



Sveriges geologiska undersökning

Miljömålsuppföljning av grundvatten i kustområden – statusbeskrivning och diskussionsunderlag

Miljömålsuppföljning av grundvatten i kustområden – statusbeskrivning och diskussionsunderlag



Lars-Ove Lång, Bo Olofsson, Elin Mellqvist,
Lena Ojala, Lena Maxe & Magdalena Thorsbrink

FÖRORD

SGU ansvarar för uppföljning av ett av landets 16 nationella miljömål, ”Grundvatten av god kvalitet”. Miljömålen beskriver den kvalitet och det tillstånd för Sveriges miljö och dess natur- och kulturresurser som är miljömässigt hållbart på lång sikt. Uppföljning av utvecklingen vad gäller miljömålen sker bl.a. med hjälp av indikatorer. Vid miljöövervakning följs miljötilståndet regelbundet genom att mätningar, kartläggningar och inventeringar utförs. I syftet ingår bl.a. att bedöma hotbild, följa upp och ge underlag för miljömålarbetet, bedöma effekter av åtgärder eller att få fram underlag för att göra åtgärder.

Kustområdena är speciellt utsatta vad gäller vattentillgång och vattenkvalitet. Speciellt i närheten till storstäderna samt i attraktiva turist- och fritidsområden sker ett allt större utnyttjande av i många fall knappa vattenresurser. Det är i stort sett endast grundvatten som används för försörjning i dessa områden. För att bland annat kunna följa upp delmålen under ”Grundvatten av god kvalitet” behövs mera information samlas in och struktureras.

I denna rapport beskrivs förutsättningarna för arbete med grundvatten i kustnära områden. Bland annat ingår ett utkast på geologisk och hydrogeologisk kartläggning samt förslag på indikatorer för miljömålsuppföljning. Rapporten ska ses som ett diskussionsunderlag och riktar sig till olika aktörer som arbetar med frågor kring grundvatten i kustområden.

Projektet har finansierats genom anslag till SGU från Naturvårdsverket inom ramen för Miljömålsuppföljningen (SGU Dnr: 08-454/2005). Arbetet har genomförts av en projektgrupp vid SGU bestående av Lars-Ove Lång, Lena Maxe, Elin Mellqvist, Lena Ojala och Magdalena Thorsbrink tillsammans med Bo Olofsson (Aquater). Bo Olofsson har också utfört kunskapssammanställningar som redovisas i bilagorna 1 och 2. Vid framställning av rapporten har Linda Ahlström, Per Larsson och Liselotte Tunemar (SGU) bidragit med information och kommentarer. Mats Aastrup och Lotta Lewin-Pihlblad (SGU) har medverkat vid administration av projektet samt personal vid SGUs redaktion vid rapportframställningen.

SGU
2006-12-29

INNEHÅLL

| | |
|---|----|
| Förord | 1 |
| Innehåll | 2 |
| Sammanfattning | 3 |
| Inledning..... | 4 |
| Syfte | 4 |
| Utgångspunkter och förutsättningar | 4 |
| Grunderna för förekomst av salt grundvatten..... | 4 |
| Hushåll vid kusten med egen brunn | 6 |
| Några begrepp rörande grund- och dricksvatten inom kustområden | 7 |
| Lagstiftning och miljömål som berör enskild dricksvattenförsörjning..... | 9 |
| Allmänt - miljöbalken..... | 9 |
| Krav på tillstånd för vattentäkt | 9 |
| Uppgiftsskyldighet | 10 |
| Skydd av vattentäkt | 11 |
| Allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten..... | 11 |
| Allmänna råd om små avloppsanläggningar för hushållspillvatten..... | 11 |
| EG lagstiftning | 12 |
| Nationella miljömål..... | 12 |
| Miljöövervakning - inriktning grundvatten i kustområden..... | 12 |
| Arbete regionalt och lokalt med enskild vattenförsörjning..... | 14 |
| Dataunderlag - grundvattentillgång och kvalitet | 15 |
| Allmänt | 15 |
| Grundvattentillgångar | 15 |
| Jordarter och jorddjup..... | 16 |
| Berggrund och sprickor | 16 |
| Grundvattnets kemiska sammansättning | 16 |
| Identifiering och kartläggning av bristområden avseende salt grundvatten i kustområden | 17 |
| Utgångspunkter och befintliga metoder..... | 17 |
| Grundläggande arbetsgång..... | 19 |
| Geologisk och hydrogeologisk kartläggning i kustnära områden | 19 |
| Utveckling av indikatorer..... | 21 |
| Planerade arbeten och förslag på kommande insatser | 22 |
| Referenser..... | 23 |
| | |
| Bilaga 1. Metoder för fastställande av områden med brist på sött grundvatten i kustzonen..... | 24 |
| Bilaga 2. Förbättrat underlag för kartläggning av grundvatten i kustzonen - frågeställningar, kunskapsluckor och förslag | 40 |

SAMMANFATTNING

Arbetet med miljömålsuppföljning vad gäller grundvatten i kustområden behöver förbättras. Ett av de största problemen med grundvatten i landet är tillgång på grundvatten med bra kvalitet i vissa kustområden. I känsliga kustområden, där problem med salt grundvatten finns eller kan förväntas uppkomma, bör utgångspunkterna vara att 1) inte överkonsumera färskvatten i förhållande till nybildningen av grundvatten och grundvattenmagasinets storlek samt 2) inte ta ut grundvatten på för stort djup. I denna rapport sammanfattas olika delar i arbete med grundvatten i kustområden.

Inledningsvis redogörs för vilka grundförutsättningar som gäller för var salt grundvatten uppträder. Några vanliga begrepp som ofta används i sammanhanget beskrivs och gällande lagstiftning anges. Ingår gör också en sammanställning av läget vad gäller miljömålsarbete i kustområden med inriktning på grundvatten. Kortfattat anges också vilket dataunderlag, främst vid SGU, som finns vad gäller grundvattnets kvalitet och kvantitet.

En central del i rapporten är att beskriva hur identifiering och kartläggning av bristområden avseende salt grundvatten i kustnära områden genomförs. Ett antal metoder har tagits fram och tillämpats i landet under senare år. Dessa avser både bedömning av risk för salt grundvatten och bedömning av grundvattentillgångar. Beskrivning sker av vad respektive metod kännetecknas av och i bilaga 1 är metoderna utförligare beskrivna med exempel.

Utgående från befintlig geologisk och hydrogeologisk kartläggning vid främst SGU samt angivna metoder ovan ges ett utkast på hur en geologisk och hydrogeologisk kartläggning i kustområden inriktad mot salt grundvatten skulle kunna utföras. Upplägget gäller i första hand kustzonen inom förslagsvis en kommun. Det kan även gälla för andra områden under MG (marina gränsen) där salt grundvatten konstaterats och/eller utökat uttag och större avsänkning kan förekomma eller befaras. Kartläggningen bygger på att all relevant information om markanvändning, bebyggelsestruktur, planer på omvandlingsområden, etc. är kända. Metoden är uppdelad i fem arbetssteg:

1. Genomgång av befintliga data.
2. Preliminär bedömning av status avseende förekomst av salt grundvatten.
3. Preliminär avgränsning av grundvattenmagasin.
4. Utförande av kompletterande fältarbete.
5. Sammanvägd analys av kvantitativa och kvalitativa data med avgränsning av grundvattenmagasin.

Vad gäller miljömålsuppföljning av grundvatten i kustområden ges i rapporten fem förslag på indikatorer på nationell nivå för bevakning av vattenbrist och saltvatteninträngning. Dessa är:

1. Antal kommuner som har: A) Identifierat lokala riskområden, B) Infört anmälningsplikt i lokala riskområden, C) Infört tillståndsplikt i lokala riskområden.
2. Ytandel av SGUs utpekade riskregioner: A) Som av kommunerna identifierats som lokal riskområde, B) Där kommunerna infört anmälningsplikt, C) Där kommunerna infört tillståndsplikt.
3. Antal borrhållningar: A) I riskregioner, B) I identifierade lokala riskområden, C) I lokala riskområden med anmälningsplikt, D) I lokala riskområden med tillståndsplikt.
4. Andel vattenanalyser i riskregioner med kloridhalter i olika klasser (länsuppdelat).
5. Andel vattenanalyser med andra kvalitetsproblem.

I slutet av rapporten, samt mera utförligt i bilagorna 1 och 2, finns förslag till hur arbetet och informationsförsörjningen för bl.a. kartläggning av bristområden i kustområdena skulle kunna förbättras. Det ingår frågeställningar som är direkt forskningsinriktade, berör hantering av data eller är av sådan praktisk karaktär att lösningar bäst utvecklas inom konkreta projekt.

INLEDNING

Underlaget för att följa upp miljömålsarbetet i tätbebyggda kustområden är i många fall bristfälligt. Den successiva övergången till allt fler permanentbostäder medför ett ökat tryck på naturresurserna. Ett överutnyttjande av tillgängliga vattenresurser kan exempelvis innebära att delmål under miljömålet ”Grundvatten av god kvalitet” inte uppfylls. I områden med begränsad vattentillgång leder överuttag av grundvatten ofta till kvalitetsproblem. I låglänta kustområden utgör ökade kloridhalter ett vanligt förekommande problem. I områden med ringa jordlager och svårigheter att ta hand om avloppsvatten förekommer inte sällan förhöjda halter av näringsämnen och mikrober i dricksvattnet.

I känsliga kustområden, där problem med salt grundvatten finns eller kan förväntas uppkomma, bör utgångspunkterna vara att 1) inte överkonsumera färskvatten i förhållande till nybildningen av grundvatten och grundvattenmagasinets storlek samt 2) inte ta ut grundvatten på för stort djup. Det är lämpligt att sådana identifierade områden anges i kommunernas översiktsplaner och detaljplaner. Några kommuner har därför infört tillstånds- eller anmälningsplikt för borrning av brunnar.

För att förbättra arbetet med grundvattenresurser inom kustområden krävs metodutveckling både vad gäller insamling och bearbetning av data. Tillgång på ett samlat dataunderlag och kunskap om hur det bör insamlas och bearbetas behöver tydligare specificeras. De metoder som finns tillgängliga för beräkning av grundvattentillgångar i kustzonen bör användas i större utsträckning. Sådana metoder behöver också ny- eller vidareutvecklas samtidigt som en hydrogeologiskt undersökningsmetodik tas fram som är anpassad för kustområden. För att ta fram bättre beslutsunderlag förutsätts en samsyn av vilka faktorer som är avgörande för bedömning av grundvattentillgångar. Dessutom bör de begrepp som används ha en klar innebörd. Indikatorer för miljömålsuppföljning avseende påverkan på vattentillgång och föroreningsbelastning inom kustområden behöver också utvecklas. För att kunna utföra detta behövs förutom ett bättre samlat dataunderlag att de resultat som framkommit från en rad undersökningar kommer till större praktisk användning.

SYFTE

Denna rapport syftar till att sammanfatta utgångspunkter samt ge förslag på hur man kan arbeta med grundvattenfrågor i tätbebyggda kustområden för en långsiktig god vattenhushållning. Detta innebär följande huvudmoment:

1. Redovisa tillgängliga metoder för fastställande av bristområden i kustzonen.
2. Sammanfatta underlag och förklara begrepp som ofta används vid beskrivning av grundvatten i kustzonen.
3. Föreslå förbättringar i informationsinnehåll och försörjning av hydrogeologiska data.
4. Föreslå indikatorer för uppföljning av miljömålsarbetet.

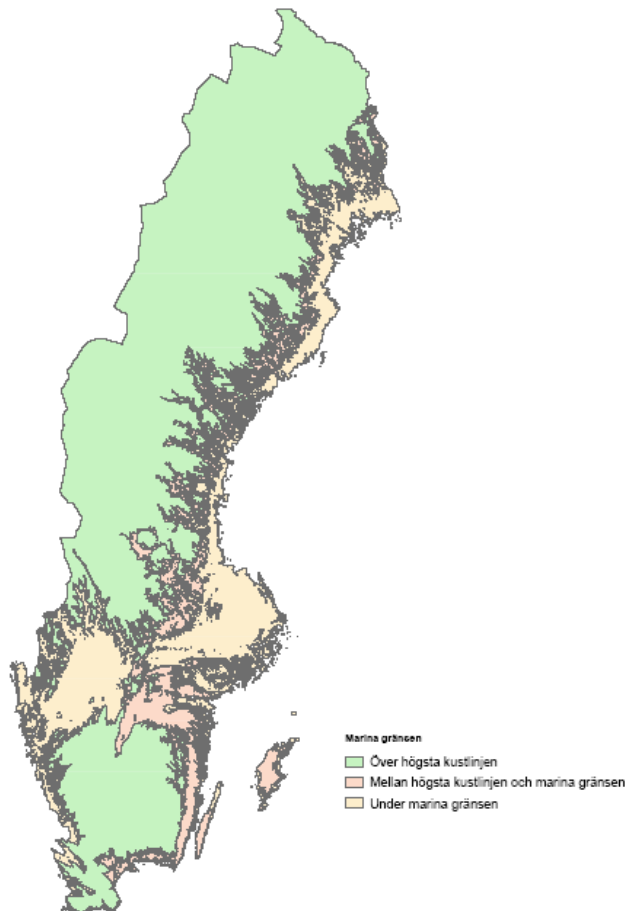
UTGÅNGSPUNKTER OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Kapitlet tar upp olika slag av utgångspunkter och förutsättningar för arbetet med förekomst av salt grundvatten allmänt och med viss inriktning på kustområden specifikt. Det innebär angivande av grundförutsättningar för var salt grundvatten uppträder samt beskrivning av vanliga begrepp och gällande lagstiftning. Ingår i avsnittet gör också en sammanställning av läget vad gäller miljömålsarbete samt kortfattat vilket dataunderlag, främst vid SGU, som finns vad gäller grundvattnets kvalitet och kvantitet.

Grunderna för förekomst av salt grundvatten

Saltvattenpåverkan i bergbore brunnar kan orsakas av ett flertal olika faktorer. Normalt förknippas det med påverkan från ett salt grundvatten som härrör från mer eller mindre stora djup. I vissa fall kan det

emellertid röra sig om mänsklig påverkan (vägsalt, soptippar, m.m.) vid markytan. Saltvattenproblem i bergbore brunnar utgörs i de flesta fall av uppträngning av relikta saltvatten. Detta vatten antas huvudsakligen härstamma från när delar av Sverige var täckt av salt eller bräckt vatten. Normalt används begreppet HK (högsta kustlinjen) för att identifiera de områden som legat under vatten. Ur saltvattenriskaspekt kan HK utgöra en missvisande gräns då haven som täckte Sverige under vissa perioder av inlandsisens avsmältning utgjordes av sötvatten. En mer korrekt och användbar benämning för att lokalisera saltvattenriskområden är MG (marina gränsen) som identifierar vilka områden som har varit täckta av salt eller bräckt vatten efter senaste nedisningsperioden (figur 1). Detta salta grundvatten har oftast kloridhalter som maximalt uppgår till ett par tusen milligram per liter.



Figur 1. Marina gränsen (MG) framtagen genom modellering av havsytteförändringar och landhöjningen efter senaste istiden. Även områden mellan MG och HK (högsta kustlinjen) syns i figuren. Figuren är framtagen inom SGU projektet: "Grundvattennivåer i områden med risk för saltvatteninträngning eller förändringar som kan påverka markstabilitet eller ekosystem".

Det finns olika vetenskapliga teorier om hur och varför detta relikta saltvatten förekommer i bergets sprickor. Nuvarande kunskaper pekar på att salt grundvatten faktiskt förekommer överallt, inte bara nära kusten och inte heller endast i områden som efter den senaste istiden varit täckta av salta hav. Men detta saltvatten som kan ha kloridhalter på mer än 50 000 mg/l förekommer på så stort djup (>1000 m) att uppträngning av sådant vatten är ytterst sällsynt. Ur praktisk synpunkt är ursprunget till det relikta saltvattnet av mindre betydelse, däremot är det viktigt att relativt ytligt relikta saltvatten främst förekommer i låglänta områden under MG och kan tränga upp när överliggande sött grundvatten förbrukas.

I vissa fall kan saltvattenpåverkan ha sin orsak i direkt inträngning av saltvatten från nuvarande hav. Normalt sett uppträder detta enbart i direkt närhet till havet. Det är sällan som denna typ av saltvattenpåverkan förekommer på mer än 2-300 meters avstånd från strandlinjen. I områden ovanför MG är det

främst saltvattenpåverkan från ytliga föroreningskällor, t.ex. vägar, som kan utgöra ett hot mot vattenförsörjningen.

Oavsett om saltvattenproblem uppstår i ett område till följd av inträngning av relik saltvatten eller havsvatten så är orsaken i de flesta fall den samma, överuttag av grundvatten. En enstaka brunn med förhöjd salthalt behöver dock inte innebära att ett generellt överuttag av grundvatten förekommer i området. Även i områden med generellt stor tillgång till grundvatten, t.ex. isälvsavlagringar, kan salt grundvatten förekomma. 10-20% av de bergborrade brunnarna under MG uppvisar förhöjda salthalter även långt från kusten. I Stockholms läns kloridarkiv har 24 % av 1121 provtagna brunnar kloridhalter på över 50 mg/l år (Boman & Hanson 2004).

Vanligtvis uppstår saltvattenpåverkan av brunnsvattnet som en följd av ett grundvattenuttag ur brunnen. Saltvatteninträngning förekommer därför främst när grundvattenuttagen överstiger tillgången på färskt grundvatten i ett område. Detta kan ske p.g.a. ökande grundvattenuttag och/eller i perioder med dålig grundvattenbildning och därmed sammanhörande låga grundvattennivåer i de söta grundvattenförekomsterna, speciellt om grundvattenreservoarerna är små. Salthalten i brunnsvatten varierar därför med tiden.

Berggrunden har i de flesta fall en låg porositet (sprickvolym) jämfört med ovanliggande jordlagers porvolym. Ett vattenuttag ur berggrunden kan därför medföra att sprickorna töms på sötvatten och ger det salta grundvattnet möjlighet att stiga uppåt. Grundvattentillgången i berggrunden är därför beroende av att fyllas på med vatten från grundvattenmagasinen i jordlagren. Områden med tunna eller täta jordlager är därför som regel känsligare för saltvatteninträngning vid längre torrperioder eller stora vattenuttag då vatten i jordlagren saknas för att fylla på de vattenförande sprickorna.

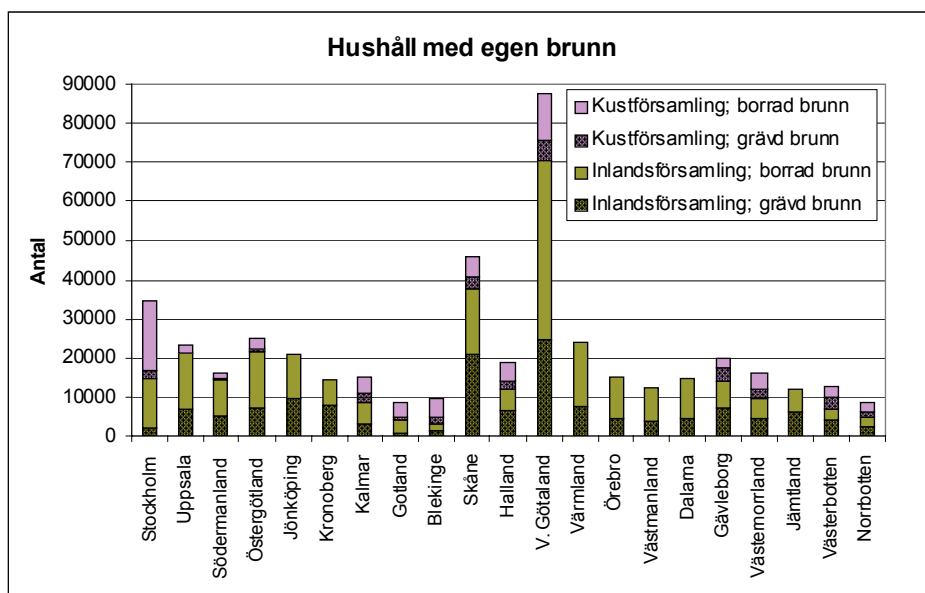
I bilaga 1 finns utförligare beskrivning och kommentarer kring förekomst av salt grundvatten i samband med att använda metoder för att ta fram bristområden på sött grundvatten i kustzonen beskrivs. Exempel på undersökningsresultat ingår i bilaga 1. I bilaga 2 tas ett antal frågeställningar och kunskapsluckor upp vad gäller att bestämma viktiga parametrar för att bland annat utveckla dessa metoder.

Hushåll vid kusten med egen brunn

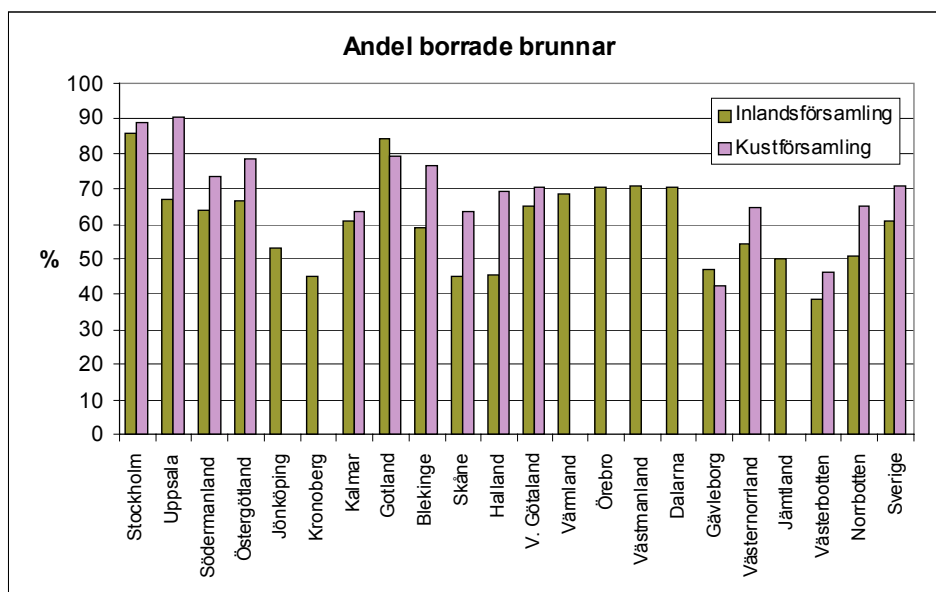
Det finns idag inga noggranna beräkningar eller uppskattningar på hur många personer som utnyttjar grundvatten från grundvattenmagasin där risk för saltvatteninträngning finns. Utifrån enkätundersökningar (Maxe, pågående arbete 2006) som sammanställts på församlingsnivå ingår här istället en uppskattning av hur många hushåll med permanentbostad (enligt den svarandes bokföringsadress) med egen vattenförsörjning som ligger i församlingar med kustkontakt. En del kustförsamlingar är ganska små och ligger verkligen i en skärgårdsmiljö medan andra är ganska stora och sträcker sig långt in i landet vilket påverkar resultaten en del.

