

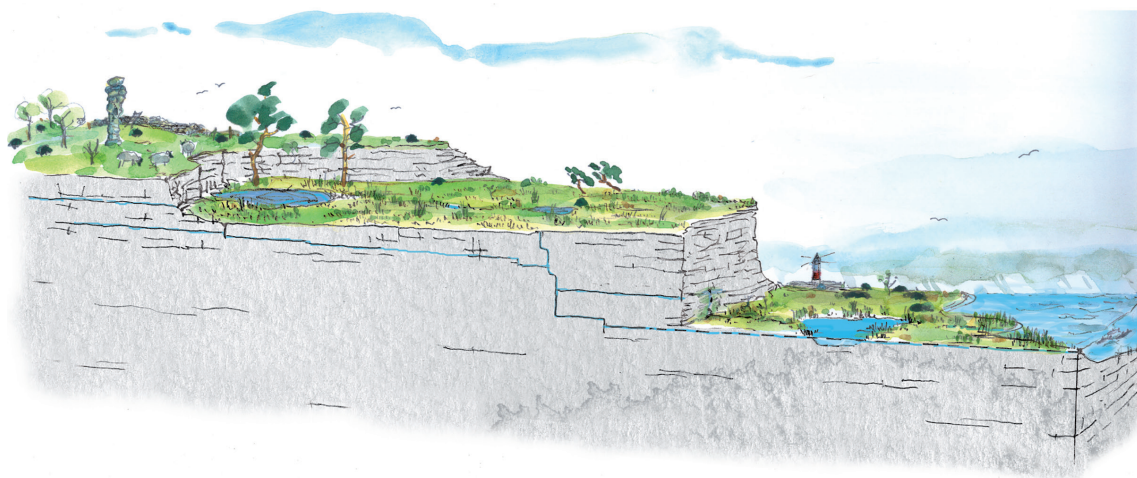
REDOVISNING AV ETT INTERNT KUNSKAPSUPPBYGGGANDE FOU-ARBETE

Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem

Magdalena Thorsbrink, Peter Dahlqvist,
Björn Holgersson & Jenny McCarthy

juni 2016

SGU-rapport 2016:11



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Omslagsbild: Illustrationen visar de geologiska och hydrologiska förhållandena i ett kustnära område på Gotland. I bilden ses ett flertal miljöer med grundvattenberoende ekosystem som en följd av grundvattenutflöden. Illustration: ArtAnna.

Samtliga fotografier i rapporten, foto: Magdalena Thorsbrink.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Sammanfattning	5
Abstract	5
Inledning och syfte	6
Metod och genomförande	7
Definitioner och begrepp	8
Geologins betydelse	9
Geologins betydelse för tillgången på grundvatten i grundvattenberoende ekosystem ...	9
Geologins betydelse för kvaliteten på grundvattnet som ekosystemet är beroende av	11
Tillrinningsområde och grundvattenmagasin	13
Effekter av påverkan i tillrinningsområdet	15
Bedömningskriterier för känslighet och värde hos de grundvattenberoende ekosystemen	16
Geologiska förhållanden kopplade till särskilda naturtyper	20
Laguner (1150) primärt prioriterade i boreal och kontinental region	20
Kustnära dynvåtmarker (2190), primärt prioriterade i boreal och kontinental region	21
Kransalgssjöar (3140) primärt prioriterade i kontinental region	21
Naturligt näringsrika sjöar (3150), primärt prioriterade i kontinental region	23
Myrsjöar, dystrofa sjöar och småvatten (3160), primärt prioriterade i kontinental region	23
Källor och källkärr (7160), primärt prioriterade i boreal och kontinental region	23
Agkärr (7210), primärt prioriterade i boreal och kontinental region	24
Kalktuffkällor (7220), primärt prioriterade i samtliga biogeografiska regioner	24
Rikkärr (7230), primärt prioriterade i kontinental region och lokalt inom boreal region.	25
Alpina översilningskärr (7240), primärt prioriterade i alpin region	26
Åsbarrskog (9060), primärt prioriterade inom boreal region	26
Svämlövskog (91E0), primärt prioriterade i alla regioner	26
Svämdellövskog (91F0), primärt prioriterade i boreal och kontinental region	27
Underlagsmaterial	28
Förstudie av övervakning av grundvattenberoende ekosystem	30
Utblick – exempel på forskning och arbeten i andra länder	32
Genesis	32
Danmark	32
Australien	33
Working Group Groundwater	33
Diskussion	34
Referenser	36
Bilaga 1 Ursprunglig Projektbeskrivning till fou-projektet Geologins betydelse för grundvattenberoende ekosystem	38
Metodbeskrivning	38
Syfte och mål	38
Implementering av resultat	39
Lägesrapport	39
Tidplan 2014	39
Bilaga 2 Erfarenheter från ett av våra fältbesök	40
Natura 2000-området Kyrkbyttjärn i Vika utanför Falun	40

Bilaga 3 Praktiska erfarenheter inom Working Group Groundwater	43
Nederländerna	43
Danmark	43
Frankrike	44
Luxemburg	45
Skottland	46

SAMMANFATTNING

I denna rapport redovisas den kunskap som inhämtats i samband med ett internt kunskapsuppbyggande FoU-arbete vid Sveriges geologiska undersökning, SGU, om grundvattenberoende ekosystem. Kunskapsinsamlingen har genomförts under åren 2013–2015, dels inom ramen för FoU-arbetet, dels i projekt finansierade via SGUs uppdrag i vattenförvaltningsarbetet och SGUs miljömålsarbete.

Det främsta målet i FoU-arbetet och vid författandet av denna rapport har varit att skapa bättre förståelse för geologins betydelse för de grundvattenberoende ekosystemen. Faktorer som beaktats och som redovisas är geologins betydelse för tillgången på grundvatten, dess betydelse för kvaliteten på det grundvatten som ekosystemen är beroende av och dess betydelse vid bedömningen av tillrinningsområden till ekosystemen.

Rapporten ger en översiktlig beskrivning av ett antal grundvattenberoende Natura 2000-naturtyper tillsammans med en diskussion kring grundvattnets funktion i de olika naturtyperna. Ett syfte med dessa beskrivningar är att ge en inblick i och förståelse för geologins roll för respektive naturtyp. Ett annat syfte är att visa vad det är i geologin som skapar de förutsättningar som är viktiga för naturtypen. Urvalet av de beskrivna naturtyperna har baserats på de bedömningskriterier kring känslighet och värde hos de grundvattenberoende ekosystemen som under projektets gång tagits fram av SGU med stöd av Kent Werner och Per Collinder (Werner & Collinder 2015).

I rapporten redovisas också en genomgång av befintligt underlagsmaterial som kan vara ett stöd i arbetet med de grundvattenberoende ekosystemen. Dessa underlag kan användas för att identifiera de grundvattenberoende ekosystemen, för att beskriva förhållandena i ett specifikt område eller uppströms ekosystemet, samt för att identifiera risker för påverkan på ekosystemen.

För att ge oss en inblick i hur frågeställningarna hanteras i andra länder har arbetet omfattat en internationell utblick, huvudsakligen inom Europa men också i Australien.

Arbetet har även omfattat ett tjugotal fältbesök i olika Natura 2000-områden för att få information om de olika naturtypsmiljöerna. Erfarenheter från ett av fältbesöken redovisas i rapporten.

ABSTRACT

This report summarises the results of an in-house Research and Development project at the Geological Survey of Sweden (SGU) aimed at deepening the knowledge of groundwater-dependent ecosystems in Sweden. The work was mainly carried out during 2013–2015, partly within the framework of this project, but also in earlier projects financed within SGU's ongoing work relating to the Water Framework Directive and the Swedish Environmental Objectives.

The primary aim of the project and of this report is to create a better understanding of the importance of geological factors for groundwater-dependent ecosystems. As described in the report, geological factors are important both for the quality and quantity of water available to these ecosystems. Geological factors are also vital when determining the catchment basin affecting the ecosystems. The report includes a description of a number of groundwater-dependent Natura 2000 habitat types and discusses the significance of the groundwater conditions for the different habitats as well. The selection of habitats was based on the evaluation criteria for groundwater-dependent ecosystems developed by SGU in a parallel project. These criteria take into account the sensitivity of the habitats to quantitative and qualitative groundwater changes, as well as the relative natural value of the habitats, based on their prevalence in the Swedish environment (Werner & Collinder 2015).

The report also details various facts and data sets which have been identified as useful in working with groundwater-dependent ecosystems. The information described can be used to identify areas containing groundwater-dependent ecosystems, to describe the conditions in a specific area, and to identify the risks of negative effects on the ecosystems.

Furthermore, the report includes a draft overview of the ongoing international work on groundwater-dependent ecosystems, mainly in Europe but also in Australia. Finally, a description is provided of the experiences gained by SGU geologists when visiting some 20 different Natura 2000 reserves containing groundwater-dependent ecosystems.

INLEDNING OCH SYFTE

Kunskapen om grundvattenberoende ekosystem utgör ett tvärvetenskapligt område där olika ämnesområden, såsom biologi, geologi, hydrogeologi, grundvattenkemi och hydrologi, möts med vattnet som den sammanfogande länken. Komplexiteten i bildnings sätt och funktion gör att fakta måste inhämtas från flera områden för att identifiera och förstå dessa ekosystem. Geologin är ett av dessa ämnesområden. Genom jordlagrens och berggrundens varierande karaktär skapas skiftande kvalitativa och kvantitativa förutsättningar för grundvattnet. Detta ger de grundvattenberoende ekosystemen olika karaktär på olika platser. Områden med högt stående grundvattenyta har under århundraden systematiskt dikats ut för att utvinna odlingsmark eller öka skogsproduktion. De grundvattenberoende ekosystemen utgör i många fall habitat för sällsynta arter, något som bidrar till ett förhöjt skyddsvärde. Grundvattenberoende ekosystem med lång kontinuitet, det vill säga utan påverkan, har ofta stor artrikedom jämfört med naturtyper i det övriga landskapet.

Grundvattenberoende ekosystem kan vara grundvattenberoende på flera olika sätt. De kan vara beroende av grundvattnets mängd, såsom flöde och nivå, men även av dess innehåll av näringsämnen och mineraler. Ekosystemen kan även påverkas negativt av bland annat vattnets innehåll av olika ämnen.

Behovet av kunskapsunderlag om de grundvattenberoende ekosystemen har de senaste åren intensifierats till följd av arbeten inom såväl vattenförvaltningen som i arbetet med miljömålet *Grundvatten av god kvalitet*. Det gör i sin tur att frågeställningarna kring de grundvattenberoende ekosystemen i allt större utsträckning också berörs i de underlag som sänds in till SGU på remiss. Det kan gälla underlag vid bedömning av verksamheter som leder till en grundvattennivåsänkning eller en påverkan på det utströmmande grundvattnets kvalitet, något som kan riskera att påverka ett grundvattenberoende ekosystem. För att kunna nå fler av de nationella miljömålen behövs kunskapsunderlag om grundvattenberoende ekosystem. Ett exempel är *Giftfri miljö* där ett förorenat grundvatten kan påverka en våtmark (som är ett typiskt exempel på ett grundvattenberoende ekosystem) som en del i efterbehandlingen. I ett sådant fall är det viktigt att veta vad våtmarken tål. Andra miljömål för vilka de grundvattenberoende ekosystemen bidrar med en värdefull funktion är Ett rikt växt och djurliv, *Myllrande våtmarker*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Levande skogar* och *Hav i balans*.

Utöver SGU finns en mängd aktörer som också arbetar med samma eller angränsande frågeställningar och som också behöver denna kunskap. Det är bland annat de handläggare på länsstyrelserna som tar fram bevarandeplanerna för Natura 2000-områden, verksamhetsutövare som bedriver verksamheter som kan påverka grundvattenberoende ekosystem, tillsynshandläggare på länsstyrelser och kommun, konsulter, Mark- och miljödomstolar, universitet, Vattenmyndigheterna, Naturvårdsverket, Havs- och Vattenmyndigheten (HaV) och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

Detta interna FoU-arbete startades med syfte att förbättra kunskapsbasen inom SGU i frågor om geologins betydelse för de grundvattenberoende ekosystemen i enlighet med projektansökan som framgår av bilaga 1. Genom bredare kunskaper hoppas vi kunna ge ett bättre stöd utåt och även kunna ta fram de tillförlitliga kunskapsunderlag som krävs kring de geologiska förhållandena i arbetet med grundvattenberoende ekosystem. På så sätt blir vi också bättre på att identifiera områden och geologiska förutsättningar där vi kan finna grundvattenberoende ekosystem, men också på att bedöma ekosystemens sårbarhet med beaktande av geologin.

Två befintliga rapporter som arbetet tagit avstamp ifrån och som utgjort ett värdefullt underlag i arbetet är den vägledning som har tagits fram för arbetet med vattenförvaltningen (Abelsson 2014) samt Bedömningsgrunder för grundvatten (Maxe 2013).

Parallellt med kunskapsinsamlingen inom ramen för FoU-arbetet har insatser i frågor som rör de grundvattenberoende ekosystemen också utförts genom SGU:s uppdrag i vattenförvaltningsarbetet. Bland annat har vi bedömt sambandet mellan de i vattenförvaltningen beslutade grundvattenförekomsterna och grundvattenberoende ekosystem i angränsande Natura 2000-områden, i de fall där sådana finns. SGU har också tagit fram en rapport som beskriver de grundvattenkemiberoende ekosystemens känslighet för kemisk påverkan (Werner & Collinder 2014). I den fördjupade utvärderingen inom miljömålsarbetet för 2015 lyfts kunskapsinhämtning och metodik för bedömning av grundvattenberoende ekosystem som en av de insatser som behövs för att nå miljömålet *Grundvatten av god kvalitet* (Naturvårdsverket 2015).

Detta projekt påbörjades under 2013, men större delen av det praktiska arbetet utfördes under 2014 och 2015. Den här rapporten ska ses som en översiktlig kunskapssammanställning inom området. Läsaren bör notera att projektet inte har varit tillräckligt stort för att omfatta en totalöversyn av all tillgänglig litteratur eller alla pågående arbeten i landet som kan ha relevans för de berörda frågorna. Vidare bör det noteras att de tvärvetenskapliga frågor som arbetet innebär gör att vi har vidrört sakområden som inte ligger inom SGUs primära kunskapsområde.

Värdefullt stöd i kunskapsuppbyggnaden kring de grundvattenberoende ekosystemen och vid författandet av denna rapport har vi fått från Kent Werner (EmpTec) och Per Collinder (Ekologigruppen AB). Värdefullt bidrag i arbetet har vi fått från Eddie von Wachenfeldt (Artdatabanken vid SLU) och internt inom SGU från Lena Maxe och Gustav Sohlenius.

METOD OCH GENOMFÖRANDE

Arbetet har omfattat en litteraturstudie, ett antal konferensbesök, anordnande av ett seminarium, två praktikantuppgifter och ett antal fältbesök. Därtill har vi hämtat kunskap genom den löpande myndighetsverksamheten.

