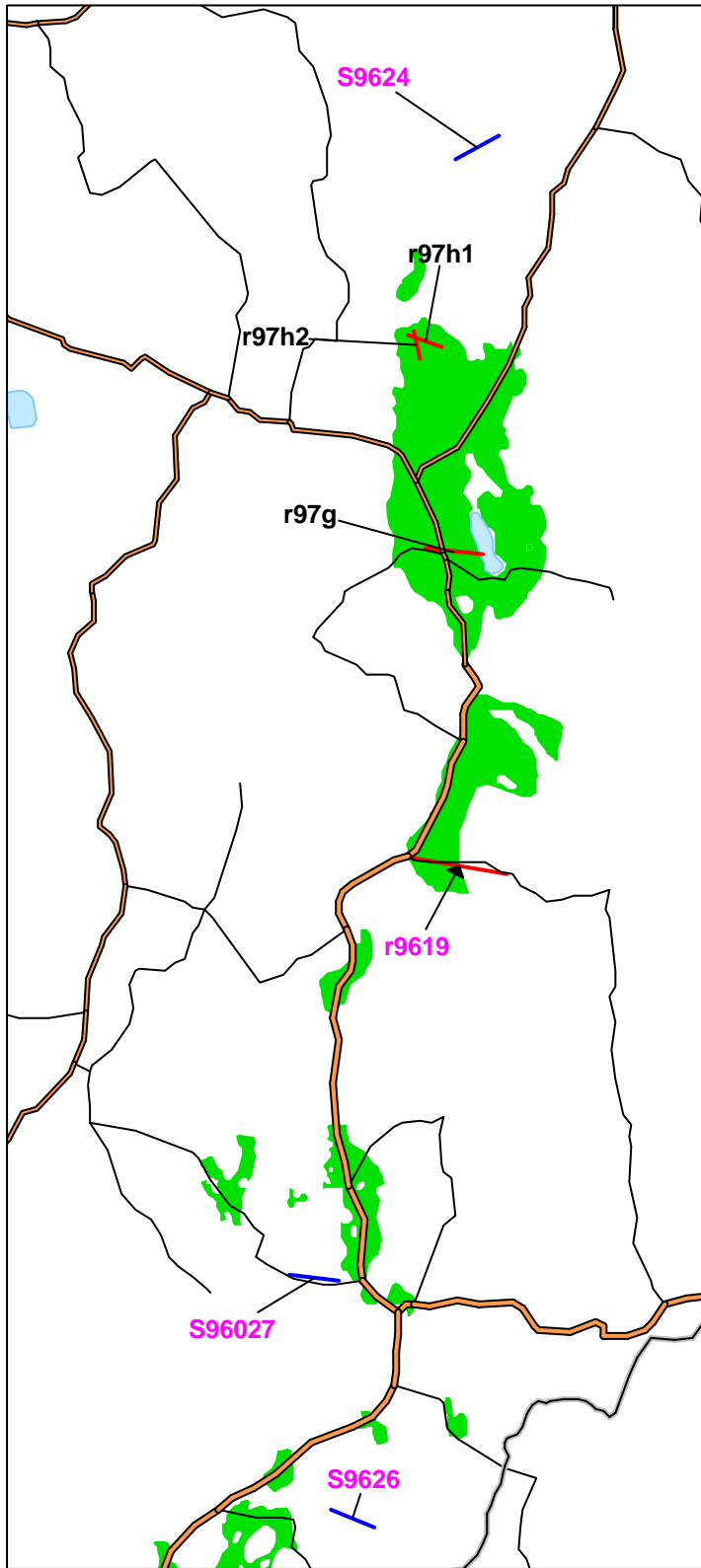
-  Georadarprofil
-  Seismisk profil
-  Isälvsavlagring

Vid klick på en seismisk- eller georadarprofil med violett namn visas profilen i dess helhet.

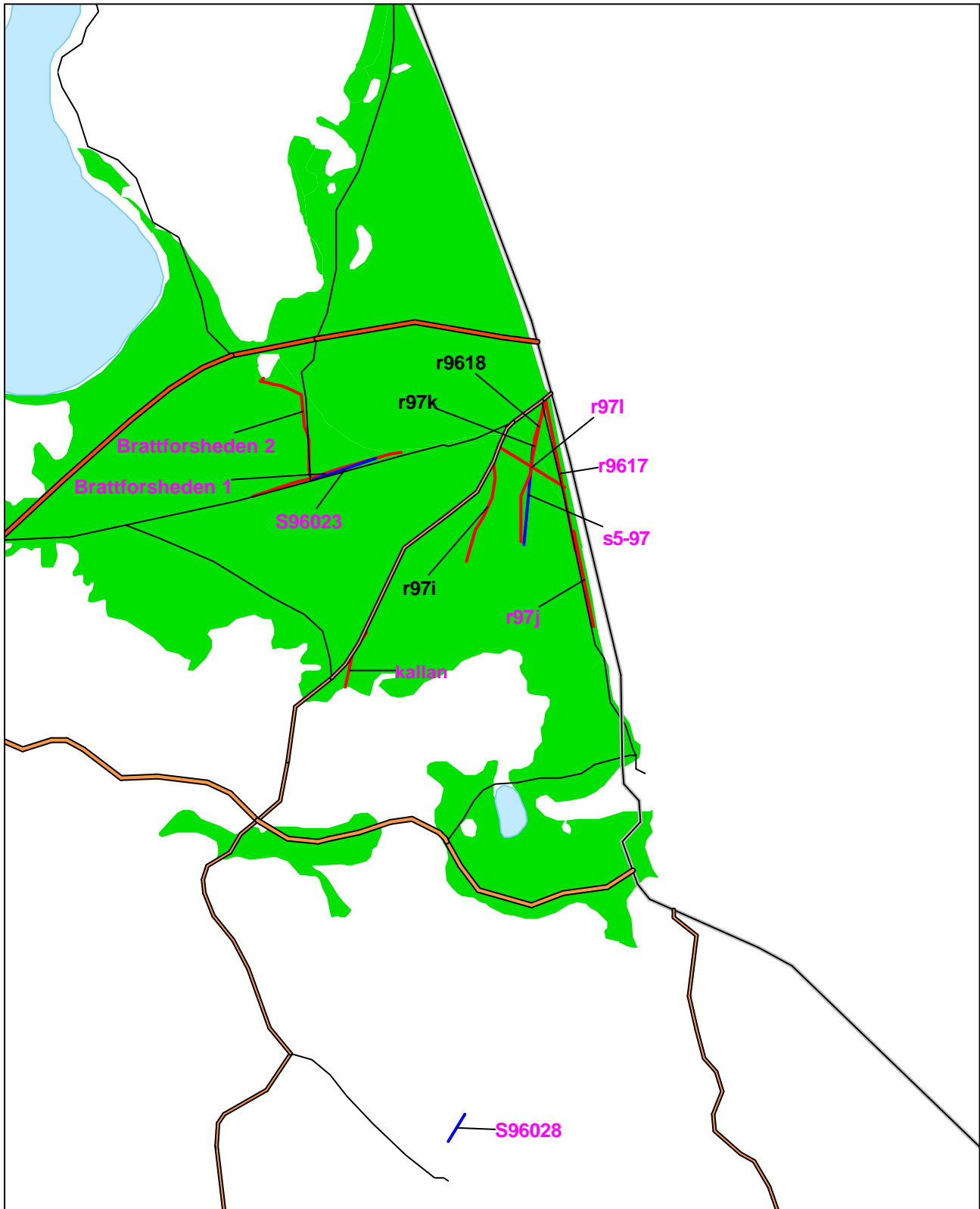





-  Seismisk profil
-  Georadarprofil
-  Isälvsavlagring

Vid klick på en seismisk- eller georadarprofil med violett namn visas profilen i dess helhet.



Vid klick på en seismisk- eller georadarprofil med violett namn visas profilen i dess helhet.