Det finns ca 450 000 hushåll i Sverige med enskild vattenförsörjning varav ca 100 000 (motsvarande 21,8 %) i en kustförsamling. Storstadslänen har flest hushåll med egen vattenförsörjning i kustförsamlingar. I Stockholms län är antalet ca 20 000 hushåll, i Västra Götalands län 17 000 hushåll och i Skåne län knappt 8 000 hushåll (figur 2). I kustförsamlingarna bor 14,5 % av hushåll med egen vattenförsörjning inom tätortsområde vilket är något oftare än i inlandsförsamlingar där andelen är 8,8 %. I kustförsamlingar bor 8,4 % av hushållen med egen vattenförsörjning i fritidshusområden vilket är betydligt oftare än i inlandsförsamlingar där enbart 1,4 % av hushållen med egen vattenförsörjning bor i ett fritidshusområde.

Det är relativt sett vanligare med borrade brunnar än grävda brunnar i kustförsamlingarna jämfört med inlandsförsamlingarna. I kustförsamlingarna kan de borrade brunnarnas andel beräknas till 70,9 % medan motsvarande andel i inlandsförsamlingarna är 60,6 % (figur 3). I kustförsamlingarna är andelen borrade brunnar särskilt hög inom tätortsområden, 78,6 %, respektive inom fritidshusområden, 86,8 %.



Figur 2. Uppskattat antal hushåll med egen brunn vid permanentboende i kust- respektive inlandsförsamlingar.



Figur 3. Andel borrade brunnar för fastigheter med enskild vattenförsörjning. Avser permanentboende.

Några begrepp rörande grund- och dricksvatten inom kustområden

Det ger en styrka i arbetet med salt grundvatten om de begrepp som används vid framtagande av hydrogeologiskt underlag, planeringsunderlag, indikatorer etc. tolkas med samma innebörd. Ett antal begrepp som ofta används i det praktiska arbetet beskrivs nedan.

Termen *salt grundvatten* används med viss skillnad i innebörd, exempelvis för att ange tillskott av havsvatten (recent eller relict). Här föreslås att ett vatten, inte enbart grundvatten, anses vara salt vid en kloridhalt över 300 mg/l, vilket definierar den s.k. smakgränsen enligt Statens livsmedelsverks föreskrifter om dricksvatten (SLVFS 2001:30) och Socialstyrelsen allmänna råd, Försiktighetsmått för dricksvatten (SOSFS 2003:17). Med *saltvatteninträngning* till en brunn menas all form av saltvattenpåverkan i brunnen oavsett orsaken till denna. Vid uttag inom område under MG eller i närhet av kust kan salt grundvatten

fås i brunn genom saltvatteninträngning. Det kan ske om för mycket grundvatten tas ut så att avsänkningen i området blir för stor eller om en brunn borrhats för djup. Salt grundvatten kan således även fås genom antropogen påverkan på grundvattnet dvs. oavsett källan till det salta vattnet. Vanligen beskrivs *sött grundvatten* inte som direkt motsatsen till salt grundvatten utan snarare som grundvatten som är av god kvalitet.

Ett *saltvattenpåverkat grundvatten* har en kloridhalt som överstiger den som kan uppkomma genom nederbörd och naturlig nederbördsanrikning och tyder på inverkan från en annan saltkälla. Denna bakgrundshalt varierar i landet och är högre i områden med högre nederbörd och större saltinnehåll (upp mot 30-50 mg/l), t.ex. på västkusten. Denna naturliga bakgrundshalt är ur hälsosynpunkt låg men viktig eftersom överstigande ger en tidig indikation på att något bör göras.

Vattenbrist i kustzonen innebär oftast samma sak som *brist på grundvatten*. Enligt Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar, Delbetänkande av Grundvattenutredningen (SOU 1994:97) är *brist på grundvatten* för enskild vattenförsörjning ett relativt begrepp. Det kan dels innebära risk för att volymen grundvatten för enskild vattenförsörjning inte räcker till. Framst gäller det i områden med liten grundvattenbildning, där grundvattenmagasinen är små och där användningen av grundvatten för enskild vattenförsörjning är stor. *Brist på grundvatten* kan även uppstå genom *dålig grundvattenkvalitet*. Det kan bero på naturliga förhållandena i marken eller påverkade förhållanden av människan. Bristande möjligheter till grundvattenförsörjning för enskild vattenförsörjning föreligger enligt delbetänkande av Grundvattenutredningen (SOU 1994:97) när grundvattnet är av sådan kvalitet att det ej kan behandlas till godtagbar dricksvattenkvalitet för en rimlig kostnad och när möjligheter för annan grundvattenutvinning inte föreligger. När det gäller föroreningspåverkan på brunnar ska i första hand orsaken till föroreningen åtgärdas.

I Lag med särskilda bestämmelser om vattenverksamhet (SFS 1998:812) 2 kap 10 § står att den som bedriver en vattenverksamhet eller råder över en vattentillgång är skyldig att vid allvarlig *vattenbrist* avstå det vatten som är oundgängligen nödvändigt för den allmänna vattenförsörjningen om vattenbristen orsakas av torka eller någon annan jämförlig omständighet. Detta bör framst syfta på uttag då låga grundvattennivåer föreligger och framst till brist på volymen grundvatten.

Vattenbrist i enskilda brunnar anses generellt vara ett mindre problem än att vattnet är av dålig kvalitet. Lokalt kan dock vattenbrist vara en fråga av stor betydelse. Många fastighetsägare har emellertid problem med sitt brunnsvatten i form av dålig vattenkvalitet eller *bristande tillgång på vatten*. Oftast beror kvalitetsproblem på att grundvattnet innehåller höga halter av vissa ämnen som medför komplikationer, men det är inte heller ovanligt att det är en brunns eller en vattenberedningsutrustnings felaktiga konstruktion eller placering eller dåligt underhåll som är orsaken.

Enligt Miljöbalkens (MB) 9 kap. 10 § (SFS 1998:808) ska anläggningar för grundvattentäkter inrättas och användas på ett sådant sätt att olägenheter för människors hälsa inte uppkommer. Med olägenhet för människors hälsa avses i detta fall att en bostad inte har tillgång till vatten i tillräcklig omfattning och av godtagbar kvalitet, dvs. vad som ovan betecknas som vattenbrist. Tillstånd behövs inte för vattentäkt för en en- eller tvåfamiljsfastighets eller jordbruksfastighets husbehovsförbrukning eller värmeförsörjning (MB 11 kap. 11 §). I områden där *knapphet på sött grundvatten* råder eller kan befaras uppkomma får en kommun ändå föreskriva att det ska krävas tillstånd av eller anmälan till kommunen för att inrätta och använda en ny anläggning för grundvattentäkt. Kommunen får också föreskriva anmälningsplikt för sådana anläggningar som redan finns inom angivna områden. Enligt förarbetena omfattas såväl det fallet att brunnar sinar som att brunnar drabbas av saltvatteninträngningar inom vissa områden av kommunen där det råder eller kan befaras uppkomma *brist på grundvatten* för den enskilda vattenförsörjningen. Enligt delbetänkande av Grundvattenutredningen (SOU 1994:97) kan knapphet på sött grundvatten anses avse brist på grundvatten och det rör sig då både om volym och kvalitet.

Inom detta område är *grundvattenförekomst* dvs. grundvattnet i ett *grundvattenmagasin* ett nyckelbegrepp. I kustområdet görs grundvattenuttag framst i urberg. Metodik för att avgränsa ett grundvattenmagasin saknas idag i områden där sprickor är avgörande för grundvattnets förekomst och rörelse. Det finns ett behov av en praktisk avgränsning av områden av vad som kan kallas *grundvattenförekomst i kustzon*. För detta område kan påverkan av salt grundvatten konstateras eller risken skattas som underlag för planering av bebyggelse eller begränsning av uttag.

Lagstiftning och miljömål som berör enskild dricksvattenförsörjning

Allmänt - miljöbalken

Miljöbalkens bestämmelser rör både den yttre miljön och inomhusmiljön. Verksamheter ska genomföras så att uppkomst av olägenheter för människors hälsa hindras och en långsiktigt god vattenhushållning främjas. De allmänna hänsynsreglerna i MB 2 kap. anger ett antal principer bl.a. kunskapskravet, försiktighetsprincipen och krav på skyddsåtgärder som gäller generellt för alla verksamheter eller åtgärder som kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljö. Både människors hälsa och vattenresurserna skyddas därigenom av dessa regler. Förutom i kapitlet med allmänna hänsynsregler finns särskilda hänsynsregler bland annat i MB 9 kap.

Regler om vatten i bostäder, inklusive enskilt hushåll, finns i 33 § Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (SFS 1998:899). De anger särskilda bestämmelser till skydd mot olägenheter för människors hälsa "I syfte att hindra uppkomst av olägenhet för människors hälsa skall en bostad särskilt ... ha tillgång till vatten i erforderlig mängd och av godtagbar beskaffenhet till dryck, matlagning, personlig hygien och andra hushållsgöromål."

Krav på tillstånd för vattentäkt

Generellt krävs tillstånd för all vattenverksamhet till vilket även vattentäkter räknas. Undantag har dock gjorts för vattentäkt för en- eller tvåfamiljsfastighets eller jordbruksfastighets husbehovsförbrukning samt värmeförsörjning enligt MB 11 kap. 11 §. Kommunen kan dock ha infört särskild tillståndsplikt för nyanläggning eller anmälningsplikt för befintlig anläggning enligt 9:10 om det råder eller kan befaras uppkomma knapphet på sött grundvatten i området.

Övriga vattentäkter utgör vattenverksamhet och är som sådan tillståndspliktig enligt 11 kap. 9 § MB. Om det är uppenbart att varken allmänna eller enskilda intressen skadas genom vattentäktens eller den konstgjorda infiltrationens inverkan på vattenförhållandena krävs dock inte tillstånd (MB 11 kap. 12 §). Det är fastighetsägaren som ska söka eventuella tillstånd som behövs för brunnsverksamheten. Myndigheterna kan upplysa fastighetsägaren och företaget om platsens värden och speciella reglering (t.ex. tillståndskrav eller bygglov). Om det krävs tillstånd, får arbeten av större omfattning inte påbörjas innan ett tillstånd givits. För att få tillstånd till vattenverksamhet måste en avvägning av ingreppet göras. Detta innebär ett övervägande av nyttan i förhållande till den påverkan som kan uppkomma dvs. fördelarna från allmän och enskild synpunkt ska överväga kostnaderna, skadorna och olägenheterna (MB 11 kap. 6 §). Brunnen ska dessutom utföras så att den inte försvårar annan verksamhet som berör samma vattentillgång. Plan- och bygglagen, PBL, (SFS 1987:10) innehåller allmänna lämplighetskrav. Bebyggelse skall enligt 2 kap. 3§ lokaliserats till mark som är lämpad för ändamålet, bland annat med hänsyn till möjligheterna att ordna vattenförsörjning. Enligt PBL 8 kap. 6 får kommunen, om det finns särskilda skäl, bestämma att bygglov krävs för att anordna eller väsentligt ändra anläggningar för vattentäkt för en- eller tvåfamiljsfastighets eller jordbrukets husbehovsförbrukning. Sådana bestämmelser skall meddelas genom detaljplan eller områdesbestämmelser. Särskilda skäl kan vara brist på grundvatten, risk för vattenbrist, risk för saltvatteninträngning eller för föroreningar av grundvattnet genom olämpliga brunnar.

Förutsättningarna för att få bygglov är att det inte är risk för skada på befintliga täkter eller på planerade grundvattentäkter som finns redovisade i den kommunala planeringen (PBL kap. 8 12a §). Lovbeslutet kan ange villkor, t.ex. det största djup till vilket en brunn får borras.

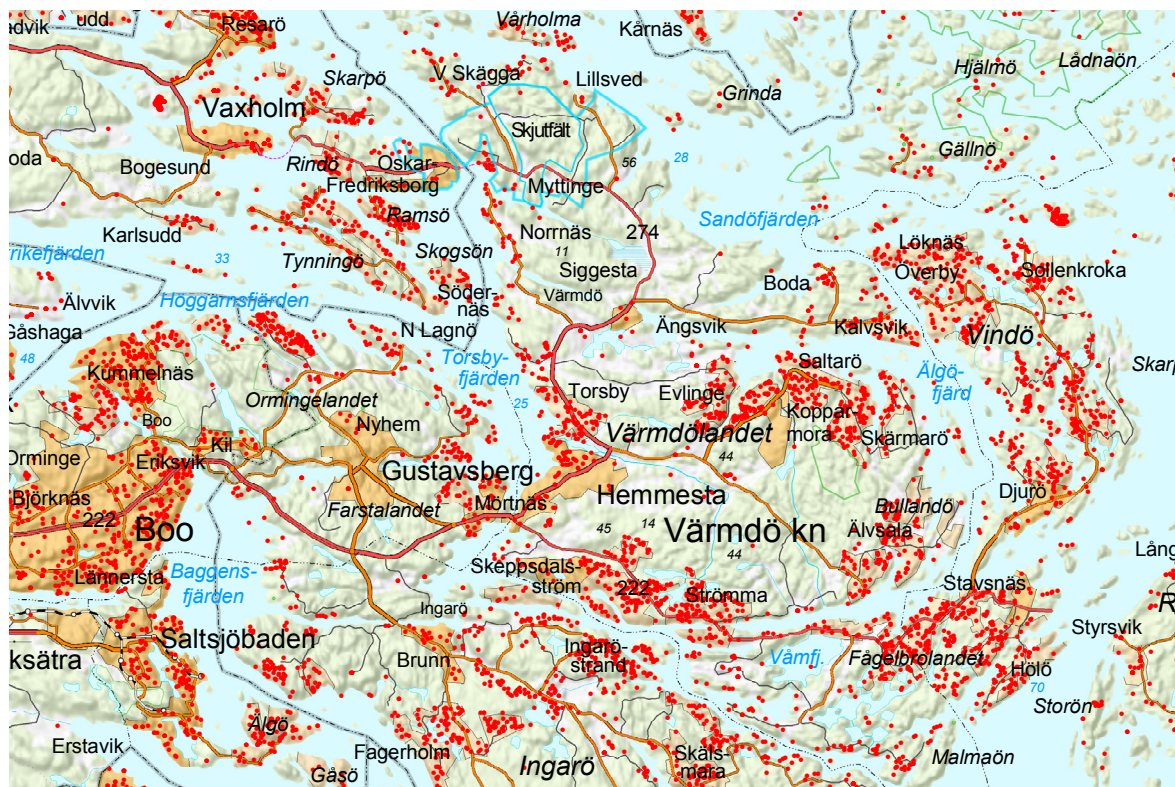
Både plan- och bygglagen och miljöbalken utgår från att den som är utförare av ny vattenverksamhet (byggherren, verksamhetsutövaren, etc.) ska ha eller skaffa sig kompetens och själv kontrollera sina aktiviteter så att hänsyn visas. Fastighetsägaren är normalt byggherre men även ett anlitat brunnsföretag betraktas som verksamhetsutövare i miljöbalken. Det innebär att både fastighetsägare och brunnsföretag behöver ha tillgång till kompetens i tekniska frågor och miljöfrågor av olika slag.

Den som äger en vattenanläggning är även skyldig att underhålla den, så att det inte uppkommer skada för allmänna eller enskilda intressen genom ändringar i vattenförhållandena enligt MB 11 kap. 17 §. Den som vill bedriva vattenverksamhet får ansöka om tillstånd även om det inte krävs tillstånd för verksamheten (MB 11 kap. 9 §). Ansökan om tillstånd prövas av miljödomstolen.

Uppgiftsskyldighet

Lagen om uppgiftsskyldighet vid grundvattentäktsundersökning och brunnborrning (SFS 1975:424, SFS 1985:245) säger i 1§ ”Den som yrkesmässigt utför borrning, rödrivning, grävning eller liknande arbete i syfte att undersöka förekomst av grundvatten eller i syfte att tillgodogöra sig grundvatten eller värme ur berget är skyldig att till Sveriges geologiska undersökning skriftligen lämna redogörelse för arbetet och dess resultat”. Brunnarsarkivet vid SGU innehåller idag information om ca 278 000 brunnar. Årligen inkommer ca 30 000 brunnprotokoll från drygt 200 brunnborrningsfirmor. Protokollen innehåller bl.a. uppgifter om brunnens tekniska utförande, uppmätta vattenmängder och grundvattennivåer.

Under senare år har antalet inskickade protokoll växt mycket snabbt till följd av den stora mängden energibrunnar som anläggs. Antalet vattenbrunnar har dock varit relativt konstant ca 5 000-10 000 brunnar/år. Brunnarsarkivet består i huvudsak av brunnar borrade i berg eller jordlager efter 1975. Uppgifter om grävda brunnar är ovanliga i brunnarsarkivet på grund av att dessa nästan alltid utförs i egen regi, vilket innebär att ingen yrkesmässigt bedriver denna verksamhet.



Figur 4. Exempel på utdrag från SGUs Brunnarsarkiv, området Ingarö/Värmdö, Stockholms län. Röda markeringar visar det geografiska läget för brunnar varifrån information finns inlagrat i Brunnarsarkivet (december 2006).

Skydd av vattentäkt

Föreskrifter till skydd för enskilda grundvattentäkter kan meddelas med stöd av 40 § punkten 5 i förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (SFS 1998:899). Där anges att kommunen, om det behövs för att hindra att olägenheter för människors hälsa uppkommer i en kommun, får meddela sådana föreskrifter. Svenska kommunförbundet har gett ut "Lokala föreskrifter för att skydda människors hälsa och miljön" som stöd för att utforma lokala föreskrifter (Eriksson m.fl. 1999).

Allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten

Socialstyrelsen gav i december 2003 ut allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten (SOSFS 2003:17). Där anges vilka krav som bör ställas på dricksvattnets kvalitet. Tidigare fanns riktvärden för vissa parametrar som var lämpliga att använda för vatten i hushåll med enskild vattenförsörjning (egen brunn) i Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten (SLVFS 2001:30). De allmänna råden gäller för dricksvatten från vattenverk och enskilda brunnar eller enskilda dricksvattenanläggningar – som i genomsnitt tillhandahåller mindre än 10 m³ dricksvatten per dygn, eller – som försörjer färre än 50 personer, såvida inte vattnet tillhandahålls eller används som en del av en kommersiell eller offentlig verksamhet.

Detta innebär att det främst är fastighetsägare med egen (s.k. enskild) vattenförsörjning eller med en mindre gemensam vattentäkt som berörs av Socialstyrelsens allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten. De allmänna råden gäller också för vatten som används till personlig hygien och andra hushålls-
göromål. En handbok som vägledning till dessa allmänna är under framtagande.

Socialstyrelsen och SGU har under 2005 sammanställt två broschyrer med tips och vägledning för den som har eller planerar att anlägga en dricksvattenbrunn. I broschyrerna finns praktiska råd om var en brunn bör placeras, om vanliga tekniska problem och hur man kan åtgärda dem, om skötsel och underhåll samt vad man bör tänka på rörande vattnets kvalitet:

- Dricksvatten – Att anlägga brunn – råd om hur du går tillväga. Artikelnummer 2005-114-1.
- Dricksvatten – Sköt om din brunn – råd om hur du går tillväga. Artikelnummer 2005-114-2.

Allmänna råd om små avloppsanläggningar för hushållspillvatten

Avloppsvatten från hushåll innehåller en mängd föroreningar, bl.a. bakterier, kväve och fosfor. Utsläpp kan orsaka förorening av dricksvatten och grundvatten samt övergödning av hav och sjöar. Därför är det viktigt att reningen fungerar tillfredsställande.

Många enskilda hushåll och fritidsboende infiltrerar sitt avloppsvatten i marken och därmed till grundvattnet. Vid varje brunn där ett vattenuttag sker återförs huvuddelen av vattnet till marken i samma område såsom avloppsvatten, mer eller mindre förorenat. I en grundvattenförekomst där flera infiltrationsanläggningar finns kan avloppsvattnet utgöra en betydande del av grundvattenbildningen.

Naturvårdsverket har nyligen utarbetat allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållspillvatten (NFS 2006:7). Naturvårdsverket avser även att ta fram en handbok till de allmänna råden. Nedan ges ett utdrag ur de allmänna råden rörande vad som bör beaktas när avloppsvatten tillåts infiltrera i mark:

1. Horisontellt skyddsavstånd från avloppsanläggning till dricksvattentäkt bör motsvara grundvattnets transportsträcka under minst två - tre månader vid maximalt vattenuttag; avståndet bör dock aldrig understiga 20 m.
2. Avståndet mellan infiltrationsnivå och högsta grundvattennivå eller berg bör inte understiga 1 m.
3. Grundvattennivån i närbelägen vattentäkt bör ligga högre än nivån på grundvattnet under avloppsanläggningen vid maximalt vattenuttag.
4. Avloppsanläggningen bör inte försvåra anordnandet av vattenförsörjning på andra fastigheter.

Naturvårdsverket bedömer att de allmänna råden inte ensamma räcker för att få till stånd den utveckling som behövs för att minska utsläppen och öka resurshushållningen i tillräcklig grad vad gäller enskilda avlopp. Ett exempel på tänkbara ytterligare styrmedel för att minska utsläppen är föreskrifter om kunskapskrav hos installatörer och om funktionskontroll av avloppsanordningar.