Under våren 2013 praktiserade Sanna Harris på SGU. Hennes arbete hade delvis inriktning på att samla in och sammanställa internationell litteratur och erfarenheter kring grundvattenberoende ekosystem. Sammanställningen har varit ett delunderlag till den internationella utblicken i denna rapport.

Under 2013 gjorde också Joel Avenius praktik på SGU. Hans arbete omfattade en förstudie av ett övervakningsprogram för grundvattenberoende ekosystem i ett antal Natura 2000-områden i Skåne.

Den 20 november 2013 hölls ett seminarium i samarbete med Källakademin på temat "Källan som ekosystem". Syftena med seminariet var att lyfta fram kunskap om de ekosystem som finns i våra källmiljöer, att sprida information om arbeten som pågår och att visa var man kan hitta information som beskriver miljön vid våra källor.

I mars 2014 besökte vi Genesis-projektets avslutande konferens i Prag. Genesis var ett femårigt EU-finansierat projekt där man har arbetat med grundvatten och grundvattenberoende ekosystem. Luleå universitet och SMHI har varit partners från Sverige i projektet. Genom att delta i konferensen fick vi möjligheten att under tre dagar ta del av projektresultaten. En sammanfattande beskrivning av projektet ges i avsnittet Utblick – exempel på forskning och arbeten i andra länder.

I oktober 2014 presenterade vi vårt arbete med grundvattenberoende ekosystem (Holgerson m.fl. 2014) vid den 10e internationella hydrogeologiska kongressen i Thessaloniki, Grekland.

Under 2014 deltog SGU i en workshop i Polen under det EU-finansierade programmet *Reform Rivers* med fokus på yt- och grundvattenutbyte i våtmarksmiljö.

Vi har utfört fältbesök i ett tjugotal olika Natura 2000-områden för att lära känna de olika naturtypsmiljöerna. Besöken har skett i Dalarna, Jämtland och på Gotland och varit kombinerade med pågående karteringsarbeten. Som avslutning på arbetet har vi deltagit vid konferensen *Grundvattendagarna 2015* i Göteborg för att berätta om arbetet kring grundvattenberoende ekosystem.

DEFINITIONER OCH BEGREPP

Ett *grundvattenberoende ekosystem* behöver grundvattenutströmning, att grundvattenytan hålls på en viss nivå under markytan (åtminstone under de perioder på året då det är viktigt) eller att grundvattnet som tillförs har en viss kvalitet för sitt upprätthållande. Grundvattenberoende ekosystem kan i sin tur vara *terrestra* eller *akvatiska*.

Betydelsen av att ta hänsyn till ekosystem inom vattenförvaltningsarbetet framgår både av EUs Ramdirektiv för vatten (2000/60/EG) och Grundvattendirektivet (2006/118/EG). Redan i den första strecksatsen i skälen till Grundvattendirektivet sägs att "*Grundvatten är en värdefull naturresurs och bör som sådan skyddas mot försämring och kemisk förorening. Detta är särskilt viktigt för grundvattenberoende ekosystem ...*" I direktivet framgår även att den statusbedömning av grundvattnet som görs och som ska rapporteras till EU-kommissionen vart sjätte år bland annat ska baseras på en analys av hur grundvattnet eventuellt påverkar andra ekosystem.

Grundvattenberoende terrestra ekosystem omfattar områden där grundvattenytan ligger i eller strax under markytan under en stor del av året. Dessa områden spänner över många olika naturtyper, från väl-dränerad jordbruksmark över torrare och fuktiga skogsmarker till våtmarker. Om det finns en konstaterad betydande påverkan på ett terrestert ekosystem som står i hydraulisk förbindelse med en grundvattenförekomst, ska man enligt gällande föreskrifter och vägledning undersöka om grundvattnets nivå eller kvalitet kan ha bidragit till denna påverkan (SGU 2014). Det finns även en vägledning för arbete med grundvattenberoende terrestra ekosystem inom vattenförvaltningen framtagen inom den gemensamma genomförandestrategin för ramdirektivet för vatten (EG 2011).

Ett *akvatiskt ekosystem* (det vill säga ytvatten) är grundvattenberoende om vattenmiljöns växter och djur är beroende av grundvattenutströmning samt dess kemiska och fysikaliska påverkan. Om det finns en konstaterad betydande påverkan på ett akvatiskt ekosystem som står i hydraulisk förbindelse med en grundvattenförekomst ska man, på motsvarande sätt som för terrestra ekosystem, undersöka om grundvattnets utströmning eller kemi kan ha bidragit till förändringen (SGU 2014). En ny vägledning för arbetet med grundvattenberoende akvatiska ekosystem inom vattenförvaltningen togs fram under 2015 inom den gemensamma genomförandestrategin för ramdirektivet för vatten (EG, *in prep*: Technical report on groundwater associated aquatic ecosystems. Technical report no. Common Implementation Strategy for the Water framework Directive (2000/60/EC)).

Vattenförvaltningens arbete med grundvattenberoende ekosystem utgår ifrån naturtyper som definieras inom Natura 2000-arbetet. Med *naturtyp* i detta sammanhang avses de naturtyper som listas i bilaga 1 i art- och habitatdirektivet (Rådets direktiv 92/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter) samt i bilaga 3 till förordningen (1998:1252) om områdesskydd enligt miljöbalken.

Strandzon, det vill säga markområdena i direkt anslutning till vattendrag och sjöar, bidrar till ytvattens ekosystemfunktion och kan ha ett högt ekologiskt värde. Strandzonen kan ibland vara under vattenytan, ibland över under ytan. Bredden och strukturen på strandzonen är viktig när man bedömer ytvattens hydromorfologiska, biologiska och kemiska egenskaper. Strandzonen kan innehålla utströmningsområden för grundvatten, något som bidrar till en flora och fauna anpassad till grundvattnets särskilda egenskaper.

Grundvattenmagasin är en hydraulisk sammanhängande del av en geologisk formation, till

exempel en rullstensås. Till skillnad från vattnet i en akvifer behöver vattnet i ett grundvattenmagasin inte vara av en sådan mängd att det är ett utvinningsbart vatten.

Grundvattenförekomst är enligt definitionen i Vattendirektivet (Artikel 2) ”en avgränsad volym grundvatten i en eller flera akviferer”. Grundvattenförekomst kan också definieras som grundvatten i ett grundvattenmagasin.

Natura 2000 är ett nätverk av skyddade naturområden i EU. Syftet är att skydda värdefulla arter och livsmiljöer mot utrotning. I Sverige finns cirka 4 000 Natura 2000-områden. Urvalet av Natura 2000-områden är en viktig grund för att bevara ett representativt urval av naturmiljöer i Sverige. Natura 2000 omfattar värdefulla naturområden med arter eller naturtyper som är särskilt skyddsvärda ur ett europeiskt perspektiv. Natura 2000-områden utses för att bevara den biologiska mångfalden i enlighet med Art- och habitatdirektivet (Rådets direktiv 1992/43/EEG) och Fågeldirektivet (Rådets direktiv 2009/147/EG). I bilagor till direktiven listas de arter och naturtyper som är relevanta för utpekandet. Arterna och naturtyperna ska ha gynnsam bevarandestatus. Genom bevarandeåtgärder ska de finnas kvar i en långsiktigt hållbar omfattning. Bevarandeåtgärder samt status för arterna och naturtyperna ska följas upp och rapporteras till EU-kommissionen vart sjätte år (Naturvårdsverket 2003).

Biogeografisk region är ett område som har relativt homogent ekologiskt förhållande med likartade egenskaper. I Sverige finns tre terrestra biogeografiska regioner, kontinental, boreal och alpin samt två marina, marin baltisk och marin atlantisk.

Utströmningsområde är ett område där grundvattnet har en flödeskomponent riktad ut ur grundvattenzonen, där det sker en avtappning från grundvattenzonen.

GEOLOGINS BETYDELSE

Geologins betydelse för tillgången på grundvatten i grundvattenberoende ekosystem

De grundvattenberoende ekosystemens beroende av grundvatten kan se ut på olika sätt. Beroendet kan vara antingen kontinuerligt eller säsongsbundet, såsom ett par månader om året. Beroendet kan bestå av ett utläckande grundvatten eller ett rotupptag genom en marknära grundvattennivå. Vissa grundvattenberoende ekosystem är helt beroende av ett utläckande grundvatten. Andra system får sitt tillskott av vatten både som grund- och ytvatten där vissa är känsligare för en förändrad balans i tillskott från grundvatten respektive ytvatten medan andra är mer toleranta för en förändring (Kløve m.fl. 2011).

Ett akvatiskt grundvattenberoende ekosystem kan påverkas via grundvattnet, men också via ytvattnet. Påverkan kan bestå av en förändrad ytvattennivå, en förändrad ytvattenkvalitet, en förändrad ytvattentemperatur eller en ökad grumlighet (som ger försämrat siktdjup). Det senare är viktigt för flera av de grundvattenberoende ekosystem med växtarter som kräver ett klart vatten för sin fotosyntes. För att bedöma hur stor påverkan grundvattnet har på det lokala akvatiska ekosystemet måste man ställa grundvattnets bidrag i relation till ytvattnets bidrag till ekosystemet. Långt ner i avrinningsområdet minskar i regel grundvattenläckagets bidrag till den ekologiska påverkan. Samtidigt kan man konstatera att ytvattnets karaktär präglas av hela avrinningsområdets geologi. Ytterligheterna är vatten i källmiljön högt upp i avrinningsområdet (där grundvattnet står för all påverkan) jämfört med älvvattnet vid sitt utlopp i havet.

Hur stort utläckage som sker beror på faktorer som grundvattenbildning, grundvattenmagasinets storlek och egenskaper och det topografiska läget i terrängen. Från ett och samma grundvattenmagasin kan vattnet som läcker ut ha olika karaktär. Det beror på vattnets transportväg från inströmning till utströmning, eftersom detta styr vattenkemi och vattnets temperatur. I figur 1 visas en ovanligt rikligt flödande källa i morän.

Utläckage av grundvatten sker i så kallade utströmningsområden. Ett utströmningsområde är ett område där grundvattnet har en flödeskomponent riktad ut ur grundvattenzonen,



Figur 1. Rikligt vattenflöde från en moränkälla i nordvästra Dalarna.

där det sker en avtappning från grundvattenzonen. Avtappningen av vatten kan ske som ett omättat flöde till rotzonen, där vattnet avgår till atmosfären genom växternas transpiration. Avtappningen kan också ske som ett mättat utflöde ur marken, mot markytan eller direkt till ytvatten (Grip & Rodhe 1985).

Var utströmningen sker beror huvudsakligen av topografin och geologin. Utströmningen sker i regel i terrängens lågpunkter, såsom vid vattendrag, sjöar, källområden och våtmarker. Mängden utströmmande vatten påverkas bland annat av utströmningens läge inom grundvattenmagasinet. Grundvattnets egenskaper i utströmningsområdet påverkas bland annat av det djup och den transporttid som vattnet haft i marken samt de processer som har hunnit ske där. Stora utläckage av grundvatten sker i regel i lågpunkter av större grundvattenmagasin med stora tillrinningsområden.

Genomsläppligheten i jordlagren styrs till största delen av jordartens sammansättning och kornstorlek. Genomsläppligheten i berggrunden styrs av förekomsterna av porer, sprickor och lagringsplan i den sedimentära berggrunden, men också av sprickor och sprickzoner i den kristallina berggrunden.

Geologin styr hur god kontakten är mellan grundvattenmagasinet och ytvattnet för de akvatiska grundvattenbaserade ekosystemen. Därmed styr den även möjligheten till ett vattenutbyte dem emellan. För vattendrag gäller att ett utbyte mellan grundvatten och ytvatten i regel kan ske på tre olika sätt: vattendraget får vatten från grundvattenmagasinet, vattendraget läcker vatten till grundvattenmagasinet eller genom ett utbyte åt bägge hållen. På vilket sätt som utbytet sker kan också variera rumsligt längs med ett vattendrag och med tiden, till exempel årstidsvis. För att en grundvattenutströmning ska kunna ske gäller att trycknivån i grundvattenmagasinet är högre än i vattendraget (Winter m.fl. 1998).

För sjöar kan interaktionen mellan ytvatten och grundvatten ske på tre sätt. För vissa sjöar flödar grundvatten in antingen över hela dess botten eller i vissa mer distinkta punkter. I andra sjöar läcker ytvatten ned till grundvattnet över hela sjöbotten. Ett tredje sätt är en kombination av dessa båda med inläckage av grundvatten i vissa delar och ett utläckage till grundvattnet i vissa delar. Även i sjöar kan utbytet variera med tiden.

Men grundvattnet utgör inte bara en viktig del för de akvatiska grundvattenberoende ekosystemen. En studie av bäckvattnets ursprung med hjälp ¹⁸O-metoden visar på att 59–85 procent av bäckvattnet i de studerade bäckarna har sitt ursprung som grundvatten (Rodhe 1984). Detta exemplifierar grundvattnets viktiga roll för ytvattensystemen som helhet.

Även om utbytet mellan ytvatten och grundvatten sker på liknande sätt finns det faktorer som orsakar viktiga skillnader. För de grundvattenberoende ekosystemen är det bland annat viktigt att beakta att en sjö har en relativt stabil vattennivå, medan vattennivån i ett vattendrag oftare varierar och har en större amplitud. Detta ökar betydelsen av det vatten som finns magasinerat i marklagren närmast vattendraget. En annan viktig aspekt är att sjöarna oftare innehåller mäktigare organiska bottensediment än vattendragen (Winter m.fl. 1998). Detta försämrar möjligheterna till vattenutbyte.

Förutom mängden organiska sediment på botten är också geologin, som redan nämnts, av stor betydelse. Är en sjö till exempel underlagrad av finkorniga sediment som består av lera, kan detta skapa ett hydrauliskt system som är nästintill helt separerat från ett underliggande grundvattenförande magasin. Ett sådant exempel är dödissjöar, som trots sina lägen på större grundvattenförande isälvavlagringar kan vara helt separata hydrauliska system. Ett annat exempel är våra sjöar i jordbrukslandskapet under högsta kustlinjen, där sjöbotten ofta underlagras av finkorniga postglaciala sediment som överlagras grundvattenförande grovkorniga avlagringar. Även där blir miljön i sjön isolerad från de underliggande grundvattenförande avlagringarna. Ett exempel på dessa förhållanden visas genom redovisningen av fältbesöket vid Natura 2000-området Kyrkbytjärn utanför Falun längre fram i bilaga 2.

Geologins betydelse för kvaliteten på grundvattnet som ekosystemet är beroende av

Vid grundvattenbildning och vattnets transport genom jordlagren sker en rad kemiska processer som gör att vattnet får sin speciella karaktär.