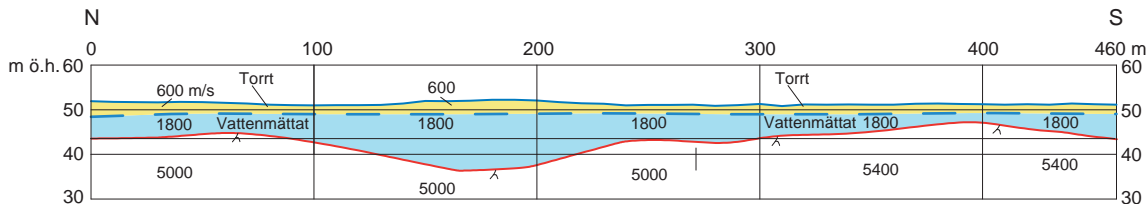


-  Georadarprofil
-  Seismisk profil
-  Isälvsavlagring

6580870
1385630

PROFIL S1-97, Arnön Karlstads kn

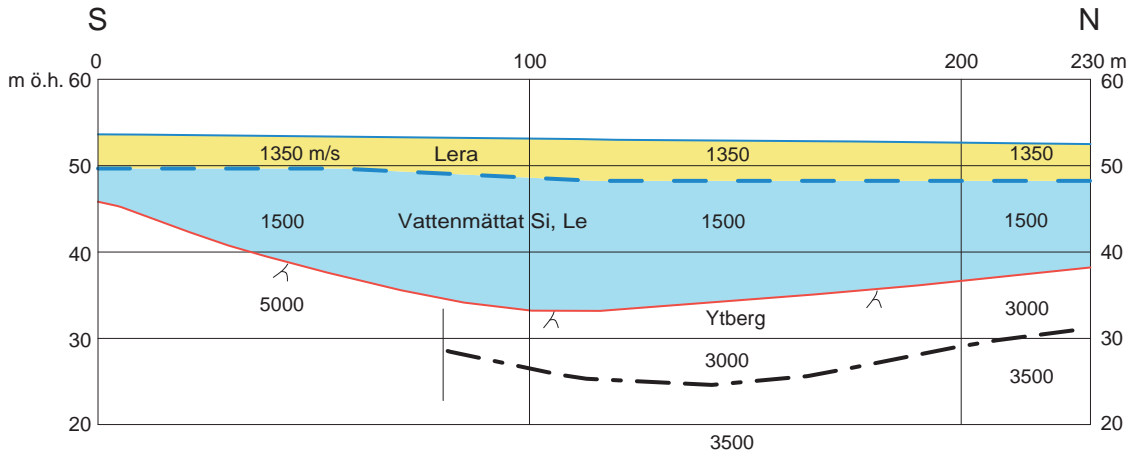
6580435
1385565



6585456
1389556

PROFIL S2-97, Bottenvik Karlstads kn

6585686
1389560

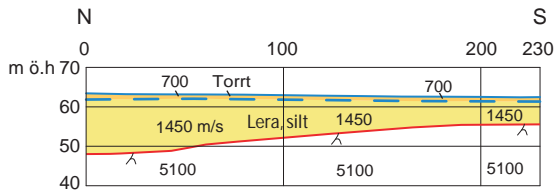


PROFIL S4-97, Lövås

6589000
1391870

Karlstads kn

6588775
1391820

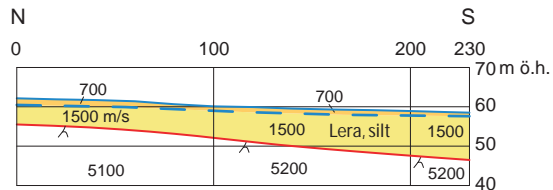


PROFIL S3-97, Lövås

6589000
1391870

Karlstads kn

6588775
1391820

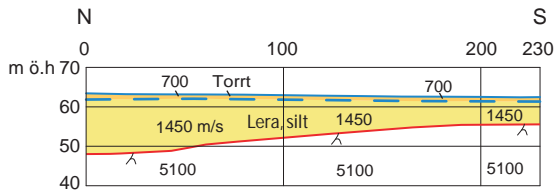


PROFIL S4-97, Lövås

6589000
1391870

Karlstads kn

6588775
1391820

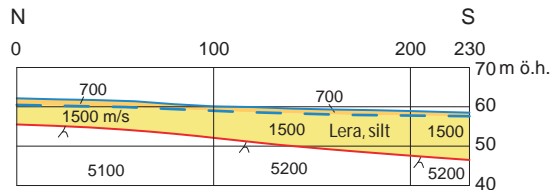


PROFIL S3-97, Lövås

6589000
1391870

Karlstads kn

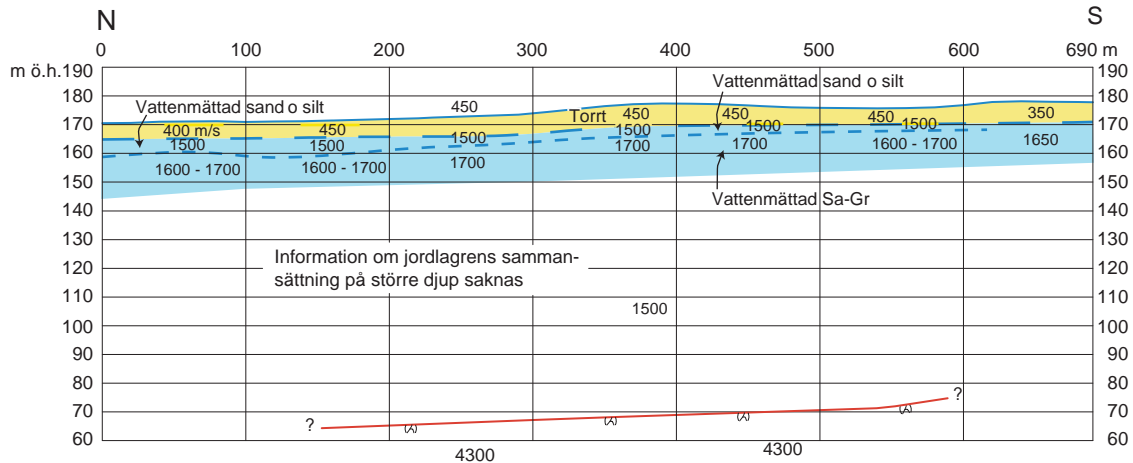
6588775
1391820



6611920
1394405

PROFIL S5-97, Brattforsheden Karlstads kn

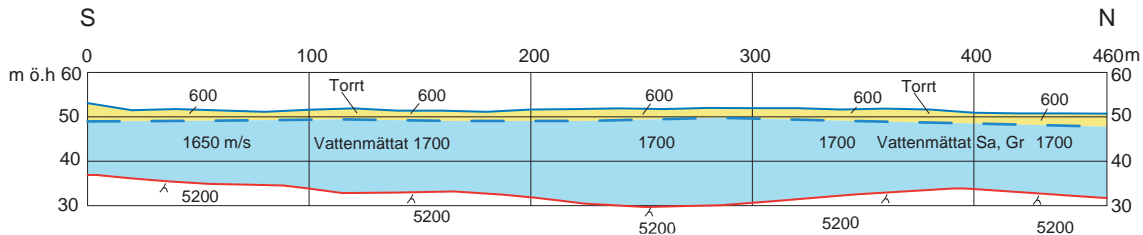
6611240
1394335



6580756
1386011

PROFIL S6-97, Arnön Karlstads kn

6581210
1386049



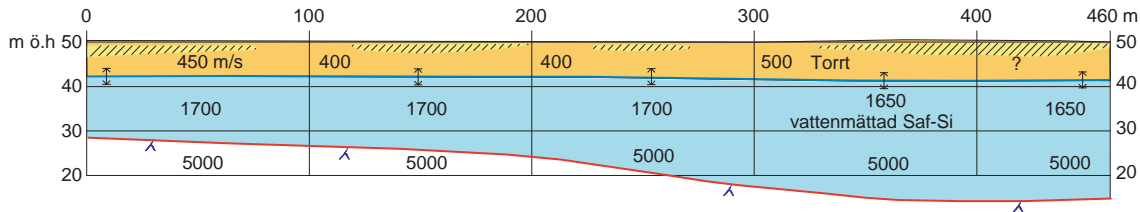
6594439
1363840

PROFIL S96021, Brattforsheden Karlstads kn

6594753
1364176

SV

NO

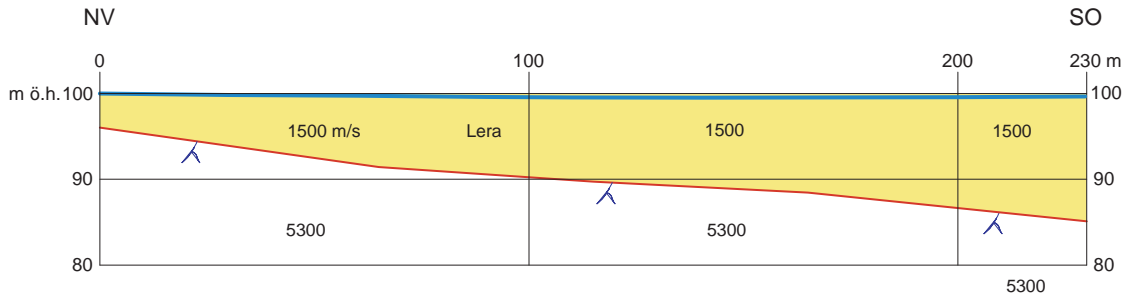


 vattenhållande silt 1400 -1500 m/s

PROFIL 96022, Karsvalla
Kristinehamns kn

6588380
1389375

6588290
1389570



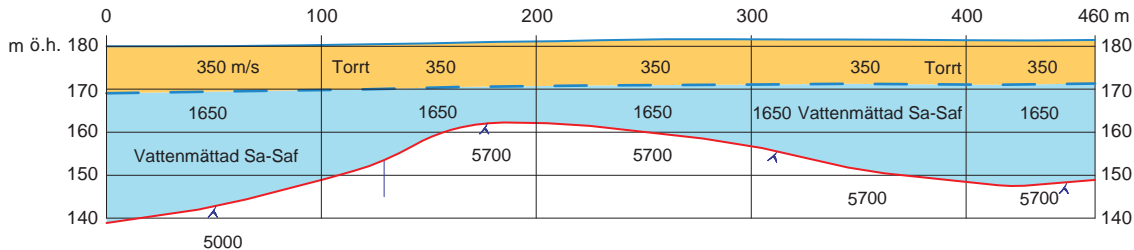
6611690