EG lagstiftning

Vattenförsörjningen berörs främst av två EG direktiv; ”Rådets direktiv (98/83/EG) av den 3 november 1998 om kvaliteten på dricksvatten och ”Europaparlamentets och rådets direktiv (2000/60/EG) om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område, 2000”. Dricksvattendirektivet (98/83/EG) är ett minimidirektiv, vilket innebär att varje medlemsstat kan ha strängare nationella regler. Däremot får inget i direktivet utelämnas. Direktivet är huvudsakligen hälsoinriktat och Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten bygger direkt på detta direktiv. Socialstyrelsens allmänna råd regleras inte av direktivet men flertalet av Socialstyrelsens rekommendationer är samma som Livsmedelsverkets föreskrifter för dricksvatten.

Vattendirektivet (2000/60/EG) är ett ramdirektiv som anger ramarna för hur det nationella arbetet ska bedrivs för att yt- och grundvattenförekomster ska nå god status till 2015. Direktivet har införts i svensk lagstiftning, främst i miljöbalken. En viktig förändring är att vattenarbetet ska läggas upp efter avrinningsområden, dvs. följa naturens egna gränser för vattnets flöde. Det innebär en bättre helhetssyn på både skydd och nyttjande av våra vattenresurser. För grundvatten innebär god status både kvalitativ och kvantitativ status. Alla grundvattenförekomster som försörjer fler än 50 personer eller där vattenuttag större än 10 m³ per dygn görs omfattas av direktivet. För enskild vattenförsörjning är det främst kustområden som berörs eftersom direktivet inte medger saltvatteninträngning genom exploatering. Om flera små uttag görs inom samma grundvattenförekomst kan det leda till ett överutnyttjande och påverkan av salt havsvatten. Därför är därför skäligt att samsyn råder oavsett om uttagen görs gemensamt eller genom flera enskilda täkter om grundvattenuttagen görs ur samma grundvattenförekomst och försörjer mer än 50 personer eller om de sammanlagda vattenuttaget bedöms överstiga 10 m³ per dygn.

Nationella miljömål

I Sverige finns 16 nationella miljö kvalitetsmål fastställda av riksdagen. De utgör en vision över miljötillståndet i landet. I underlaget till miljömålen finns en samsyn om att råvattnets kvalitet är avgörande för att trygga en god svensk dricksvattenförsörjning. Flera av miljömålen berör också vatten. Miljömålet ”Grundvatten av god kvalitet”, med syfte att trygga en säker och hållbar dricksvattenförsörjning, är kanske det viktigaste för enskild vattenförsörjning. För att nå grundvattenmålet är miljömålen ”Ingen övergödning”, ”Bara naturlig försurning” och ”Giftfri miljö” viktiga miljömål. Information om miljömålen finns på miljömålsportalen (www.miljomal.nu) och om grundvattenmålet på SGUs hemsida (www.sgu.se). SGU har föreslagit att ett delmål inom grundvattenmålet bör vara inriktat mot enskild vattenförsörjning. Förslag till hur detta delmål kan utformas föreligger.

Miljöövervakning – inriktning grundvatten i kustområden

Miljöövervakning behövs för att veta huruvida de nationella och regionala miljö kvalitetsmål som satts upp verkligen uppfylls. En annan viktig uppgift för miljöövervakningen är att avslöja nya, hittills okända miljö störningar. Miljöövervakningen i Sverige är uppdelat i en nationell och en regional del. Naturvårdsverket har det övergripande ansvaret för planering och drift av den nationella miljöövervakningen samt ett samordningsansvar för den regionala miljöövervakningen, som i övrigt drivs av länsstyrelserna. Kommunal miljöövervakning bedrivs även för att tillgodose kommunernas behov av information om miljön.

Inom detta projekt kontaktades länsstyrelserna i de län där kuststräckor ingår för att ta reda på om miljöövervakning utförs för grundvattennivåer och grundvattenkemi inom kustområdena. Av Sveriges 21 kustlän uppger sju att de inte har någon miljöövervakning inom sina kustområden och 11 län uppger att

det pågår övervakning eller ska införas övervakning inom länet. Information saknas från tre kustområden. Av de län som utför miljöövervakning är det i huvudsak grundvattenkemiska program som avses.

SGU är ansvarig för övervakning av grundvatten inom programmet. Sötvatten. Inom detta arbete har SGU på uppdrag från Naturvårdsverket föreslagit en ny undersökningstyp "Övervakning av saltvatteninträngning i brunnar" (Naturvårdsverket 2006).

Under 2005 fick SGU i uppdrag av regeringen (rskr 2004/05:117) att utarbeta ett förslag till förbättring av kunskapsförsörjning avseende grundvattenkvalitet samt hur grundvattenövervakning bör organiseras i framtiden. Rapporten "Förslag till förbättring av kunskapsförsörjningen avseende grundvattenkvalitet- ett regeringsuppdrag" finns att tillgå på www.sgu.se/sgu/sv/om_sgu/utredningar.html. I uppdraget föreslår SGU även att miljöövervakning i kustnära områden bör upprättas enligt denna undersökningstyp (Naturvårdsverket 2006). Syftet med undersökningstypen är att ge indikationer om risk för ökande saltvatteninträngning föreligger inom områden med relativt tät bebyggelse och där vattenförsörjningen grundas på grundvattenuttag ur enskilda brunnar genom att ta fram en metod för:

- 1) Identifiering av riskområden för saltvatteninträngning.
- 2) Mätning av saltvattenpåverkan av dricksvatten i områden som kan befaras vara riskområden för ökande saltvatteninträngning.

Resultatet skall kunna ge kommunerna relevant beslutsunderlag för införande av t.ex. tillståndskrav på utförande av energibrunnar samt tillstånd eller avslag av anläggning av dricksvattenbrunnar i områden som är känsliga för inträngning av salt grundvatten.

Den föreslagna övervakningsmetodiken bygger på att fritidsboende och permanentboende med egen brunn i tätbebyggda riskområden för saltvatteninträngning (fritids- och omvandlingsområden) återkommande erbjuds vattenanalyser. Information om brunn och antal användare samt VA-standard dokumenteras. De potentiella områdena för övervakning tas fram av kommuner som inom sina gränser har områden som ligger under MG (marina gränsen) med beaktande av:

1. Var koncentrerad bebyggelse med enskild vattenförsörjning finns idag och var den kan komma att öka i framtiden.
2. Huruvida respektive område ligger inom ett riskområde (områden under MG), områden med ökande grundvattenuttag (omvandling av fritidsboende till permanentboende, höjd VA-standard + koncentrerad bebyggelse), områden med små jorddjup samt liten magasineringsförmåga eller täta jordlager. Risken att erhålla salt grundvatten ökar också med ökat brunnsdjup.
3. Resultatet av utvärdering av tidigare utförda eller nya kompletterande analyser (exempelvis hos SGU eller kommun).

På grundval av denna information bedöms om övervakning behövs inom de potentiella områdena. Om kemiska analyser saknas från något område som underlag för beslut, rekommenderas att nya vattenprover tas för analys.

I områden som valts ut för övervakning bör antalet provtagningspunkter utgöra ca 5-10 % av det totala antalet brunnar inom riskområdet, dock minst 5 st. Samtliga brunnar bör vara bergborrade och fördelade så att de på ett representativt sätt omfattar fritids- och permanentboende, olika höjdlägen samt olika jordtäckningsgrad. För att få referensmätningar till undersökningsområdena föreslås att brunnar som är belägna utanför bedömda riskområden väljs ut.

Den föreslagna variabelsammansättningen är inledningsvis den som ingår i en standardanalys (pH, konduktivitet, Alk/Ac, SO₄, Cl, F, NO₃-N, PO₄-P, NH₄-N, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu) vilket bidrar till att klargöra salthalternas ursprung. Provtagningen avses utföras av fastighetsägarna i provflaskor enligt medsänd instruktion. Som underlag för uppskattning av vattenanvändningens storlek bör fastighetsägarna ange VA-standard och antal användare i hushållet.

Ett förslag på metodik för miljöövervakning av salt grundvatten i kustområden har även tagits fram av Länsstyrelsen i Stockholm (Boman och Hanson 2004) med syfte att kunna utforma ett fungerande miljöövervakningsprogram. Metodiken prövades första gången inom Länsstyrelsens miljöövervakning under sommaren 2003 med syfte att provtagningar ska göras vart tredje år. Resultaten från undersökningen 2006 finns presenterade på Länsstyrelsens hemsida (www.ab.lst.se).

Länsstyrelsen metodik utgick ifrån att ett lämpligt program bör bygga på upprepad provtagning av bergborrade brunnar inom begränsade områden samt utredning av vattenkonsumtionen och naturliga förutsättningar inom dessa områden.

De områden som valdes ut för övervakning omfattade olika variationer i kloridpåverkan och vattenkonsumtion, dvs. till skillnad från förslag till undersökningstyp (Naturvårdsverket 2006) fanns bristområden redan identifierade. Områdena hade ungefär samma storlek, med liknande geologiska förhållanden och hade det gemensamt att kommunalt vatten inte planeras anslutas till områdena inom överskådlig tid.

Provtagning utfördes av brunnsägaren som vid provtagning lämnade information om brunn, boendestandard och vattenkonsumtion. Till skillnad från undersökningstypen (Naturvårdsverket 2006) mättes enbart kloridhalter med fältutrustning på kommunernas miljö och hälsoskyddskontor samt på Länsstyrelsen.

Arbete regionalt och lokalt med enskild vattenförsörjning

Inom Länsstyrelsernas regionala arbete med miljömålet för grundvatten har några kustlän specifikt tagit upp kustproblematiken för vattenförsörjning. Utöver det nationella miljömålet för stabila grundvattennivåer som berör vattenförsörjning har tre län inrättat preciserade delmål.

- Vattenuttag från åar, sjöar och grundvattentäkter skall inte överskrida täkternas kapacitet och anpassas så att fiske och dricksvattenförsörjning inte skadas t.ex. i kust- och skärgårdsområden (Blekinge län).
- Senast år 2007 används länets grundvattentillgångar i kust- och skärgårdsområdena utan risk för skador på vattnets kvalitet eller långsiktiga nybildning (Uppsala län).
- I skärgården och andra vattenbristområden är uttaget av grundvatten reglerat så att det inte riskerar att bli större än återbildningen (Stockholms län).

Blekinge, Uppsala, Kalmar och Gävleborgs län har tagit fram åtgärdsförslag vad gäller vattenförsörjning i bristområden.

- Tillståndsplikt införs för vattentäkter i problemområden och t.ex. generella regler för borring. Inventeringar och tillsyn av vattentillgång och vattenkvalitet (bl.a. avseende havsvatteninträngning) sker för enskilda vattentäkter (Blekinge län).
- Kommunerna genomför och redovisar resultat av vatteninventeringar med avseende på tätorternas och glesbygdens vattenbehov, tillgång på lämpliga vattenresurser och brister i vattenförsörjningen. Kustkommunerna avgränsar särskilt de områden för vilka restriktioner i rätten att ta ut grundvatten kan behöva begränsas (Uppsala län).
- Senast år 2011 har restriktioner införts för att förhindra överuttag av vatten i områden med risk för saltvatteninträngning (Kalmar län).
- Kommunerna bör ha genomfört och redovisat resultat av vatteninventeringar med avseende på tätorternas och glesbygdens vattenbehov, tillgång på lämpliga vattenresurser och brister i vattenförsörjningen (Gävleborgs län).

För några ytterligare län finns problematiken kring tillgång på grundvatten i kust- och skärgårdsområden angivna i den allmänna beskrivningen av länet. För sju kustlän finns inget specifikt kopplat till denna frågeställning.

Utöver det arbete som utförs inom miljömålsarbetet pågår arbete med enskild vattenförsörjning i kust- och skärgårdsområden vid många kommuner och länsstyrelser. Problemen har speciellt uppmärksammats i storstadsregionernas kustområden p.g.a. att fritidshusområden byggs ut eller omvandlas till permanent boende.

Flera kommuner har utrett grundvattentillgångarna och tillståndsplikt för vattenbrunnar har införts i t.ex. Värmdö, Nacka och Uddevalla kommuner. Norrtälje kommun har tagit fram ett förslag till kommunal policy om vatten- och avloppsförsörjning gällande fastigheter utanför kommunalt VA-område. Syftet med policyn är att redovisa kommunens riktlinjer så att fastighetsägarna tydligt ges förutsättningarna för VA-hantering. Vid förhandsförfrågan om bygglov inom kommunen ska en VA-redovisning för hur

fastighetsägaren avser att lösa vatten- och avloppsfrågan lämnas in till miljö- och hälsoskyddsnämnden. Genom inlämnandet kan miljö- och hälsoskyddsnämnden göra en bedömning av tomtens lämplighet. Detta är ett krav för att förhandsbesked ska kunna beviljas av byggnadsnämnden. Detta följer kraven i PBL om att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn bl.a. till jord-, berg- och vattenförhållandena, möjligheterna att ordna vattenförsörjning och avlopp samt möjligheterna att förebygga vattenföroreningar.

Dataunderlag – grundvattentillgång och kvalitet

Allmänt

I utredningar vad gäller grundvatten i kustområden brukar vanligen befintligt material kombineras med mer eller mindre omfattande fältundersökningar. Det geologiska och hydrogeologiska material i form av kartor och databaser som finns och produceras idag, och som i olika form kan komma till användning i grundvattenstudier i kustzonen, sammanfattas i detta avsnitt.

I många kommuner och i flera län finns lokala och regionala sammanställningar avseende främst vattenkvalitet. En del av dessa har framtagits inom ramen för den regionala och lokala övervakningen av grundvattnets långsiktiga beskaffenhet eller i samband med tillsyns- och ansökningsärenden. Några sammanställningar över dessa regionala och lokala arkiv finns inte och de varierar starkt med avseende på tillgänglighet, lagringsmedia och kvalitet. Dessutom finns ofta en stark lokalkännedom bl.a. på kommunernas miljö- och hälsoskyddskontor. Vid lokala analyser bör därför även lokala och regionala myndigheter kontaktas.

Förutom hos myndigheter finns även andra aktörer med grundvatteninformation, bl.a. universitet och högskolor. En stor mängd examensarbeten rörande VA-förhållanden utförs årligen i samarbete med problemägare, t.ex. lokala myndigheter, föreningar eller företag. Stor erfarenhet beträffande lokal vattenförsörjning finns även hos seriösa lokalt förankrade borrhävar.

Vad gäller tillgång på kartdatabaser och databaser över punktinformation är SGUs arkiv de mest omfattande. Olika former av systematisk kartläggning som pågår vid SGU skapar data som kan användas vid arbete med grundvattenfrågor i kustzonen. En sammanfattning av sådan information ges nedan.

Grundvattentillgångar

Kartor och databaser över grundvattentillgångar framtagna vid SGU finns redovisade i två skalor:

- Regional skala 1:250 000 (länsskala). Kartor över grundvattentillgångar har producerats länsvis och finns klara för alla län. Beskrivningen till de hydrogeologiska länskartorna innehåller uppgifter från SMHI avseende hydrometrologiska data, bl.a. nederbörd och avrinning. Ingår gör också redovisning av källor, grundvattnets kemiska sammansättning i ett urval av lokaler samt uttagsmöjligheter i olika bergarter.
- Lokal skala 1:50 000 (kommunskala). Kartläggningen är inriktad mot grundvattentillgångar i jord och redovisas kommunvis eller för isälvsavlagringar som utgör större grundvattenmagasin. Framtagande av denna hydrogeologiska karta sker från en lokal jordartskarta (se avsnitt nedan). Ett vanligen omfattande fältarbete utgör sedan basen för den hydrogeologiska tolkningen, där det bland annat ingår att bestämma grundvattnets strömningsriktning, identifiera grundvattendelare och bedöma uttagsbara vattenmängder. Kartläggningen pågår och ett 50-tal kommuner är kartlagda samt ett antal större grundvattenmagasin i andra kommuner.

I de fall större grundvattenmagasin i jord finns utmed kustzonen och kartering i lokal skala har utförts, kan detaljerad information finnas att tillgå från dessa magasin. Vanligen består dock kustområdena av berg i dagen, tunna jordlager på berg eller dalgångar där finkorniga jordar dominerar i ytlagren. Oftast redovisas på de hydrogeologiska kartorna därför i kustområdet ett statistiskt beräknat intervall för uttagskapacitet i

berggrunden, baserat på uppgifter i SGUs brunnarkiv. Dessa intervallen i uttagskapacitet kan användas som riktvärden. Dessutom ingår översiktlig redovisning av större spricksystem.

Den geologiska informationen som ges från de hydrogeologiska kartorna är betydelsefull för bedömning av vattentillgång, bland annat vid:

- Avgränsning av tillrinningsområde
- Bestämning av flödesriktningar
- Bestämning av hydrauliska gränser
- Tolkning av jordlagerföljd och därmed reservoarmöjligheter
- Bedömning av sprickzoner och bergartsförhållanden

Jordarter och jorddjup

Jordartskartor i lokal skala (med redovisning i skala 1:50 000) finns för de flesta kustområden i södra Sverige. Kartorna tas fram vid SGU genom detaljerat fältarbete i skala 1:10 000 och utgör det bästa underlaget för lokala bedömningar inom exempelvis ett fritidsområde utmed kusten vad gäller jordlagrens sammansättning och mäktighet. Informationen har även betydelse för grundvattentillgång, strömning, etc. För övriga kustområden finns översiktligare kartläggning i varierande skalor utförd.

Berggrund och sprickor

Stora delar av landets tätbefolkade kustområden i storstadsregioner på öst- och västkusten saknar idag berggrundskartor i lokal skala. SGU har i sin nästa långtidsplan föreslagit att lokalkartering av dessa områden bör ske. I södra Sverige är kustområdena berggrundskarterade i lokal skala 1:50 000. Moderna geofysiska flygmätningar som inom berggrundskarteringen används för att lokalisera sprickzoner, deformationszoner och strålning med avseende på kalium, torium och uran finns för de aktuella områdena.

Grundvattnets kemiska sammansättning

SGU är datavärd för miljöövervakningsdata avseende grundvatten. SGU bär också ansvaret för och utför den nationella övervakningen. Förutom de data som genereras inom datavärdskapet och den nationella miljöövervakningen finns vid SGU även kemidata lagrade från olika typer av projekt. Nedan följer en översikt över centrala verksamheter varifrån analysdata finns lagrade i SGUs databaser. Den avser dels program med regelbundna mätningar varifrån förändringar i tiden kan tas fram, dels enstaka mätningar lagrade i SGUs kemiarkiv för grundvattenanalyser (benämnt GRVC).

A. Regelbundna mätningar

Grundvattennätet Grundvattennätet är anslagsfinansierat vid SGU och syftar till att beskriva och förklara regionala och tidsmässiga variationer i grundvattnets mängd och beskaffenhet. De längsta mätserierna har sin början 1966. Vid samtliga ca 400 stationer görs mätningar av grundvattennivåer två gånger i månaden. Vid en del av stationerna, i nuläget 30 st, tas även vattenprov för kemiska analyser två gånger/år som omfattar bl.a. klorid. Fyra av dessa kan anses ligga inom kustnära områden.

Referensstationer grundvatten Referensstationer grundvatten är ett övervakningsprogram som finansieras av Naturvårdsverket. Syftet är att kunna ge en tillståndsbeskrivning av grundvattnet med avseende på påverkan från metaller, eutrofiering och försurning. Stationsnätet består av 100 stationer som är utvalda så att alla geografiska regioner enligt Bedömningsgrunder för grundvatten (Naturvårdsverket 1999) finns representerade. Vidare har urvalet gjorts så att samordning skett med vattendragsstationerna inom programområdet sötvatten.

Databas för grundvattenförekomster och vattentäkter (DGV) SGU arbetar med att bygga upp en nationell databas för grundvattenförekomster och vattentäkter, förkortad DGV (Ojala m.fl. 2004). Informationen ska dels användas i arbetet med miljömål och Vattendirektivet (2000/60/EG) dels fungera som ett viktigt underlag för kommunernas mark- och vattenförsörjningsplanering. Vad gäller vattentäkter ingår grundläggande information om allmänna kommunala vattentäkter (såväl yt- som grundvattentäkter) och övriga (ej allmänna) vattentäkter som producerar mer än 10 m³ per dygn eller försörjer fler än 50 personer. Analyser på råvattnets kemiska sammansättning inhämtas direkt från det laboratorium som anlitas efter att SGU erhållit ett medgivande från ägaren av analysdata. Metodiken för insamling av kemiska data redovisas i Thorsbrink m.fl. (2006).

B. Enstaka mätningar

SGUs hydrogeologiska kartering Provtagning och fysikalisk-kemisk analys har utförts på prov från ca 100-200 brunnar/län vid karteringen i regional skala och omfattar såväl jordbrunnar som bergboreade brunnar. Resultaten av dessa analyser redovisas i beskrivningar till länskartorna. Någon systematisk kartering av grundvattenkemi görs för närvarande inte vid kartläggning i lokal skala, men sammanställningar finns utförda i ett antal kommunbeskrivningar, exempelvis vad gäller förekomst av salt grundvatten. I vissa kommuner har grundvattendata statistiskt beräknats till sannolikheter för att få salt vatten vid borrning av brunnar och på flera kommunkartor har riskområden för förekomst av salt grundvatten markerats översiktligt. Vattenprov tas också i fält vid rörsättningar i utvalda grundvattenmagasin.

Brunnsarkivet Det är idag frivilligt att bifoga analysprotokoll från eventuellt utförda kemiska analyser av vattenprover som tagits i samband med anläggandet av en brunn. I nuläget erhåller brunnsarkivet ca 500 analysprotokoll/år, vilket är en fjärdel av vad som inkom för ca 10 år sedan. En stor brist är att på analysprotokollen saknas ofta lägesinformation om den brunn varifrån provet är taget.

Surbrunnsprojektet Surbrunnsprojektet var en kommunvis inventering av försurningsläget i enskilda brunnar som initierades av Naturvårdsverket. Inventeringen gjordes under åren 1984-86 i privata brunnar i flertalet av Sveriges kommuner med syftet att kunna bedöma och prioritera åtgärdsbehov (Bertills m.fl. 1989). Projektet omfattade bl. a. analyser av klorid.

IDENTIFIERING OCH KARTLÄGGNING AV BRISTOMRÅDEN AVSEENDE SALT GRUNDVATTEN I KUSTNÄRA OMRÅDEN

Utgångspunkter och befintliga metoder

För att underlätta för samhällsplaneringen i kustområden behövs effektivisering och strukturering både vad gäller hantering av underlagsdata och kartläggningsmetodik. För att beskriva var bristområden på sött grundvatten förekommer längs kusten har ett antal metoder tagits fram. Tillämpning har skett i ett flertal områden. I bilaga 1 finns en aktuell sammanställning av använda metoder med redogörelse för bakgrund och uppbyggnad (avser läget sommaren 2006). Ett antal praktiska exempel ingår också i sammanställningen i bilaga 1. I tabell 1 sammanfattas angivna metoder.