Det vatten som infiltrerar i marken i en typisk svensk skogsmark kommer först i kontakt med markens översta skikt, det så kallade humusskiktet. Detta består av förmultnande växtdelar. När förmultningen sker förbrukas syre samtidigt som det bildas bland annat humussyror och kolsyra. Humussyrorna och kolsyran angriper mineralpartiklarna i skiktet under humusskiktet, den så kallade blekjorden. Då vittrar mineralpartiklarna. Vittringen innebär att syrornas vätejoner förbrukas och att metalljoner som till exempel kalcium och magnesium frigörs. Som en följd av ett förhöjt pH och nedbrytning av organiska komplex som till exempel järn, mangan och aluminium, fastläggs järn, aluminium och humusämnen i markskiktet under blekjorden. Detta ger jorden en roströd färg. Vidare ned i marken transporteras endast små mängder järn och aluminium. Det stora tillskottet lösta ämnen som tillförs grundvattnet består av kalcium, magnesium, vätekarbonat samt de joner som kommer genom nederbörden, till exempel natrium, sulfat och klorid.

Mängden joner som frigörs genom vittringen beror på de geologiska förutsättningarna och de olika bergarternas vittringsbenägenhet. Vittringsbenägenheten hos olika bergarter styrs av de mineral som de är uppbyggda av och bergartens textur och struktur. Det mest lättvittrade mineralet är kalcit (kalciumkarbonat, CaCO_3), som är huvudbeståndsdelen i kalksten. Till de mest svårvittrade hör mineralet kvarts (SiO_2). Tittar man på klassindelningen av olika bergarters vittringsbenägenhet finner man i klassen för de mest svårvittrade kvartsiter, jotniska sandstenar, porfyryr samt leptiter. Bland de mest lättvittrade finns kambrosilurisk och mesozoisk mangelsten och kalksten. Förenklat kan man dela in Sveriges berggrund i tre delar bestående av urberget, fjällkedjan (Kaledonierna) och den sedimentära berggrunden utanför fjällkedjan. Det är i de sedimentära berggrundsområdena som vi finner de mest lättvittrade bergarterna.

De flesta jordarterna i Sverige består av bergartsfragment i olika storlekar. Deras innehåll

återspeglar den lokala berggrunden och de bergarter som finns i den transportriktning varifrån jordpartiklarna har sitt ursprung. Majoriteten av jordarterna och landformerna som vi ser idag är bildade som en följd av den senaste nedisningen och tiden därefter. Beroende på när de har bildats indelas jordarterna i glaciala respektive postglaciala jordarter (avsatta under respektive efter nedisningen). Morän, som är den vanligaste jordarten i Sverige, avsattes direkt av inlandsisen både vid dess bildning och vid dess avsmältning. Kornstorleken i morän kan variera mycket och så även dess innehåll beroende på de bergarter som underlagrat inlandsisen. I urbergsområdena är moränerna oftast sandiga, medan moränen i områden med lätt nedbrytbara och lättvittrade bergarter är finkorniga och kalkhaltiga.

Vittringen är också en process som innebär en vätejonförbrukning. Detta bidrar till att öka förrådet av tillgängliga baskatjoner (natrium, kalium, kalcium och magnesium).

Vid kemiska reaktioner mellan vatten och det minerogena materialet i marken har, förutom vittringsbenägenheten, även kontaktytan en stor betydelse. Stor kontaktyta och lång kontakttid medför att vittringsreaktionerna kan pågå under en längre tid. Beroende på kornstorlekarna för de partiklar som ingår i jordmaterialet varierar den specifika ytan (area eller massenhet). Grövre jordarter, såsom grus och sand, har en liten specifik yta, medan lerjordar har mycket stor yta per viktenhet. Det gör att reaktionsintensiteten mellan grovt material och vatten är mycket låg medan den är hög mellan lera och vatten. Detta medför i sin tur att grundvatten i grus oftast har ett lägre innehåll av kemiska substanser än ett grundvatten i lerområden (Aastrup m.fl. 1995).

Vid en jämförelse mellan ytvatten och grundvatten kan man konstatera att grundvattnet i regel har en lägre halt organiskt material och ett lägre färgtal jämfört med ytvattnet. Generellt är halten fri kolsyra (H_2CO_3) högre i grundvatten än i ytvatten.

I områden med lättvittrad kalksten blir vattnets konduktivitet högre än i områden med mer svårvittrad berggrund. Kalksten är också basisk vilket gör att pH i grundvattnet är högt till skillnad från områden med sura svårvittrade mineral, såsom kvarts, där pH och vattnets konduktivitet är lägre.

När man bedömer vattenkvaliteten i grundvattnet är det förutom de geologiska faktorerna bland annat viktigt att beakta de hydrologiska förhållandena som råder vid olika tidpunkter (Bergström 1994). Vid en högfödessituation domineras vattnet i bäckarna i många områden av ett ytligt grundvatten som fått sin karaktär av de geokemiska förhållandena nära markytan. Ett äldre grundvatten från en djupare nivå sätter sin prägel på vattnet under torrperioder.

Grundvattnets nivåfluktuation styrs av geologin, topografin, årstid, väder och mänsklig aktivitet. Nivåfluktuationer påverkar i sin tur bland annat redoxillståndet i marken. Detta kan variera mellan att vara oxiderande och reducerande beroende på grundvattentytans läge. Områden som snabbt svarar med förändrad grundvattennivå, till exempel genom ökad eller minskad nederbörd (områden med lägre effektiv porositet), kan därför lättare få ett förändrat redox-tillstånd med påföljande effekter.

Utifrån de kemiska förhållanden som genereras av geologin finns en variation i ekosystemen i det utströmmande grundvattnet. Ett relativt stort antal typer av grundvattenberoende ekosystem är knutna till områden som domineras av kalksten. Anledningen till detta är de karakteristika som grundvattnet får genom att flöda genom kalkberggrund eller jordarter som innehåller fragment av kalksten. Ofta har grundvattnet ett högt pH och kan vara så mättat med kalk att det fälls ut som kalkbleke (bland annat i Natura 2000-området vid Handög i Jämtland, som besökts inom ramen för projektet) eller som kalktuff i utflödespunkterna (bland annat i Natura 2000-området Benestad backar i Skåne, se avsnitt Förstudie gällande övervakning av grundvattenberoende ekosystem). Själva utfällningen beror bland annat på det minskade koldioxidtrycket och den temperaturhöjning som sker när grundvattnet når ytan i ett utströmningsområde vilken tillsammans gör att vattnet inte kan hålla kalciumjonerna i lösning (Maxe 2013). Kalktuff är den berg-



Figur 2. Nåråkällan i Transtrandsfjällen i nordvästra Dalarna.

art som bildas när kalciumkarbonat faller ut i stor mängd, medan bleken är den lösa jordart som bildas av utfälld kalk.

Transporten av grundvatten i kalkstensområden domineras ofta av snabba förlopp då grundvattnet främst förekommer i karstsprickor och ibland även i karstgrottor, som bland annat finns på Gotland. Detta gör att även flödet varierar mycket, från höga flöden när grundvattenmagasinen är överfyllda, till inget flöde alls när grundvattentrycket är lågt.

Men även i områden med svårvittrade mineral så kan man i utströmningsområdena finna en riklig och artrik vegetation. Ett exempel är de rikligt flödande källor som finns i områdena kring Transtrandsfjällen i nordvästra Dalarna (fig. 2). Här finns en mängd källor och källbäckar med en riklig flora i områden där berggrunden och den överlagrande moränen huvudsakligen utgörs av svårvittrad sandsten.

Tillrinningsområde och grundvattenmagasin

Grundvattnets förekomst i marken kan beskrivas som grundvattnet i ett grundvattenmagasin (se Definitioner och begrepp). Ett grundvattenmagasin är en geologisk bildning, eller en del av en sådan, som innehåller grundvatten och som fungerar som en hydraulisk enhet. Grundvatten i en grundvattenförekomst inom vattenförvaltningen kan utgöras av vattnet i ett eller flera grundvattenmagasin eller vara en del av ett grundvattenmagasin.

Grundvattenmagasinet kan bestå av ett litet begränsat område, till exempel ett lokalt moränområde omgivet av berg i dagen, eller av en större enhet som en isälvsavlagring eller en sprickakvifer i kalksten. Till skillnad från vattnet i en akvifer behöver vattnet i ett grundvattenmagasin inte vara av en sådan mängd att det utgör ett utvinningsbart vatten. Hydrologiskt sett fungerar jord och berggrund i regel som ett interagerande system. Därför kan de tillsammans ses som ett sammanhängande grundvattenmagasin. De grundvattenmagasin som avgränsats inom ramen för SGUs grundvattenkartering har fram till nu främst innefattat större grundvattentillgångar. Ett syfte har varit att skapa planeringsunderlag för vattenförsörjning och markanvändning, men också att ta fram underlag för skydd av viktiga grundvattenförekomster. Grundvattenmagasin

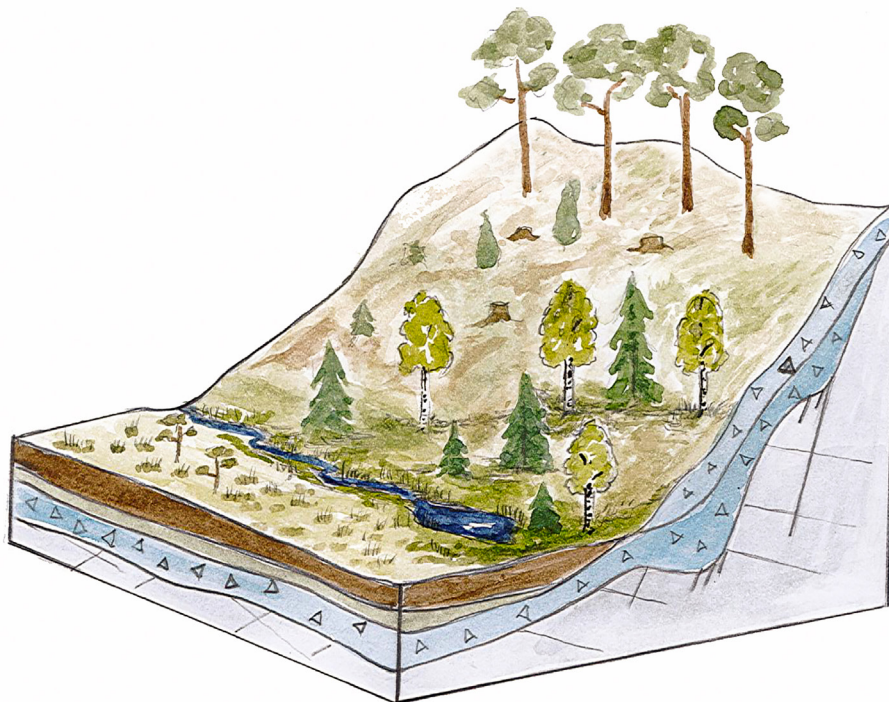
har då avgränsats i jordlagren respektive berggrunden utifrån perspektivet att identifiera de områden där de huvudsakliga uttagsmöjligheterna finns.

I figur 3 illustreras ett mindre grundvattenmagasin beläget i en moränlutning vilket kan jämföras med illustrationen av ett större grundvattenmagasin i en isälvsavlagring i figur 4.

I arbetet med grundvattenberoende ekosystem blir nu också mindre grundvattenmagasin, med liten uttagskapacitet för vattenförsörjningsändamål, av betydelse. Detta skapar ytterligare behov av karteringsunderlag. I arbetet med att identifiera grundvattenmagasin som förser ekosystem med det grundvatten de behöver bör man inkludera de områden där tillskottet av grundvatten sker. Bedömer man att berggrunden bidrar med vatten på ett sätt som är nödvändigt för ekosystemet bör man överväga att inkludera den vattenmättade berggrunden uppströms ekosystemet till ett grundvattenmagasin som är avgränsat i jordlagren.

Avståndet till grundvattenytan varierar i regel inom magasinet. Det är ofta närmast markytan i terrängens lågpunkter. De grundvattenberoende ekosystemen återfinns vanligtvis i de områden inom grundvattenmagasinet där grundvattenytan antingen ligger nära markytan eller i magasinets utströmningsområden.

Studier har gjorts om betydelsen av grundvattnets utströmning i vattendragens strandzoner, ”*riparian zones*” (Kuglerova 2014). Forskningen påvisar ett starkt samband mellan artrikedomen i vattendragets strandzoner och läget i vattendragets avrinningsområde. För lägen längre ner i det studerade avrinningsområdet, där flödet i vattendraget var större, påvisades en större artrikedom. Studien har också visat att artrikedomen är 15–20 procent större där det finns ett tydligt grundvattenutläckage. Den större artrikedomen kunde bäst förklaras av det högre pH-värdet. Den större tillgången på nitrat ansågs bero på nitratinnehållet i marken som genererats av utläckande grundvatten. Artinventeringen har kärlväxter, mossor och levermossor inom strandzonerna längs med bäcken Krycklan, som mynnar i Vindelälven. Studieområdet bestod av 40 olika delområden både ovan och under högsta kustlinjen.



Figur 3. Ett mindre grundvattenmagasin i morän som avvattnas med ett källflöde. Illustration: Magdalena Thorsbrink.

Det område där grundvattnet bildas som når magasinet, och som i sin tur förser det grundvattenberoende ekosystemet med grundvatten, kan benämnas ekosystemets tillrinningsområde. Området kan vara arealmässigt stort, men det kan också vara mycket litet. Det kan omfatta en stor vattenvolym i marklagren och det kan omfatta en mindre mängd vatten. En mindre mängd vatten begränsar bland annat möjligheten till utspädning av en eventuell förorening. Ett större tillrinningsområde kan å andra sidan innebära en större samlad belastning om det inom tillrinningsområdet förekommer ett flertal verksamheter.