1392880

PROFIL 96023, Brattforsheden

6611880
1393280

VNV

ONO



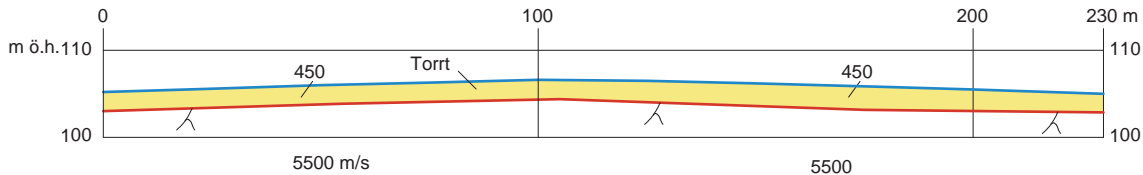
6589340
1389460

PROFIL 96025, Bäck

6589110
1389540

NNV

SSO



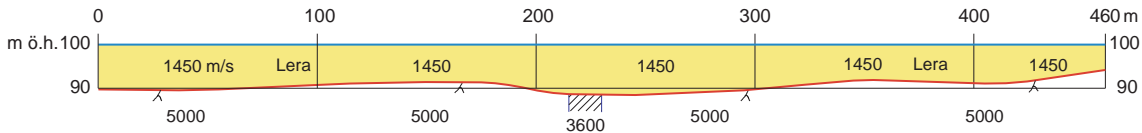
PROFIL 96026, Ölmskog
Karlstads kn

6591396
1394066

6591213
1394483

NV

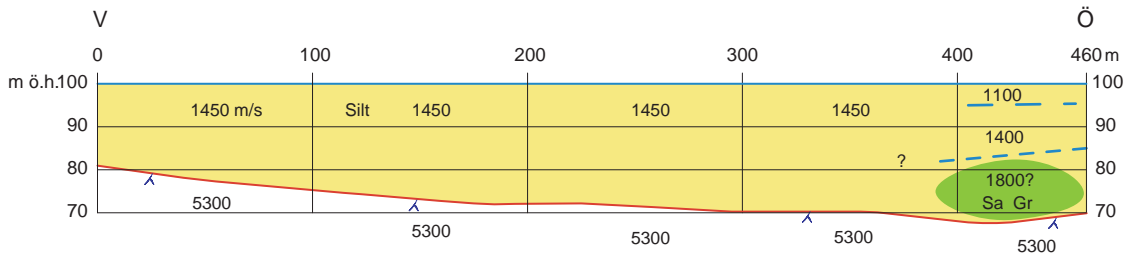
SO



PROFIL 96027, Hedetången Karlstads kn

6593592
1393685

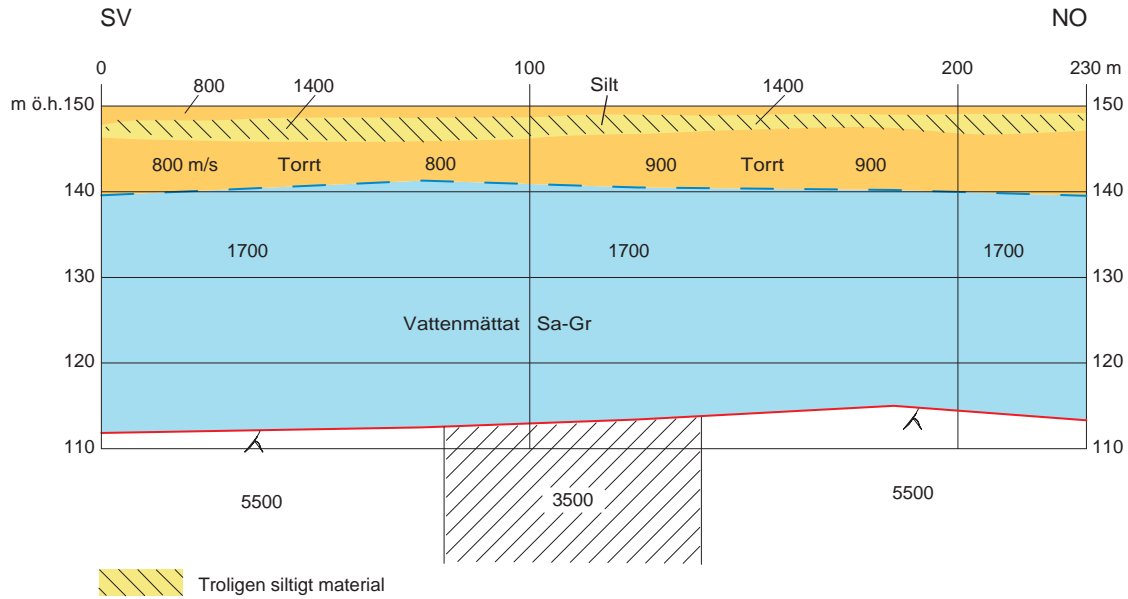
6593528
1394138



6607114
1393820

PROFIL 96028, Sutterhöjden Karlstads kn

6607305
1393930



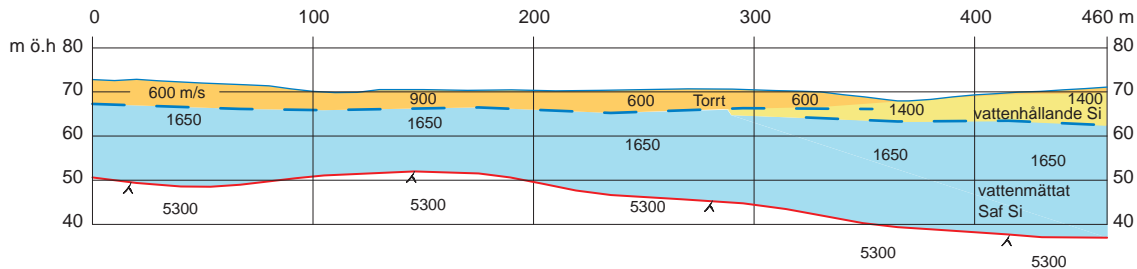
6589271
1361775

PROFIL S9619, Önnerudsmossen Karlstads kn

6589066
1362183

VNV

OSO



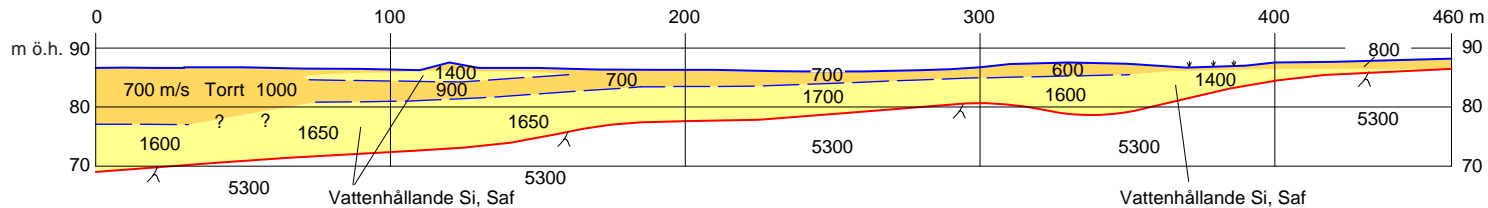
6590280
1359865

PROFIL 9620 Sörmon, Tranhem Karlstads kn

6589842
1360008

NNV

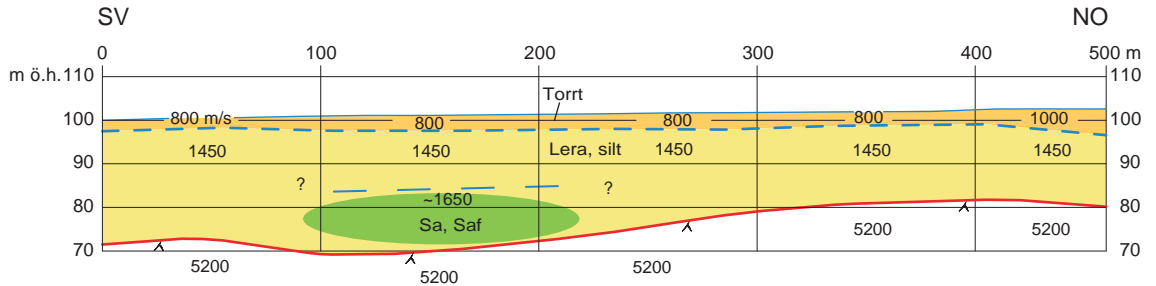
SSO



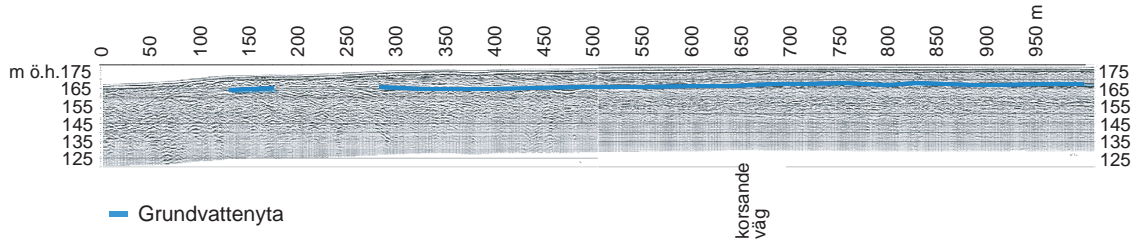
6604050
1395240

PROFIL 9624, Nygårdskällan Karlstads kn

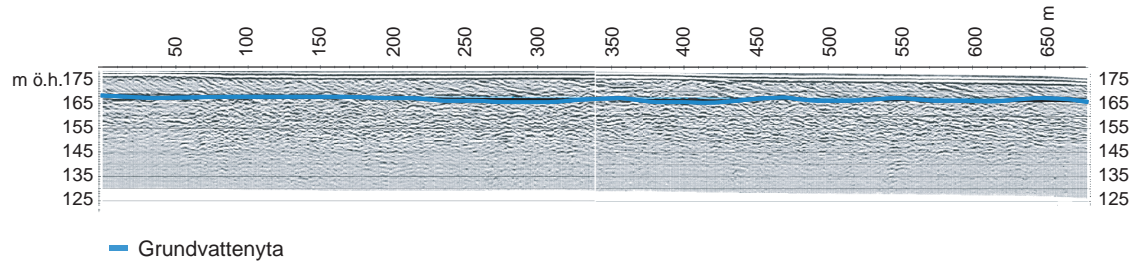
6604285
1395640



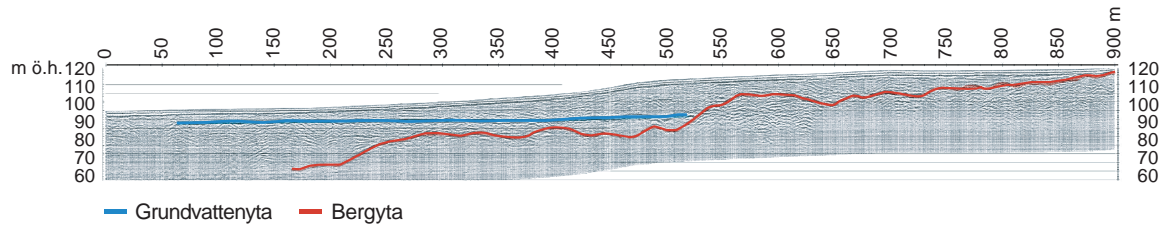
PROFIL R9617
Karlstads kommun



PROFIL R97j
Karlstads kommun

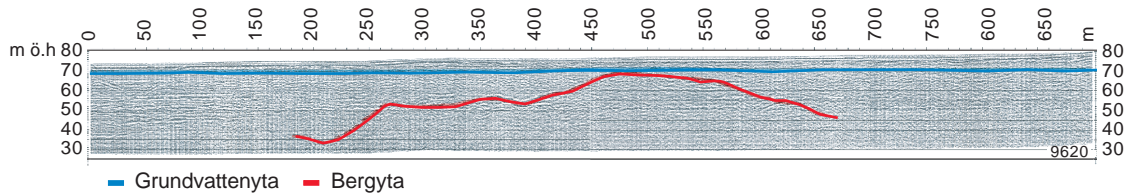


PROFIL R9619, Karlstads kommun

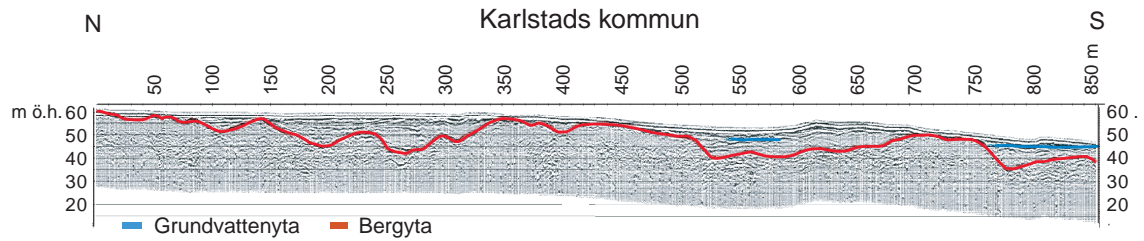


PROFIL R9620

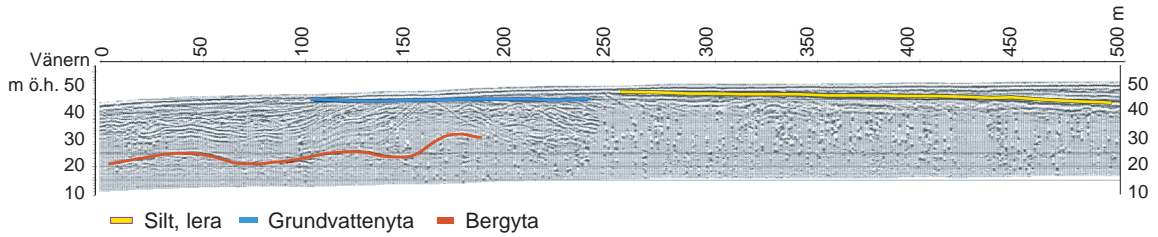
Karlstads kommun