Framtagande av bristområden för sött grundvatten omfattar många moment och kräver ett stort antal antaganden. Kunskapsläget och efterfrågan på förbättrat underlag för några grundläggande parametrar som används vid bedömningar och beräkningar diskuteras i bilaga 2. I denna studie ingår inte att värdera de olika metodernas användning inbördes. Beroende på syftet med grundvattenundersökningen kan analysen behöva göras med olika detaljeringsgrad, därför kan flera av metoderna behöva användas samtidigt.

Parallellt med behovet av att utveckla metodik för kartläggning av bristområden behövs övervakningssystem för att följa upp förändringar i saltvatteninträngning i utsatta områden. Det framtagna undersökningstypen för övervakning av saltvatteninträngning i brunnar beskrivs ovan (Naturvårdsverket 2006).

Följande kriterier anges som högre risk för saltvatteninträngning när riskområden ska avgränsas: lågt terrängläge under MG, ökande grundvattenuttag, större brunnsdjup och inget eller liten magasineringsförmåga av vatten i jordlager. För val av lokaler för övervakning eftersträvas bergborrade brunnar som är representativt lokaliserade inom angivet område vad gäller terrängläge, geologiska förhållanden och vattenanvändning samt att det finns så mycket brunnsinformation och kemiska analyser tillgängliga som möjligt.

Urval av lokaler i undersökningstypen för övervakning (Naturvårdverket 2006) förutsätts bygga på erfarenhetsmässig kunskap om risker för saltvatteninträngning beroende på terrängläge, etc. samt på kemiska analyser av klorid. För att kunna avgränsa riskområden på ett konsekvent sätt, och därmed kunna föreslå lämpliga övervakningspunkter, är det dock en förutsättning att tydliga kriterier för fastställande av bristområden och grundvattenmagasin finns.

Tabell 1. Metoder för kartläggning av bristområden avseende sött grundvatten i kustområden. Metodernas tillgänglighet och behovet av kompetens för att genomföra undersökningarna framgår av tabell 1 i bilaga 1. Under **skala** avser E=enskild brunn, L=lokal bedömning (mindre område) och R=regional bedömning. Under **typ** av metodik ingår Kvan.=kvantitativ och Kval.=kvalitativ metodik.

| Metod | Kännetecken och beskrivning | Skala | Typ |
|---|--|---------|-------|
| Metoder för bedömning av risk för salt grundvatten | | | |
| Erfarenhetsbaserad bedömning | Baseras på vattenkemisk provtagning och analys. Ger lokal information om existerande situation. Data från nationella och lokala arkiv. | E, L, R | Kval. |
| Bestämning av djup till salt grundvatten | Bedömning av maximalt lämpligt brunnsborrdjup utifrån bearbetningar av existerande brunnsdata. | E, L, R | Kvan. |
| Statistiskt baserade variabelmetoder | Bedömning utifrån platsens naturgivna förutsättningar (bl.a. geologi, hydrologi, topografi), brunns tekniska system (VA-standard, etc.) samt avstånd till saltkällor. Baseras på regional statistisk bearbetning av brunnsdata. | E, L, R | Kval. |
| Matematisk modellering av saltvatteninträngning | Baseras på matematiska ekvationer som beskriver strömnings- och transportförhållanden i marken. Kräver betydande mängder indata avseende bl.a. nederbörd och markens hydrauliska egenskaper. | E, L, R | Kvan. |
| Metoder för bedömning av grundvattentillgångar | | | |
| Enkla statistiska vattenbalanser | Jämförelse på årsbasis mellan grundvattenuttag och grundvattennybildning inom ett definierat område. Använder generella värden på grundvattenbildning samt förutsätter att grundvattenbildningen kan lagras och tillgodogöras. | L, R | Kvan. |
| Tidsdynamiska vattenbalansberäkningar; SGUs beräkningsmetod | Omfattar dels en årsvis jämförelse mellan grundvattenbildning baserad på beräknad effektiv nederbörd och grundvattenuttag, dels en analys av grundvattenreservoarens storlek för att se om den klarar grundvattenuttag under den tid då grundvattennivån sjunker (taget från empiriska grundvattendata). Generella porositetsvärden och jordmäktigheter används. | L, R | Kvan. |
| Areella beräkningar med digitala data | Som ovan, data hämtad från GIS. | L, R | Kvan. |
| Tidsdynamiska vattenbalansberäkningar; GWBal | Omfattar beräkning av grundvattenreservoarens storlek utifrån bedömda jordlagerföljder samt analys av lagrets utveckling under valfri period baserat på nettonederbörd och grundvattenuttag. Generella värden eller mätvärden kan nyttjas. Används för att prediktera hur många fastigheter (och med vilken standard) som långsiktigt kan försörjas inom ett område. | L, R | Kvan. |
| Matematisk modellering | Baseras på matematiska ekvationer som beskriver strömningsförhållanden i marken. Kräver betydande mängder indata avseende bl.a. nederbörd och markens hydrauliska egenskaper. | E, L, R | Kvan. |

Grundläggande arbetsgång

Ett antal aktörer kan påverka att ett förbättrat underlag erhålls vid utförande av kartläggning och bedömning av bristområden och för att förbättra åtgärder. I tabell 2 har några olika grundläggande arbetssteg angivits som visar vilka delar som kan ingå i en studie från insamling till beslut om åtgärder är tagna och börjar verkställas.

För genomförande krävs information om både naturliga faktorer och påverkansfaktorer. Såväl kvantitativa som kvalitativa aspekter måste beaktas. I denna rapport ingår att ta fram ett utkast på förbättrat underlag vad gäller geologiska och hydrogeologiska faktorer (under arbetssteg 1 och 2 i tabell 2) vid kartläggning av bristområden för sött grundvatten.

Tabell 2. Arbetssteg i genomförandet av bedömning av vattenresurser inom kustområden med risk för brist på sött vatten.

| Arbetssteg |
|---|
| 1. Identifiering av grundläggande faktorer samt framtagande av denna information. Omfattar faktorer som är naturgivna, mänsklig påverkan eller en kombination av dessa. |
| 2. Beskrivning och avgränsning av grundvattenmagasin (kvantitativt och kvalitativt). |
| 3. Bedömning och värdering där exempelvis olika beräkningsmetoder kan användas, framtagande av bristområden för sött grundvatten. |
| 4. Risk- och skyddsanalyser, övervakning. |
| 5. Åtgärdsplaner. |
| 6. Verkställande. |

Geologisk och hydrogeologisk kartläggning i kustnära områden

Ett förslag ges här på hur en geologisk och hydrogeologisk kartläggning i kustområden inriktad mot salt grundvatten skulle kunna utföras. Upplägget gäller i första hand kustzonen inom förslagsvis en kommun. Det kan även gälla för andra områden under MG där salt grundvatten konstaterats och/eller utökat uttag och större avsänkning kan förekomma eller befaras. Kartläggningen bygger på att all relevant information om markanvändning, bebyggelsestruktur, planer på omvandlingsområden, etc. är kända. Metoden är uppdelad i fem arbetssteg.

1. Genomgång av befintliga data

Insamling sker av befintliga geologiska och hydrogeologiska data avseende berggrund, jordlager och grundvatten (se vidare under avsnitt "Dataunderlag – grundvattentillgång och kvantitet" ovan). Huvudsakligt underlag vad gäller grundvattnets kvalitet är:

- DGV - alla typer av vattentäkter (kommunala, samfälligheter, etc.).
- Enskilda analyser vid kommuner, samt eventuella andra gemensamma vattentäkter som inte ingår i DGV.
- Övriga kemidatabaser vid SGU.
- Andra kemidatabaser vid länsstyrelser och myndigheter.

2. Preliminär bedömning av status avseende förekomst av salt grundvatten

Områdena kan lämpligen indelas i olika grupper enligt:

1. Sannolikt ej saltvattenpåverkat område.
 2. Saltvattenpåverkat område av relik grundvatten och/eller genom saltvatteninträning.
- Avgränsningen av saltpåverkat grundvatten eller ej bygger på geografiska variationer i kloridhalter.

3. Preliminär avgränsning av grundvattenmagasin

En kombination av information om berggrund, jordlager och hydrogeologiska förhållanden sammanställs och värderas. Exempel på faktorer att väga in:

- 1) Brunnskapacitet i existerande brunnar. Data erhålls från brunnsarkivet (främst brunnar i berg).
- 2) Tektonisk modell (t.ex. avseende bergplintars utformning, sprickzoner, lokal uppsprickning). Data från berggrunds- och geofysiska undersökningar.
- 3) Sammanställning och bedömning av befintlig jordartsinformation (användbarheten beror på använd metodik, skala, etc.).
- 4) Preliminär bedömning av jordlagerföljd (angivande av typiska jordlagerföljder).
- 5) Preliminär indelning i grundvattenbildningsområden (baserat på topografisk information, etc.).
- 6) Övrig hydrogeologisk information (utgående från metodik för lokal hydrogeologisk kartering vid SGU).

Ett första förslag ges på avgränsning och beskrivning av grundvattenmagasin i jordlager och berggrund.

4. Utförande av kompletterande fältarbete

Bedömning sker av behov av kompletterande fältarbete. Plan tas fram för vilka fältmoment som behöver utföras samt i vilken omfattning och i vilka områden kompletterande kunskap behövs. En prioritering av önskvärd information och i vilka områden sådan skall tas fram måste göras utifrån bedömning av de informationsslag som anses mest angelägna. I områden som saknar geologisk data såsom jordartsutbredning, jordlagerföljd och sprickförhållanden i berg måste t.ex. sådana uppgifter tas fram. I områden som bedöms vara komplexa och heterogena kan fältinsatsen bli betydande. Sannolikt kommer ökad information om jordlagrens mäktighet och uppbyggnad att bedömas vara viktig och komplettering kan behöva utföras med exempelvis sonderingar genom jordlagren. Även grundläggande hydrogeologisk information (grundvattenströmning, grundvattennivåer, etc.) kommer troligen också att behöva tas fram från fältdata i de flesta områden. Underlag för att avgränsa vilket djup som bör avsättas för vattenreservoarerna i berg kommer sannolikt också att behöva förbättras. Komplettering av vattenkemiska analyser utförs vid behov för att stödja avgränsningen av områden (arbetssteg 2).

5. Sammanvägd analys av kvantitativa och kvalitativa data med avgränsning av grundvattenmagasin

Utvärdering görs av den preliminära avgränsningen av status avseende förekomst av salt grundvatten enligt punkt 2 mot förslag på avgränsningen av grundvattenmagasin ur kvantitativa aspekter. Om möjligt bör en mer specificerad indelning av områden ske enligt exempelvis följande indelning:

- 1) Opåverkade områden.
- 2) Opåverkade områden, uttag bedöms kunna medföra direkt havsvatteninträngning.
- 3) Opåverkade områden, uttag bedöms kunna medföra uppträngning av ett relik saltvatten.
- 4) Områden där inträngning av saltvatten förekommer från närliggande hav.
- 5) Områden där relik saltvatten förekommer.

För vidare användning av resultaten från en sådan undersökning behöver metoder för att ta fram bristområden tillämpas (metoder i tabell 1 eller andra). Hänsyn tas till uppgifter om uttags storlek, uttagsförändringar, säsongvariationer, etc.

Detta utkast på metod kan utvecklas till en rutinmässig karteringsmetodik vid SGU eller annan instans. Följande arbetsinsatser kommer då att krävas:

- 1) Utkastet bearbetas vidare till en preliminär metodik.
- 2) Ett antal pilotstudier i olika områden utförs.
- 3) Möjligheten att använda en gemensam metodik för landet utvärderas.
- 4) En eller flera karteringsmetoder utvecklas vidare och fastställs med stöd av rutinbeskrivningar för genomförandet.

UTVECKLING AV INDIKATORER

SGU arbetar med att ta fram olika typer av riskregioner som är särskilt känsliga för förändringar i grundvattennivåer eller där man genom brunnborrning, andra undermarksarbeten eller vattenuttag kan försämra grundvattenkvaliteten. I områden under MG (marina gränsen) finns risk för att relikta salter påverkar grundvattnets kvalitet. I strandnära områden kan det vara svårt att avgöra om salt grundvatten är av relikts ursprung eller om det beror på en nutida havsvatteninträngning. Kustområden är ett specialfall av områden där brunnborrning och vattenuttag kan försämra grundvattenkvaliteten och uppföljningen bör så långt som det är relevant samordnas.

Problem i kustområden omfattar:

- Vattenbrist
- Saltvatteninträngning
- Avloppspåverkan
- Påverkan från övrig verksamhet

I denna rapport behandlas främst vattenbrist och saltvatteninträngning. SGUs ansvarar inom miljömålsarbetet för att föreslå och arbeta fram indikatorer. Vad gäller grundvatten i kustområden ges här några förslag på hur vattenbrist och saltvatteninträngning kan följas upp med indikatorer i olika skalor. På nationell nivå föreslås:

Indikatorförslag 1.

Antal kommuner som har

- *Identifierat lokala riskområden*
- *Infört anmälningsplikt i lokala riskområden*
- *Infört tillståndsplikt i lokala riskområden*

Denna indikator visar att kommunerna uppmärksammat problemet och att kommunen aktivt arbetar med frågan. För nationell uppföljning krävs inrapportering från kommuner, eventuellt via länsstyrelsen, till SGU.

Indikatorförslag 2.

Ytandel av SGUs utpekade riskregioner

- *Som av kommunerna identifierats som lokal riskområden*
- *Där kommunerna infört anmälningsplikt*
- *Där kommunerna infört tillståndsplikt*

Denna indikator visar liksom förslag 1 på att kommunerna uppmärksammat problemet och att kommunen aktivt arbetar med frågan. Den ger dock en mer precis bild än förslag 1. För nationell uppföljning krävs inrapportering från kommuner med GIS-filer, eventuellt via länsstyrelsen, till SGU.

Indikatorförslag 3.

Antal borrade brunnar

- *I riskregioner*
- *I identifierade lokal riskområden*
- *I lokala riskområden med anmälningsplikt*
- *I lokala riskområden med tillståndsplikt*

Denna indikator visar utvecklingen i riskregionerna och kan göras med hjälp av inrapportering till brunnarkivet. För en uppföljning i de lokala riskområdena krävs att dessa rapporterats in till SGU (GIS-filer).

Indikatorförslag 4.

Andel vattenanalyser i riskregioner med kloridhalter i olika klasser (länsuppdelat).

Denna indikator visar faktiska förändringar i grundvattnet. På nationell nivå kan kloridhalter sammanställas i klasser för riskregionerna med länsuppdelning. Indikatorn förutsätter att analyser från enskilda brunnar (som tagits i olika sammanhang) är tillgängliga. Sannolikt är underlaget otillräckligt för en årlig

uppföljning utan kanske bör t.ex. analyser från tre år slås ihop. För att kunna visa förhållandena i de lokala riskområdena krävs att dessa avgränsats geografiskt och rapporterats till SGU (som GIS-filer). Uppföljning av dessa områden kan göras med läsupplösning på nationell nivå enligt ovan. Vissa lokalt avgränsade riskområden kan behöva följas upp med vattenprovtagning.

Indikatorförslag 5.

Andel vattenanalyser med andra kvalitetsproblem.

Denna indikator skulle kunna användas för att visa på andra vattenkvalitetsproblem, såväl antropogent som naturligt betingade, som finns i kustområdena och som bör beaktas för att få till stånd en bra vattenförsörjning.

PLANERADE ARBETEN OCH FÖRSLAG PÅ KOMMANDE INSATSER

En förstudie om användning av GIS för att förbättra insamling av data för enskild och kommunal VA-verksamhet har nyligen genomförts i Mälardalen, VAGIS. För att säkerställa en uthållig vattenförsörjning i kust och skärgård pågår ett projekt med Finland, Åland, kommunerna Norrtälje, Värmdö, Tyresö, Haninge och eventuellt Nynäshamn samt centrala myndigheter som projektdeltagare för att ta fram en ansökan för ett Interreg IIIA-projekt.

Socialstyrelsen ska under 2007 genomföra ett nationellt tillsynsprojekt för dricksvatten från enskilda vattentäkter med syfte att lägga grunden för en miljöövervakning av dricksvatten inom den hälsorelaterade miljöövervakningen. Kunskapsnivån om vattenkvaliteten för dricksvatten från enskilda vattentäkter är i dagsläget bristfällig och Socialstyrelsen ser en möjlighet att i samband med det nationella tillsynsprojektet öka antal provtagningar av enskilda vattentäkter för att få en uppfattning om hur situationen är i Sverige idag. SGU undersöker möjligheterna att erhålla enskilda vattenanalyser direkt från analysföretagen inom projektet genom att medgivande ges av fastighetsägare vid provtagning. Förhoppningen är att föreslagen metodik ska kunna leva vidare efter 2007 och bidra med data till miljöövervakning av enskilda brunnar.

I bilagorna 1 och 2 beskrivs metoder för olika modellberäkningar och kommentarer ingår till hur arbetet och informationsförsörjningen för bl.a. kartläggning av bristområden i kustområdena skulle kunna förbättras. Det ingår frågeställningar som är forskningsinriktade, är av datahanteringsmässig art eller är av sådan praktisk karaktär att lösningar bäst utvecklas i konkreta projekt. Några viktiga synpunkter och förslag är:

- För kustområdena råder generellt brist på relevanta data. Det finns stort behov av att samordna olika arkiv hos flera myndigheter för att effektivisera arbetet. Överföring till digitalt format av uppgifter av olika slag är nödvändigt.
- Sammanställning behöver ske av behovet av redovisning av bristområden på grundvatten i olika skalor och dess betydelse för vilken metodik som kan och bör användas.
- Jämförande studier mellan olika metoder vid bedömning av områden med brist på sött grundvatten behöver utföras i olika delar av landet i linje med det examensarbete som är under slutförande vid KTH (Kristiansson, under arbete) som berör mindre områden inom kommunerna Orust, Stenung-sund och Tjörn.
- Systematisk insamling av uppgifter om jordlager krävs med mål att göra rimliga bedömningar och beräkningar av jordlagerföljder och grundvattenvolymer. Redovisningsformer för information utvecklas.
- Det krävs forskningsinsatser och praktiska undersökningar som kan ge bättre information om reservoarmöjligheter i berggrunden (främst dess kinematiska porositet).
- Den mäktighet av grundvattenreservoaren i berg som ansätts i beräkningar är av stor betydelse för vilket resultat som erhålls. Underlaget för att göra sådana bedömningar bör förbättras.
- Antalet mätstationer för nederbörd, grundvattennivåer och grundvattnets kemiska sammansättning måste utökas samt mer detaljerade höjddata finnas tillgängliga. Fler nationella referensstationer för grundvattenobservationer är således önskvärda, liksom fler stationer inom regionala och lokala övervakningsprogram i kustzonen. Detta gäller framför allt i magasin i berggrunden men även i jord.

- Samverkan måste utökas i kustmiljöerna vad gäller VA-frågor och geologiska förutsättningar. Kartläggning bör göras mer i detalj för vatten- och avloppsförsörjning i kustnära områden. Generellt har kommunerna god kännedom. För att kartlägga hur VA-försörjningen för närvarande sker i olika områden kan t.ex. samkörning med fastighetstaxeringsdata göras för privata brunnar.
- Utveckling av beräkningsmetoderna för bestämning av bristområden bör ske parallellt med bättre underlag för geologisk kustkartering.

REFERENSER

- Bertills, U., Sarr, M. & von Brömssen, U., 1989: Försurningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Rapport 3567, Naturvårdsverket.*
- Boman, D. & Hanson, G., 2004: Salt grundvatten i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden, Metodik för miljöövervakning och undersökningsresultat 2003. *Rapport 2004:26, Länsstyrelsen Stockholms län.*
- Eriksson, A.-E., Fidjeland, L., Bokliden, K. & Persson, G., 1999: Lokala föreskrifter för att skydda människors hälsa och miljön. *Svenska kommunförbundet.*
- Kristiansson, T., under arbete: "Bedömning av riskområden för salt grundvatten - en metodstudie i Västra Götalands län" *Examensarbete, KTH.*
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Grundvatten. *Naturvårdsverket, Rapport 4915.*
- Naturvårdsverket, 2006: Undersökningstyp - Övervakning av saltvatteninträngning i brunnar, 2006. *Version 1:0 : 2006-12-22, Naturvårdsverket.*
- Ojala, L., Thorsbrink, M., Lång, L.-O., & Mellqvist, E., 2004: Information om kommunala vattentäkter i DGV- september 2004. *Sveriges geologiska undersökning, SGU-rapport 2004:15.*
- Thorsbrink, M., Ahlström, L., Lång, L.-O. & Mellqvist, E., 2006: Råvattenanalyser i Databasen för grundvattenförekomster och vattentäkter (DGV), lägesredovisning maj 2006. *Sveriges geologiska undersökning, SGU-rapport 2006:11.*

METODER FÖR FASTSTÄLLANDE AV OMRÅDEN MED BRIST PÅ SÖTT GRUNDVATTEN I KUSTZONEN

Bo Olofsson

De metoder som finns tillgängliga har antingen omfattat metoder för att kartlägga områden där tillgången på grundvatten av god kvalitet är otillräcklig i jämförelse med behovet av dricksvatten eller metoder där sannolikheten att påträffa grundvatten med förhöjd salthalt är hög. Sådana områden behöver inte nödvändigtvis sammanfalla, dvs. områden med hög sannolikhet att erhålla salt grundvatten är inte alltid vattenbristområden. Däremot ger ofta vattenbristområden ökade salthalter eftersom små tillgångar av vatten kräver allt djupare brunnar och uppträning av ett relikthavsvatten samt mobilisering av vatten från större avstånd, vilket i kustområden kan leda fram till inträngning av recent havsvatten. Metoderna är därför uppdelade i dessa två huvudgrupper. Sammanställningar av problemets art och olika undersökningsmetoder har gjorts under 1980-talet (Lindell 1987, Tilly m.fl. 1988, Tilly 1990). Sedan dess har dock en hel del nya metoder utvecklats och prövats.