Effekter av påverkan i tillrinningsområdet

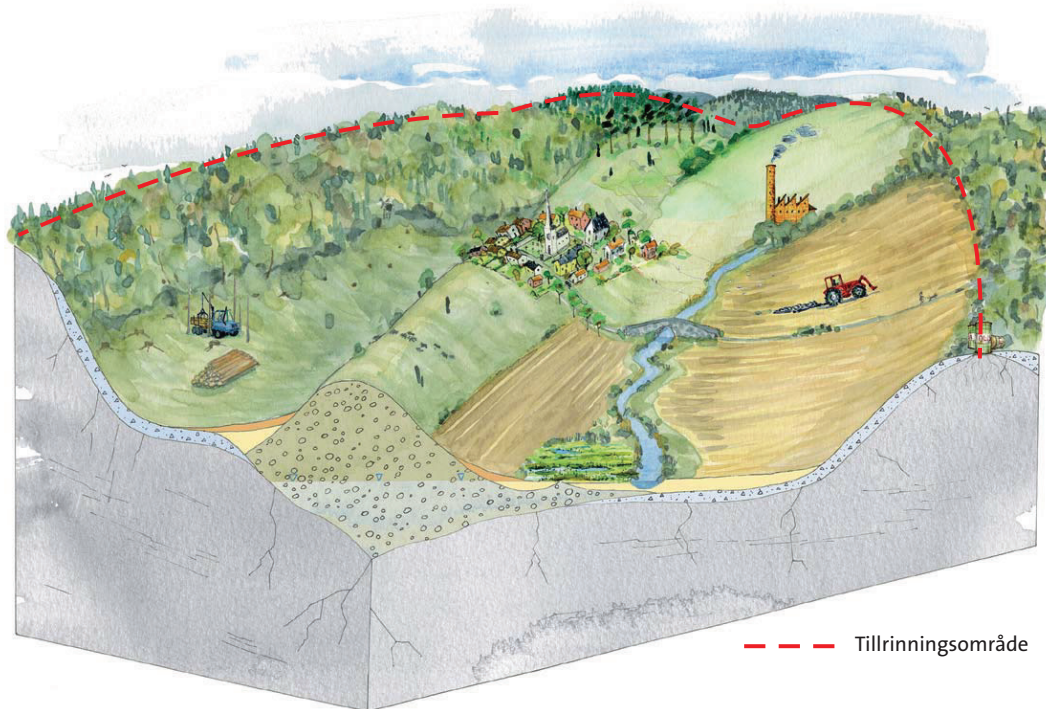
Längs vattnets väg genom tillrinningsområdet styrs kvaliteten på vattnet av de naturliga processerna i marken, men också av den eventuella antropogena verksamhet som sker i tillrinningsområdet och genom påverkan till följd av luftburen deposition. Hur stor effekt den antropogena påverkan har på det grundvattenberoende ekosystemet beror dels av den inneboende känsligheten i ekosystemet, dels på sårbarheten inom tillrinningsområdet innan grundvattnet når ekosystemet. Styrande för sårbarheten i tillrinningsområdet är bland annat jordartsförhållandena. En genomsläpplig jordart gör det möjligt att transportera eventuella föroreningar snabbare. När en förorening väl nått grundvattnet, är i regel den naturliga nedbrytningen långsam. Det i sin tur ökar risken för att föroreningen kan nå det grundvattenberoende ekosystemet och påverka detta. Samtidigt kan jordarter med låg genomsläpplighet göra att vi får en ökad ytavrinning. Där kan plötsliga och kraftiga regn medföra en snabb transport på markytan som på så vis kan föra med sig föroreningar.

Hur lång vattnets väg är i marklagren inom tillrinningsområdet, såväl i tid som i avstånd, påverkar hur stor fastläggning och hur mycket naturlig nedbrytning som hinner äga rum. Betraktar vi till exempel påverkan från jordbruk och skogsbruk genom näringsläckage av fosfor och nitrat, sker ämne-transporten på olika sätt. Transporten av fosfor sker i regel partikelbundet och transport av nitrat sker löst i mark- och grundvatten. Det gör att vi får en större risk för näringsbelastning i form av fosfor i områden med lerjordar medan det motsatta gäller för nitrat. Risken för läckage av nitrat blir mindre i lerjordar med sämre genomsläpplighet.

Utöver egenskaperna i jord och berg är även ämnesegenskaperna viktiga. Ser man till miljöfarliga ämnen kan dessa grovt delas in i tre grupper: organiska ämnen, tungmetaller och andra oorganiska ämnen.

Organiska ämnen är föroreningar som alltid består av kol och oftast också av väte, men som även kan bestå av ytterligare ämnen. De organiska föreningarna kännetecknas av en minskad flyktighet och vattenlöslighet med ökade antal kolatomer. Samtidigt ökar förmågan att bindas till organiskt material med ökat antal kolatomer. En annan viktig och varierande egenskap är huruvida föreningen är stabil och långlivad (persistent). Stabila ämnen har längre tid på sig att bioackumuleras, det vill säga de riskerar att anrikas i levande material. Detta kan ge upphov till negativa effekter eftersom det kan bli högre koncentrationer högre upp i näringskedjan genom bioackumulationen. Storleken på bioackumulationen hör ofta ihop med ämnets fettlöslighet. Exempel på viktiga organiska föroreningar är olika typer av industrikemikalier, släckmedel, petroleumprodukter och bekämpningsmedel (Elert 1999).

Vad gäller metaller är det främst tungmetaller som är skadliga för växter, djur och människor. Av dessa är bly, kadmium och kvicksilver definierade som särskilt farliga. De är prioriterade utfasningsämnen, det vill säga ämnen som man arbetar för att sluta använda inom Sverige och resten av EU. Bly rör sig vanligtvis mycket långsamt i marken, eftersom det adsorberas kraftigt till humuspartiklar, järnoxider och manganoxider samt lermineral. Förutsättningar för att bly ska mobiliseras är sänkta pH-värden (lösligheten ökar även vid extremt höga pH-värden). Kadmium har liknande egenskaper eftersom även det adsorberas till humusämnen och på lermineral. Det mobiliseras också lättare vid sänkta pH-värden. Kviksilver finns i regel i mycket låga halter i



Figur 4. Illustration av ett tillrinningsområde (röd streckad linje) till ett större grundvattenmagasin i en rullstensås. Illustration: Anna Jonsson, Artanna.

grundvattnet, men förs via ytligt grundvatten ut i sjöar och vattendrag där det kan ackumuleras i näringskedjan (Maxe 2013).

I figur 4 illustreras ett tillrinningsområde till ett större grundvattenmagasin i en rullstensås samt de verksamheter som kan komma att påverka vattenkvaliteten i magasinet.

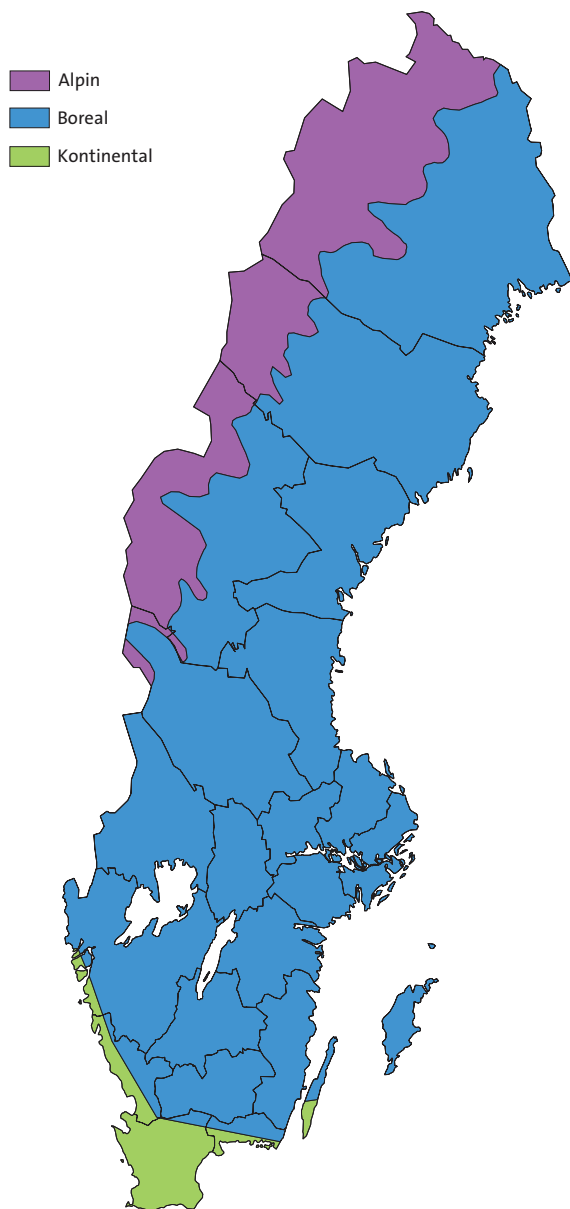
BEDÖMNINGSKRITERIER FÖR KÄNSLIGHET OCH VÄRDE HOS DE GRUNDVATTENBEROENDE EKOSYSTEMEN

För några år sedan tog Vattenmyndigheterna fram en delrapport för klassning av Natura 2000-naturtypernas känslighet för ändrade grundvattenflöden och grundvattennivåer, ”Grundvattenberoende ekosystem, Översiktlig klassificering av känslighet och värde för svenska naturtyper och arter inom nätverket Natura 2000” (Werner & Collinder 2011). Klassningen baserades på det EU-gemensamma klassningssystemet av naturtyper i enlighet med Art- och habitatdirektivets annex 1. I arbetet klassades också känsligheten hos enskilda arter som är listade i art- och habitatdirektivets annex 2 och som förekommer i Sverige.

Klassningen av känslighet utgick från två olika bedömningsfaktorer:

- Ekosystemets ”inneboende känslighet”. Denna faktor styrs av ekosystemets beroende av vattentillgång, vattenkvalitet och ekosystemets naturliga variationer och återhämtningsförmåga.
- Ekosystemets ”sårbarhet”, som återspeglar den respons som en förändring i anslutna grundvattenmagasin ger i ekosystemet. Denna faktor styrs av den hydrogeologiska miljön, det vill säga geologi, topografi, egenskaper i berg, jord och övergång häremellan samt avrinning eller grundvattenbildning.

Utöver känslighet inkluderade klassningsmodellen också en bedömning av det relativa värdet av naturtypen genom att beakta hur naturtypen förekommer i Sverige och hur hotbilden ser ut i



Figur 5. De tre terrestra biogeografiska regioner som förekommer i Sverige – alpin (lila), boreal (blå) och kontinental (grön). (SLU 2014.)

Sverige och Europa. Vad gäller förekomstklassningen baseras den på förhållandena i de tre biogeografiska regioner, områden som har relativt homogena ekologiska förhållanden med likartade egenskaper, som finns representerade i Sverige, (Werner & Collinder 2011). Utbredningen av dessa tre regioner framgår av figur 5.

Klassningsmodellen användes under år 2013 för att skapa ett underlag för prioriteringar i ett uppdrag som SGU utförde åt Vattenmyndigheterna inom ramen för arbetet med vattenförvaltningen. Syftet var att peka ut de i dagsläget identifierade grundvattenförekomsterna som bedöms stå i kontakt med Natura 2000-områden med känsliga grundvattennivåberoende naturtyper. I uppdraget valdes de högst prioriterade naturtyperna ut ifrån det totala klassade värdet av sårbarhet och värde inom kontinental region. Totalt omfattades tio grundvattenberoende naturtyper av studien: 1150 – Laguner, 2190 – Kustnära dynvätmarker, 3140 – Kransalgssjöar, 3150 – Naturligt näringsrika sjöar, 3160 – Myrsjöar eller dystrofa sjöar och småvatten, 7160 – Mineralrika källor och kalkkärr av fennoskandisk typ, 7210 – Kalkkärr med ag, 7220 – Källor med kalktuffbildning, 7230 – Rikkärr och 91F0 – Svämädellövskog; Ek, alm och askskog längs vattendrag.

I nästa steg av uppdraget identifierades vilka Natura 2000-områden som innehåller en eller flera av dessa naturtyper. Detta gjordes med hjälp av attributdata kopplade till respektive område. De identifierade Natura 2000-områdena samkördes sedan mot de grundvattenförekomster som ingick i vattenförvaltningen. Viktigt att beakta är att de grundvattenförekomster som idag ingår i vattenförvaltningen har identifierats och avgränsats utifrån kriteriet att de används eller kan komma att användas för vattenförsörjning (uttag eller uttagsmöjlighet >10 m³ per dygn eller som försörjer eller kan försörja fler än 50 personer). För varje Natura 2000-område, som omfattade en av de tio ovan nämnda naturtyperna och som fanns i anslutning till en beslutad grundvattenförekomst, gjordes därefter en platsspecifik bedömning om det fanns en hydraulisk kontakt mellan Natura 2000-området och grundvattenförekomsten.

Samkörningen som gjordes inom ramen för uppdraget visade att rikkärren (7230) var den grundvattenberoende naturtyp som oftast fanns med i de sammanhang där det fanns kontakt mellan prioriterade grundvattenberoende Natura 2000-områden och de grundvattenförekomsterna som ingick i vattenförvaltningen.

Som ett komplement till underlaget för att bedöma naturtypernas känslighet för förändrade grundvattenflöden och grundvattennivåer (Werner & Collinder 2011) tog SGU under 2014 fram en delrapport som visar på naturtypernas känslighet för vissa kemiska parametrar samt temperatur i grundvattnet, "Grundvattenkemiberoende ekosystem – Översiktlig klassificering av känslighet för svenska naturtyper inom nätverket Natura 2000" (Werner & Collinder 2014). Rapporten utgår från den tidigare framtagna metodiken för att identifiera grundvattenberoende naturtyper med beaktande av känslighet för nivåförändring. Men den går också ett steg längre genom att redovisa vilka ämnestyper som de grundvattenberoende naturtyperna är mest känsliga för.

Analysen blir relativt komplex eftersom det finns många olika ämnen som ekosystemen kan vara känsliga för. Därför fokuserades metoden på att utreda naturtypernas känslighet för följande parametrar eller parametergrupper:

- pH
- salt (klorid)
- näringsämnen (kväve och fosfor)
- tungmetaller (inklusive kvicksilver)
- bekämpningsmedel
- mikrobiologiska föroreningar (bakterier, virus och parasiter)
- miljögifter (industriella eller syntetiska ämnen, inklusive prioriterade eller särskilt förorenande ämnen enligt vattenförvaltningen)
- temperatur

I syfte att skapa ett prioriteringsunderlag baserat på de bägge klassningsmodellerna, det vill säga som beaktar både de grundvattenberoende ekosystemens känslighet för nivåpåverkan och deras känslighet för kemisk påverkan, har SGU under 2015 låtit skapa en syntes av de olika klassningarna. I denna syntes återfinns de naturtyper som bedöms ha högt naturvärde och samtidigt vara mycket känsliga för förändringar i grundvattnets kemiska förhållanden eller förändringar i flöde eller grundvattenytans läge, jämte skälen för detta (nivå eller flöde samt sammanvägd kemikänslighet). I underlaget pekas också tydligt ut i vilken eller vilka biogeografiska regioner där klassningen gäller. Underlaget presenterar och beaktar värdebilden i två steg:

- naturtyper med både mycket hög känslighet och mycket höga värden och som därför i första hand bör prioriteras.
- naturtyper som har lägre värden, men som i andra hand bör prioriteras eftersom de har mycket hög känslighet.

Tabell 1. Synteslista från (Werner & Collinder 2015), som visar de högst värderade och mest grundvattenkänsliga naturtyperna i Sverige i de olika biogeografiska regionerna.