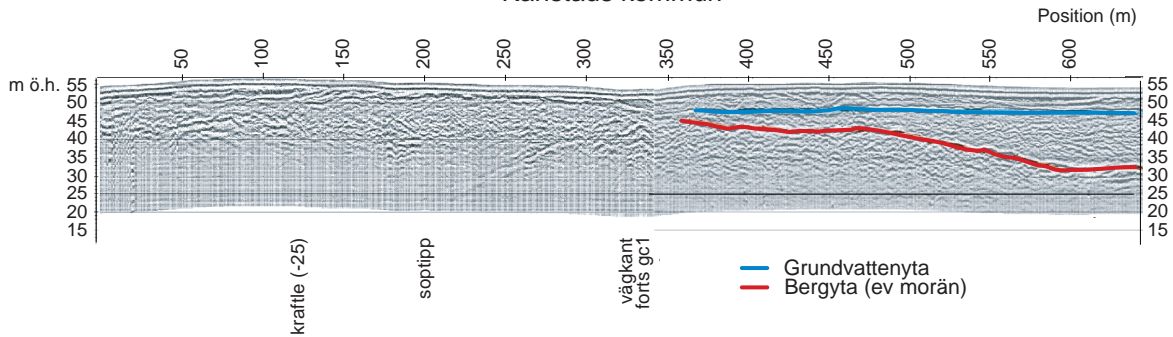
PROFIL R97a, Karlstads kommun



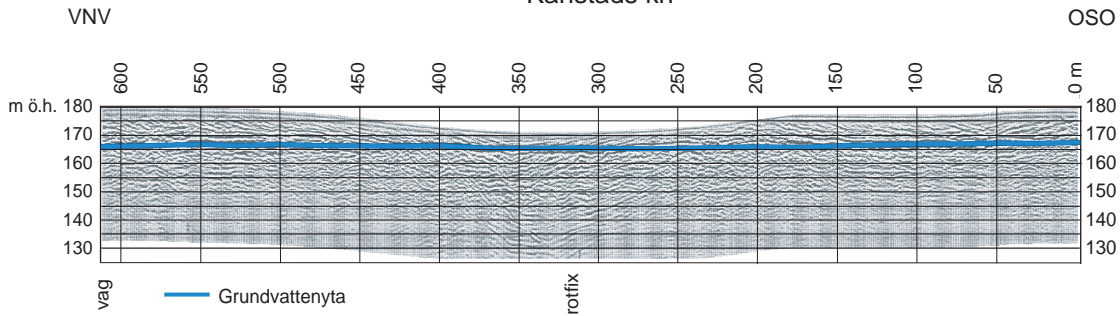
PROFIL 97b1, Karlstads kommun



PROFIL R97c, Karlstads kommun

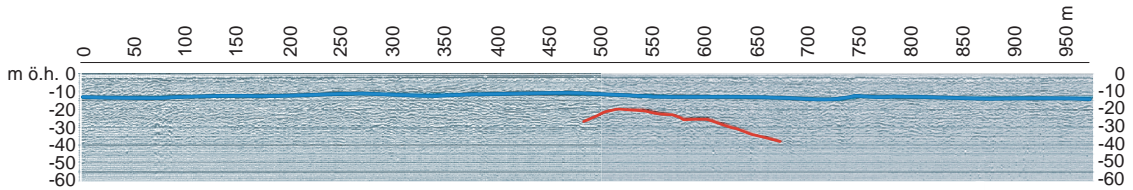


PROFIL R97L, Brattförsheden Karlstads kn

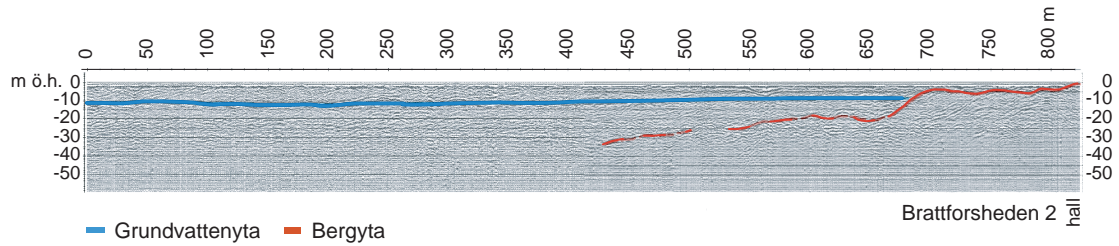


PROFIL Brattforsheden 1

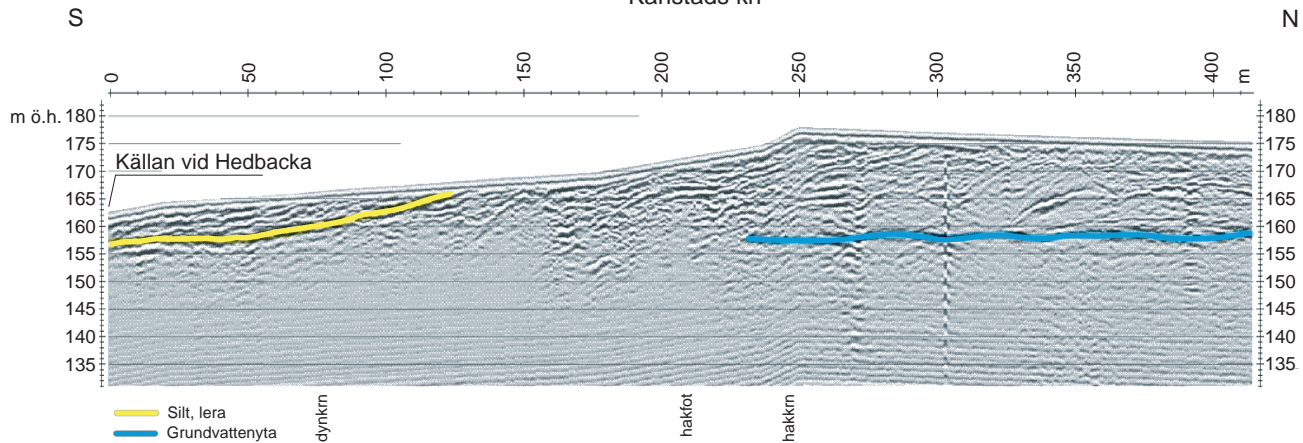
Karlstads kommun



PROFIL Brattforsheden 2 Karlstads kommun



Markradar, profil vid Hedbacka Karlstads kn



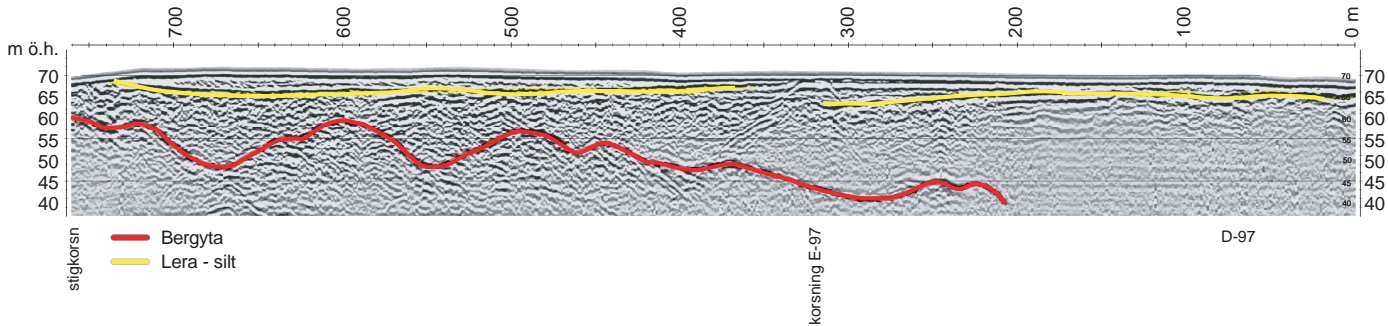
6588630
1390877

Georadar R97d, Norra Mon Karlstads kn

6589141
1391420

SV

NO



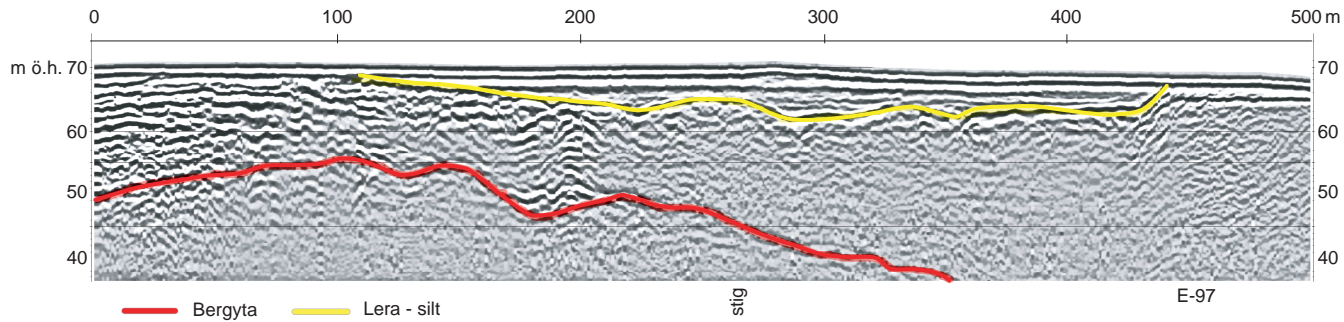
Georadar R97e, Norra Mon
Karlstads kn

6588600
1391110

6589100
1391045

S

N



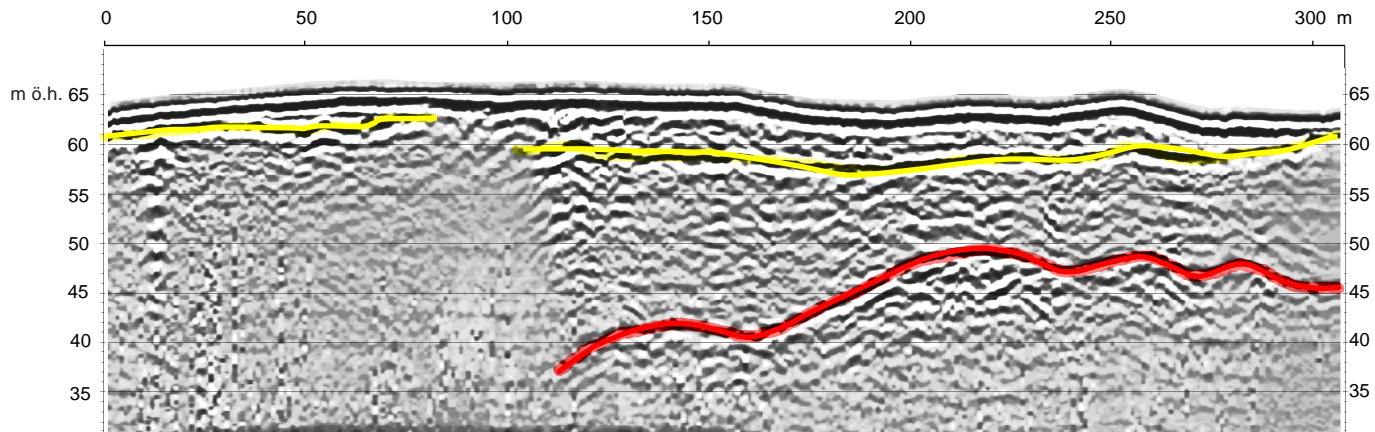
6588440
1391450

Georadar R97f, Norra Mon
Karlstads kn

6588220
1391570

NV

SO



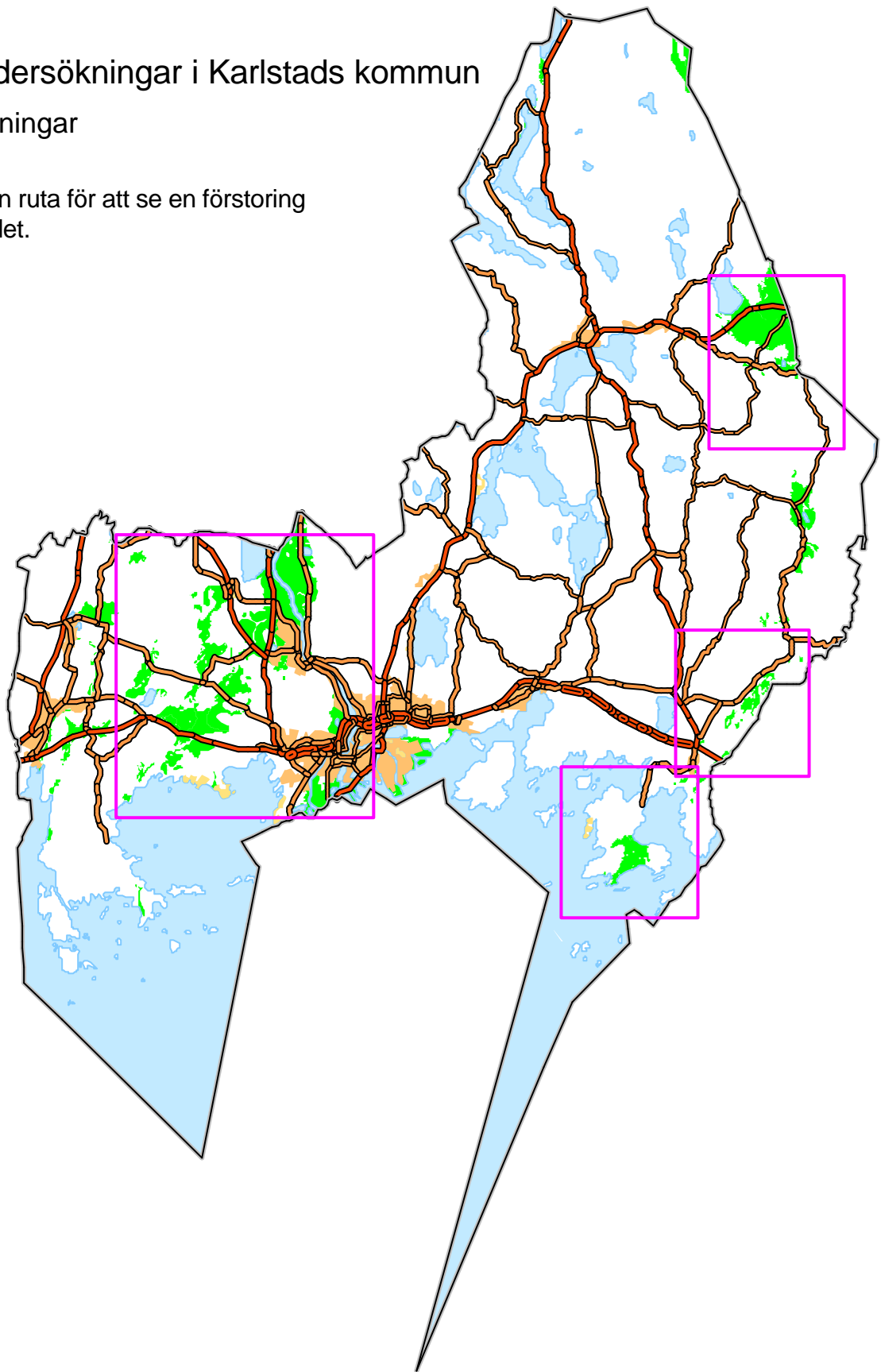
— Bergyta

— Lera - silt

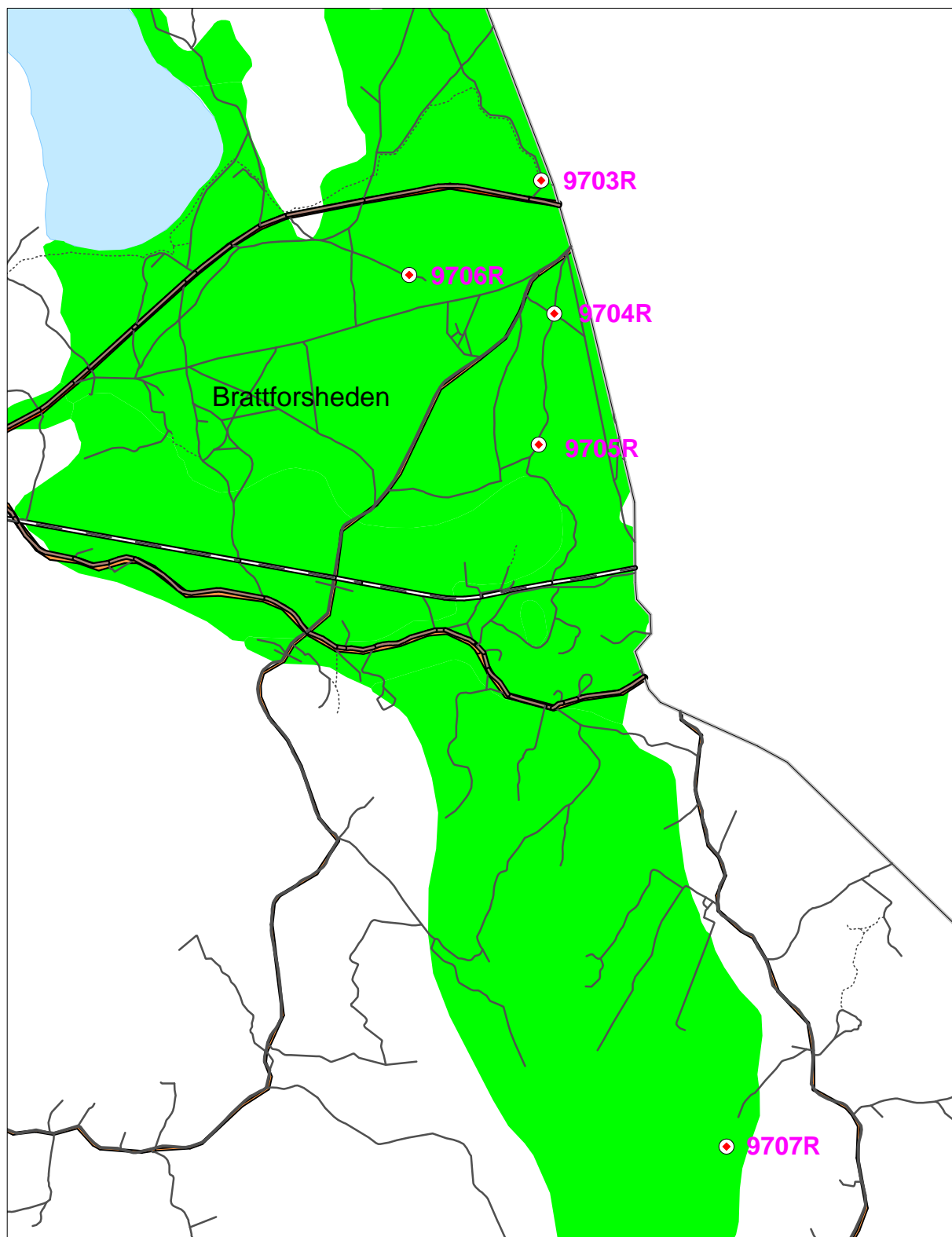
Fältundersökningar i Karlstads kommun

Rörborningar

Klicka i en ruta för att se en förstoring av området.



Klicka på den violetta benämningen för att se uppgifter från borrhningen.

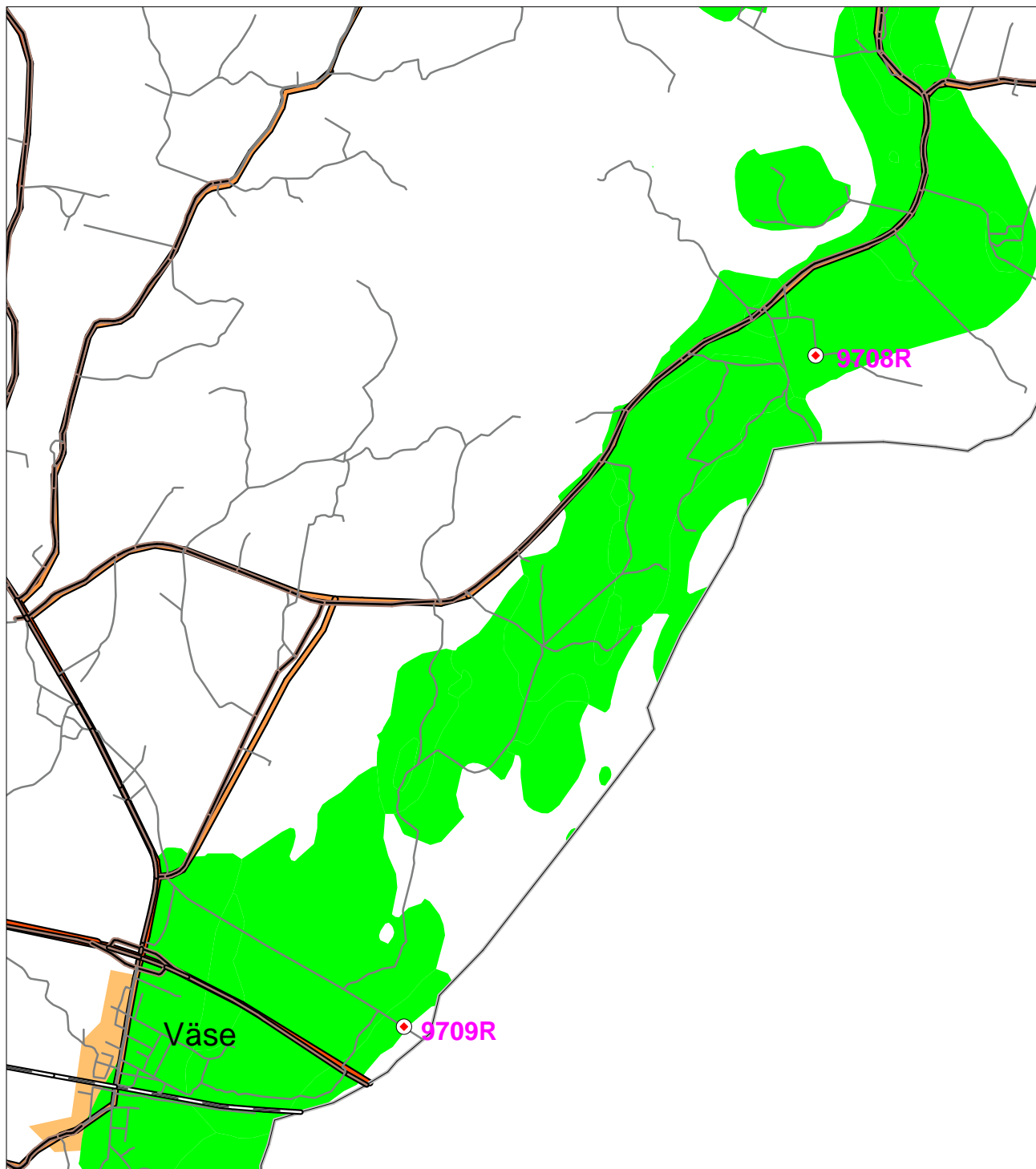


Isälvsavlagring



Borring med uppgift om lagerföljd

Klicka på den violetta benämningen för att se uppgifter från borringen.