Metoder för kartering av salt grundvatten

En viss sannolikhet för att påträffa salt grundvatten förekommer i stora delar av Mellansverige och Sydsverige. Naturligt uppvisar 20-25% av de bergbore brunnarna en förhöjd salthalt (här definierat som en kloridhalt överstigande 50 mg/l) inom de områden som varit täckta av salt eller bräckt havsvatten någon period under de senaste 12 000 åren. Dessa områden med s. k. relikthavsvatten omfattar dels själva kustzonen, dels ett ca 200 km brett bälte från Stockholm till Göteborg, främst kring lågterräng-områdena runt Mälaren och Vänern (Lindewald 1985, Olofsson 1994). Andelen saltvattenpåverkade brunnar är faktiskt inte särskilt mycket större i kustkommunerna i Stockholms län än i länets Mälarkommuner (Lindell 1987, Assad & Salih 1988). Förutom de regionala relikta saltvattenförekomsterna återfinns förhöjda salthalter även i den direkta strandzonen till följd av inträngning av havsvatten i bergsprickor som ett resultat av grundvattenuttag. Salthalten påverkas vidare av brunnsbottennivån. Sannolikheten att påträffa förhöjda salthalter ökar således med ökat djup på brunnsbottennivån, vilket gäller såväl över som under Högsta Kustlinjen (Müllern & Thunholm 1998). Förhöjda salthalter återfinns även i anslutning till större vägar med vintervägsaltning samt intill grusvägar där kalciumklorid har använts för dammbindning. Även andra föroreningskällor påverkar salthalten, t.ex. läckande avloppsledningar, lakvatten från hushålls- och industrideponier, liksom lokala upplag av salt. Vid denna metodgenomgång har hänsyn inte tagits till kartläggning av antropogena föroreningskällor utan endast naturliga förekomster av salt grundvatten samt genom grundvattenuttag inducerade förekomster av salt grundvatten.

Fastställande av områden med stor risk för salt grundvatten har gjorts på ett flertal sätt:

- Erfarenhetsbaserad bedömning
- Bestämning av djup till salt grundvatten
- Statistiskt baserade variabelmetoder
- Matematisk modellering av saltvatteninträngning

Erfarenhetsbaserad bedömning

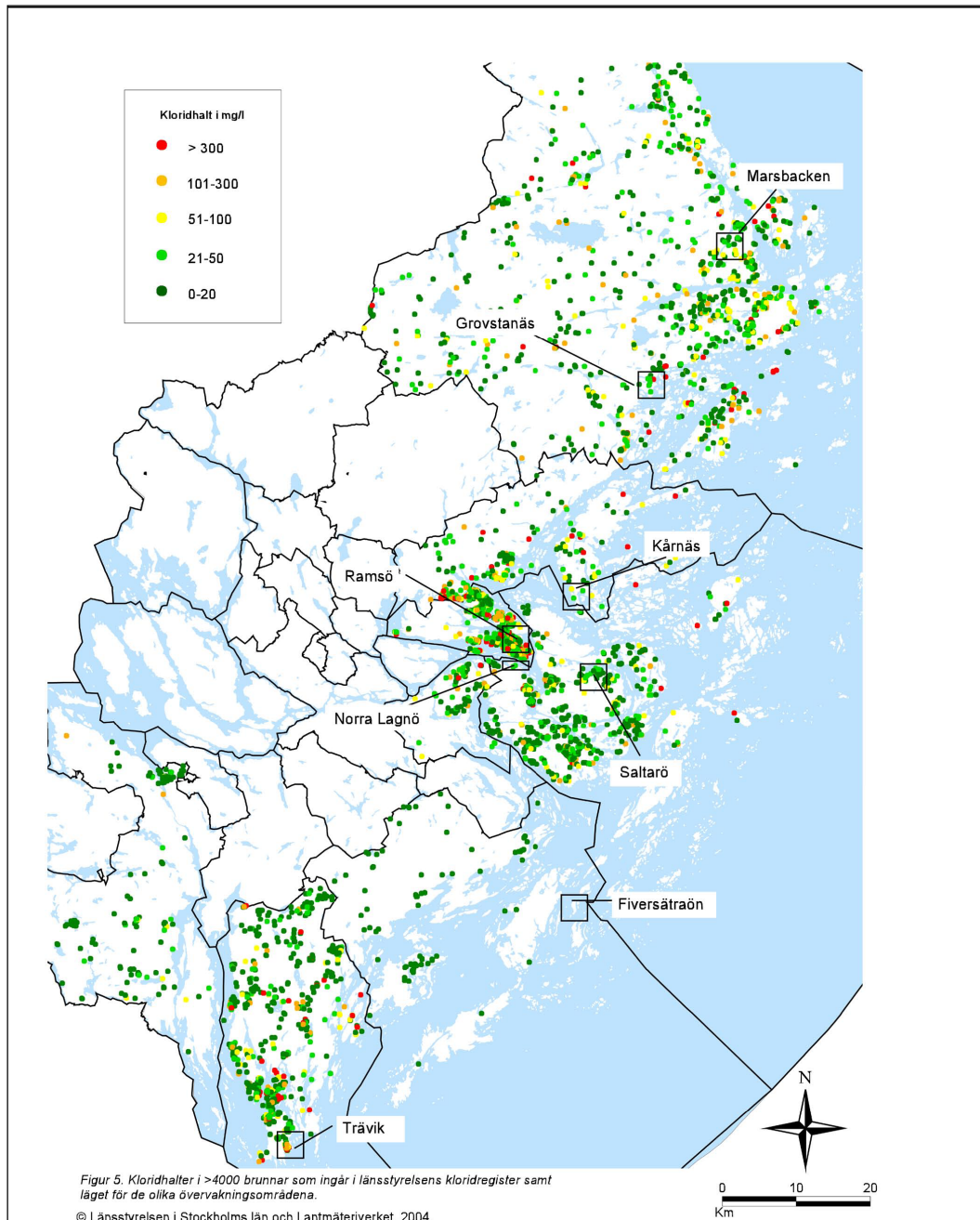
Inom många kustkommuner finns det god kännedom om vilka områden som idag är problemområden med hänsyn till förekomst av salt grundvatten. Vattenkemiska provtagningar har ibland utförts i samband med riktade undersökningar av vattenkvalitet, av kommunala eller regionala myndigheter eller av högskolor, t.ex. i samband med examensarbeten. Dessutom har kommunerna ibland fått kopior på vattenkemiska protokoll i samband med brunnsborrningar eller specifika vattenkemiska undersökningar. Kommunerna har därför ibland egna vattenkemiska arkiv som kan användas för att identifiera problemområden. Omfattningen av kommunernas lokala arkiv är mycket varierande mellan kommunerna. I vissa län, t.ex.

Stockholms län, upplevs saltvattenfrågan som så allvarlig att många kommuner ägnat frågan stort intresse och har byggt upp egna arkiv och kunskapssammanställningar. I Stockholms läns kloridregister finns för närvarande mer än 4000 brunnar registrerade. Vidare finns ett landsomfattande vattenkemiskt arkiv att tillgå hos SGU, vilket byggts upp utifrån de vattenkemiska protokoll som tillsänts SGU i samband med brunnborrningar samt från SGUs egna provtagningar inom den regionala hydrogeologiska karteringen eller kommuntäckande kartläggningar. Sådan erfarenhetsmässig kunskap visar var problem finns idag men kan inte direkt användas för prognoser. Ett allmänt krav på att bristområden för sött grundvatten måste reellt kunna visas genom ett större antal brunnar med salt grundvatten, skulle omöjliggöra en sådan klassifikation i områden där bebyggelsen ännu inte expanderat eller där VA-standarden ännu inte höjts, så att problem uppstår. Områdesvisa erfarenhetssammanställningar kan således inte förhindra att problem uppstår men ge kunskaper om ett områdes fortsatta problemutveckling.

Länsstyrelsen i Stockholms län har inom ramen för det regionala övervakningsprogrammet under 2003 utvecklat en metodik för övervakning av salt grundvatten i länets kustområden. Metodiken bygger på regelbunden insamling av vattenprover för kloridanalys från ett större antal fastigheter (totalt 590) inom 8 skärgårdsområden (Boman & Hanson 2004), figur 5. Fastighetsägarna fick till stor del själva göra provtagningen och skicka in tillhandahållna provflaskor (utom i några fall då kommunen eller lokala föreningar hjälpte till med distributionen och provinsamlingen). I samband med provtagningen gjordes ett enkelt frågeformulär avseende främst vattenuttag och sanitär standard. Den första provtagningen har bearbetats och utförligt presenterats i en rapport. Flera av undersökningsområdena har i dagsläget en betydande mängd brunnar med förhöjda kloridhalter. Bearbetningen visade också att vissa faktorer var relaterade till kloridhalt, främst VA-standard, brunnsdjup och topografi. Idén med övervakningen är att provtagningen skall upprepas vart tredje år (vilket gjordes första gången under 2006). Därigenom skall generella trender i salthalterna kunna kartläggas. I rapporten rekommenderas även att kommunerna genomför egna kompletterande likartade undersökningar. Vid kraftig påverkan kan det vara lämpligt att genomföra mer heltäckande vattenkemiska undersökningar för att klargöra saltets ursprung eftersom motåtgärderna kan variera beroende på om det är frågan om inträngande recent havsvatten eller ett uppträngande relict vatten. I rapporten diskuteras dock inte hur trenderna i salthaltsvariationerna i de 8 studerade områdena skall kunna generaliseras till alla andra kustområden.

Bestämning av djup till salt grundvatten

SGU har huvudansvaret för miljömålet "Grundvatten av god kvalitet" och ett generellt ansvar för kartläggning av grundvattentillgångar, liksom arkivering av grundvattendata. Ansvaret innefattar därför även analyser av grundvattendata från brunnsarkivet samt generella analyser av data från kemiarkivet. Ett flertal presentationer av vattenkemiska förhållanden (med bl.a. kloridförhållandena) har därför presenterats genom åren (Knutsson & Fagerlind 1977, Engqvist m.fl. 1985, Lindewald 1985, Aastrup m.fl. 1995). Därtill finns andra sammanställningar och utvärderingar av kloridförhållandena i landet (Olofsson 1994, 1996, 1999). Undersökningarna visar entydigt den areella utsträckningen av problemet och förekomsten av salt grundvatten. Utbredningen är huvudsakligen koncentrerad till de områden som är belägna under den s.k. Högsta Kustlinjen (HK). Dess sträckning är dock inte helt klarlagd och justeras lokalt. Müllern & Thunholm (1998) har visat att förhöjda salthalter även förekommer i områden belägna ovanför högsta kustlinjen. Detta har även visats av Olofsson & Sandström (1998) men delvis tolkats som ett resultat av vägsaltning i vissa områden eftersom det tydligt föreligger en trend med avtagande kloridhalter med avstånd från saltade större vägar, liksom motsvarande förändring av andra joner, t.ex. ökad hårdhet i anslutning till vägar som en följd av jonbyte med tillfört natrium.



Figur 5. Kloridhalter i borrade brunnar i Stockholms län. Från Länsstyrelsens kloridregister 2003. De 8 studerade områdena är inlagda på kartan (Boman & Hanson 2004).

Förhöjda salthalter medför dock en ökad densitet hos grundvattnet, varför salthalten antas öka med djupet. En annan anledning är att ytligt grundvatten har en betydligt kortare omsättningstid, varvid salthalterna i ytligt vatten förblir låga eftersom förekomst av kloridmineral (t.ex. halit) i form av sprickfyllnader är mycket ovanligt i Sveriges kristallina berggrund. Djupt liggande grundvatten med närmast obefintlig vattenomsättning kan därför under lång tid långsamt anrikas på salter. Mycket höga kloridhalter, dvs. brines, förekommer troligtvis överallt på den skandinaviska skölden. I kustområdena påträffas detta saltvatten på större djup än 1000 m, vilket visats i borrhål på Laxemar vid undersökningar inför ett slutförvar för radioaktivt avfall. Vid djupborrningen inför gasexploateringsprojektet i Siljansringen påträffades ett sådant saltvatten på mer än 4000 m djup.

Müllern & Thunholm (1998) har funnit att den absoluta nivå till vilken brunnen är borrad är en viktig faktor för kloridhalten såväl under som över HK. För kommunala tillåtlighetsprövningar beträffande

brunnsborrning i bristområden vore det värdefullt att kunna ange ett maximalt tillåtet borrhjup. Ett pågående examensarbete vid KTH har därför statistiskt analyserat relationen brunnsbottennivå och kloridhalt med syfte att utveckla en modell över kloridhaltsökningen med djupet, för användning i en GIS-applikation. Preliminära resultat visar att brunnsbottendjupet endast svarar för en mindre del av variationen i kloridhalt. En applikation har utformats i ArcGIS kopplat till det statistiska programpaketet SAS (Ståhl 2005, muntligt).

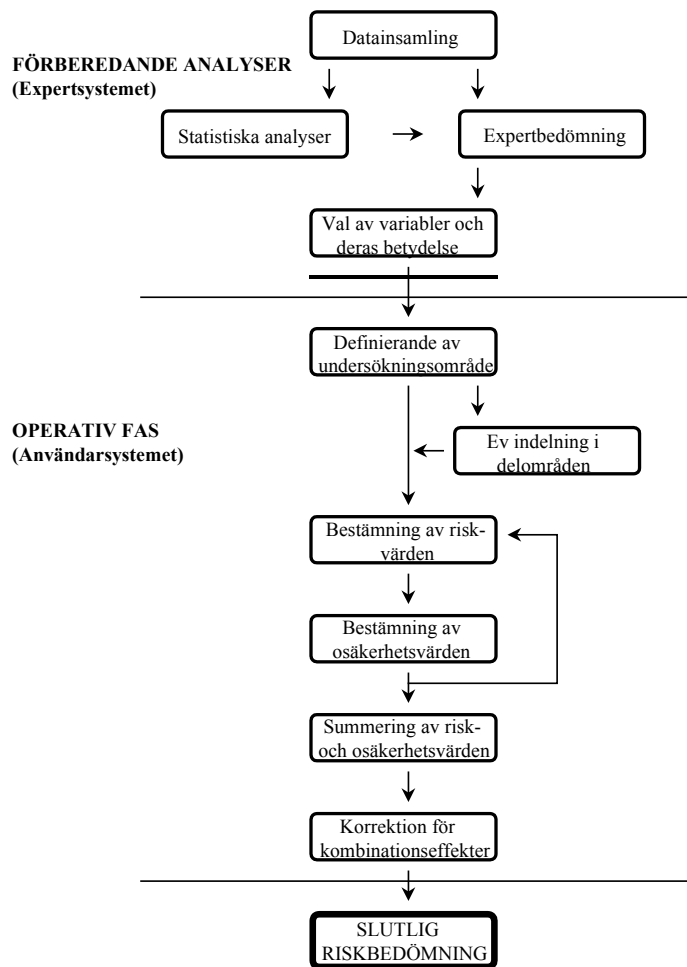
Statistiskt baserade variabelmetoder

En av de tidigaste systematiska genomgångarna av salt grundvatten i Sverige gjordes av Lindewald (1985). Under 1987 genomfördes ett projekt i samarbete mellan Länsstyrelsen i Stockholms län och KTH med syfte att kartlägga utbredningen av salt grundvatten i länet. I samband med insamlingen av brunnskemiska data sammanställdes även information om naturgivna förhållanden, brunnstekniska förhållanden såsom brunnsdjup samt avstånd till strand, etc. (Lindell 1987). Sammanställningen och de statistiska analyserna ledde fram till att ett antal faktorer var av betydelse för salthaltsförhållandena. Totalt kan det antas att ett drygt tiotal faktorer påverkar förhållandena, naturgivna, tekniska samt avståndsfaktorer. Faktorerna har olika grad av betydelse. Nya undersökningar i Stockholms län, t.ex. Boman & Hansson (2004) har konfirmerat betydelsen av vissa av faktorerna. Den variabelbaserade prediktionsmetod som utvecklades har kallats RV-metoden (RiskVariabel-metoden). Begreppet "risk" får dock inte sammanblandas med en traditionell riskanalys, vilken också omfattar en analys av konsekvenserna. Metodiken utvecklades för bedömning av sannolikheten att påträffa salt grundvatten men har senare även använts för ett flertal olika applikationer, t.ex. för bedömning av grundvattensänkning vid fortsatt tunneldrivning på Hallandsåsen (Olofsson 2000) samt för bedömning av effekter på grundvattnet av förorenings-spridning från väg, främst vägsaltning (Gontier & Olofsson 2003).

Inledande arbeten med RV-metoden för bedömning av sannolikhet för förhöjda salthalter i grundvattnet gjordes av Bucht & Larsson (1995) som applicerade metoden manuellt i ett antal områden i Värmdö kommun. Under 1990-talet utvecklades metodiken, dels genom ett interaktivt datorprogram, dels genom applikationer i GIS-miljö. I ett samarbete mellan SGU, KTH och Norrtälje kommun testades metodiken i GIS över en stor del av Norrtälje kommun, dvs. i de delar som det då fanns digitala jordartsdata från. Samtidigt och oberoende utvecklades en GIS-applikation av RV-metoden på några områden i Värmdö kommun, inom ett examensarbete vid Stockholms Universitet (Hemström 1997). De provtagningar som fanns eller gjordes i de olika undersökningarna visade på en god överensstämmelse med verkliga förhållanden.

RV-metodens principiella flödesgång visas i figur 6. Den består av två faser, en statistiskt förberedande och en operativ fas. Den statistiska delen syftar till att välja lämpliga faktorer, liksom fastläggande av deras inbördes betydelse. De flesta valda variabler har en direkt statistisk signifikans. För ett fåtal saknas information och kan således inte behandlas statistiskt. De har därför medtagits på basis av en konceptuell beskrivning av deras betydelse. Variablerna omfattar såväl naturgivna som tekniska samt även avståndsfaktorer, t.ex. avstånd från strand och vägar med vägsaltning. Faktorerna omfattar såväl icke-numeriska (t.ex. geologi) som numeriska data. Traditionell regressionsanalys ger ofta svaga samband för enskilda faktorer i komplex miljö samt dessutom stora svårigheter att hantera icke numeriska faktorer. Istället indelas varje faktor i tre till fem klasser som behandlas med ANOVA (variansanalys). För att möjliggöra tillägg av lokalt viktiga variabler eller uteslutande av variabler och ändå möjliggöra jämförelser mellan olika områden, användes såväl negativa som positiva värden. För att kartlägga eventuella överlappningar mellan faktorer används PCA (principalkomponentanalys). Betydelsen av de olika faktorerna bestäms genom regressionsanalys med minsta kvadratmetoden, vanligtvis endast i 3-4 klasser, där uppmätt kloridhalt utgör den beroende variabeln. ANOVA gäller dock bara för normalfördelade dataset. För icke-normalfördelade dataset finns motsvarande icke-parametriska metoder *Kruskal-Wallis ANOVA by ranks* respektive *Kendall tau correlation* för korrelationsbestämningar.

En viktig skillnad mot de flesta indexerade variabelsystem var också att ett system för osäkerhetsbedömning infördes omfattande operatörens osäkerhet rörande ingångsdata.



Figur 6. Principiellt flödesschema för RV-metoden.

Varje variabel delas in i klasser som ges positiva eller negativa riskvärden (där positiva värden betyder att variabeln minskar risken för salt grundvatten). Varje variabel tilldelas därefter en vikt.

$$V_1 * R_1 + V_2 * R_2 + V_3 * R_3 + \dots + V_n * R_n = \sum_{i=1}^n V_i * R_i = SRV$$

där V_i motsvarar riskvärdet för en specifik variabel och R_i motsvarar viktningen på variabeln. SRV är det slutliga riskvärdet.

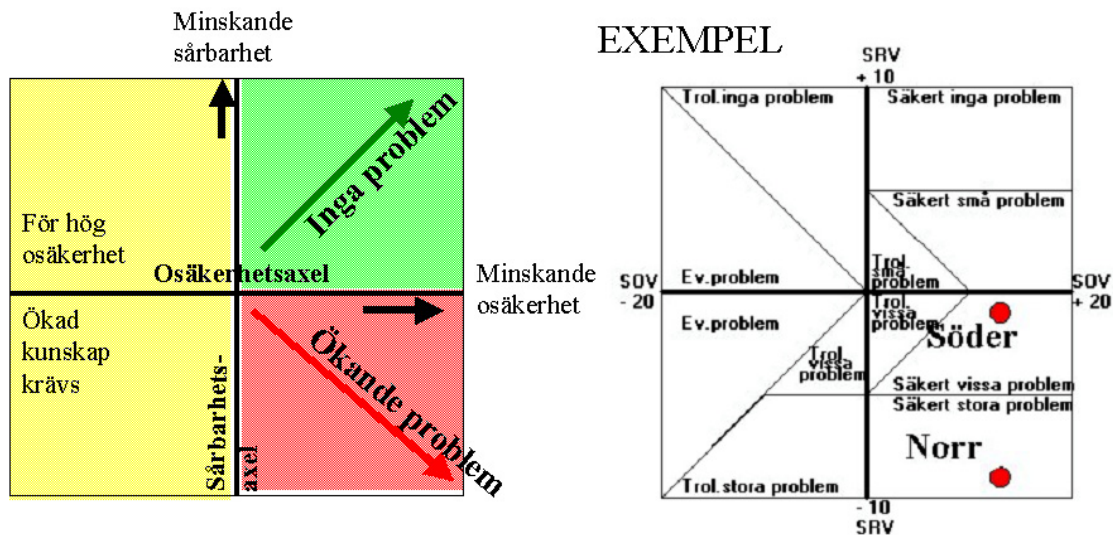
För varje variabel ger användaren även en numerisk skattning av osäkerheten i klassificeringen. Värdet på osäkerheten kan i regel anta värden mellan +1 och -1 där negativa värden svarar mot en hög grad av osäkerhet. Osäkerhetsvärdet omfattar såväl en bedömning av den aktuella databasens kvalitet som användarens egen kompetens inom området. Osäkerhetsvärdena behandlas på ett liknande sätt som variabelvärdena.

$$U_1 * R_1 + U_2 * R_2 + U_3 * R_3 + \dots + U_n * R_n = \sum_{i=1}^n U_i * R_i = SOV$$

där U_i motsvarar riskvärdet för en specifik variabel (+1 till -1) och R_i motsvarar viktningen på variabeln. SOV är det slutliga osäkerhetsvärdet.