Naturtyp	Biogeografisk region	Grundvattnets nivå och/eller utströmning			Grundvattnets kemiska egenskaper och temperatur		
		Alpin	Boreal	Kontinental	Alpin	Boreal	Kontinental
1150 Laguner			I	I		I	I
2190 Kustnära dynvåtmarker			I	I			
3140 Kalkrika oligo-mesotrofa vatten med bentiska kransalger		II	II	I	II	II	I
3150 Naturligt eutrofa sjöar med nate- eller dybladsvegetation		II	II	I	II	II	I
3160 Dystrofa sjöar och småvatten		II	II	I	II	II	I
7160 Mineralrika källor och källkärr av fennoskandisk typ		II	I	I	II	I	I
7210 Kalkkärr med ag			I	I			
7220 Källor med kalktuffbildning		I	I	I	I	I	I
7230 Rikkärr		II	II	I	II	II	I
7240 Alpina rikkärssamhällen med brokstarr/svedstarr		I			I		
9060 Åsbarrskog			I				
91E0 Svämlövskog		I	I	I			
91F0 Svämädellövskog			I	I			
3110 Oligotrofa mineralfattiga sjöar i slättområden		II	II	II	II	II	II
3130 Oligo-mesotrofa sjöar med strandpryl, bralengräs eller annuell vegetation på elponerade stränder		II	II	II	II	II	II
3220 Alpina vattendrag med örtrik strandvegetation		II	II		II	II	
3260 Vattendrag med flytbladsvegetation eller akvatiska mossor		II	II	II			
6430 Högörtssamhällen		II					
7140 Öppna svagt välvda mossar, fattiga och intermediära kärr och gungflyn		II	II	II	II	II	II
7310 Aapamyrar		II	II		II	II	
7320 Palsmyrar		II			II		
9080 Lövsumpskog			II	II		II	II

Primärt prioriterade I, Sekundärt prioriterade II

Det är dock viktigt att poängtera att alla listade naturtyper per definition är skyddsvärda eftersom de, som beskrivits, utgår från Natura 2000 som ju definierar bevarandevärda naturtyper. Samtliga grundvattenberoende naturtyper går att identifiera utifrån de båda rapporterna (Werner & Collinder 2011, 2014). Synteslistan (tabell 1) ska ses som ett verktyg för prioritering av framtida arbete, till exempel var man bör satsa på fördjupade platsanalyser och ta fram åtgärder. Platsanalyser och åtgärder bör tas fram i samråd med personer som har kunskap om både hydrogeologi och de berörda naturtyperna.

Samtliga rapporter, Werner & Collinder (2011), om känslighet för förändrade grundvattenflöden och nivåer, Werner & Collinder (2014), om grundvattenkemikänslighet, samt Werner & Collinder (2015) finns på SGUs webbplats www.sgu.se, under fliken Samhällsplanering; Planering och markanvändning; Grundvatten i planeringen; Grundvattenberoende ekosystem.

GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN KOPPLADE TILL SÄRSKILDA NATURTYPER

I detta kapitel redovisas en översiktlig beskrivning av respektive Natura 2000-naturtyp, tillsammans med en diskussion kring grundvattnets funktion i de olika naturtyperna och vilka aspekter som är de mest kritiska: kvantiteten, kvaliteten eller till exempel ett kontinuerligt och jämnt flöde. Tanken är att detta ska ge en inblick i naturtyperna, en förståelse för geologins roll för respektive naturtyp samt förståelse för vad det är i geologin som skapar de förutsättningar som är av betydelse för naturtypen.

I texten nedan inkluderas de 13 naturtyper som föll ut i den slutliga prioriteringen. Prioriteringen omfattar de mest känsliga och högst värderade naturtyperna enligt Werner och Collinder (2015). Fjorton naturtyper har lägre värden, men föreslås som sekundärt prioriterade eftersom de också har mycket hög känslighet och därför bör vara intressanta att studera närmare ur SGUs perspektiv. Av dessa bör tolv prioriteras utifrån sin känslighet för både kvantitativa och kvalitativa grundvattenförändringar. Fem naturtyper, inklusive 7230 Rikkärr, föreslås som sekundärt prioriterade i andra biogeografiska regioner än där de har mycket höga värden, där de bör vara primärt prioriterade (Werner & Collinder 2015). För just rikkärr kan det vara motiverat att föreslå 7230 Rikkärr som primärt prioriterad också i delar av boreal region, särskilt i områden söder om Dalälven. I studien av Werner & Collinder (2015) klassificerades naturvärden enhetligt inom de biogeografiska regionerna och innehöll därför inga lokala anpassningar.

De olika naturtypernas definition är hämtade från Naturvårdsverkets Natura 2000-vägledning och endast smärre nedkortningar har gjorts. Förutom naturtyperna som beskrivs nedan finns ytterligare cirka 40 naturtyper som också bedöms vara grundvattenberoende (Werner & Collinder 2011, 2014). De prioriterade naturtyperna är begränsade i antal och areal vilket ytterligare höjer deras bevarandevärde och gör att de bör prioriteras.

Laguner (1150) primärt prioriterade i boreal och kontinental region

Laguner är helt eller delvis avsnörda grunda havsvikar som är skilda från havet genom trösklar, tät vegetation eller dylikt som begränsar vattenutbytet. I norra och mellersta Östersjön har dessa vikar helt eller delvis avsnörts från havet på grund av den ständigt pågående landhöjningen. I södra Östersjön har landhöjningen upphört (Naturvårdsverket 2011a).

För naturtypen är det viktigt med en god vattenkvalitet. Två av de hot som identifierats mot laguner är övergödning och mänsklig exploatering (Naturvårdsverket 2011a).

Beroende på lagunernas totala vattenvolym, årstid och topografiska förhållanden sker olika stor relativ påfyllnad av grundvatten. Hur grundvattenberoende lagunerna är beror också på i vilken successionsfas de är, det vill säga hur avsnörda från havet de är.

Det är främst helt avsnörda havsvikar eller gloparter (det vill säga avsnörda havsvikar där vattenutbyte med havet endast sker vid väldigt höga havsvattenstånd) som är grundvattenberoende. Naturtypen karaktäriseras av hög produktion och hög omsättning på näringsämnen (Werner & Collinder 2015). Påfyllning av grundvatten behövs för att bibehålla en uppblandning mellan sött och salt vatten, upprätthålla vattenvolymen och bidra till en god vattenkvalitet. Samtidigt behöver naturtypen regelbundet också svämmas över av välbuffrat och relativt näringsrikt havsvatten. I figur 6 visas en nästintill helt avsnörd lagun på sydvästra Gotland.

Därtill förutsätter laguner en långsam vattenomsättning där vattenmängd och salinitet varierar i tid och rum.



Figur 6. Lagun på sydvästra Gotland.

Kustnära dynvåtmarker (2190), primärt prioriterade i boreal och kontinental region

Dynvåtmarker är fuktiga eller vattenfyllda fördjupningar i sanddynssystem vid kusten vilka vanligtvis har uppkommit till följd av erosion ner till grundvattennivån. Naturtypen påverkas starkt av grundvattennivåns fluktuationer (Naturvårdsverket 2011b).

Naturtypen är delvis grundvattenförsörd. Grundvattenberoendet kan ställas i relation till havsnivån. Ju längre bort och högre upp från havet desto mer grundvattenberoende är naturtypen. Områden med naturtypen har sandiga jordar och mycket markvatten och grundvatten rör sig igenom jordprofilen. Naturtypen ligger ofta i närhet av jordbruksmark, vilket gör att en försämrad grundvattenkvalitet kan utgöra en risk. Ett kontinuerligt grundvattentillskott är bra för att motverka för höga temperaturer i våtmarkerna.

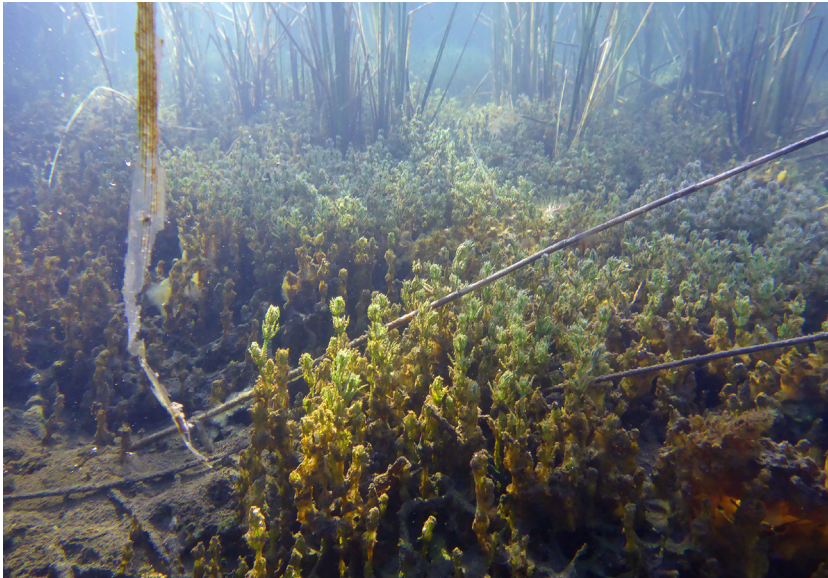
Naturtypen karakteriseras av låg pH-buffringsförmåga. Artsammansättningen bedöms ha en hög inneboende känslighet för sänkt pH och ökad vattentemperatur (Werner & Collinder 2015).

Kransalgssjöar (3140) primärt prioriterade i kontinental region

Kalkrika sjöar med relativt näringsfattigt och klart vatten och en vegetation som domineras av kransalger (Chara, Nitella) samt humösa (brunfärgade) kalkrika sjöar i anslutning till rikkärr eller källpåverkade myrar. Naturtypen kan förekomma som delområde i sjöar med lägre kalkhalt där lokal källpåverkan och ställvis förekommande kalk i sediment och berggrund ger förutsättning för naturtypens karaktäristiska vegetation. (Naturvårdsverket 2011c).

För naturtypen är det viktigt med ett klart vatten med en hög kalkhalt (Naturvårdsverket 2011c). Det gör att det krävs kalkrik berggrund eller kalkrika jordarter i tillrinningsområdet ifrån vilket grundvattnet kan bidra med ett kontinuerligt tillskott av kalk.

En av hotbilderna mot naturtypen är övergödning, genom läckage av näringsämnen från omkringliggande jordbruksmark. En annan är stora vattenståndsamplituder vilka missgynnar kransalger (Naturvårdsverket 2011c). I figur 7 och 8 visas exempel på kransalger i Locknesjön i Jämtland vilken delvis underlagras och omges av kalksten.



Figur 7. Kransalger i Locknesjöns utlopp.



Figur 8. Vy över en vik Locknesjön där utflödespunkter för grundvatten ses som mörkare cirkulära ringar omgärdade av kransalger (brunaktig ton).



Figur 9. En typisk källmiljö i boreal region i Jämtland.

Naturligt näringsrika sjöar (3150), primärt prioriterade i kontinental region

Naturligt eutrofa (näringsrika) sjöar och småvatten är vatten med hög biologisk produktion och artrika samt generellt näringskrävande växt och djursamhällen. Vattnet är näringsrikt och välbuffrat, klart eller relativt grumligt. Naturtypen förekommer under högsta kustlinjen (Littorina HK) samt på kalk- eller näringsrika jordar och berggrund samt i områden med källpåverkan (Naturvårdsverket 2011d).

Naturtypen ligger ofta i lerslättsområden vilket gör att den företrädesvis är ytvattenförsörd. Det grundvatten som tillförs är ofta ett ytligt grundvatten. Naturtypens känslighet för förändringar i grundvattnets kvantitet eller kvalitet beror till stor del på sjöarnas storlek. Där det förekommer källutflöden kan känsligheten lokalt vara hög då det i anslutning till utflödet av grundvattnet kan förekomma flora och fauna som är direkt beroende av grundvattnets kvalitet och kvantitet. Hotbilden innefattar bland annat reglering av sjöarnas vattennivå och läckage av näringsämnen från omkringliggande områden (Naturvårdsverket 2011d).

Myrsjöar, dystrofa sjöar och småvatten (3160), primärt prioriterade i kontinental region

Naturtypen omfattar naturliga sjöar och småvatten med ett relativt näringsfattigt vatten brunfärgat av humusämnen och med ett naturligt lågt pH. Vegetationen är gles och är ofta bestående av flytbladsväxter och akvatiska mossor. Myrsjöar är normalt relativt små (ofta <10 ha, sällan >50 ha) och förekommer i hela landet, framför allt på organogena och näringsfattiga jordar i myrrika områden samt i skogslandskapet (Naturvårdsverket 2011e).

Naturtypen utgörs oftast av mindre småvatten. Det betyder att de generellt är mer känsliga för förändringar i grundvattenflöde än naturtyperna Naturligt näringsrika sjöar (3150) och Kransalgssjöar (3140) som oftast har en större area och volym. Storleken på vattnet och grundvattenflödet bestämmer hur känsligt det aktuella området är. Grundvattnets kemi är viktig, eftersom det största hotet mot naturtypen är igenväxning till följd av övergödning.

Källor och källkärr (7160), primärt prioriterade i boreal och kontinental region

Naturtypen innefattar källor och fattiga, intermediära källkärr som påverkas av ständigt strömmande mineralrikt grundvatten. Små källbäckar kan förekomma. Källmiljön och källbäckarna karakteriseras av jämn och låg vattentemperatur. I källorna eller källmyrarna kan järnockrabildning förekomma (nordliga järnockrakärr). Källmiljöerna har en speciell flora och fauna som varierar med mineralsammansättning och krontäckningsgrad (Naturvårdsverket 2011f).

Den centrala förutsättningen för att naturtypen är det framläckande grundvattnet. Den vanligaste orsaken till att det bildas en källa är att grundvattenytan skär markytan i ett brott i terrängen, såsom vid en svacka på en höjdslutning eller vid foten av en höjd. En annan vanlig orsak är att vattnet tränger fram i gränsen mellan en vattengenomsläpplig jordart och en underliggande, tätare jordart eller tätare berggrund. Ytterligare exempel är när vattnet leds fram av ett mer genomsläppligt lager i en tätare jordart eller att grundvattnet står under starkt tryck under ett lager med tätare material. Detta gör att vattnet trycks upp genom det tätare materialet eller strömmar upp genom en mer genomsläpplig jordart igenom det tätare lagret (Källakademin 2012).

Beroende på de mineralrika källornas mineralsammansättning varierar naturtypens sammansättning. Därför är en oförändrad grundvattenkemi av största vikt för naturtypen. Grundvattnet är även viktigt för att hålla en jämn vattentemperatur i naturtypen.

Det flödande vattnet gör att man i källmiljön kan finna krävande arter trots ett ganska mineralfattigt vatten. Det utströmmande vattnet fyller nämligen hela tiden på med mer mineraler. Vattnet i källmiljön blir också syrerikt när det tränger fram i källan tack vare vattnets ständiga rörelse (Källakademin 2012). I figur 9 ses en typisk källmiljö i boreal region.



Figur 10. Agkär vid Bluttmo källmyr inom N2000-området Gildarshagen på Gotland.

Agkär (7210), primärt prioriterade i boreal och kontinental region

Kalkrika kärr, sjöpartier eller annan fuktig mark med förekomst av ag. Habitatet uppträder främst i strandzonen vid kalkrika vatten, på våta ängar som brukas extensivt och i kärrpartier med viss källpåverkan. Naturtypen kan utgöras av i princip enartssambällen med ag eller i ofta artrika, hävdade ytor där ag förekommer tillsammans med starr- och orkidéarter (Naturvårdsverket 2011g).