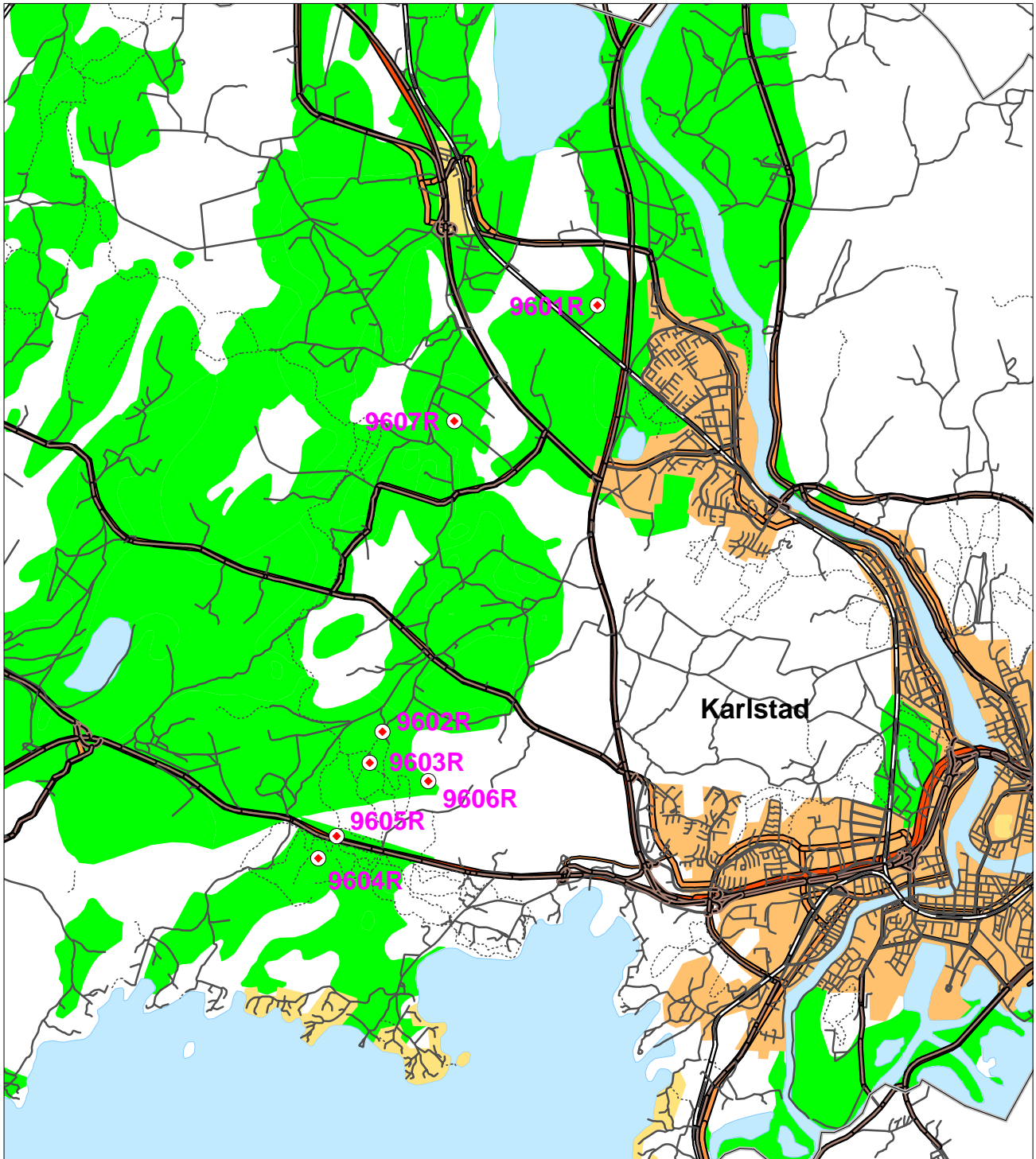


Isälvsavlagring



Borring med uppgift om lagerföljd

Klicka på den violetta benämningen för att se uppgifter från borrhningen.

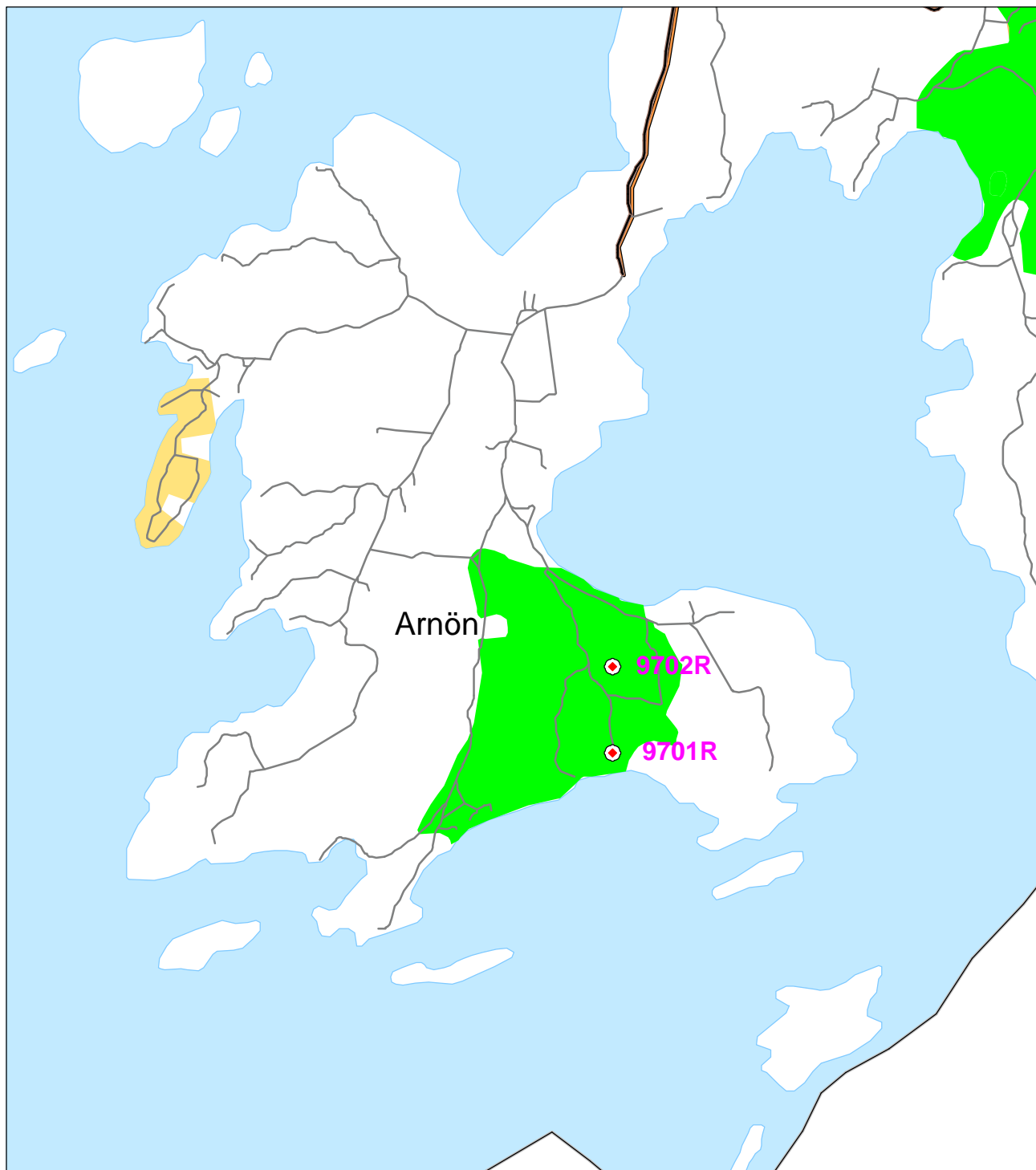


Isälvsavlagring



Borrhning med uppgift om lagerföljd

Klicka på den violetta benämningen för att se uppgifter från borrhningen.



Isälvsavlagring



Borrhning med uppgift om lagerföljd

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9601R	6594725	1364100	spets	48,06	51,94	0	2	grovsilt–finsand
						2	5	finsand
						5	7	finsand
						7	9	finsand
						9	10	finsand
						10	12	finsand
						12	13	finsand
						13	14	finsand
						14	16	grovsilt
						16	21	lera
						21	22	grovsilt–finsand
						22	23	grovsilt–finsand
						23	27	grovsilt–finsand
						27	27,5	grovsilt–finsand
27,5	29	morän, ospec.						
29	30	morän, ospec.						

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvattennivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9602R	6588920	1361175	spets	79,16	83,79	0	6	finsand
						6	9,3	lera
						9,3	11	finsand
						11	14	sand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvattennivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9603R	6588500	1361000	spets	uppgift saknas	92,32	0	16,5	finsand
						16,5	22,3	lera
						22,3	25	finsand
						25	35,5	sand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvattennivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9604R	6587200	1360300	spets	68,32	73,26	0	5	finsand
						5	10	finsand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9605R	6587500	1360550	spets	67,28	78,56	0	3	finsand
						3	8	grovsilt
						8	14	finsand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvattennivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9606R	6588250	1361800	spets	77,47	84,79	0	13,5	finsand
						13,5	22	lera
						22	24,5	sand
						24,5	32,8	sand
						32,8	35,5	morän, ospec.

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9607R	6593150	1362150	spets	48,51	51,35	0	1,5	grovsilt-finsand
						1,5	8	lera
						8	9	finsand
						9	14	morän, ospec.

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9701R	6580350	1385970	spets	43,65	49,08	0	8	sand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9702R	6580960	1385970	spets	48,44	51,82			
						0	2	finsand
						2	3	mellansand
						3	4	sand
						4	5	mellansand
						5	6	mellansand
						6	7	sand
						7	8	sand
						8	9	sand
						9	10	sand
						10	11	finsand
						11	12	finsand
						12	15	lera
						15	16	morän, ospec.
						16	17	morän, ospec.

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9703R	6612820	1394300	spets	159,03	183,19			
						0	5	finsand
						5	6	sand-block (friktionsjord, ospec)
						6	28,6	finsand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9704R	6611790	1394400	spets	166,29	172,31	0	2	finsand
						2	5	finsand
						5	9	mellansand
						9	10	mellansand
						10	11	mellansand
						11	12	mellansand
						12	15	mellansand
						15	16	finsand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9705R	6610780	1394280	spets	158,09	169,17	0	15	finsand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9706R	6612090	1393280	spets	166,59	182,46	0	19	finsand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9707R	6605360	1395730	spets	104,1	117,74			
						0	2	finsilt–mellansilt
						2	4	lera
						4	16	lera
						16	18	lera
						18	22	silt
						22	24	lera–silt (kohesionsjord, ospec)
						24	26	silt
						26	33	lera–silt (kohesionsjord, ospec)
						33	35	grovsilt
						35	38	lera–silt (kohesionsjord, ospec)
						38	44	lera
						44	45	morän, ospec.
						45	45,4	morän, ospec.

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9708R	6591390	1393920	spets	68,15	71,73	0	0,6	grovsilt-finsand
						0,6	1,5	finsilt-mellansilt
						1,5	7,6	lera
						7,6	8	morän, ospec.
						8	9	morän, ospec.

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

Obs. namn	X	Y	Typ av observation	Grundvatten-nivå (m ö. h.)	Överkant rör (m ö. h.)	Från (m)	Till (m)	Material
SGU 9709R	6586630	1391000	spets	55,8	57,81	0	1	lera
						1	3	lera
						3	4	sand
						4	5	mellansand
						5	6	mellansand
						6	7	mellansand
						7	7,6	mellansand

Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH70.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR I KARLSTADS KOMMUN

VÄSTRA DELEN

Skala 1:50 000



1998

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLEN I JORDLAGREN

Sand och grus huvudsakligen isälvsvlagningar

- Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkta eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25–125 l/s (ca 2000–10000 m³/d)
- Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–2000 m³/d)
- Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1–5 l/s (ca 80–400 m³/d)
- Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen < 1 l/s (< ca 80 m³/d)
Viktigt infiltrationsområde (höger)

Sand- och gruslager under lera

- Grundvattentillgång i sand- och gruslager under jordlager som är låta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i lera vid avsänkning av grundvattennivån.
- Sammanhängande område med måttlig lera. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under lera. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i lera vid avsänkning av grundvattennivån

ORGANISKA JORDARTER

- Mosse, kärr, gytja. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

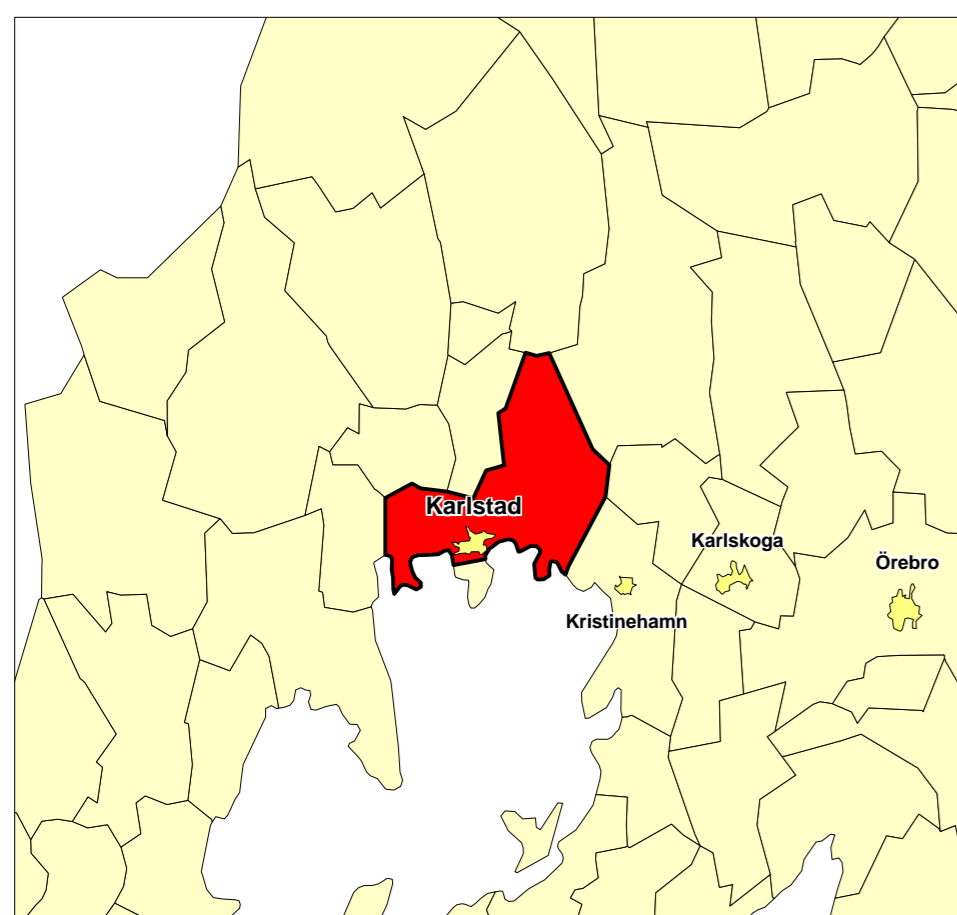
Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGU:s brunnsarkiv

- Tämligen goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 600–2000 l/h (ca 15–50 m³/d)
- Mindre goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 0–600 l/h (ca 0–15 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR

- Grundvattendelare, fast
- Grundvattendelare, rörlig
- Bedömd grundvattendelare, fast
- Grundvattnets huvudrörelseriktning
- Strandlinje där uttagsmöjlighet i angränsande isälvsvlagring är större p g a inducering
- Källa med flödesriktning, vanligen med ett flöde av > 0.5 l/s
- Lerskikt förekommer, utbredning ej fastställd
- Observationsrör eller rörrunn för mätning av grundvattennivå
- Sonderingsborring
- Kommunal grundvattentäkt i jord (vänster) eller berg (höger)
- Kommunal grundvattentäkt med konstgjord grundvattenbildnir
- Kommunal grundvattentäkt i berg, reserv
- Kommunal ytvatentäkt
- Enskild brunn i jord (vänster) eller berg (höger) med kapacitet överstigande 6000 l/h (> ca 150 m³/d)
- Större sprickzon, indikation, troligen med bättre möjlighet till grundvattenuttag än omgivande berggrund

Karteringsområde



Karteringen utförd åren 1995-1997 av Thomas Aneblom

Huvudkontor: Box 670, 751 28 UPPSALA, 018-17 90 00
 Filialkontor: Geovetacentrum, Kilansg 10, 223 90 LUND, 046-14 01 05
 Guldbergsgatan 5A, 413 81 GÖTEBORG, 031-20 00 75

©Sveriges Geologiska Undersökning
 Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivning av denna karta. Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR I KARLSTADS KOMMUN

ÖSTRA DELEN

Skala 1:50 000



1998

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus huvudsakligen isävsavlagringar

- Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkta eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25-125 l/s (ca 2000-10000 m³/d)
- Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5-25 l/s (ca 400-2000 m³/d)
- Måttig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1-5 l/s (ca 80-400 m³/d)
- Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen < 1 l/s (< ca 80 m³/d)
Viktigt infiltrationsområde (höger)

Sand- och gruslager under lera

- Grundvattentillgång i sand- och gruslager under jordlager som är låga eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i lera vid avsänkning av grundvattennivån.
- Sammanhängande område med måttig lera. Vattenförande fraktioner förekommer i och under lera. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i lera vid avsänkning av grundvattennivån.