Den förberedande fasen görs i allmänhet bara en gång för regionen och baseras på ett större dataset. Lämpliga faktorer och vikter är t.ex. föreslagna för Stockholms län.

Under den operativa fasen utförs beräkningarna ovan för varje delområde. I en GIS-baserad studie kommer varje rasterpunkt att behandlas som ett eget delområde. Utförs beräkningarna för ett speciellt delområde brukar det slutliga riskvärdet (SRV), liksom osäkerhetsvärdet (SOV) grafiskt presenteras i ett tolkningsschema där den vertikala axeln representerar det slutliga riskvärdet och den horisontella axeln osäkerheten i klassificeringen (figur 7). Applicerat i GIS ges varje rasterpunkt en färg representerande dess riskvärde samt ett osäkerhetsvärde som kan representeras i en kartbild.

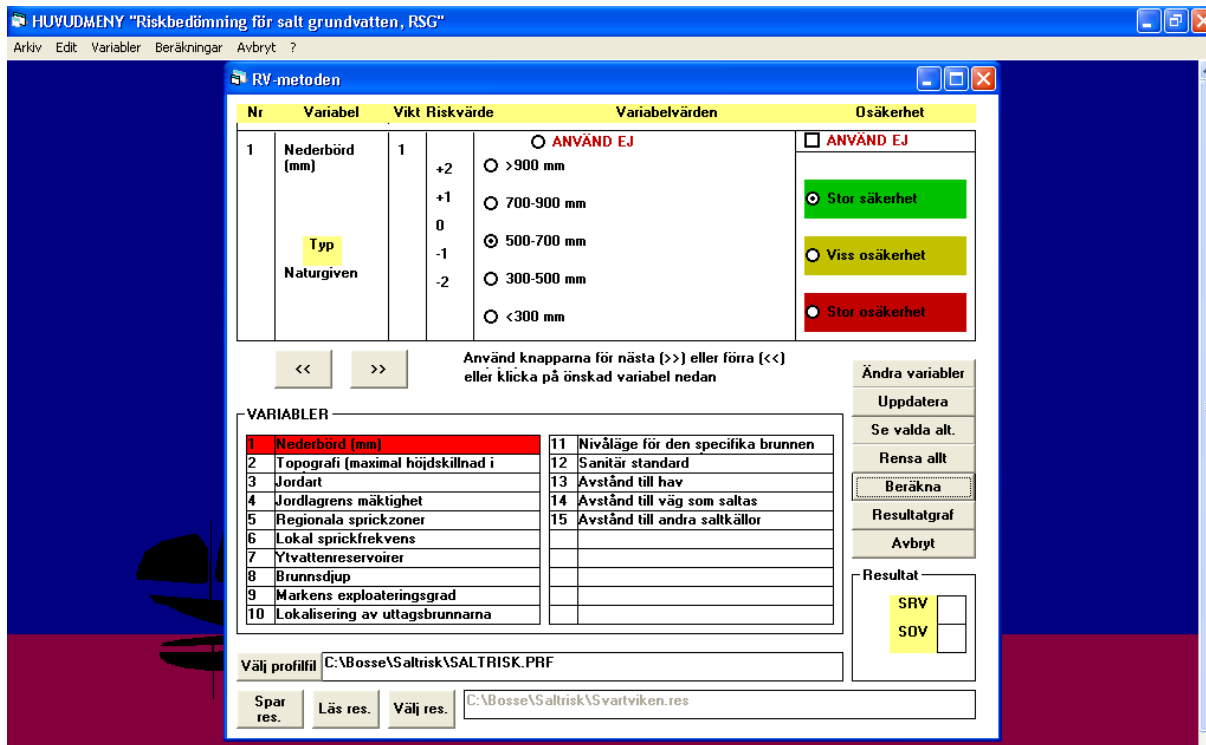


Figur 7. Exempel på tolkningsschema för enskild analys av delområden. Vid bearbetning i GIS presenteras resultatet istället i kartform.

De faktorer som använts i Stockholms län har varit naturgivna (bl.a. nederbörd, topografi, geologi, jorddjup, sprickighet, förekomst av ytvattenmagasin), tekniska (bl.a. brunnsdjup, markens exploateringsgrad och sanitär standard) samt några avståndsfaktorer (bl.a. avstånd till strand och större väg med vägsaltning).

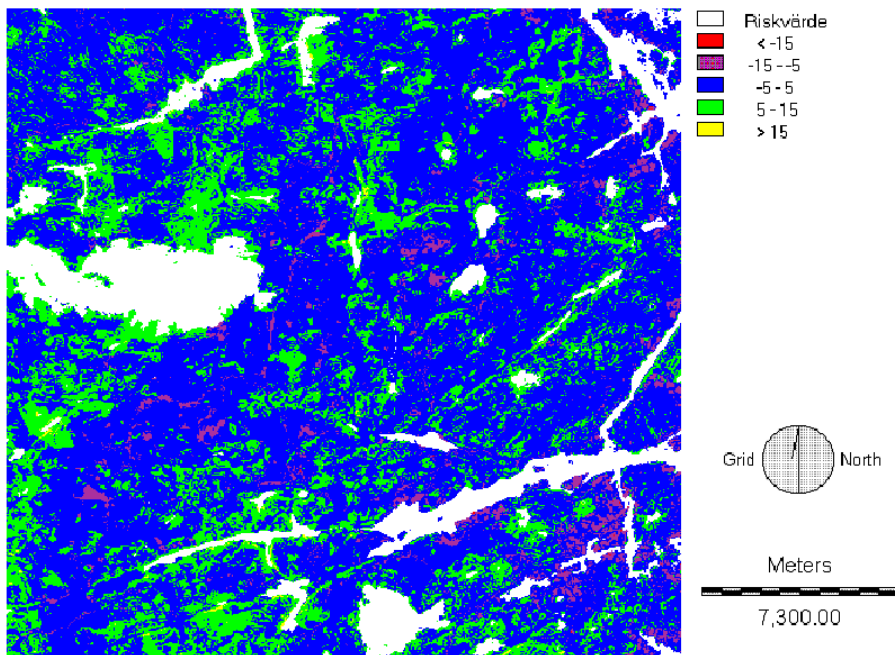
Beräkningarna har även kompenserats med *Speciella kombinationsvärden*. Med detta avses att vissa faktorer kan vara såväl gynnsamma som ogynnsamma för färskvattentillgång i beräkningarna, varför justering ibland måste göras. Jordlager med sand är t.ex. generellt bra för färskvattentillgång, men om de sandiga jordlagren är strandnära och står i direkt förbindelse med havsvatten erhålls istället en ökad risk för direkt saltvatteninträngning vid större grundvattenuttag.

Figur 8 visar ett utsnitt av ett datorprogram för manuell interaktiv beräkning av RV-värden och figur 9 ett exempel på RV-metoden i GIS-miljö. RV-metoden ger för varje bedömt område eller pixel ett slutligt riskvärde. Ju mer negativt ett riskvärde är desto större sannolikhet för att erhålla ett saltpåverkat grundvatten. Varje område eller pixel erhåller också ett slutligt osäkerhetsvärde. Om detta värde är negativt är bedömningen för osäker och mer kunskap måste inhämtas.



Figur 8. Utsnitt ur datorprogram för interaktiv RV-bedömning.

RV-metoden Norrtälje NV



Figur 9. RV-metoden i Norrtälje kommun, kartbladet Norrtälje NV (Lindberg & Olofsson 1997).

Matematisk modellering av saltvatteninträngning

Matematisk modellering av saltvatteninträngning är internationellt den förhärskande prediktionsmetodiken i kustnära områden. Modellerna består ofta av traditionella grundvattenströmningsmodeller baserade på finita differens eller finita element och modelleringen görs vanligtvis i två eller tre dimensioner. Saltvattnets in- och uppträngning styrs i allmänhet dels av grundvattenflödet, dels av de densitetsskillnader som finns mellan sött och salt vatten. En stor mängd exempel på matematiska modelleringar återfinns i de publikationer som finns från de hittills 17 genomförda SWIM-konferenserna (Salt Water Intrusion Meeting) (varav två har hållits i Sverige) samt de två genomförda SWICA-M3 konferenserna (Salt Water Intrusion and Coastal Aquifers – Monitoring, Modelling and Management). I Sverige är matematisk modellering av saltvatteninträngning i kustnära områden sällsynt. Det beror på flera olika faktorer:

- Stora svårigheter att korrekt beskriva flödessystemen under de heterogena förhållanden som råder i kristallint berg.
- En så liten densitetsskillnad mellan sött och salt vatten att stationära densitetsdrivna förhållanden i allmänhet inte uppkommer.
- Stor mängd indata, såsom hydrauliska tester och grundvattennivåmätningar, krävs för att kalibrera modellerna.
- Prognoserna beställs vanligtvis av kommunernas planerings- eller miljöförvaltningar som ofta har liten tradition i matematisk modellering.

Ett flertal kustnära flödesmodelleringar har dock utförts i Sverige i samband med undersökningar för slutförvar av kärnavfall, t.ex. på Äspö och i Forsmarksområdet.

Metoder för bedömning av grundvattentillgångar

Eftersom salt grundvatten inte alltid är ett tecken på vattenbrist måste en salthaltsbedömning kompletteras med en uppskattning av grundvattentillgångarna. Detta har vanligtvis gjorts genom vattenbalansberäkningar. Vattenbalanser började användas i större utsträckning i kommunernas planering från cirka 1980. Vattenbalansberäkningar kan indelas i:

- Enkla statiska vattenbalanser
- Tidsdynamiska vattenbalanser
- Areella beräkningar ur digitala data
- Matematisk modellering

Enkla statiska vattenbalanser

Tidiga vattenbalansberäkningar (1980-1995) gjordes vanligtvis som en jämförelse mellan grundvattenbildning och grundvattenuttag. Många grundvattenbalansberäkningar utfördes bl.a. av IVL, K-Konsult, SGU och VIAK inom omvandlingsområden i Stockholms län, ofta på uppdrag av kommunerna. Metodiken skiljer sig mellan de olika konsultgrupperna (t.ex. Sund & Bergman 1980, 1983, 1986, Ericsson & Rydergren 1985, Tilly 1987). En sammanfattande redogörelse av och jämförelse mellan de olika metoderna återfinns i en licentiatavhandling av Tilly (1990). De vanligaste beräkningarna bygger på följande:

$$P \cdot i \cdot A = n \cdot Q_p \pm R, \text{ där}$$

P = årsnederbörd

i = infiltrationskoefficienten (dvs. den andel av nederbörden som kan infiltrera och perkolera till grundvattnet)

A = infiltrationsområdets area

Q_p = specifik vattenförbrukning, dvs. vattenförbrukningen per person

n = antal personer inom området

R = en restterm som antingen kan bli positiv eller negativ

Den s.k. infiltrationskoefficienten (i), dvs. andelen av nederbörden som kan perkolera ner till grundvattnet, har varit svår att bedöma och de använda värdena för olika terrängtyper baseras endast på några få studier, bl.a. av von Brömssen (1968). Vanliga värden som använts har varit från 0.05 i kristallint berg till 0.4 för sand och grus. I den för kustområden klassiska terrängen berg-morän-lera har vanligtvis 0.1-0.2 använts. För infiltrationsområdets area har också olika system använts. Ofta har områdets avgränsning gjorts utifrån ytvattendelare, för öar ofta hela ön men borträknat en zon längs strandlinjen som inte ansetts bidra till grundvattenbildningen. Ibland har också lerområden arealmässigt räknats bort. Den specifika vattenförbrukningen (Q_p) brukar variera beroende på nyttjandegrad och standard.

Ibland har *nettonederbörden* istället använts för att beskriva tillgängliga vattentillgångar. Med nettonederbörd menas i detta fall nederbörden med avdrag för den beräknade avdunstningen, dvs. den del av nederbörden som antingen kan infiltrera i marken och avrinna genom grundvattenflöde eller rinna av genom ytavrinning eller genom att nederbörden direkt fallit på ytvattendrag. I Sverige betraktas ytavrinningen som ganska liten eftersom den kräver antingen helt täta marklager, såsom sprickfritt berg, eller vattenmättade jordlager. Vid häftiga regn kan den direkta ytavrinningen emellertid inte försummas eftersom hela jordprofilen inte behöver mättas utan endast den översta delen. Ibland används begreppet *effektiv nederbörd* synonymt till nettonederbörd. Med effektiv nederbörd menas egentligen den del av nederbörden som bidrar till avrinningen (genom yt- och grundvattenavrinning). Sett över årslånga perioder blir begreppen storleksmässigt lika.

Grundvattenbalanser av ovanstående slag har utförts inom en rad kustkommuner, dels specifikt över olika områden där vattenförsörjningsmöjligheterna måste utredas (t.ex. inom områden i Norrtälje, Nynäshamn, Nacka och Värmdö kommuner i Stockholms län, dels över större kustregioner av kommunerna (bl.a. i Värmdö och Norrtälje).

Den kritik som framförts av dessa sätt att beräkna vattenbalanser, bland annat av Tilly (1990), har främst varit att:

- Balansberäkningarna har vanligtvis inte tagit hänsyn till grundvattenmagasinens storlek. Genom att uttagen ofta är som störst när grundvattenbildningen är som minst blir uttagsmöjligheterna beroende av markens lagringsegenskaper.
- I områden med mycket kristallint berg är lagringsegenskaperna så begränsade att nettonederbörden omöjligt kan lagras.
- Beräkningen görs på årsbasis, t.ex. avseende nederbördsmängder. Inom stora delar av södra Sverige är nederbördsmängderna störst när den potentiella avdunstningen är ännu större. Även ökade nederbördsmängder under denna period behöver inte betyda ökad grundvattenbildning.
- Avrinningsområdesbaserade balansberäkningar tenderar att överskatta grundvattentillgångarna eftersom perifera delar av avrinningsområdet i praktiken inte alltid bidrar till vattenuttagsmöjligheterna då brunnarna oftare påverkas av lokala förhållanden.
- Stor osäkerhet beträffande flera av parametrarna, bl.a. storleken av infiltrationskoefficienten i olika terrängtyper.

Tidsdynamiska vattenbalansberäkningar

Under 1990-talet utvecklades grundvattenbalansberäkningarna med hänsyn till markens lagringsegenskaper och varierande grundvattenbildning och grundvattenuttag över tiden. De i kommunala planeringssammanhang vanligaste metoderna har varit:

- SGUs beräkningsmetod
- GWBal

Metoderna är i sin grundläggande tanke tämligen lika och har även testats inom samma område och då kommit till likartade resultat.

SGUs beräkningsmetod

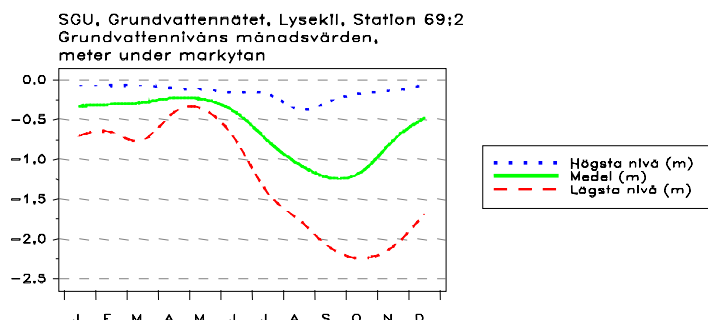
Metodiken utgår från att dels klarlägga huruvida grundvattenbildningen överstiger uttagen av grundvatten, dels analysera grundvattenreservoarens storlek för att klarlägga att den är tillräcklig för grundvattenuttag under den tid som de naturliga grundvattenförlusterna (genom avrinning och kapillär upptransport) är större än grundvattenbildningen, dvs. under de tider då grundvattennivån naturligt sjunker. Metodiken har använts i olika delar av Sverige såväl på Västkusten (t.ex. Lång m.fl. 1999, Engdahl & Lång 2003) som i Stockholms län (t.ex. Fagerlind 1997).

Grundvattenbildningen beräknas först baserad på den s k *effektiva nederbörden* (dvs. den del av avrinningen som kan hänföras till nederbörden). Denna är beräknad av SMHI genom HBV modellen. För bedömning av förhållandena under kritiska situationer används ofta 90 respektive 10% kvartilerna. Avrinningen består dels av direkt ytavrinning (vilket endast sker under specifika förhållanden i Sverige), dels grundvattenavrinning. Tillsammans bildar dessa avrinningen i vattendragen. Ofta minskas den effektiva nederbörden i förhållande till andelen lera inom undersökningsområdet eftersom lera betraktas som så svårgenomsläpplig att grundvattenbildningen blir minimal i lerområden.

Grundvattenuttagen bestäms som i tidigare grundvattenbalanser utifrån generella värden för specifik vattenförbrukning, dvs. vattenförbrukning per person och dygn vid fritids- respektive permanentboende. Vanligtvis används 170-180 l/p,d för permanentboende och 80-120 l/p,d för fritidsboende. Uppgifter om förbrukning baseras på tidigare erfarenheter och mätningar i olika delar av landet och beror på sanitär standard. Lokala uppgifter kan även erhållas från beställaren (ofta kommunen) som i regel har god kännedom om de lokala sanitära förhållandena.

Eftersom uttagen av grundvatten i kustnära områden ofta har ett maxima under sommarmånaderna på grund av en ökad inflyttning av sommarboende är en viktig del av metodiken att uppskatta storleken på grundvattenreservoaren. Under denna tid är grundvattenbildningen minimal. Bedömningen utgår från SGUs jordarts- och berggrundsgeologiska kartering, borträknad en zon närmast strandlinjen (ofta 50 m) där grundvattenuttag riskerar att ge inträngning av recent havsvatten. För de olika jordarterna anges generella porositetsvärden och mäktigheter. Sprickporositeten i berg baseras dels på erfarenheter från den typ av berggrund det gäller, dels på kapacitetsuppgifter från SGUs brunnarsarkiv. En väsentlig parameter är till hur djupt under naturlig grundvattennivå som avsänkning tillåts, dvs. hur stor mäktighet av bergakviferen som skall medtas i beräkningarna. Bedömningen varierar beroende på topografi och erfarenheter (ofta 30-40 m under opåverkad nivå).

Avgörande för bedömningen av grundvattentillgången är om reservoaren tål grundvattenuttag under kritiska perioder, dvs. då grundvattenbildningen är minimal. Hur många dagar grundvattenreservoaren måste räcka baseras på data från närliggande stationer i SGUs grundvattennät. Mätningarna omfattar grundvattennivåer, vanligtvis var fjortonde dag, i rör och borrhål i tämligen opåverkade miljöer och anses representera de naturliga grundvattenfluktuationerna i området. Utifrån dessa grundvattenserier bestäms längden av den period då grundvattennivåerna är sjunkande, dvs. den period då grundvattenavrinningen är större än grundvattenbildningen, figur 10. Beräkningarna redovisas i allmänhet i hur många fastigheter per hektar som grundvattentillgången räcker till under normala förhållanden och under extremt långa perioder av sjunkande grundvattennivåer.



Figur 10. Grundvattennivåns variation (meter under marknivå) i grundvattennätets station 69:2 i Lysekil (Lång m.fl. 1999).

GWBal

Beräkningsmetoden beskrivs principiellt i Olofsson (2002). Dess centrala del utgörs av ett grundvattenlager som tillförs vatten genom naturlig eller konstgjord grundvattenbildning eller förlorar vatten främst genom grundvattenuttag eller naturligt utflöde. Matematiskt skrivs balansen:

$$\sum_{i=1}^{365} \left(\sum_{g=1}^m N_i \cdot \varphi_g \cdot A_g \cdot \tau_g = Q_i \cdot n_i \pm \sum_{g=1}^m \Delta S_{g,i} \right)$$

$$N_i = P_i - ET_i + R_i \quad (\text{om } N_i < 0 \text{ då är } N_i = 0)$$

$$S_g = \sum_{j=1}^h \phi_j \cdot d_j$$

P = Nederbörd (mm) ET = Evapotranspiration (mm)

N = Nettoinfiltration (mm) R = Konstgjord grundvattenbildning (mm)

φ = Infiltrationsfaktor (%) A = Area (m²)

τ = Homogenitetsfaktor (%) Q = Specifikt grundvattenuttag (m³)

n = Antal användare ΔS = ändring av lagrets storlek (m³)

ϕ = kinematisk porositet (%) d = akviferens mäktighet (m)

$j = 1, 2, \dots, h$ är olika jord- och bergarter på djupet

$g = 1, 2, \dots, m$ är olika jord- och bergarter vid markytan

Grundvattenuttagen omfattar:

$$Q \cdot n = Q_p \cdot n_p + Q_s \cdot n_s$$

Q_p, n_p = permanentboende Q_s, n_s = sommarboende

I praktiken är det onödigt med dygnvärden utan balansen görs istället med månadsvärden.

Grundvattenbildningen beräknas utifrån månadsvärden av nettonederbörden (dvs. nederbörd minus avdunstning). Infiltrationen påverkas även av jordartsfördelningen i området på så sätt att olika jordarter har olika infiltrationsegenskaper, som inledningsvis bestäms för de olika jordarterna. Dessutom ges möjlighet att lägga till en varierande mängd konstgjord grundvattenbildning fördelad över året, t.ex. om man så önskar att ta hänsyn till BDT-vattnets återcirkulation. Påfyllning av reservoaren kan endast göras så länge den infiltrerade vattenmängden ryms, dvs. lagren inte är fyllda. För små akviferer, t.ex. kristallint berg, räcker teoretiskt en mycket liten mängd vatten för att fylla upp akviferen. Klimatiska data anges såväl för normala situationer som extrema, t.ex. för förhållanden med 20 års återkomsttid.

Grundvattenförbrukningen beräknas på samma sätt som i övriga balansberäkningar, dvs. beräkningen baseras på generella värden för specifik förbrukning (per person) beroende på fastigheternas standard och nyttjandegrad. Uttagens storlek kan fördelas varierande över tiden. Närhet till storstäder, främst Stockholm och Göteborg, gynnar deltidsnyttjande över vissa tider på året, t.ex. höst och vår, då fritidsbostaden ofta nyttjas på helgerna.

Grundvattenreservoaren som är central i beräkningarna baseras på de geologiska förhållandena. För varje jordart enligt SGUs jordartskarta bestäms en geologisk typprofil, dvs. en generell jordlagerföljd. Geologiskt kunniga personer kan erfarenhetsmässigt ge generella lagerföljder för ett område, t.ex. att under lerlager finns ofta vattenmättade lager av morän, som i sin tur underlagras av berg. För de olika jord- och bergarterna anges värden för den kinematiska porositeten eller, om information saknas, kan generella litteraturvärden användas.