Naturtypen behöver en hög grundvattennivå eller öppet vatten. I många fall står grundvattnet i marknivån. Vidare gynnas naturtypen av ett kalkrikt tillrinningsområde med god grundvattenkemi, något som bland annat motverkar eutrofiering. Grundvattnet bidrar även till att hålla en jämn vattentemperatur i naturtypen. I figur 10 visas ett exempel på ett agkär på Gotland.

Kalktuffkällor (7220), primärt prioriterade i samtliga biogeografiska regioner

*Källor med hårt, kalkrikt vatten där kalktuffbildning pågår. De kan finnas både i jordbruksmark, skogsmark och vara del av större myrkomplex. Källorna är oftast små och vegetationen domineras av mossor, särskilt tuffmossor (*Palustriella* spp.) (Naturvårdsverket, 2011h).*

För naturtypen är det viktigt med ett ständigt framspringande kalkrikt källvatten och kalktuffbildning. I områden med kalkrik berggrund eller kalkrika jordarter löses kalk ut och transporteras av grundvattnet. När det kalkrika vattnet sipprar ut på marken eller till exempel i en bäck minskar bland annat koldioxidtrycket i vattnet och kalciumkarbonat fälls ut (Maxe 2013). Utfällda kalciumkarbonat kapslar in växtdelar, snäckor, stenar, med mera, och i områden där det sker mycket kalkutfällning kan det bildas flera meter mäktiga avlagringar av kalktuff. De intermediära kalktuffkällorna är de mest känsliga, medan de riktigt kalkrika källorna buffrar sig själva. Grundvattnet är även viktigt för att hålla en jämn vattentemperatur i naturtypen.



Figur 11. Rikkärr med gräsull.

Rikkärr (7230), primärt prioriterade i kontinental region och lokalt inom boreal region.

Naturtypen rikkärr omfattar Minerotrofa myrar och rika källmiljöer oavsett lutning och förekomster av morfologiska strukturer, där ständig tillförsel av baskatjonrikt vatten från omgivningen sker. Detta medför att pH-värdet i myren vanligen är 6 eller högre. Habitatets utbredningsområde överensstämmer med områden där berggrunden och/eller jordäcket är rikt på baskatjoner, vanligtvis kalcium (Naturvårdsverket 2011).

Vid samkörning av befintliga Natura 2000-områden och vattenförvaltningsförekomster (beskrivet i avsnittet Bedömningskriterier rörande känslighet och värde hos de grundvattenberoende ekosystemen) var naturtypen *rikkärr* (7230) den naturtyp som oftast bedömdes stå i kontakt med en grundvattenförvaltningsförekomst. Vi har därför valt att göra en mer ingående beskrivning av naturtypen.

För naturtypen *rikkärr* är det av stor vikt med tillförsel av ett mineralrikt (oftast kalcium, järn och magnesium) och ett basiskt eller neutralt vatten. Grundvattnet är även viktigt för att hålla en jämn vattentemperatur i naturtypen.

Rikkärren återfinns spridda över landet, men är vanligast i områden med kalkberggrund och i områden med lösa kalkrika avlagringar som kalkrik morän och skalgrusbankar. Rikkärr förekommer även spritt i områden med andra basiska svarta eller grönaktiga bergarter (grönstenar), exempelvis amfibolit, diabas, diorit, gabbro, hyperit och skiffer (Naturvårdsverket 2006). Miljön är trots dess benämning i regel näringsfattig och växtligheten har ofta en begränsad tillgång på fosfor. Det beror på att kalcium och järn i vattnet komplexbinder fosfat vilket i sin tur innebär att näringsfattiga rikkärr också kan återfinnas i områden omgärdade av jordbrukspåverkad mark.

Rikkärren delas ofta upp i extremrikkärr och medelrikkärr. I extremrikkärren är pH-värdet vanligen högre liksom kalkhalten. De är oftare rikare på kärlväxter. Medelrikkärren är rikare

på mossor (Naturvårdsverket 2006). Rikkärren utmärker sig genom att de är de mest artrika myrarna, med många specialiserade arter. I rikkärren finns minst 160 rödlistade arter, varav 74 är klassade som hotade. Knappt hälften av dessa har rikkärren som sin viktigaste biotop. I många rikkärr innebär det rinnande vattnet och isrörelser att det finns stora förutsättningar för växter som gynnar störning (Naturvårdsverket 2006).

I ett examensarbete (Lans 2010) gjordes en studie med syfte att undersöka möjligheten att använda SGUs databaser för att identifiera potentiella rikkärrensområden. I studien användes ett flertal olika dataset. Dessa dataset kan ge indikation på kopplingen till kalk och kalkrik mark inklusive geokemiska data (kalciumhalt uppmätt vid moränprovtagning, kalciumhalt uppmätt i bäckvattenväxter samt pH-värden uppmätta i rinnande vatten respektive i morän), jordartsinformation, information om mineralförekomster i form aktiva eller inaktiva stenbrott med dolomit eller kalцит, information om isräfflor samt berggrundsinformation. Dessa data samkördes med data från länsstyrelsernas rikkärrens inventering och våtmarkinventeringen. Resultaten visade på starka samband mellan rikkärr och områden med kalkberggrund. Studien utmynnande även i rekommendationer om framtida undersökningar för att stärka vår kunskap om rikkärren (Lans 2010). I figur 11 syns Gräsull, en för rikkärr både typisk och karaktäristisk art (Naturvårdsverket 2011i).

Alpina översilningskärr (7240), primärt prioriterade i alpin region

Naturtypen utgörs av kärr eller annan fuktig eller periodvis fuktig, normalt kalkrik mark i fjällen. Gemensamt för olika varianter är att vegetationstäckets inte är heltäckande, vilket ger att bar mineraljord kontinuerligt exponeras genom vindblottor, frost/uppfrysning och/eller hydrologiska processer, normalt från rörligt vatten såsom sluttningsprocesser (solifluktion). Permafrost eller långvarig tjäle ger uppfrysningsfenomen, vilket är en förutsättning för naturtypen (Naturvårdsverket 2011j).

Storleken på grundvattnets bidrag och naturtypens känslighet för kvalitativa och kvantitativa förändringar beror på vilken jordart som dominerar. Kontinuerlig tillförsel av grundvatten bidrar till att hålla en jämn vattentemperatur i naturtypen.

Åsbarrskog (9060), primärt prioriterade inom boreal region

Naturtypen förekommer på rullstensåsar, på deras sluttningsar eller vid åsarnas fot och är torr-blöt och näringsfattig-näringsrik. Trädskiktets kröntäckningsgrad är 30–100 procent och inhemska barrträd utgör minst 50 procent av grundytan. Ofta utgör tall minst 50 procent av grundytan uppe på åsen, men i nedre delen, med relativt yligt grundvatten, utgör ofta gran minst 50 procent av grundytan (Naturvårdsverket 2011k).

Upppe på åsen är det i regel långt till grundvattenytan. Därför är grundvattenberoendet där begränsat. I åsens sidområden däremot, där man kan finna örtrika granskogar, finns i regel en påverkan av åsens grundvatten. Beroendet kan bestå av antingen en hög grundvattennivå eller utläckage. Om det är grundvatten från åsen som läcker ut kan man bedöma med stöd av de lokala förhållandena inklusive uppgifter om grundvattennivån i åsen och den omgivande topografin. Ett exempel på åsbarrskog visas i figur 12. De lokala utströmningsområdena har i dessa fall en hög inneboende känslighet med avseende på grundvattnets egenskaper (Werner & Collinder 2015).

Svämlövskog (91E0), primärt prioriterade i alla regioner

Naturtypen ligger i anslutning till vattendrag och översvämmas regelbundet vid högvatten. Det sker en kontinuerlig pålagring av finsediment i samband med översvämningarna. Naturtypen ligger på



Figur 12. Åsbarrskog längs Svärdsjöåsen i Dalarna.

jordar som kan vara lättdränerade eller fuktiga/blöta vid lågvatten. Trädsiktets krontäckningsgrad är 30–100 procent och ek, alm och ask (tillsammans) utgör minst 50 procent av grundytan (Naturvårdsverket 2011).

Naturtypen ligger ofta i utströmningsområden för grundvatten. Vissa delar inom naturtypen kan kräva ett ständigt utflöde av grundvatten, till exempel de källpåverkade miljöerna. Marken består ofta av sandiga marker eller sandbankar med en god vattengenomsläpplighet.

Regelbundna översvämningar gör att ytvattnet har en relativt stor betydelse. Generellt har endast lokala utströmningsområden en hög inneboende känslighet när det gäller pH och näringsämnen. Naturtypen har även hög inneboende känslighet för bekämpningsmedel, eftersom insekter är typiska arter. Känsligheten beror på naturtypens karaktär, nära översvämmade vattendrag eller källförekomst (Werner & Collinder 2015).

Svämdellövskog (91Fo), primärt prioriterade i boreal och kontinental region

Naturtypen ligger i anslutning till vattendrag och översvämmas regelbundet vid högvatten. Det sker en kontinuerlig pålagring av finsediment i samband med översvämningarna. Naturtypen ligger på jordar som kan vara lättdränerade eller fuktiga/blöta vid lågvatten. Trädsiktets krontäckningsgrad är 30–100 procent och ek, alm och ask (tillsammans) utgör minst 50 procent av grundytan (Naturvårdsverket 2011).

Naturtypen är i många delar lik naturtypen Svämlövskog (91E0) förutom trädslagen. Särskilt lika är naturtyperna vad gäller de hydrauliska förhållandena. När det gäller grundvattnets betydelse och den inneboende känsligheten hos naturtypen råder därför samma förutsättningar som för naturtypen Svämlövskog (91E0) enligt ovan.

UNDERLAGSMATERIAL

I arbetet med grundvattenberoende ekosystem finns en mängd faktaunderlag som kan vara ett värdefullt stöd. Underlagen kan bland annat användas för att identifiera de grundvattenberoende ekosystemen, för att beskriva förhållandena i ett specifikt område, för att beskriva förhållandena uppströms ekosystemet och för att identifiera risker för påverkan på ekosystemen. I arbetet med grundvattenberoende ekosystem vid SGU har underlagen så här långt främst använts som stöd för att kartlägga och karakterisera de grundvattenberoende ekosystemen. Det gör att vi ännu inte har hunnit få en fullständig bild av de underlag som kan vara av värde i arbetet. I denna rapport går vi till exempel inte närmare in på de underlag som finns tillgängliga för att beskriva kemisk och ekologisk status i sjöar och vattendrag samt bedömningsgrunder för gynnsam bevarandestatus i Natura 2000-områden. Vi vill därför betona vikten av ett fortsatt arbete med dessa underlag. En viktig uppgift är att koppla bedömningsgrunder för kemisk och ekologisk ytvattenstatus mot bedömningsgrunder för gynnsam bevarandestatus och samtidigt ha för ögonen vilken roll grundvattnet har i dessa sammanhang.

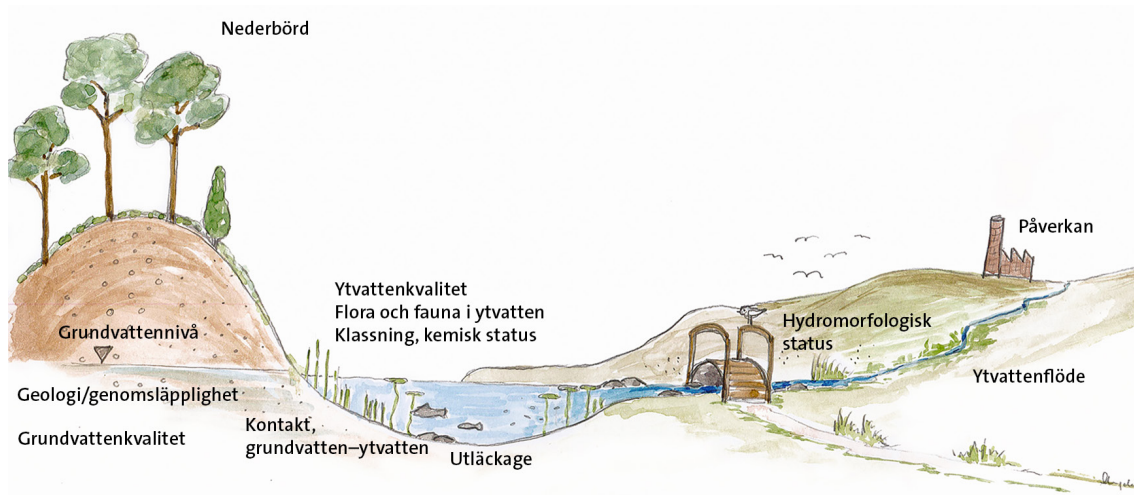
I figurerna nedan ges en generell bild av de faktaunderlag som vi bedömer kan behövas i arbetet att beskriva, övervaka och riskbedöma de grundvattenberoende ekosystemen där figur 13 representerar akvatiska grundvattenberoende ekosystem och figur 14 representerar de terrestra ekosystemen.

Grundläggande information om Natura 2000-systemet ges via Naturvårdsverkets publikationer och webbinformation om Natura 2000. Här finns bland annat de naturtypsvisa vägledningarna som utgjorde grunden för de naturtypsvisa beskrivningarna i det föregående avsnittet.

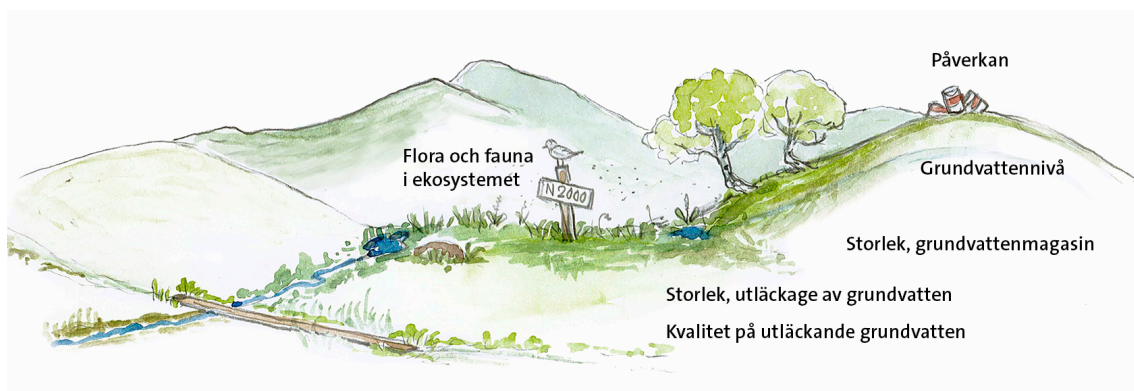
I arbetet att identifiera grundvattenberoende ekosystem är det givetvis bra om det går att göra en fältinventering. Inför fältarbetet kan man gärna göra en preliminär bedömning utifrån befintliga data. För att identifiera grundvattenberoende ekosystem utpekade inom Natura 2000-områden kan man ta stöd av de filer som finns tillgängliga genom Naturvårdsverkets försorg via VicNatur. En något äldre uppsättning data från år 2013, men i nedladdningsbar form, ges via <<http://gis-services.metria.se/nvfeed/nnk/NNK.xml>>. Här finns länsvisa shape-filer med naturtypsutbredningen inom skyddade områden inklusive Natura 2000-områden. Viktigt att komma ihåg är att de delar inom Natura 2000-området som klassats som grundvattenberoende naturtyper i de flesta fall enbart är en del av den totala utbredningen av Natura 2000-området. Detta bör man ha i åtanke vid bland annat geografiska dataanalyser.