ORGANISKA JORDARTER

- Mosse, kärr, gyttja. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

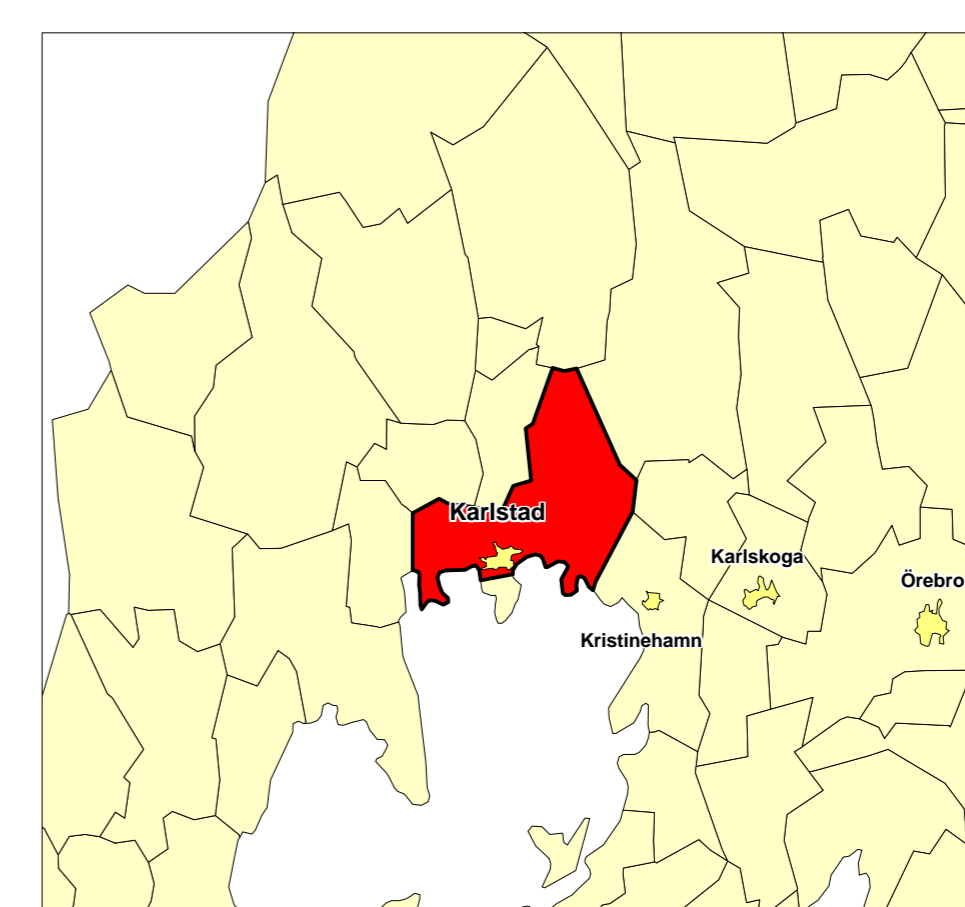
Områdena är framtagna genom interpolering av brunnkapacitetsdata ur SGU:s brunnarkiv

- Tillrägligt goda uttagsmöjligheter. Medianskapacitet 600-2000 l/h (ca 15-50 m³/d)
- Mindre goda uttagsmöjligheter. Medianskapacitet 0-600 l/h (ca 0-15 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR

- Grundvattendelare, fast
- Grundvattendelare, rörlig
- Bedömd grundvattendelare, fast
- Grundvattnets huvudriktning
- Strandlinje där uttagsmöjlighet i angränsande isävsavlagring är större p.g.a. inducering
- Källa med flödesriktning, vanligen med ett flöde av > 0.5 l/s
- Lerskikt förekommer, utbredning ej fastställd
- Observationsrör eller röbrunn för mätning av grundvattennivå
- Sonderingsborring
- Kommunal grundvattentäkt i jord (vänster) eller berg (höger)
- Kommunal grundvattentäkt med konstgjord grundvattenbildning
- Kommunal grundvattentäkt i berg, reserv
- Kommunal ytvattentäkt
- Enskild brunn i jord (vänster) eller berg (höger) med kapacitet överstigande 6000 l/h (> ca 150 m³/d)
- Större sprickzon, indikation, troligen med bättre möjlighet till grundvattenuttag än omgivande berggrund

Karteringsområde



SGU serie An nr 8 Karta över grundvattentillgångar i Karlstads kommun

Karteringen utförd åren 1995-1997 av Thomas Aneblom

Huvudkontor: Box 670, 751 28 SUPPÅLA, 018-17 90 00
Fjällkontor: Geovetarcentrum, Klåring 10, 223 80 LUND, 046-14 01 05
Geotekniska AB, 413 81 ÖSTEBORG, 031-20 00 75

©Sveriges Geologiska Undersökning

Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivning av denna karta. Detta innebär inte bara kopiering utan även digitalisering eller översättning till annat medium.

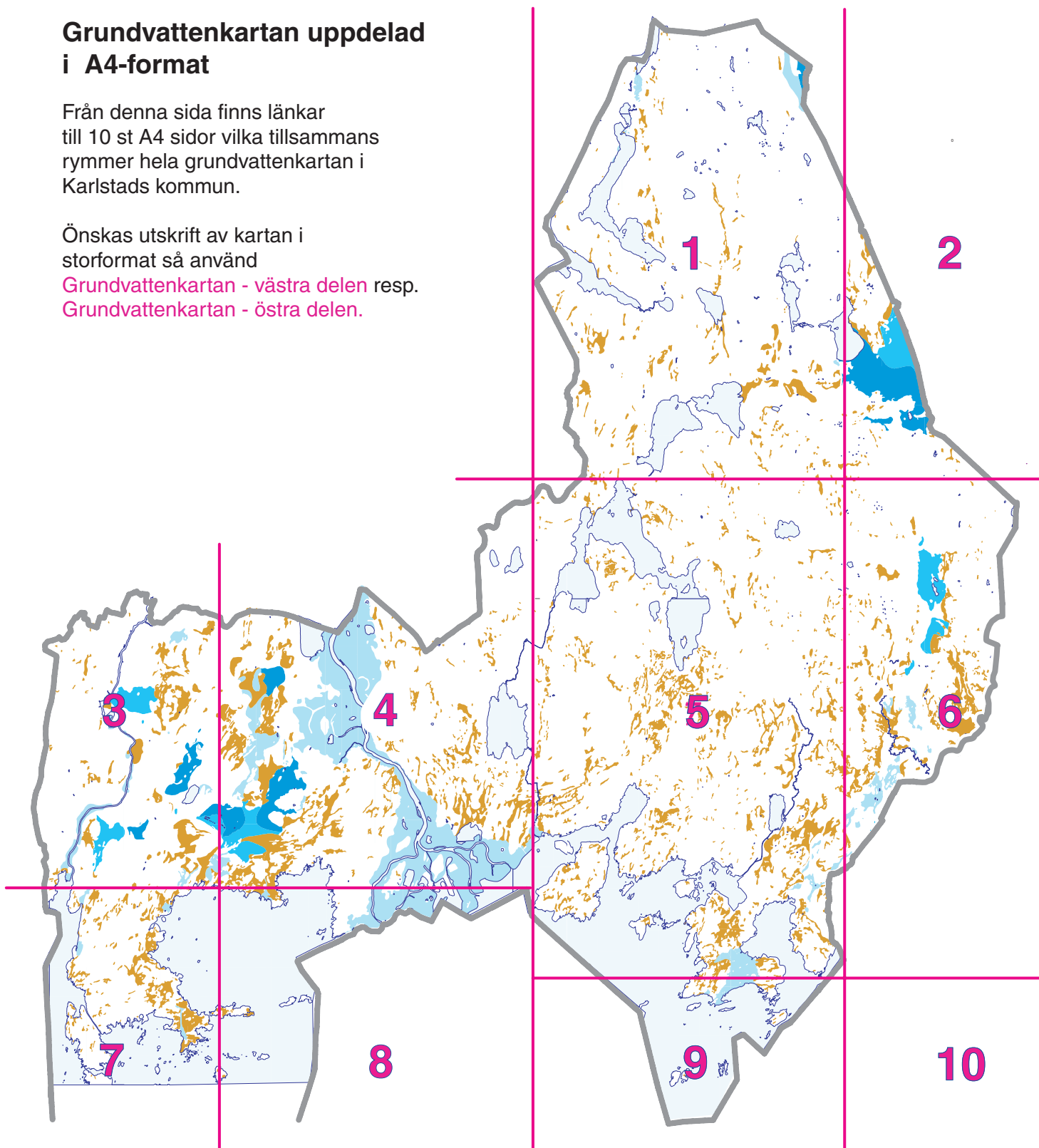
Grundvattenkartan uppdelad i A4-format

Från denna sida finns länkar till 10 st A4 sidor vilka tillsammans rymmer hela grundvattenkartan i Karlstads kommun.

Önskas utskrift av kartan i storformat så använd

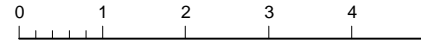
[Grundvattenkartan - västra delen](#) resp.

[Grundvattenkartan - östra delen](#).



GRUNDVATTENTILLGÅNG I KARLSTADS KOMI VÄSTRA DELEN

Skala 1:50 000



1998

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus huvudsakligen isälsavlagringar

- Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkta eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25–125 l/s (ca 2000–10000 m³/d)
- Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–2000 m³/d)
- Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1–5 l/s (ca 80–400 m³/d)
- Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen < 1 l/s (< ca 80 m³/d)
Viktigt infiltrationsområde (höger)

Sand- och gruslager under lera

- Grundvattentillgång i sand- och gruslager under jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån.
- Sammanhängande område med mäktig lera. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under leran. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån

ORGANISKA JORDARTER

- Mosse, kärr, gytta. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet

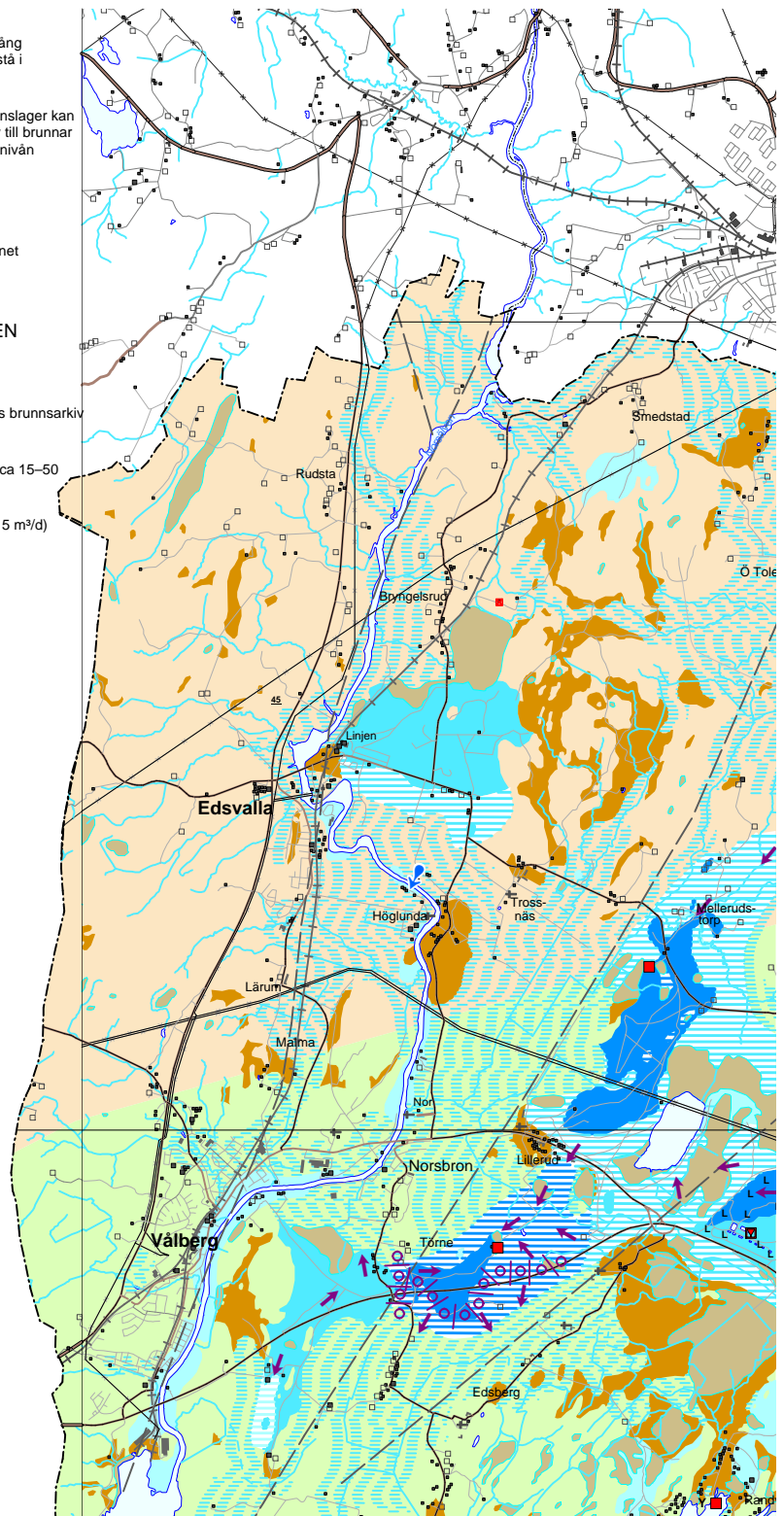
BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGU:s brunnsarkiv