Grundvattennivåns läge under markytan varierar också beroende på jordart, den omättade zonen kan t.ex. för isälvsavlagringar och berg vara betydande medan i torv återfinns nivån ofta i markytan. En viktig men tämligen svårbestämd parameter är mängden vatten som faktiskt kan återfås från de infiltrerade mängderna. Den beror i hög grad på isotropin (dvs. egenskapernas riktningsfördelning) och den hydrau-

liska homogeniteten (dvs. likheten i platsspecifika hydrauliska förhållanden). I sprickigt berg med ett fåtal brunnar är sannolikheten liten att man ska kunna tillgodogöra sig hela grundvattenmagasinet, särskilt om bergsprickorna inte är korsande utan parallella. En särskild *homogenitetsfaktor* för varje jord- och bergart anges därför.

Mäktigheterna av akvifererna anges i jordlagerföljden och kan därför vara specifik för varje jordart. Eftersom lera vanligtvis återfinns i terrängens lågpunkter är det t.ex. lämpligt att endast medta en begränsad del av bergakviferen under leran för att inte direkt recent havsvatteninträngning ska uppstå. Mäktigheten bestäms i regel utifrån topografi och erfarenheter.

Metodiken utgörs praktiskt av ett datorprogram med en användar- och en expertdel. Experten har angivit för regionen typiska jordlagerföljder, kinematiska porositetvärden, bestämt grundvattennivåer, lagt in nederbördsdata och evapotranspiration etc. från SMHIs beräkningar. Användaren som inte behöver vara specifikt kunnig i de geologiska förhållandena kan i användardelen specificera ytjordartsfördelning inom undersökningsområdet (utifrån SGUs kartor), VA-standard på fastigheterna (eller specifik förbrukning), andel fritidshus, etc. Resultatet ges dels som årsvattenbalans, dels visas grundvattenreservoarens utveckling under året (eller förändringar i denna) under såväl normala som extrema förhållanden.

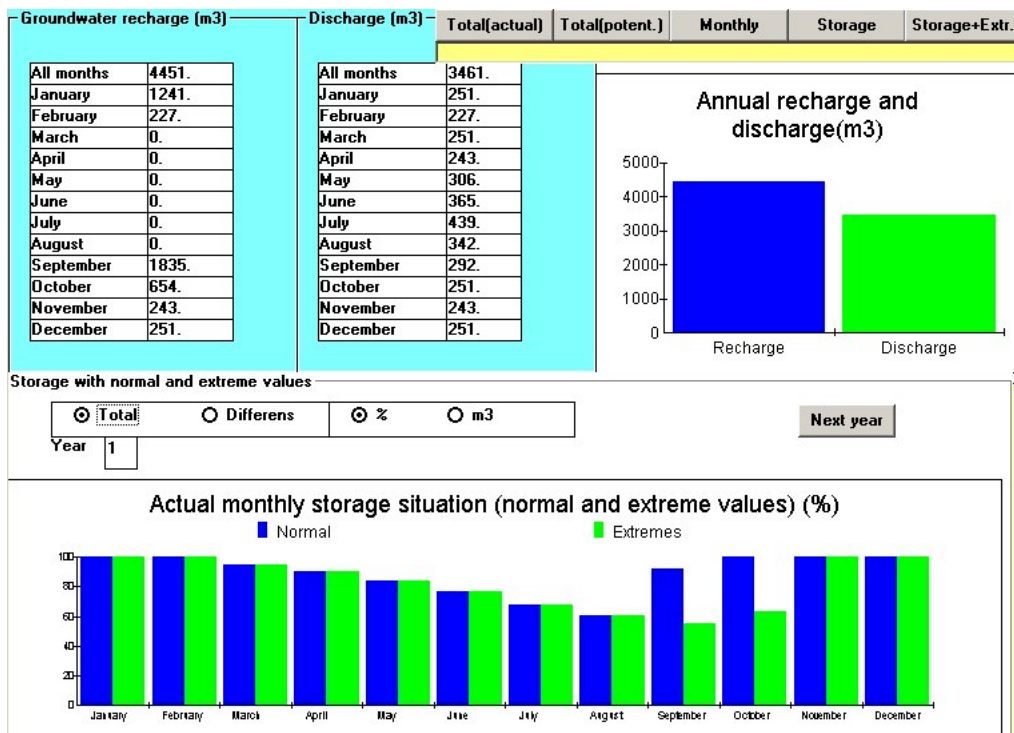
Programmet kan även beräkna hur många fastigheter och vilken VA-standard ett område tål. Om grundvattenreservoaren klarar det antal fastigheter och med den VA-standard som angivits, fortgår beräkningen med att testa ökning av permanentningsgrad. Beräkningen kan göras för perioder av t.ex. 10 år, dvs. eventuella grundvattenunderskott förs vidare till året efter. Beräkningen fortgår till dess endast en angiven andel av reservoaren återstår, t.ex. 20% under torrår. För att vara på den säkra sidan bör reservoarerna inte tömmas mer än att 20-30% återstår under torrår. Figur 11 visar användarformuläret. När grundläggande basdata om klimatiska förhållanden och jordlagerföljder specificerats i expertdelen kan olika scenarier snabbt testas. Figur 12 och 13 visar resultat från en enstaka beräkning över ett område (figur 12), liksom resultat från modellering av mängd fastigheter och permanentningsgrad som ett område tål (figur 13).

The screenshot shows the 'GROUNDWATER BALANCE' software interface. The main menu includes icons for file operations, settings, calculations, and model simulation. The user input form is divided into several sections:

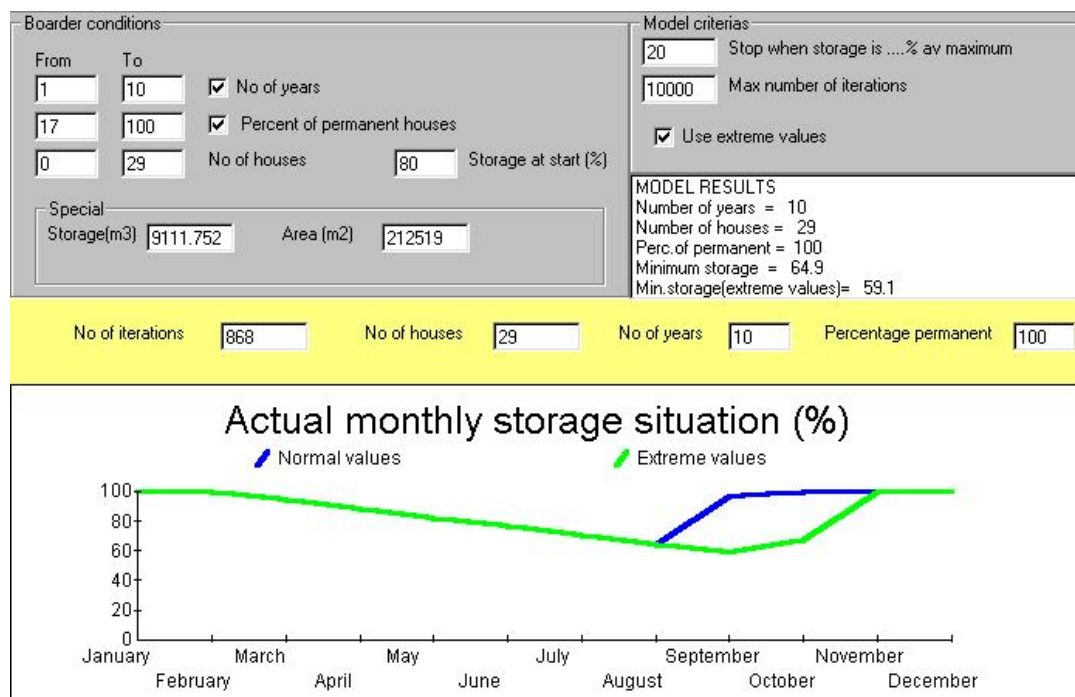
- File:** c:\bosse\salttrisk\algo1.bal
- Type of area:** Area (m2) = 1600000
- Geology:** A table listing geological types and their percentages:

| | |
|---------------------------|----|
| Gravel | 0 |
| Sand | 0 |
| Silt | 0 |
| Clay | 10 |
| Peat | 0 |
| Gravelly-Sandy Till | 0 |
| Sandy-Silty Till | 10 |
| Clayey Till | 0 |
| Granites and Gneisses etc | 80 |
| Sandstone etc | 0 |
| Limestone | 0 |
| Lake | 0 |
| | 0 |
| | 0 |
- Number of houses:** 540
- Number of persons/house:** 2.5
- Summer cottages:** Percentages of summer (=S) houses (%) = 90
- Summer cottages options:**
 - Whole summer (3 months) + every weekend
 - 2 - 3 months + every second weekend
 - 1 - 2 months + weekend May - September
 - Only during the summer 1 - 2 months
 - Other (give number of days per each month)
- Standard:**
 - P S Very high, WC, shower, washing machine
 - P S High, WC, shower
 - P S Medium, shower
 - P S Low, water in the house
 - P S Very low, handpump
 - P S Other Perm=170 Summer=100 l/p.day
- Storage:** Storage at start (%) = 80

Figur 11. Användarformulär för GWBal.



Figur 12. Grundvattenreservoarens utveckling i ett område utanför Göteborg beräknat genom GWBal (Olofsson 2003).



Figur 13. Resultat från modellering med GWBal i ett område utanför Göteborg. Vid 100% permanentning återstår ändå 59% av grundvattenreservoarerna under torrår (Olofsson 2003).

GWBal har använts vid ett flertal olika projekt, bl.a. i Tierps, Norrtälje, Nacka, Värmdö och Göteborgs kommuner.

Arella beräkningar med digitala data

SGUs metod för grundvattenbalansberäkning har i några olika kommuner (bl.a. Östhammar, Norrtälje och Värmdö) utförts över hela eller delar av kommunerna på basis av digitala data i GIS. Utifrån grundvattenobservationer inom grundvattennätet har frekvensen av och längden på perioder med sjunkande grundvattennivåer bedömts. Under dessa perioder är grundvattenbildningen liten eller obefintlig och då måste grundvattenreservoarerna räcka för grundvattenförsörjningen. Förbrukningsvärden anges av beställaren. I Värmdö kommun användes 200 l/p,d oavsett om det var permanent- eller fritidsboende.

Bedömning av reservoarens storlek görs utifrån SGUs geologiska kartläggning. Områdena har starkt förenklat klassats utifrån geologi, t.ex. områden med mäktigare jordlager (>1 m) har separerats från områden med berg i dagen. För områden med jordlager har en kinematisk porositet av 5% angivits och den vattenförande mäktigheten har bedömts till 1m, för berg har den kinematiska porositeten varierat mellan 0.01 och 0.05%. Mäktigheten beror på tillåten avsänkning i berget, som i sin tur beror på topografin. I Värmdö kommun har 20 m bedömts vara lämplig maximal avsänkning (SGU 2001). Grundvattenförekomsten i jordlagren bedöms vara av avgörande betydelse för grundvattentillgången. Vid presentation i kartform har ibland kartbilden generaliserats, t.ex. på Värmdö, på så sätt att andelen berg i dagen har bedömts inom en radie av 1200 m. Om den överstigit 25% har pixeln antagits vara berg i dagen eller ha ett mycket tunt och icke vattenförande jordlager. Kartbilden som erhålls presenterar antal fastigheter som kan försörjas per hektar.

Matematisk modellering

Grundvattenbildningen är i regel en mycket komplicerad process som kraftigt fördröjs om den omättade zonen är mäktig och som beror av markstruktur och, inte minst, vegetationstäckets utbredning och typ. För att i mer detalj studera eller beräkna dessa processer krävs ofta matematisk modellering. Det finns ett flertal modeller tillgängliga som tar den omättade zonen i beaktande (t.ex. COUP, MikeShe, ECOFLOW). Ofta görs beräkningarna för den omättade zonen i en dimension men kan kopplas ihop med en strömningsmodell för grundvattenzonen i två eller tre dimensioner. ECOFLOW har en rumslig indelning i tvådimensionella landskapselement. Dessutom finns vattenbalansmodeller som i stor utsträckning bygger på högupplösta nederbörds- och avrinningsmätningar, t.ex. den mycket använda HBV-modellen. Vattenbalanser baserade på matematisk modellering kan antingen göras grovt för hela avrinningsområdet eller över lokala områden. Tidsdynamiska modelleringar kan hämta klimatiska data (dygnsvärden - månadsvärden) från SMHI avseende t.ex. nederbörd, temperatur och vindförhållanden, data som är viktiga för beräkning av bl.a. evapotranspiration. Traditionella strömningsmodeller för mättade och omättade förhållanden kan också användas, t.ex. de välkända modellerna SUTRA och MODFLOW.

Matematisk modellering för kartläggning av vattenbristområden i kustnära områden i Sverige är ännu mycket ovanlig. MikeShe har dock använts för studier av grundvattenförhållandena på Kristianstadsslätten i Skåne samt på Hallandsåsen, liksom andra modeller som använts vid specifika byggnads- eller anläggningsprojekt. HBV-modellen är den ledande modellen i Sverige för studier av ytvattenavrinning och översvämningsrisker. SUTRA har använts i ett flertal kustprojekt i Sverige och i världen.

Det finns idag möjlighet att koppla samman matematiska modeller med GIS, dvs. låta det geografiska informationssystemet leverera spatiella indata till modellen samt presentera resultatet av modelleringen, eller att direkt utveckla matematiska modeller inom GIS. De flesta projekt som genomförts har dock hittills varit av utvecklingskaraktär och några färdigutvecklade metoder för matematisk modellering av vattensystemen och kartläggning av bristområden för sött grundvatten i kustområden har ännu inte presenterats. Flera av modellerna kan dock utvecklas till redskap för detta ändamål (bl.a. COUP och ECOFLOW). En svaghet hos de matematiska modeller som idag finns framtagna hänger samman med skalproblemet. Antingen görs modelleringen väldigt detaljerad, vilket kräver betydande mängd indata, ofta hydrauliska tester, grundvattennivåmätningar eller högupplösta nederbörds- och avrinningsdata eller också görs modelleringen så generaliserad att ett lika bra resultat kan erhållas med betydligt enklare beräkningsmetoder.

Tillgänglighet av de olika bedömningsmetoderna

De olika metoderna finns idag spridda hos olika aktörer. Handhavande av metoderna kräver också olika grad av erfarenhet och hydrogeologisk kompetens. En sammanställning av tillgängligheten återfinns i tabell 3.

Tabell 3. Olika metoder för bedömning av salt grundvatten samt bristområden för sött grundvatten. Deras tillgänglighet och behov av kompetens.

| Metod | Tillgänglighet | Kompetensbehov | Kommentar |
|---|--|--|--|
| Grundvattenbalanser utan reservoar | Har utförts av många konsultföretag, däribland ett flertal lokala | Kräver allmän hydrologisk och hydrogeologisk kompetens | |
| RV-metoden, datorprogram | Aquater, WRS, KTH | Expertdelen kräver hydrogeologisk och statistisk kompetens. Användardelen kräver viss hydrogeologisk kompetens och lokal VA-kännedom | |
| RV-metoden, GIS | KTH | Hydrogeologisk kompetens Lokal VA-kännedom Betydande GIS-kunskap | Finns idag utvecklad i IDRISI, kopplad mot MapInfo. RV-metodiken har även applicerats i ArcGIS |
| SGUs metod, manuell | SGU | Hydrogeologisk kompetens och lokal VA-kännedom | |
| SGUs metod, GIS | SGU | Hydrogeologisk kompetens Lokal VA-kännedom GIS-kunskap | Finns utvecklad hos SGU i ArcGIS |
| GWBal | Aquater, VIAK, WRS | Expertdelen kräver hydrogeologisk och hydrologisk kompetens. Användardelen kräver lokal VA-kännedom | |
| COUP, ECOFLOW, MikeShe, SUTRA, MODFLOW... | Många aktörer. Vissa modeller som COUP och SUTRA kan erhållas gratis från utvecklaren, andra är kommersiella produkter | Kräver betydande hydrologisk och hydrogeologisk kompetens, Matematisk kompetens önskvärd samt erfarenhet från matematisk modellering | Ej specifikt utvecklade för ändamålet |

Referenser till bilaga 1

- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U., Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *SGU och SNV National Swedish Environmental Protection Agency (SNV). Rapport 4415.*
- Assad, Z. R. & Salih, S., 1989: Salt grundvatten i Mälardalen – inventering av fyra kommuner i Stockholms län. *Examensarbete, KTH, Institutionen för mark- och vattenresurser.*
- Boman, D. & Hanson, G., 2004: Salt grundvatten i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden. Metodik för miljöövervakning och undersökningsresultat 2003. *Länsstyrelsen i Stockholms län, rapport 2004:26.*
- Bucht, M. & Larsson, P.-O., 1995: Riskbedömning för salt grundvatten – förslag till ny metodik. *Examensarbete 1995:6. Avd. för mark och vattenresurser, KTH, Stockholm.*
- Engdahl, M. & Lång, L.-O., 2003: Vattenbalansberäkning Laneberg. Uddevalla kommun. *SGU-rapport 2003:17.*
- Engqvist, P., Fagerlind, T., Lundström, A. & Sandström, S., 1985: Svenskt vattenarkiv. Grundvattenkvalitet. *SGU Rapporter och meddelanden nr 44.*
- Eriksson, L.-O. & Rydergren, A. 1985: Nacka kommun. Balansberäkning av grundvattenbildning och uttag inom planområdet Sydöstra Kummelnäs. *Rapport VIAK AB 1985-01-10.*

- Fagerlind, T., 1997: Vattenbalansberäkningar på Älgö, Nacka kommun. *SGU rapport 1997-11-20*.
- Gontier, M. & Olofsson, B., 2002: Areell sårbarhetsbedömning för grundvattenpåverkan av vägförorening. *Forskningsrapport Vägverket Region Mitt. Slutrapport projekt AL90/AB 2001:9877. TRITA-LWR*.
- Hemström, P., 1997: Geografiska informationssystem som hjälpmedel vid hydrogeologiska riskbedömningar av salt grundvatten. *Examensarbete, Naturgeografiska institutionen, Stockholms Universitet*.
- Knutsson, G. & Fagerlind, T., 1977: Grundvattentillgångar i Sverige. *SGU Rapporter och meddelanden nr 9*.
- Lindberg, J. & Olofsson, B., 1997: Risk för salt grundvatten – en studie med hjälp av GIS över delar av Norrtälje kommun. *Forskningsrapport. KTH, Norrtälje kommun samt Sveriges geologiska undersökning*.
- Lindell, A., 1987: Salt grundvatten i kustnära områden. En analys av läget i Stockholms län. *Rapport från Länsstyrelsen i Stockholms Län och KTH, Institutionen för kulturteknik*.
- Lindewald, H., 1985: Salt grundvatten i Sverige. *SGU, Rapporter och meddelanden nr 39, Uppsala*.
- Lång, L.-O., Engdahl, M. & Fagerlind, T., 1999: Vattenbalansberäkningar för Ammenäsområdet, Uddevalla kommun. *SGU Rapport 1999-07-22*.
- Müllern, C.-F. & Thunholm, B., 1998: Djupt salt grundvatten i Sverige. *Rapport till SKB. SGU, Uppsala*.
- Olofsson, B., 1994: Salt groundwater in Sweden. in Olofsson, B., (ed): Salt Groundwater in the Nordic Countries. *Proceedings from a workshop, Saltsjöbaden, Sweden, Sept 30 - Oct 1, 1992. Nordic Hydrological Programme, NHP-report, s 17-35*.
- Olofsson, B., 1996: Salt groundwater in Sweden - Occurrence and Origin. *Salt Water Intrusion Meeting (SWIM), 16-21 June 1996, Malmö, Sweden. SGU Rapporter och Meddelanden no 87, s 91-100*.
- Olofsson, B. & Sandström, S., 1998: Increased salinity in private wells in Sweden - natural or man-made? *In Nystén, T., & Suokko, T., 1998: Deicing and dustbinding - risk to aquifers (D&D98). Nordic Hydrological Programme (NHP), Report nr 43, s 75-81*.
- Olofsson, B., 1999: *Methods for chemical differentiation of salt groundwater in Sweden. Slutrapport. SGU kontrakt nr 03-853/14*.
- Olofsson, B., 2000: Prediction of the impact of groundwater in soil by tunnel construction in hard rock using GIS. *In Nilsson, T (ed). Nordic Hydrological Conference, Uppsala, Sweden 26-30 June 2000. Nordic Hydrological Programme, NHP Report nr 46, s 441-448*.
- Olofsson, B., 2002: Estimating groundwater resources in hardrock areas – a water balance approach. *Norges geologiske undersøkelse (NGU) Bulletin 439, s 15-20*.
- Olofsson, B., 2003: Vattenförsörjning i 6 bebyggelseområden i Göteborgs kommun. *Rapport till WRS 2003-04-27. Institutionen för Mark-och Vattenteknik, KTH*.
- SGU 2001: Värmdö kommun. *Bedömning av grundvattentillgångar. SGU Rapport 2001-03-19*.
- Sund, B. & Bergman, G., 1980: Saltvatteninträning i bergborrade brunnar. *IVL rapport B 584*.
- Sund, B. & Bergman, G., 1983: Yxlan – grundvattenprognos. *IVL. Rapport till Norrtälje kommun 1983-03-07*.
- Sund, B. & Bergman, G., 1986: Saltvatteninträning i bergborrade brunnar. Ett problem för kommunal vattenplanering. *Slutrapport för projektet 840679-6 från Statens råd för Byggnadsforskning*.
- Tilly, L., 1987: Översiktlig bedömning av risken för saltvatteninträning inom Fägelbrolandet och södra Värmdölandet. *Rapport K-Konsult*.
- Tilly, L., Olofsson, B., Julstad, B., 1988: Salt grundvatten i kustnära områden. I: *Grundvattenförsörjning, geohydrologi i praktiken, Symposium 4 maj 1988, VIÅK AB och Svenska Hydrologiska Rådet, s 223-242*.
- Tilly, L., 1990: Salt grundvatten i kustnära områden. *Undersöknings- och bedömningsmetoder. Rapport från Länsstyrelsen i Stockholms Län och KTH, Institutionen för mark- och vattenresurser*.
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt. Försök till bestämning av infiltrationskoefficienter. Teknik-Metod-Analys. Orrje & Co*.