Information om respektive Natura 2000-område finns i bevarandeplaner hos respektive länsstyrelse. Bevarandeplanen är det dokument som beskriver syftet med bevarandet av respektive Natura 2000-område. I bevarandeplanen framgår också vilka förutsättningar som krävs för att arterna och naturtyperna i det enskilda området ska kunna bidra till bedömningen att en gynnsam bevarandestatus upprätthålls inom den aktuella biogeografiska region. Länsstyrelserna är ansvariga för att ta fram bevarandeplanerna eftersom det är deras ansvar att formulera bevarandesyftet enligt 17§ i förordningen om områdesskydd. Alla bevarandeplaner finns diarieförda på respektive länsstyrelse (Naturvårdsverket 2003). Bevarandeplanerna är i de flesta fall också tillgängliga via respektive länsstyrelses webbplats.

Endast 12 procent av Sverige utgörs av Natura 2000-områden (Naturvårdsverket 2014). I de fall man ska inventera områden som ännu inte har kartlagts med avseende på naturtyp finns olika sätt att hitta vägledande information. Grundläggande är att identifiera förmodade utströmningsområden, det vill säga lågpunkter i terrängen där det kan förmodas ske en utströmning av grundvatten eller där grundvattenytan bedöms stå nära markytan. Terrängkartor och Lantmäteriets höjddatabas samt lägen för sjöar och vattendrag ger då ett bra tolkningsstöd. Ett annat sätt att bedöma om det kan förmodas ske ett utläckage, är att utifrån höjddata beräkna ett så kallat topografiskt index. Studier kring framtagande av topografiska index



Figur 13. Information som kan behövas för att beskriva, övervaka och riskbedöma akvatiska grundvattenberoende ekosystem. Illustration: Magdalena Thorsbrink.



Figur 14. Information som kan behövas för att beskriva, övervaka och riskbedöma terestra ekosystem, här i form av ett rikkärr. Illustration: Magdalena Thorsbrink.

pågår för närvarande vid SLU i Umeå, www.slu.se/en/departments/forest-ecology-management/staff/anneliagren1.

För bedömningen ger också jordartskartan ett bra stöd. I de fall man befinner sig i ett låg-område indikerar torvmark på jordartskartan ett troligt utströmningsområde. Undantag är regnförsörjda mossar som idag i huvudsak är regnförsörjda.

Fakta om kallkällor och källutflöden kan i dagsläget nås via flera databaser och kunskapskällor. En viktig kunskapskälla är Akademien för de friska källorna (Källakademien). Källakademien är en ideell förening vars mål är att främja intresset för källor och medverka till att källor bevaras, vårdas och nyttjas. Inom ramen för verksamheten anordnas bland annat årliga exkursioner där man besöker utvalda källor. Detta dokumenteras genom platsbeskrivande exkursionsguider. En gedigen sammanställning om källor finns också genom Källakademins försorg presenterad i boken *Källor i Sverige* (Källakademien 2014). Där kan man läsa om källor ur en rad aspekter såsom källvattnets bildning och egenskaper, Livet i källorna inklusive växter i olika källmiljöer och växtekologiska särdrag vid källor samt djur som lever i källor. I boken ges också en redovisning av ett stort antal besöksvärda källor runt om i Sverige.

En av databaserna som innefattar information om källor är Källarkivet vid SGU som innehåller information om cirka 1900 källor. Grundkriteriet för att en källa skall registreras i

Källarkivet är att den har ett flöde året runt. Ändrade förhållanden (såsom dikning, etablering av vattentäkt) kan göra att man i arkivet också kan finna källor som idag saknar ett tydligt flöde. En annan databas är SGUs jordartsdatabas som innehåller lägen för källor som identifierats i samband med SGUs jordartskartering. I denna databas lagras dock endast en lägesangivelse och således inga beskrivande attribut. Såväl dessa som Källarkivets källor finns tillgängliga via SGUs webbplats.

Via Lantmäteriets (LMV) nyproducerade kartor liksom äldre digitaliserade kartprodukter kan bland annat Ortsnamn och andra platsnamn ge vägledning om lägen för källor. Vad gäller det äldre material från LMV kan man få värdefulla fakta från äldre historiska kartor, storskifteskartor, geometriska jordeböcker, generalstabskartan, häradsekonomiska kartor och ekonomiska kartan. Även Riksantikvarieämbetet har information om källor via sin webbaserade karttjänst Fornsök. Skogsstyrelsen har databasen Skogens pärlor där det också finns information om källor. Just nu pågår ett arbete vid Artdatabanken vid SLU för att forma en gemensam dataportal för att samla information om källor i samarbete med SGU och övriga berörda parter.

En annan möjlig väg att identifiera källområden är att använda SGUs jordartskarta tillsammans med LMVs höjddatabas. Den nya högupplösta höjdmodellen med pixelstorleken 2*2 m har ett generellt medelfel som är mindre än $\pm 0,5$ m i höjd. På plana och väl definierade ytor är dock medelfelet i interpolerade punkter till och med mindre än 0,2 m i höjd. Det gör det möjligt att till exempel se konturen av en punktkälla med tillhörande källbäck i en torvmark (fig. 15).

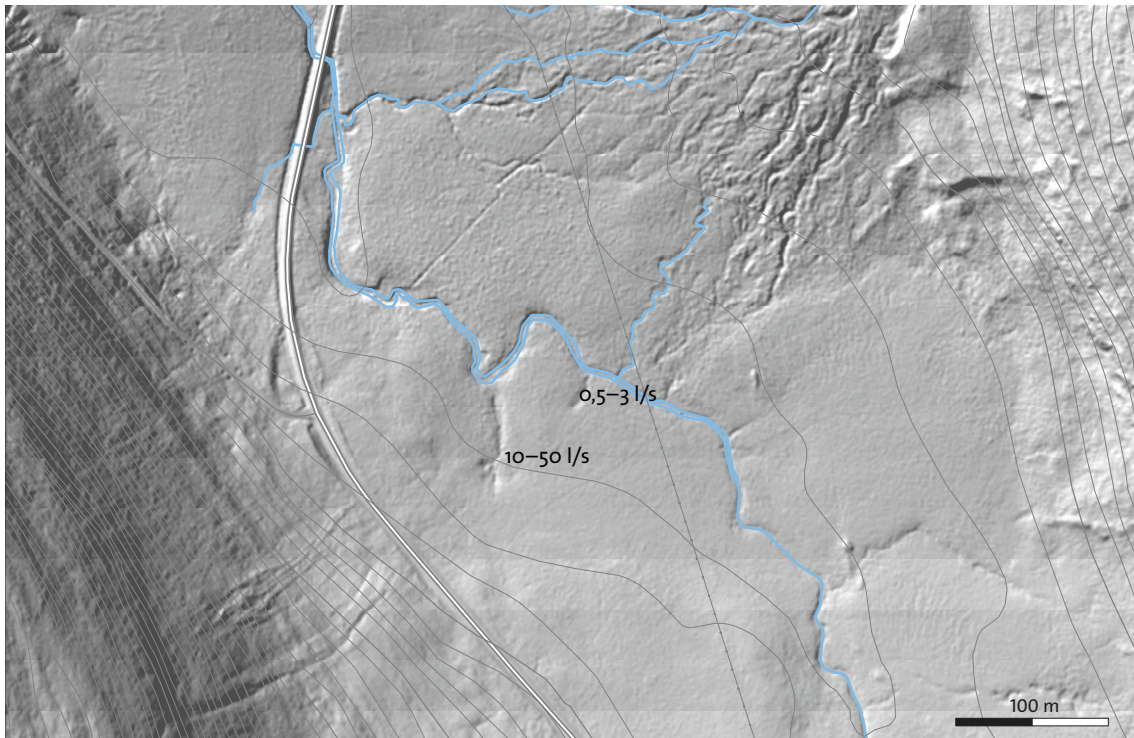
I arbetet att beskriva förutsättningarna för mängden utläckande vatten och vattnets härkomst kan man ta ett visst stöd från SGUs databas över grundvattenmagasin. Om det inte finns något magasin karterat får man göra en bedömning. Då kan man bland annat ta stöd av SGUs jordartskartor, SGUs jorddjupsdatabas (ger en generell bild med varierad säkerhet) och LMVs höjddatabas. I SGUs databaser finns i viss mån också uppgifter från borrhningar och uppgifter om grundvattennivå. När man bedömer uppmätta nivåer är det bra att ta stöd av en aktuell beskrivning av grundvattensituationen. Genom SGUs försorg ges en månadsvis beskrivning av grundvattennivåerna och om de är över eller under det normala för årstiden samt en beskrivning av hur grundvattennivåerna ligger i förhållande till bedömd maxnivå, den så kallade fyllnadsgradskartan.

När man ska beskriva grundvattenkvalitet är det givetvis bra om det finns möjlighet att göra platsspecifika provtagningar av vattnets kvalitet. För bedömning av resultaten kan man ta stöd från den nationella miljöövervakningen vars data finns tillgänglig via SGUs webbplats samt från Bedömningsgrunder för grundvatten (Maxe 2013).

FÖRSTUDIE AV ÖVERVAKNING AV GRUNDVATTENBEROENDE EKOSYSTEM

Under 2013 utfördes en tioveckors praktik på SGU med fokus på att föreslå en övervakning av ett antal Natura 2000-områden med grundvattenberoende ekosystem i Skåne (Avenius 2014). Arbetet utfördes genom GIS-arbete samt en kortare fältrekognosering. Förutom definition, övervakningens och mål samt metodbeskrivning ges förslag på hur och var en första övervakning av grundvattennivåer i fem Natura 2000-områden skulle kunna ske. Förslaget omfattar fyra områden med rikkärr (7230) och ett med rikkärr som också innefattar källor med kalktuffbildning (7220).

Resultaten visar bland annat att det går att få fram underlagskartor som man kan använda för diskussion med markägare i närheten av de berörda Natura 2000-områdena. Utifrån figur 16 kan man till exempel diskutera med lantbrukarna inom tillrinningsområdet att de bör vara extra försiktiga med verksamheter som kan riskera att försämra kvaliteten på grundvattnet. Man skulle även kunna diskutera tidpunkt för plöjning, plöjningsriktning, grödval, med mera. Inför en eventuell exploatering inom avrinningsområdet är kunskapen nödvändig för att kunna bedöma om planen påverkar habitatet i Natura 2000-området.



Figur 15. I Lantmäteriets höjddatabas visad i skala 1:5000 kan konturen av två källor med tillhörande källbäckar skönjas som mörkare partier. Den större av dessa källor är Näråkkällan i nordvästra Dalarna (se även figur 2).



Figur 16 Exempel på karta vid områdesbeskrivning med naturliga övervakningsplatser (källor) och lämpliga platser för att sätta grundvattentrör för utökad övervakning (Avenius 2014). Exemplet visar Benestad backar i Skåne län där det finns både rikkärr (7230) och källor med kalktuffbildning (7220).

UTBLICK – EXEMPEL PÅ FORSKNING OCH ARBETEN I ANDRA LÄNDER

Genesis

Genesis-projektet var ett femårigt EU-finansierat projekt som haft 25 olika partner, varav 15 universitet, 8 forskningsinstitut eller motsvarande samt 2 myndigheter. Budgeten för projektet var 10 miljoner euro, varav 7 miljoner bekostades av EU. Från Sverige deltog Luleå universitet och SMHI. Genesis är en förkortning av *Groundwater and Dependent Ecosystems: New Scientific and technological Basis for assessing Climate Change and Land-Use Impacts on Groundwater*.

Projektkoordinator var The Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research (Bioforsk). Syftet med projektet var att integrera befintlig och ny vetenskaplig kunskap med målet att finna nya metoder och verktyg att bättre förvalta våra grundvattenresurser. Samtliga rapporter som genererats genom det vetenskapliga samarbetet finns tillgängliga via projektets webbplats www.bioforsk.no/genesis.

När vi deltog vid projektets avslutande konferens i Prag i mars 2014 fick vi ett bra tillfälle att ta del av resultat och rapporter. De presenterade resultaten rörde främst verifiering och mängdberäkning av grundvattenutläckage, bland annat i form av olika modelleringar. Däremot berörde det presenterade arbetet inte så mycket den faktiska påverkan på de grundvattenberoende ekosystem och hur bedömningar bör göras av det ekologiska tillståndet. Men oavsett detta finns det genom projektets försorg en stor mängd värdefullt vetenskapligt underlag att ta del av, något som är till nytta i arbetet med grundvattenberoende ekosystem.

Danmark

I Danmark har man kommit längre när det gäller den hydrogeologiska kartläggningen av landet. Bland annat ligger Danmark före Sverige i arbetet med grundvattenberoende ekosystem. *Geological Survey of Denmark and Greenland*, GEUS, har arbetat fram Grundvand-Overfladevand Interaktion, GOI, en typologi som är ett konceptuellt verktyg och klassificeringssystem för att beskriva utbytet mellan grundvatten och ytvatten (Dahl m.fl. 2010). Målet är att betrakta vattenförekomster och ekosystem integrerat och att koordinera vatten- och naturplaner. Om grundvattnets kvantitativa och kemiska påverkan på terrestra och akvatiska ekosystem ska ingå i vattenplaner förutsätter detta en grundlig förståelse för hela det hydrogeologiska systemet. Särskilt när det gäller vatten- och ämnesutbyte (interaktionen) mellan grundvattenförekomster och ekosystem. GEUS rekommenderar att använda den nämnda GOI-typologin i sitt nationella övervakningsprogram, Grundvand-Natur-Overfladevand Interaktion, GNOI. Vidare finns i rapporten ”Programbeskrivelse for overvågning af GRUNDVAND afhængige terrestriske økosystemer. Overvågning af grundvandets kemiske og kvantitative tilstand til sikring af god økologisk tilstand i afhængige terrestriske økosystemer.” en beskrivning av deras planerade fält- och övervakningsprogram för grundvattenberoende terrestra ekosystem, GVBTE (Nilsson m.fl. 2013). Som ett första steg utförs en baskarakterisering varpå övervakningsprogrammet för de ingående naturtyperna sätts igång. GNOI är en del av det nationella övervakningsprogrammet i Danmark för perioden 2011–2015. Målet är att bevara och förbättra den ekologiska statusen i några naturtyper som är beroende av grundvattnets kvalitet och kvantitet till exempel kärr och mossar (mot kraven i Vatten- och grundvattendirektiven). Deras fält- och övervakningsprogram beskriver en strategi för kartläggning av GVBTE, men det påpekas att liknande riktlinjer är nödvändiga även för akvatiska ekosystem.