- Tämligen goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 600–2000 l/h (ca 15–50 m³/d)
- Mindre goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 0–600 l/h (ca 0–15 m³/d)

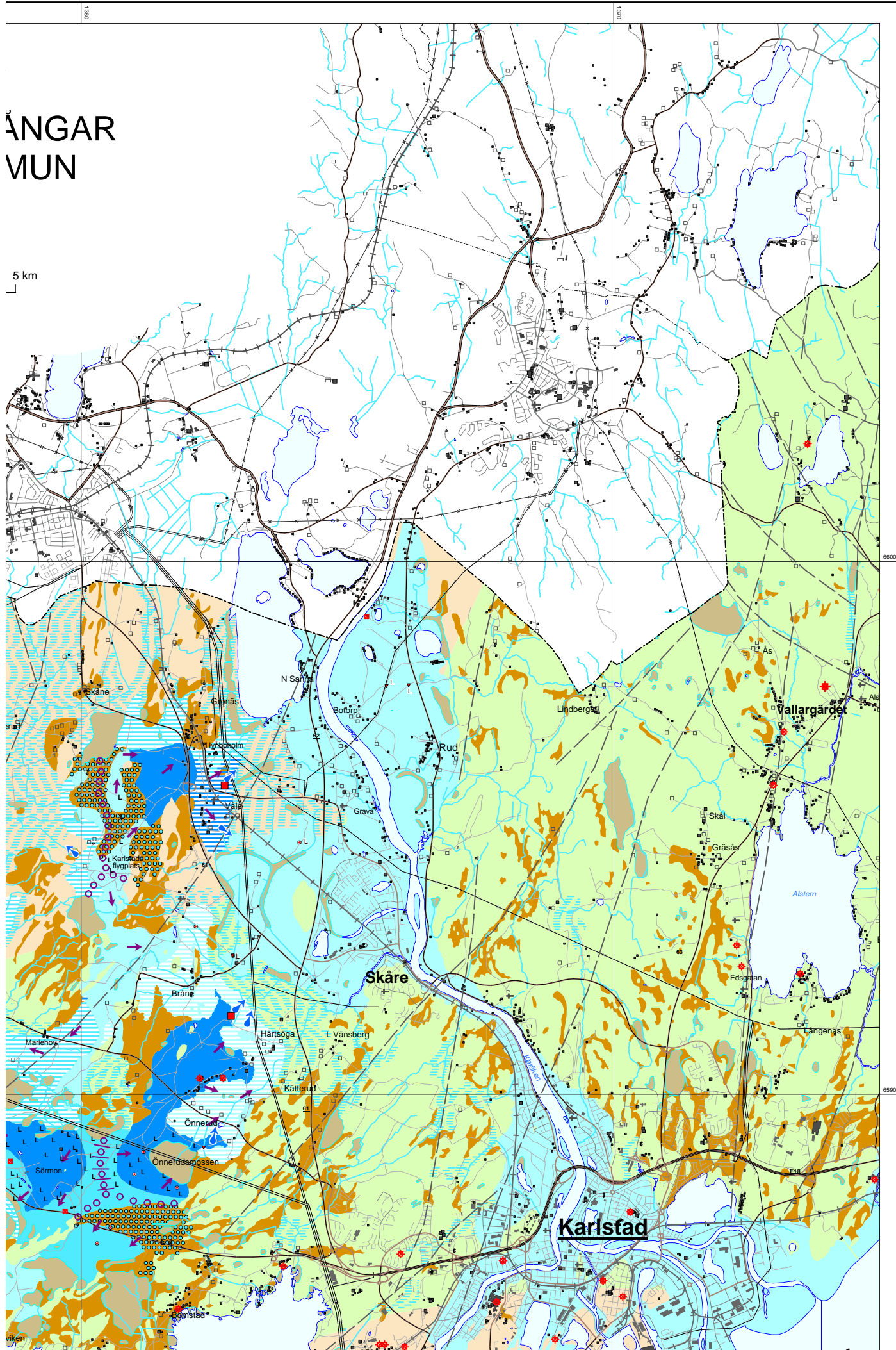
ÖVRIGA BETECKNINGAR

- Grundvattendelare, fast
- Grundvattendelare, rörlig
- Bedömd grundvattendelare, fast
- Grundvattnets huvudrörelseriktning
- Strandlinje där uttagsmöjlighet i angränsande isälsavlagring är större p g a inducering
- Källa med flödesriktning, vanligen med ett flöde av > 0.5 l/s
- Lerskikt förekommer, utbredning ej fastställd
- Observationsrör eller rörbrunn för mätning av grundvattennivå
- Sonderingsborring
- Kommunal grundvattentäkt i jord (vänster) eller berg (höger)
- Kommunal grundvattentäkt med konstgjord grundvattenbildning
- Kommunal grundvattentäkt i berg, reserv
- Kommunal ytvattentäkt
- Enskild brunn i jord (vänster) eller berg (höger) med kapacitet överstigande 6000 l/h (> ca 150 m³/d)
- Större sprickzon, indikation, troligen med bättre möjlighet till grundvattenuttag än omgivande berggrund

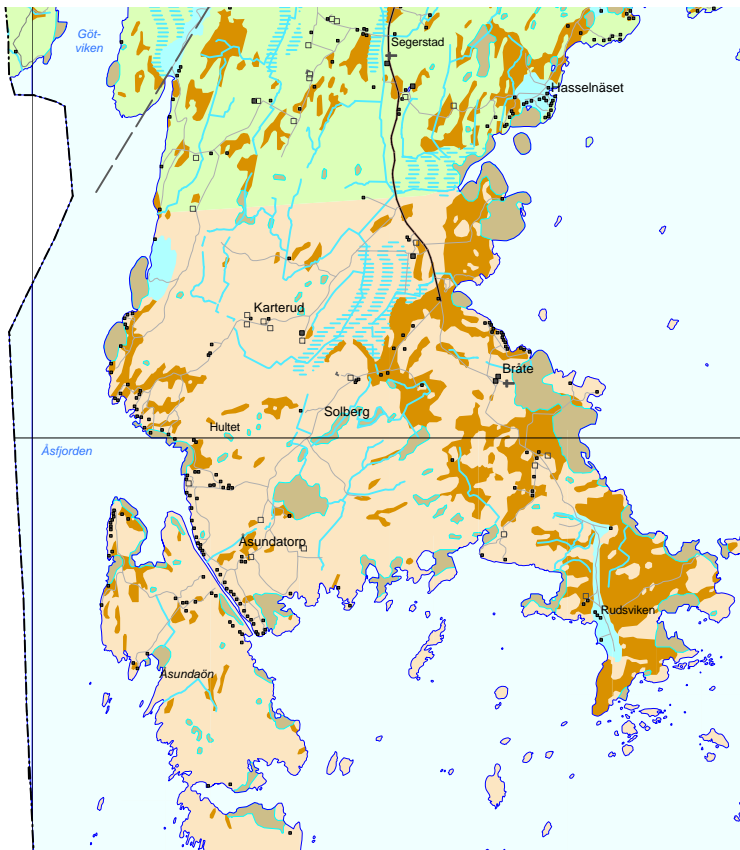
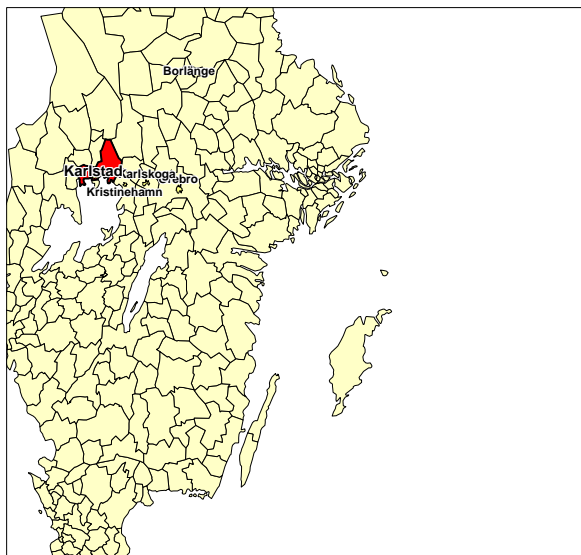