FÖRBÄTTRAT UNDERLAG FÖR KARTLÄGGNING AV GRUNDVATTEN I KUSTZONEN – FRÅGESTÄLLNINGAR, KUNSKAPSLUCKOR OCH FÖRSLAG

Frågeställningar – kunskapsluckor (Bo Olofsson)

Grundvattendelare

Grundvattendelaren utgör en topografisk avgränsning mellan olika grundvattenmagasin. Under naturliga förhållanden i lättgenomsläppliga jord- och bergarter brukar grundvattendelaren ofta följa ytvattendelaren och således följa avrinningsområdets begränsningar. Ibland återfinns dock hydrauliska barriärer, t.ex. täta bergklackar och svårgenomsläppliga jord- och bergarter, som inte syns om de inte ger upphov till topografiska variationer på markytan. Likaså kan sprickorienteringen samt speciellt förekomst av större dränerande sprickzoner påverka grundvattnets flödesriktning och länka flödet åt ett annat håll än de topografiska förhållandena visar. Det är därför betydligt svårare att bedöma lägen hos grundvattendelare än motsvarande ytvattendelare. Ofta krävs ett större antal punkter där den naturliga grundvattennivån kan uppmätas (t.ex. i rör och brunnar) för att de verkliga flödesförhållandena i marken ska kunna klarläggas. Sådana punkter är dock i allmänhet inte tillgängliga eller också utgör de brunnar där vattenuttag görs, vilket kraftigt kan störa de naturliga flödesförhållandena. I vissa fall kan grundvattennivån karteras med indirekta metoder, t.ex. med geofysik (seismik, markradar, geoelektriska metoder), vilket dock kräver omfattande tolkningskunskap. I hydrauliskt heterogena marksystem eller finkorniga jordarter, går det inte att tala om en grundvattenyta. Nivån uppstår endast i röret i samband med borrning eller rördrivning och motsvarar då det lokala grundvattentrycket i just den specifika punkten. Detta är särskilt märkbart i bergbrunnar eftersom närliggande borrhål kan er hålla vatten från olika sprickor med olika vattentryck, varvid brunnarna uppvisar helt olika grundvattennivåer.

Uttag ur brunnar påverkar starkt grundvattendelarnas lägen. Detta gäller speciellt i berg där sprickvolymen är mycket liten och en större avsänkning i en brunn kan mobilisera vattenflöden längs sprickor på betydande avstånd från brunnen och därigenom förändra flödesmönstret. I homogena jordarter, t.ex. sand, kan sänktrattens utbredning runt brunnen generellt beräknas om grundvattenuttagets storlek och den hydrauliska konduktiviteten hos materialet är kända. I kristallin sprickig berggrund är sänktrattens utbredning mycket svår, näst intill omöjlig, att bestämma utan ett omfattande nät av undersökningspunkter.

Fasta avstånd från brunnarna

I brist på kunskaper om de faktiska strömningsförhållandena har ibland fasta avstånd från uttagsområdet använts. Det kan antingen utgöra fasta avstånd angivet i meter, t.ex. i homogena marklager och baseras på schablonuppgifter om markens genomsläpplighet. Eller också, vilket är betydligt vanligare, utgör avståndet helt enkelt den yttre begränsningen av de fastigheter som skall försörjas. Det senare ger ofta ett minimimått som kan användas vid bedömning av tillrinningsområdet inom t.ex. omvandlingsområden.

Uppehålls- / strömningstid

Uppehållstiden är synnerligen viktig om infiltration av avloppsvatten förekommer inom samma område. Inom många bebyggelseområden i kustområdena baseras vattenförsörjningen på borrade brunnar som ofta erhåller vatteninflöde på större djup. Det förorenade vattnet återförs ibland till ytliga marklager, antingen genom infiltration i naturliga marklager eller uppbyggda markbäddar och resorption (upptag av växtligheten sommartid). Vid de flesta beräkningssituationer för grundvattentillgång brukar man inte ta hänsyn till denna återinfiltration eftersom det återförda vattnet i regel inte är av dricksvattenkvalitet. Åtgärder för att

behålla det infiltrerade vattnet i ytlagren görs ibland, t.ex. genom tätskikt. Om en viss mängd av det infiltrerade vattnet skall tas med i grundvattenbalansen är det nödvändigt att först beräkna uppehållstiden i marken för det infiltrerade avloppsvattnet. En uppehållstid av minst 100 dygn kan här anses nödvändigt för att minimera föroreningsriskerna. Beräkning av uppehållstiden för infiltration på ett visst avstånd från uttagsområdet kan mycket generellt göras för homogena marklager om grundvattenuttagets storlek, den hydrauliska konduktiviteten liksom den kinematiska porositeten är kända. I praktiken är detta mycket svårt att beräkna, speciellt för heterogena och anisotropa hydrauliska system, särskilt i sprickigt berg där enstaka sprickor snabbt kan leda föroreningar långa sträckor.

Bestämning av reservoarens volym

Många bebyggelseområden i kusttrakterna är belägna där grundvattenreservoarerna är begränsade och där det primärt inte är grundvattenbildningen som styr uttagsmöjligheterna utan områdets förmåga att lagra vatten under perioder när grundvattenbildning saknas eller är liten. Eftersom många av dessa områden utgör tidigare fritidsboendeområden som idag har en blandad bebyggelse (s.k. omvandlingsområden) är vattenförbrukningen vanligtvis störst under sommaren. Möjligheterna att lagra grundvatten måste därför tas hänsyn till annars riskerar beräkningen av grundvattentillgången att bli helt felaktig.

Grundvattentillgångarna utgörs dels av vattenförekomsten i jordlagren, dels av tillgången i berget. Dessutom kan det finnas ytvattenreservoarer, t.ex. sjöar och sankmarker, som kan tillföra vatten till akviferen när grundvattennivåerna i denna sjunker.

De stora grundvattentillgångarna återfinns i regel i jordlagren. Ett praktiskt mått på den uttagbara grundvattentillgången i marken är den s.k. kinematiska porositeten (eller strömningsporositeten). I jord brukar den även kallas för effektiv porositet. Det är viktigt att förstå att det inte är samma sak som den totala porositeten utan endast den porositet som kan bidra till grundvattenflödet. I berg kan det således finnas många sprickor och hålrum som inte står i förbindelse med andra hålrum och som inte kan delta vid påfyllning eller uttag ur akviferen. I homogen sand blir den kinematiska porositeten nästan samma som den totala porositeten.

Den kinematiska porositeten i kristallint berg är vanligtvis 0.001-0.1%, i jord 3-40%. Ett decimeter-tjockt vattenmättat skikt av sand är därför vanligtvis en lika stor vattenreservoar som ett 100 m mäktigt parti av kristallint berg. Vid beräkning av grundvattenreservoarerna är det därför mycket väsentligt att medta även mindre områden med jordtäckte, om detta kan antas vara vattenmättat under hela sommarsäsongen. Bedömning av reservoarens storlek kan i kustområden ofta bli helt avgörande för bedömning av vattentillgången.

En komplicerande faktor är att jordlagren samtidigt ofta är infiltrationsområden, dvs. utgör mark för kvittblivning av avloppsvatten. Det är därför viktigt att från område till område avgöra vilka jordlager som ska tas med i reservoarberäkningen. För att uppnå tillräcklig rening av avloppsvattnet är det lämpligt att av säkerhetsskäl använda en omsättningstid på 100 dagar. Om avloppsinfiltration med svartvatten (WC-vatten) har tillåtits inom området bör således generellt endast den reservoarmängd i jordlagren medtas som överskrider en 100 dagars infiltration av avloppsvatten. Om avloppshanteringen görs på annat sätt, t.ex. markbäddar med tät botten eller resorptionsanläggningar med upptag av vegetation kan en större del av jordreservoaren medtas.

En erfaren hydrogeolog kan ofta göra grova uppskattningar av lagerföljder och möjliga reservoarer vid fältbesök i ett område. Ibland behövs kompletterande undersökningar, t.ex. borrhningar för att bestämma jordmäktigheter och lagerföljder eller fältprovtagning för att bestämma jordlagrens egenskaper. En mer fullvärdig analys görs dock genom konventionella provpumpningar i brunnar varvid magasinsegenskaperna kan bestämmas.

Bestämning av reservoarerna i kristallint berg är än mer komplicerat på grund av dess hydrauliskt heterogena egenskaper. Ofta används generella värden på kinematisk porositet i berget, antingen utifrån en bedömning av bergart eller utifrån hydrauliska tester. En vägledning kan ges av de kapacitetsdata för brunnar som finns i brunnsarkivet hos SGU eller av de beräkningar av regional hydraulisk konduktivitet som utförts i samband med SGUs hydrogeologiska länskartering. Ett alternativ kan även vara att göra en översiktlig sprickkartering i området. En grov uppskattning av den kinematiska porositeten kan erhållas

från frekvensen av vattenförande sprickor, deras genomsnittliga öppenhet samt spricksetens inbördes orientering. Den högsta kinematiska porositeten i sprickigt berg uppstår således när det finns minst tre, helst ortogonala sprickset av öppna vattenförande sprickor.

Vilken mäktighet av grundvattenreservoaren i berg som bör medtas, dvs. den nedre avgränsningen av reservoaren, beror på topografin, avståndet från strand eller andra föroreningskällor samt det genomsnittliga djupet till grundvattennivån. Vattenreservoaren under havsytan bör endast medtas om det är säkerställt att inträngning av havsvatten inte kan ske (t.ex. vid stora avstånd till stranden) eller att uppträngning av ett reliktvatten inte är trolig (t.ex. vid en hög topografi där det relikta saltvattnet sköljts bort). Om osäkerhet råder, t.ex. vid strandnära lägen, eller om salt grundvatten har påträffats i området, bör endast reservoaren ner till havsnivån tas med i beräkningen. Hur stor volym av berget som medtas är ofta avgörande för resultatet av grundvattenbalansen i områden med ringa eller ingen jordtäckning. I områden på stort avstånd från strand eller där topografin är hög, vilket innebär att sannolikheten för att påträffa reliktvatten är begränsad, kan en större mäktighet av grundvattenreservoaren medtas, dvs. även reservoaren under havsnivån. Det är dock knappast lämpligt att ta med en större volym under havsnivån än den som finns ovanför. I enstaka fall har skillnader i densitetsförhållanden använts för att beräkna djupet till salt grundvatten i svensk terräng och därigenom sötvattenreservoarens mäktighet, bl.a. med Ghyben-Herzbergs ekvation. Detta är emellertid helt olämpligt och ofta felaktigt i svenska geologiska förhållanden beroende på att densitetsskillnaden mellan bräckt och sött vatten är så liten att blandningszonen blir mycket stor samt att statistiska förhållanden inte förekommer där grundvattenuttag görs, speciellt i sprickiga bergakviferer.

Kemiska bedömningar

Om det inom det område som skall bedömas finns tillgång till kemiska analysprotokoll från brunnarna kan vissa mycket generella bedömningar göras. Brunnsvattnets kemiskt/fysikaliska egenskaper beror bl.a. på vattnets ursprung, vattnets uppehållstid i reservoaren, redoxförhållanden, bergets och jordlagrens kemiskt-mineralogiska sammansättning och vittringsförmåga samt naturliga och antropogena föroreningar. I vissa fall går det således att avgöra om ett grundvatten från t.ex. en bergborrad brunn har tillförts ytligt vatten från jordlagren, från en närliggande sjö eller myrmark eller inträngande havsvatten. I dessa fall är omsättningen ofta snabb och tillrinningen till brunnen ofta lokal. Det går även att utföra kemiska modelleringar, isotopanalyser etc. för att klargöra ursprung och omsättningstid men sådana studier kan oftast inte motiveras ekonomiskt.

Sammanfattande diskussion

Det går inte att ge fullständiga råd eller riktlinjer avseende hur avgränsningen av tillrinningsområden ska göras eftersom såväl de lokala hydrogeologiska förhållandena varierar liksom att syftet med avgränsningen kan skifta. En erfaren hydrogeolog kan ofta göra en generell och översiktlig bedömning av det troliga tillrinningsområdet till ett brunnsområde på basis av topografiska kartor, flygbilder och fältbesök. Generellt är det dock önskvärt att vid beräkning av vattentillgång, t.ex. för vattenbalanser, minimera områdets storlek för att inte överskatta tillgångarna. Vid avgränsning av skyddsområden, dvs. för att förhindra förorening och skador på akviferen, gäller tvärtom; ett större skyddsområde medför ett ökat skydd. Ibland kan därför skilda områden användas inom samma projekt. Vid beräkning av vattentillgång används ett minimalt område för grundvattenbildningen, för bedömning av föroreningsrisken, t.ex. vid återinfiltration av avloppsvatten, medtas ett större område i bedömningen.

Vid bergakviferer måste således avgränsningen av tillrinningsområdet för brunnen/brunnarna göras med hänsyn till:

- Läget av brunnsområdet i avrinningsområdet/delavrinningsområdet. Ett nedströms beläget område har större möjlighet att tillföras grundvatten genom naturlig grundvattenströmning.
- Läget i förhållande till grundvattendelare. Om lägena för grundvattendelare är kända kan dessa användas för avgränsningen.

- Områdets topografi i övrigt. En kraftig topografi ökar i regel de naturliga flödena men behöver inte alltid medföra totalt sett ökade grundvattentillgångar. Däremot ger lägespotentialen ett ökat grundvattentryck, dvs. möjligheter att göra ökade uttag utan att underliggande salt grundvatten tränger upp. Detta kan förklara topografins betydelse för att förhindra saltvatteninträngning i kustområden.
- Bedömning av terrängens inströmnings- och utströmningsområden. En lågt belägen brunn i en topografiskt undulerande terräng kan naturligt tillföras vatten från flera håll.
- Berggrundens hydrauliska anisotropi. Förekomsten av större dränerande sprickzoner är av stor betydelse. Dessa utgör dels hydrauliska barriärer, dvs. utgör naturliga områdesbegänsningar för grundvattenuttag, dels kan de leda grundvatten från avlägsna områden. Deras egenskaper och betydelse måste därför bedömas från fall till fall. Det är dock i allmänhet mycket svårt att bedöma deras verkliga betydelse utan kostsamma undersökningar eftersom de ofta är jordtäkta och inte kan studeras okulärt. Berggrundens lokala anisotropi är likaså betydelsefullt för bergakviferer. Finns en dominans av dränerande sprickor med en speciell orientering måste detta tas hänsyn till vid avgränsningen av tillrinningsområdet.
- Brunnens/brunnarnas djup och uttag. Tillrinningsområdet till största del påverkas av uttagens storlek och brunnsdjup. Ju större uttag och ju djupare brunnar, desto större blir i regel tillrinningsområdet. Generellt är det bättre med många grunda brunnar med begränsade uttag än ett fåtal djupa brunnar med stora uttag i områden där risk för salt grundvatten föreligger.
- Närliggande föroreningskällor. I kustnära områden är det vanligt att inte medräkna den direkta strandzonen utan ofta tas en zon på 50-100 m bort från områdesberäkningen. Den direkta strandzonen antas inte bidra till grundvattenbildningen i akviferen utom i undantagsfall, t.ex. då topografien är mycket brant. Grundvattenuttag i strandzonen kan även leda till direkt inträngning av havsvatten som då utgör en föroreningskälla. Av samma skäl är det lämpligt att räkna bort en zon runt andra föroreningskällor, t.ex. större vägar. Visserligen bidrar vägområdet ofta till grundvattenbildningen och kan faktiskt till och med öka grundvattenbildningen då vegetationsfria ytor ofta förekommer i vägens omgivning. Eftersom det vatten som infiltrerar kan vara förorenat bör området inte medtas vid beräkning av vattentillgång för dricksvattenförsörjning. Sådana undantag bör alltså gälla alla förorenade markområden, t.ex. förorenad industrimark och avfallsdeponier.

För att vara säker på att en grundvattenförsörjning skall vara tryggad även på lång sikt utan att särskilda skyddsområden runt bebyggelseområdet måste tillskapas, är det ofta lämpligt att vid grundvattenbalansberäkningar endast medta det minimiområde som begränsas av bebyggelseområdets utbredning. Undantagsvis kan dock till området anslutande större vattenreservoarer medtas, t.ex. om s.k. inducerad infiltration kan uppkomma då akviferen gränsar till en ytvattenreservoar, eller om akviferen har en hög hydraulisk konduktivitet och är tydligt större än bebyggelseområdet, t.ex. vid större sammanhängande sand- och grusområden.

Kommentarer till aktuell kartläggning vid SGU och förslag till utveckling

Baserat på den kartering som pågår vid SGU ges nedan i tabell 4 några förslag och kommentarer till hur kartläggning i kustområdena idag sker samt vilka förbättringar som skulle kunna ske inför systematisk kartläggning. Kommentarer utgår framför allt från erfarenheter inom den hydrogeologiska karteringen.

Tabell 4. Förslag på förbättrat underlag vid vidareutveckling av kartläggning i kustnära områden.

| Informationsslag | Kommentarer och förbättringsförslag |
|--|---|
| Berggrund och sprickor | |
| Sprickfrekvens och sprickorienteringar | Undersökningar av sådan detaljeringsgrad att reservoarmöjligheter i berget bättre kan beskrivas (t.ex. kinematisk porositet). |
| Spricktyp och mineralfyllnad | För att kunna bedöma anisotropi och heterogenitet samt förekomst av mineral som påverkar grundvattnets kvalitet. |
| Hydrauliska egenskaperna hos övriga strukturer i berggrunden | T.ex. bedömning av bergartskontakter och deras egenskaper liksom förekomst av gångbergarter (diabas, pegmatit) och dess uppkrossning. |
| Vittringsförhållanden | Vittringsförhållanden hos bergmineral. |
| Jordarter och jordlagerföljd | |
| Förbättra insamling av lagerföljdsdata | En mer systematisk genomgång och registrering av data som finns i konsultrapporter m.m. än vad som görs idag. Även moränlagerföljder bör registreras. Gemensam struktur på lagring av djupuppgifter vid SGU; Jorddagboken (jordartskartering) och PDB (parameterdatabas, hydrogeologisk kartering). |
| Typlagerföljder | Generella lagerföljder inom ett definierat område som kartläggs kan ge goda möjligheter att tillsammans med jorddjup bedöma grundvattenreservoarernas storlek. |
| Bättre bestämningar av jorddjup | Jordmagasinens mäktighet och sammansättning är mycket viktiga. Insamling av information inriktas så att en 3D-beskrivning kan göras för aktuellt område. |
| Jordartsklassificering | Utvecklad moränklassificering utifrån hydrogeologiska aspekter. Det räcker i allmänhet inte med generella data på kornstorlek och blockighet. Ett mått på den hydrogeologiska variabiliteten bör tas fram, t.ex. förekomsten av dränerande skikt. |
| Vittringsförhållanden | Vittringsförhållanden hos jordlagren. |
| Hydrogeologiska förhållanden | |
| Karteringsmetodik | Även i mycket små grundvattenmagasin i kustzonen bör följas och utvecklas karteringsmetodiken för lokal kartering vid SGU (används nu oftast i större isälvsavlagringar) vad gäller in-/utströmningsområden, den mättade zonens mäktighet, etc. |
| Infiltrationsegenskaper | Metodik för snabba infiltrationsbedömningar liksom bedömning av hydraulisk heterogenitet bör tas fram. |
| Antal mätstationer för grundvattennivåer | Fler referensstationer för grundvattenobservationer vid SGU samt inom regionala och lokala övervakningsprogram i kustzonen bör tas fram. Gäller framför allt för grundvattenmagasin i urberg, men även i jord. |
| Grundvattenreservoar i berg | Vilken mäktighet av grundvattenreservoaren i berg som bör medtas är av stor betydelse för resultatet. Underlaget för att göra sådana bedömningar bör förbättras. |
| Brunnsarkivet | Exempel på förbättrat underlag är: 1) Bättre positionsangivelse. Gå igenom äldre data i samband med kartering, m.m. 2) Lagra lagerföljder digitalt i brunnarkivet. |
| Grundvattnets kemiska sammansättning | Finns möjlighet att samordna olika kemidatabaser för att ha ett bättre underlag för urval och bedömning av problemområden. Mycket analogt lagrade data på kommuner. |
| Urval av områden vid kartläggning vid SGU | |
| Kommunala översiktsplaner | Utnyttja kommunernas översiktsplaner vid urval av karteringsobjekt vid SGU. Identifiera problemområden i samverkan med kommuner, länsstyrelser, Boverket, Vattenmyndigheter eller andra myndigheter. |
| VA-kartläggning av kommunen, tillgängligt vid geologisk kartläggning | Kartläggning bör göras mer i detalj för vatten- och avloppsförsörjning i kustnära områden. Kommuner har kännedom. Informationen är oftast analogt lagrad men bör tas in digitalt. För att kartlägga hur VA-försörjningen f.n. sker i olika områden kan t. ex. samkörning med fastighetstaxeringsdata göras för privata brunnar. |
| Plan för kartläggning av kustområden | Ta fram en arbetsplan med beskrivning av vilka områden som bör karteras samt med vilken metodik. |
| Övriga informationsslag, kommentarer | |
| Antal nederbördsstationer | Förtäta SMHI:s mätstationer för nederbörd i kustnära områden. |
| Mer detaljerad höjdmodell | En mer detaljerad höjdmodell än vad som är tillgänglig idag skulle ge ett bättre underlag för beskrivning av olika förhållanden t.ex. bergplintar, strömbild, m.m. Lantmäteriet har arbete på gång. |
| Erfarenheter detaljundersökningar | Inventera vad SKB gjort som är direkt tillämpbart för att utveckla kartläggningsmetodik. Har utfört omfattande undersökningar och modelleringar t.ex. vid Forsmark, Oskarshamn, m.m. |
| Datautbyte | Gemensamma datamodeller framtas för utbyte av data mellan kommuner, SGU, m.fl. |
| Rapportering av utredningar till SGU | Det bör ställas krav på att konsultutredningar skickas till, registreras och lagras vid SGU enligt gällande lagstiftning. |
| Kvittblivning av avloppsvatten | Ta fram bedömningsunderlag för vattenreservoarer i jordlager där infiltration av avloppsvatten sker. Påverkan på grundvattenbildningens storlek, etc. |