ÅNGAR MUN

5 km



Karteringsområde

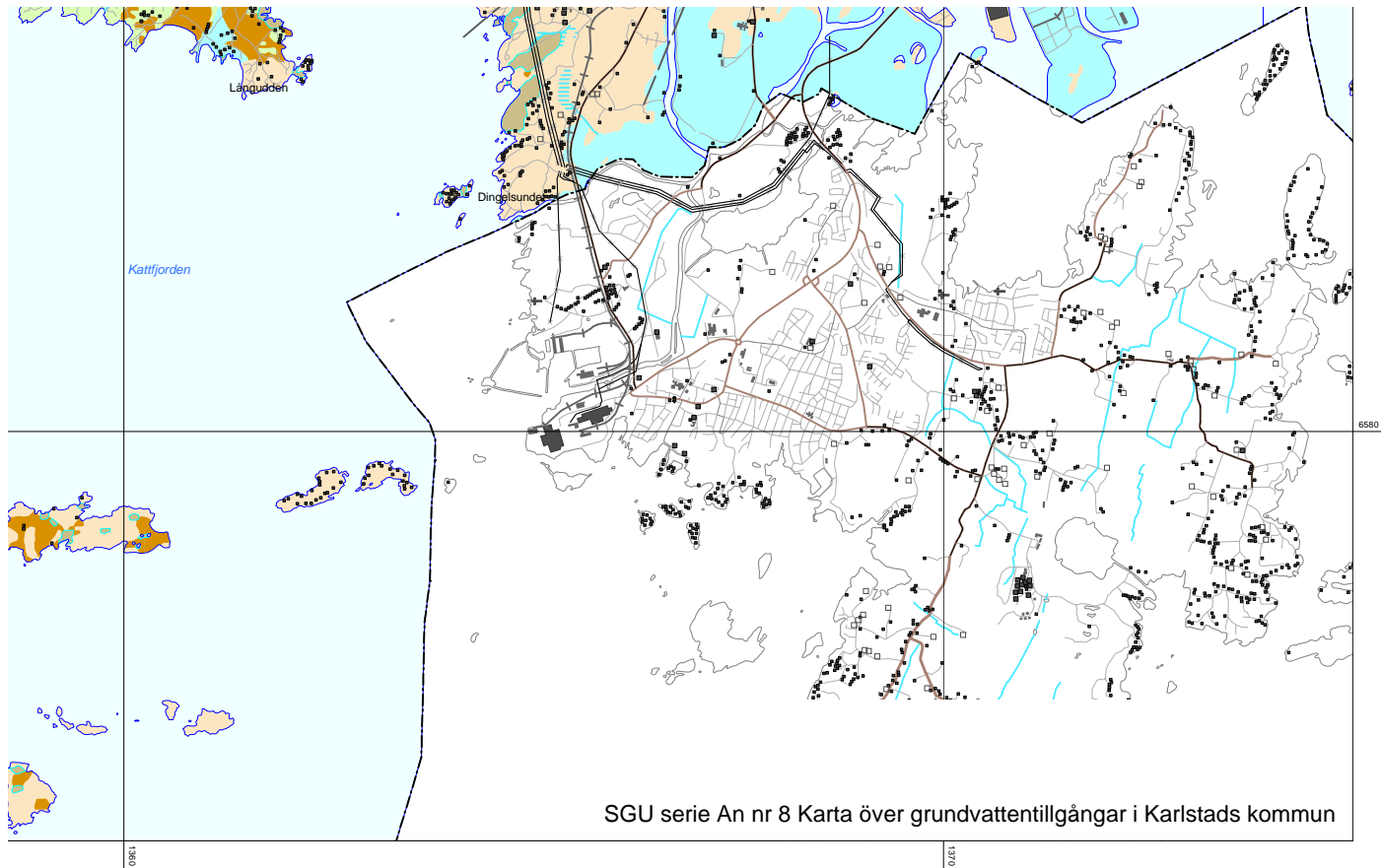


Karteringen utförd åren 1995-1997 av Thomas Aneblom

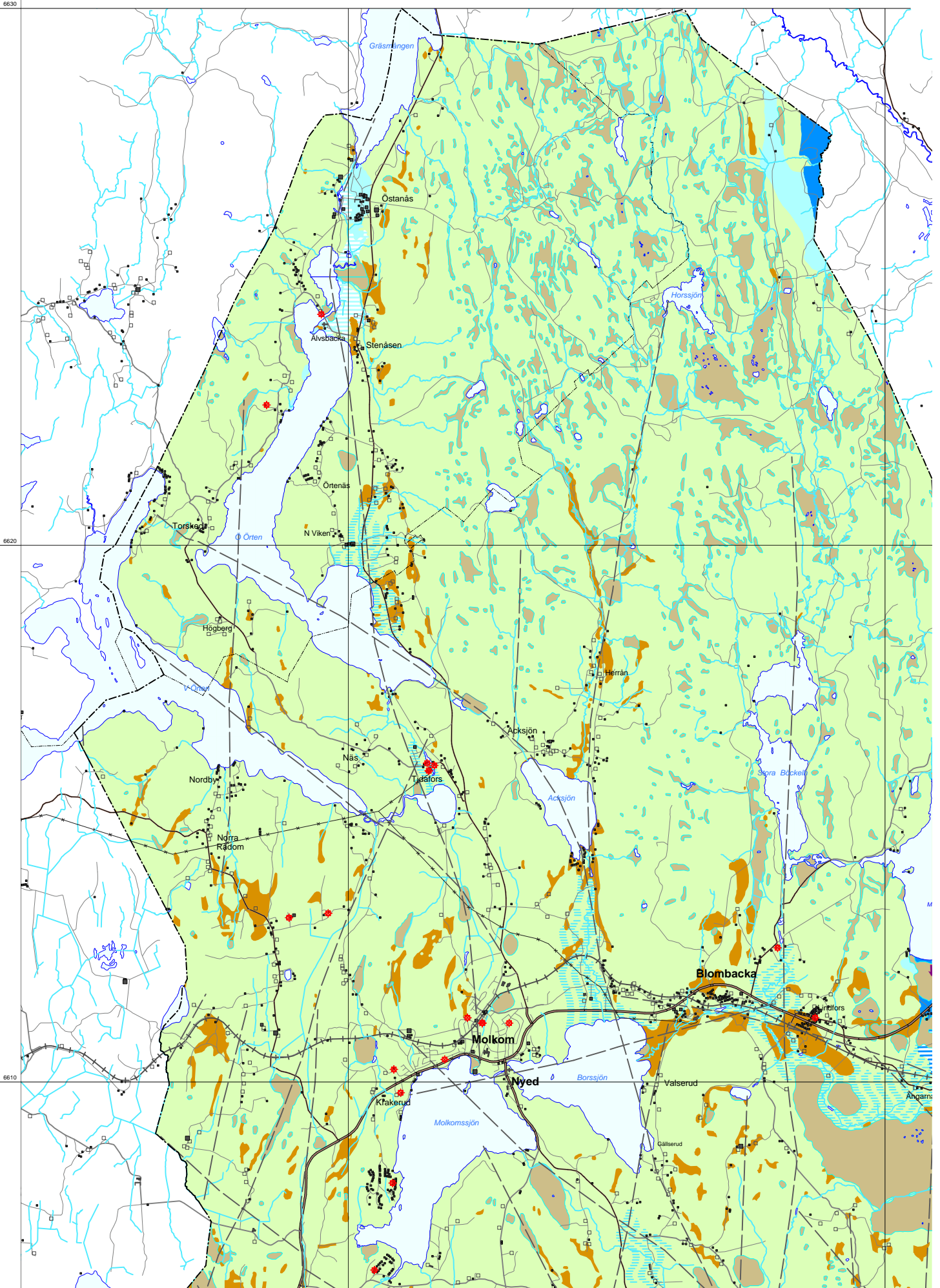
Huvudkontor:	Filiakontor:	
Box 670	Geovetacentrum	Kiliansg 10
751 28 UPPSALA	Guldhedsgatan 5A	223 50 LUND
018-17 90 00	413 81 GÖTEBORG	046-14 01 05
	031-20 00 75	

©Sveriges Geologiska Undersökning

Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivning av denna karta. Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.



SGU serie An nr 8 Karta över grundvattentillgångar i Karlstads kommun



GRUNDVATTENTILLGÅNGAR I KARLSTADS KOMMUN

ÖSTRA DELEN





Skala 1:50 000





1998

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN


Sand och grus huvudsakligen isälvsvlagningar

-  Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkta eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25–125 l/s (ca 2000–10000 m³/d)
-  Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–2000 m³/d)
-  Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1–5 l/s (ca 80–400 m³/d)
-  Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen < 1 l/s (< ca 80 m³/d)
Viktigt infiltrationsområde (höger)

Sand- och gruslager under lera



-  Grundvattentillgång i sand- och gruslager under jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån.
-  Sammanhängande område med mäktig lera. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under leran. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån

ORGANISKA JORDARTER



-  Mosse, kärr, gytta. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet

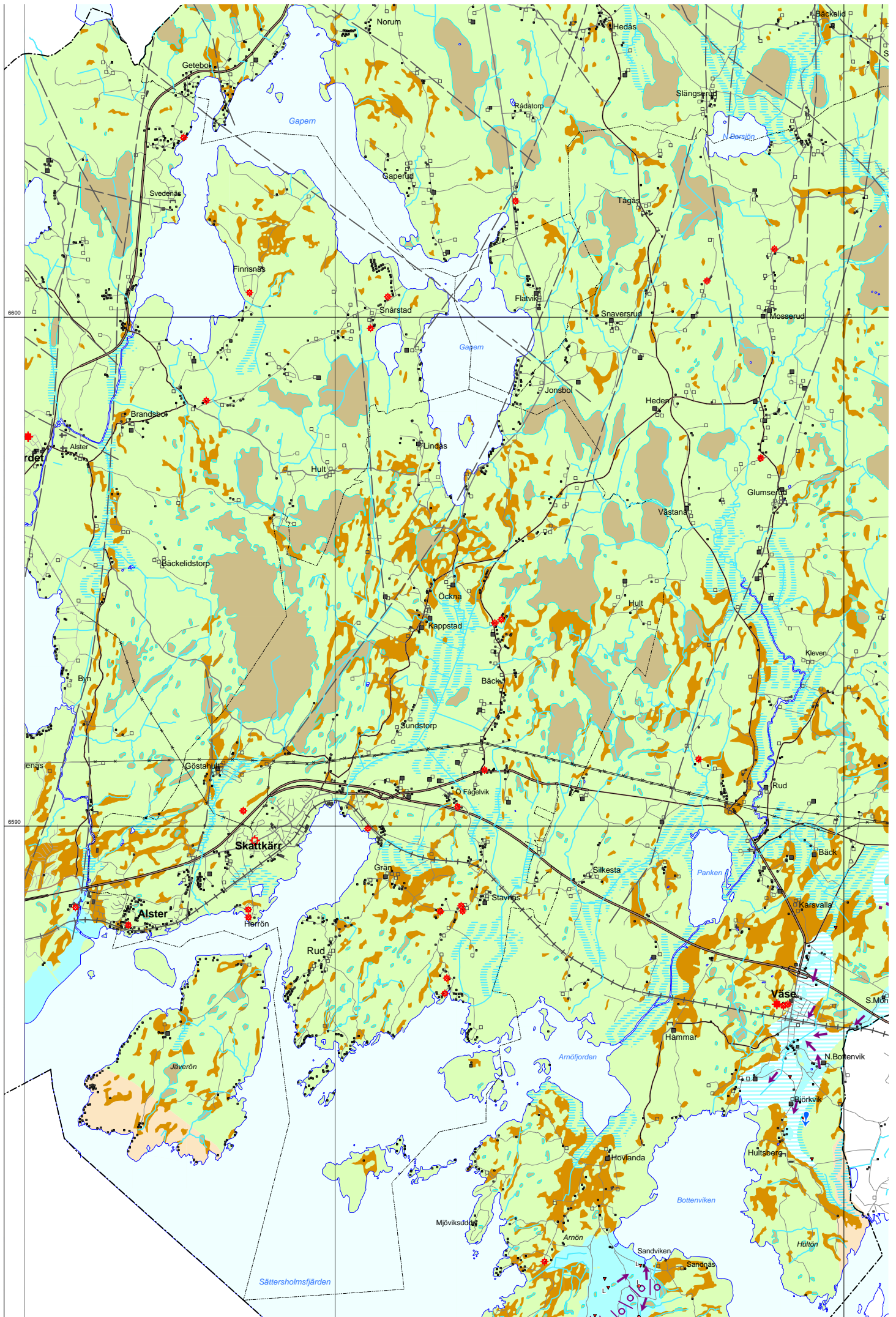
BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

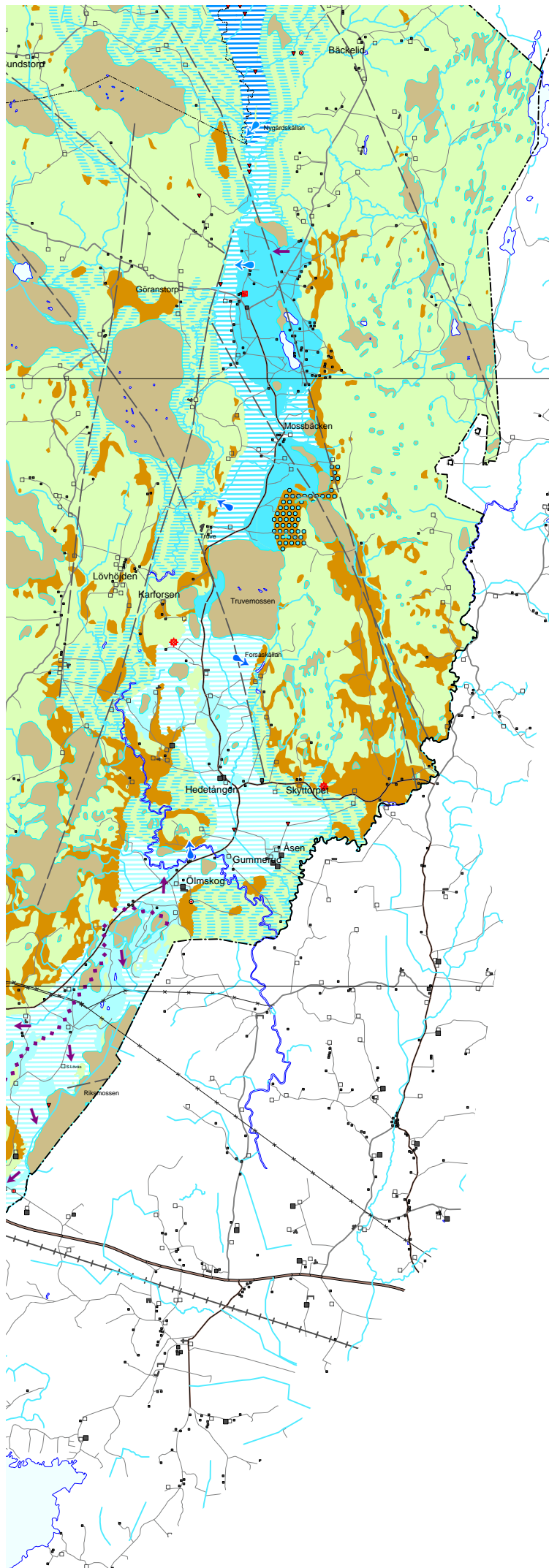
Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGU:s brunnsarkiv

-  Tämligen goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 600–2000 l/h (ca 15–50 m³/d)
-  Mindre goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 0–600 l/h (ca 0–15 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR

-  Grundvattendelare, fast
-  Grundvattendelare, rörlig

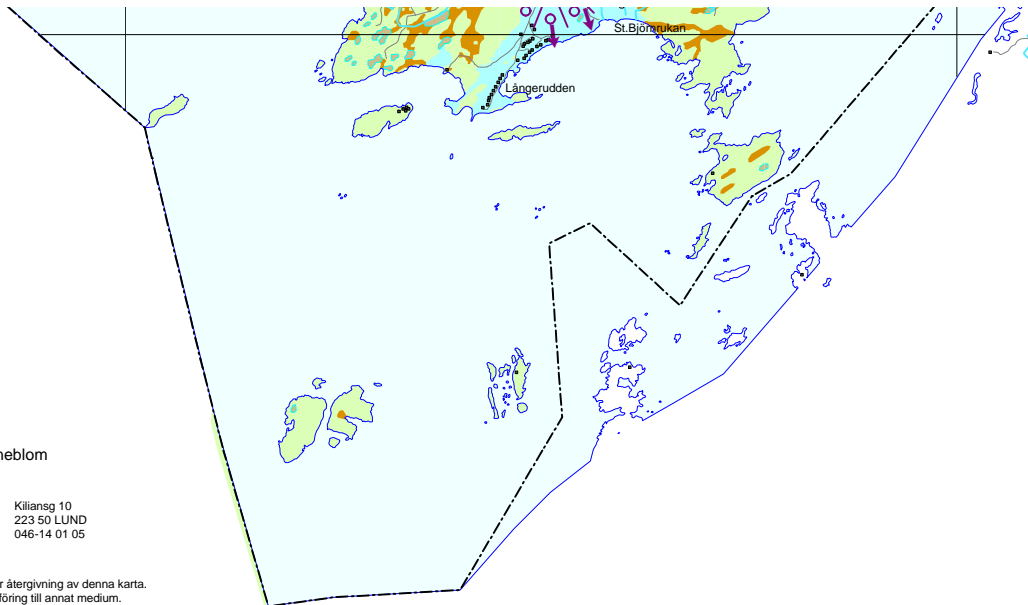




- ◆◆◆ Bedömd grundvattendelare, fast
- ➔ Grundvattnets huvudrörelseriktning
- +— Strandlinje där uttagsmöjlighet i angränsande isälvsavlagring är större p g a inducering
- ⚡ Källa med flödesriktning, vanligen med ett flöde av > 0.5 l/s
- L Lerskikt förekommer, utbredning ej fastställd
- Observationsrör eller rörbrunn för mätning av grundvattennivå
- ▼ Sonderingsborring
- + Kommunalt grundvattentäkt i jord (vänster) eller berg (höger)
- ☒ Kommunalt grundvattentäkt med konstgjord grundvattenbildning
- + Kommunalt grundvattentäkt i berg, reserv
- Y ■ Kommunalt ytvattentäkt
- + Enskild brunn i jord (vänster) eller berg (höger) med kapacitet överstigande 6000 l/h (> ca 150 m³/d)
- Större sprickzon, indikation, troligen med bättre möjlighet till grundvattenuttag än omgivande berggrund

6600

6590



Karteringen utförd åren 1995-1997 av Thomas Aneblom

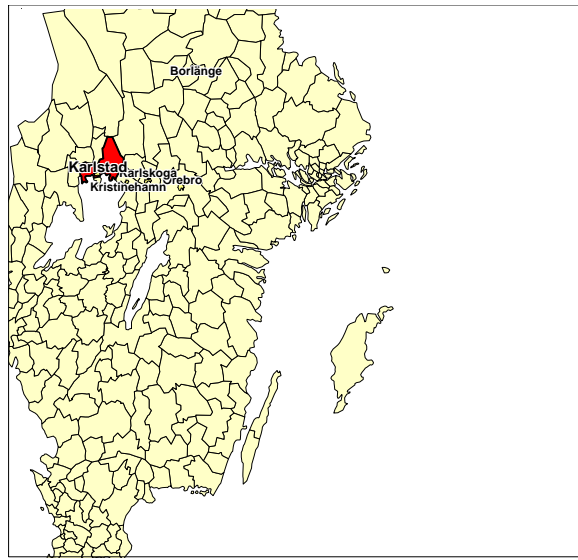
 **Huvudkontor:** Box 670
751 28 UPPSALA
018-17 90 00

Filialkontor: Geovetarcentrum
Guldhedsgatan 5A
413 81 GÖTEBORG
031-20 00 75

Kiliansg 10
223 50 LUND
046-14 01 05

©Sveriges Geologiska Undersökning

Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivning av denna karta.
Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.



SGU serie An nr 8 Karta över grundvattentillgångar i Karlstads kommun