Kartläggning av grundvattnets kvantitet och kemiska tillstånd ska bidra till att:

- fastställa tröskelvärden av föroreningar (till exempel näringsämnen) i grundvattnet genom etablering av tidsserier.
- uppnå gott eller högt naturtillstånd och gynnsam bevarandestatus för grundvattenberoende terrestra och akvatiska ekosystem (i programmet dock fokus på GVBTE).

GVBTE klassificeras enligt naturtyper listade i Habitatdirektivets bilaga 1. De naturtyper som listas i rapporten som inrymmer GVBTE överrensstämmer med klassificeringen i Werner & Collinder (2011), men i jämförelse med Danmark har vi i Sverige ett större antal grundvattenberoende Natura 2000-naturtyper.

Australien

I Australien har de kommit långt i arbetet med grundvattenberoende ekosystem. En anledning till detta kan vara landets prissättning på vatten. Man har bland annat gjort en webbaserad atlas över grundvattenberoende ekosystem (Australian Government – Bureau of Meteorology 2016). I denna karttjänst är de grundvattenberoende ekosystemen indelade i akvatiska och terrestra ekosystem och därefter i fem kategorier:

1. grundvattenberoende identifierat genom nyligen utförda fältstudier.
2. grundvattenberoende identifierat genom nyligen utförda skrivbordsanalyser.
3. hög potential för grundvatteninteraktion.
4. måttlig potential för grundvatteninteraktion.
5. liten potential för grundvatteninteraktion.

Det finns ett antal intressanta publikationer som vi stött på under projektets gång med studier från Australien bland annat *Environmental Water Requirements to maintain groundwater Dependent Ecosystems* (Sinclair Knight Merz 2001) samt en artikel om kartläggning av grundvattenberoende ekosystem (Hocking & Beverly 2011). Klart är att det finns mycket mer att hämta kunskapsmässigt från de australienska studierna trots att såväl klimat, geologi som själva naturtyperna skiljer sig åt i Australien respektive i Sverige.

Working Group Groundwater

Working Group Groundwater är en expertgrupp för grundvatten som leds av EU-kommissionen. Gruppens syfte är att underlätta för medlemsstater att genomföra Ramdirektivet för vatten och Grundvattendirektivet. Sverige representeras i gruppen av SGU. Gruppen tar fram gemensamma vägledningar med tolkningar av hur direktiven ska genomföras på lämpligt sätt. Andra väsentliga delar av gruppens arbete är att utbyta erfarenheter av praktiskt genomförande och att dela information om relevanta forskningsprojekt. Arbetet ger också en viktig direktkontakt mellan experter i olika medlemsstater och EU-kommissionens generaldirektorat för miljö.

Inom expertgruppen hölls hösten 2015 en workshop i Luxemburg om grundvattenberoende ekosystem. En generell slutsats ifrån mötet var att arbetet med anslutna ytvatten och grundvattenberoende ekosystem sker i två parallella spår. Det mer generella som löser vissa rapporteringskrav, och forskningsspåret som tar fram riktvärden för en avgränsad geografisk plats. Gapet mellan den praktiska förvaltningen och forskningen är fortsatt påtaglig. En annan utmaning är att engagera ekologer att inte enbart beskriva tillståndet i ekosystemet i relation till grundvattensituationen, utan att de också deltar i att utreda orsaker till att tillståndet är på ett visst sätt. Mötet gav också ett bra tillfälle till inblick i pågående arbeten och aktuella frågor i ett flertal av medlemsstaterna. Detta redogörs kortfattat för i bilaga 3.

DISKUSSION

Arbetet med denna FoU-rapport har varit värdefullt för att bygga upp en kunskapsbas kring geologins funktion och betydelse för de grundvattenberoende ekosystemen.

Faktasammanställningen har bland annat hjälpt oss att se betydelsen av ett flertal geologiska faktorer. En av dessa är effekten av den ständigt pågående vittringen av jord och berggrund. Utan vittring skulle många arter inte existera. Vittringsprocessen skapar i många fall förutsättningar för mer artrika miljöer i anslutning till det utläckande grundvattnet än i omgivande områden. En annan väsentlig faktor är att ha en god kännedom om tillrinningsområdet till ekosystemet. En negativ kvantitativ och kvalitativ påverkan inom tillrinningsområdet kan få en helt avgörande betydelse för ekosystemets status. Vidare kan kunskaper om vilka geologiska förhållanden som ger upphov till ett grundvattenberoende ekosystem hjälpa oss i arbetet att lokalisera skyddsvärda men ännu inte kända områden.

Beskrivningen av ett urval av de naturtyper som identifierats som grundvattenberoende hoppas vi ska vara ett stöd både inom SGU och för externa användare. Vi vill dock återigen poängtera att urvalet inte får tolkas som att man kan bortse från värdena i övriga Natura 2000-naturtyper. Det gäller såväl icke beskrivna grundvattenberoende naturtyper som icke grundvattenberoende naturtyper. För SGUs arbete är resultatet av identifieringen av de högst värderade och mest grundvattenkänsliga naturtyperna som presenteras i Werner & Collinder (2015) främst ett stöd för att prioritera våra arbetsinsatser.

Fältbesöken gav oss en värdefull inblick i svårigheten att bedöma om det finns hydraulisk kontakt mellan den grundvattenförekomst som man studerar och det grundvattenberoende ekosystemet och behovet av fältkontroll. Exempel från Danmark (Nilsson m.fl. 2014) visar att det kan behövas ett stort antal undersökningar för att karakterisera respektive område. Det är dock inte rimligt att ha en sådan ambitionsnivå för alla berörda Natura 2000-områden. Kanske bör man ha nationella övervakningsobjekt som man vet är opåverkade och som skulle fungera som jämförelse när man tittar på andra objekt i landet där det kan vara problem. SGU bör i samråd med Naturvårdsverket och eventuellt Havs- och vattenmyndigheten ta fram ett förslag på vilka områden som skulle kunna fungera som nationella typobjekt. Därefter bör dessa områden undersökas noggrannare. Värdefulla befintliga data kan finnas i programmet för miljöövervakning (PMK). Där har man samlat in många uppgifter om fåglar, ochväxter, men även om vattenkemi, nederbörd, etc. De gamla områdena är ofta grundligt dokumenterade. Möjligen är några av dessa projekt fortfarande aktiva och kanske kan sådana områden användas som studieområden i detta syfte.

I arbetsplanen för detta projekt ingick att vi om möjligt skulle identifiera viktiga geologiska typmiljöer. Utifrån de naturtyper visat sig vara mest ”värdefulla” är följande geologiska miljöer de mest återkommande och kan ses som extra viktiga i arbetet med grundvattenberoende ekosystem: kalkrik jord och berggrund, platser där geologin skapar förutsättningar för källutflöden och områden med svämsediment. Inom de olika geologiska miljöerna är det även möjligt att komplettera klassningen genom att till exempel klassificera de hydrologiska förhållandena. Detta har gjorts bland annat i England där man använder så kallade WETMECS (*Wetland water supply mechanisms*) för att karakterisera grundvattenberoendet i olika typfall, till exempel grundvattenspolade sluttningar eller ständigt läckande sluttningar (Quevauviller et al. 2009). De olika WETMECS-kategorierna är framtagna via en studie av olika våtmarker i England och Wales där dessa kategoriserats utifrån data om vegetation, stratigrafi, vattenkemi, hydrologi, övergripande topografi samt grund- och ytvattenförhållande inklusive dränering.

I arbetet har vi beskrivit tillgängliga underlagsmaterial såsom till exempel länsstyrelsernas bevarandeplaner, kartunderlag för Natura 2000-områden och lämpliga geologiska kartunderlag. Översynen av tillgängliga dataunderlag bör dock ses som en inledande studie. Det finns troligen

fler värdefulla dataunderlag. Genom att samköra data från flera datakällor kan man skapa nya underlag. Dessa samkörningar kan bland annat utföras av SGU.

Inom ramen för SGUs vägledande roll i arbetet med vattenförvaltningen ska SGU före juni 2018 leverera en praktisk vägledning som stöd för arbetet med grundvattenberoende ekosystem. Denna praktiska vägledning ska knyta an till den vägledning som ges i SGUs rapport 2014:31, genom att gå ett steg vidare och ge fler praktiska råd kring de arbetsuppgifter som rör vägledningen och vattenförvaltningens krav. Råden kopplas till de steg som följer av vattenförvaltningscykeln och ska bland annat beröra angreppssätt för fördjupad kartläggning inklusive bedömning av sårbarhet, risk för påverkan, råd för upprättande av övervakning och ansättande av riktvärden.

Uppgiften är interdisciplinär och kräver ett myndighetsöverskridande samarbete. Det krävs vidare expertis vad gäller geologi, hydrologi och biologi. Det behövs också överenskommelser kring ansvar, lämpliga arbetssätt samt vilka prioriteringar som ska göras. En av utmaningarna är att skapa bedömningsgrunder och indikatorer för grundvattenberoende ekosystem under beaktande av grundvattennivåer och föroreningar. För att sätta riktvärden för kemiska parametrar och nivåer som inte får varken underskridas eller överskridas krävs goda kunskaper om flödesvägar och utspädning för det aktuella geografiska området.

Särskilt intressanta fall kan vara när en avgränsad grundvattenförekomst inom vattenförvaltningen riskerar att påverka ett anslutet ekosystem negativt. Då ska riktvärdena för grundvattenförekomsten justeras eller kompletteras så dessa omfattar de parametrar som leder till problemen i ekosystemet. Riktvärdena fastställs sedan som miljökvalitetsnorm. Om miljökvalitetsnormen eller utgångspunkt för att vända trenden överskrids ska man sätta in en åtgärd för att skydda ekosystemet från skada. Övervakning i grundvattenförekomsten och ekosystemet ska ske integrerat. Metodiken för hur detta arbete sker ska rapporteras till EU-kommissionen.

REFERENSER

- Aastrup, M., Bertills, U., Berntell, A., Thunholm, B. & Johanson, J., 1995: Grundvattnets kemi Sverige, *Naturvårdsverket rapport 4415*, 52 s.
- Abelsson, J. (red.), 2014: Vägledning Vattenförvaltning av grundvatten. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2014:31*, 95 s.
- Australian Government – Bureau of Meteorology, 2016: *The groundwater dependent ecosystems atlas*. Hämtat från <<http://www.bom.gov.au/water/groundwater/gde/>>.
- Avenius, J., 2014: *Förstudie till en initial övervakning av grundvattenberoende ekosystem*. Geovetenskaplig studiepraktik 15p Umeå Universitet, 24 s.
- Bergström, S., 1994: Sveriges hydrologi – Grundläggande hydrologiska förhållanden, *SMHI/ Svenska hydrologiska rådet*, 146 s.
- Dahl, M., Hinsby, K. & Refsgaard, J.C., 2010: GOI typologiens användelsesmuligheder - med fokus på beskyttelse af overfladevand og økosystemer i relation til vand og naturplaner. *Miljøministeriet, Danmark*, 106 s.
- EG, 2003: The Role of Wetlands in the Water Framework Directive, *CIS Guidance no 12. Common implementation strategy for the water framework directive*. ISBN : 92-894-6967-6.
- EG, 2011: Technical report on groundwater dependent terrestrial ecosystems. *Technical report no. 6, Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC)*. ISBN: 978-92-79-21692-3.
- EG, 2014: Natural water retention measures. *Technical paper 2014-082, Common implementation strategy*, ISBN 978-92-79-44497-5.
- Elert, M., 2000: Utbildningsmaterial i kursen Miljötekniska markundersökningar, delarna Miljökemi 1 och Geokemi 1. *Svenska geotekniska föreningen (SGF)*.
- Grip, H., Rodhe, A., 1985: Vattnets väg – från regn till bäck. *Forskningsrådets förlagstjänst*, 156 s.
- Hocking, M.J. & Beverly, C., 2011: *Groundwater dependent ecosystem mapping: the role of modeling in defining GDE under varying land use and climate. 19th International Congress on Modeling and Simulation, Perth, Australia, December 2011*, 3580–3586. Hämtat från <<http://www.mssanz.org.au/modsim2011/I6/hocking.pdf>>
- Holgerson, B., Dahlgvist, P., Thorsbrink, M. & Werner, K., 2014: A systematic inventory and assessment of groundwater-dependent ecosystems in Sweden. *Extended abstract. 241–248. 10th international Hydrogeological Congress of Greece, Thessaloniki, 2014*.
- Kløve, B., Ala-Aho, P., Bertrand, G., Boukalova, Z., Ertürk, Ali., Goldscheider, N., Ilmonen, J., Karakaya, N., Kupfersberger, H., Kværner, J., Lundberg, A., Mileusnić, M., Moszczynska, A., Muotka, T., Preda, E., Rossi, P., Siergieiev, D., Šimek, J., Wachniew, P., Angheluta, V. & Widerlund, A., 2011: Groundwater dependent ecosystems : Part I: Hydroecological status and trends. *Environmental Science & Policy, Vol. 14, Nr 7, 2011*, 770–781.
- Kuglerová, L., Jansson, R., Ågren, A., Laudon, H. & Malm-Renöfält, B., 2014: Groundwater discharge creates hotspots of riparian plant species richness in a boreal forest stream network. *Groundwater discharge creates hotspots of riparian plant species richness in a boreal forest stream network. Ecology. Volume 95 Issue 3 Mars*, 715–725.
- Källakademien, 2012: Källor i Sverige. Sivart förlag, 264 s.
- Lans, K., 2010: *Rikkärrens koppling till kalkberggrunden Finns det några geologiska genvägar till rikkärren*. Examensarbete grundnivå Biogeovetarlinjen ,Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet..45 s.
- Maxe, L. (red.), 2013: Bedömningsgrunder för grundvatten. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2013:01*, 233 s.
- Naturvårdsverket, 2003: Natura 2000 i Sverige, handbok med allmänna råd. *Naturvårdsverket*, 89 s.
- Naturvårdsverket, 2006: Rapport 5601: Åtgärdsprogram för bevarande av rikkärr. *Naturvårdsverket, Rapport 5601*, Stockholm, 81 s.

- Naturvårdsverket, 2011a: Laguner, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 11 s.
- Naturvårdsverket, 2011b: Dynvåtmarker, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 10 s.
- Naturvårdsverket, 2011c: Kransalgssjöar (3140), Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 10 s.
- Naturvårdsverket, 2011d: Naturligt näringsrika sjöar, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 10 s.
- Naturvårdsverket, 2011e: Myrsjöar, dystrofa sjöar och småvatten, 9 sid.
- Naturvårdsverket, 2011f: Källor och källkärr, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 10 s.
- Naturvårdsverket 2011g: Agkärr, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 8 s.
- Naturvårdsverket 2011h: Kalktuffkällor, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 8 s.
- Naturvårdsverket 2011i: Rikkärr, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 12 s.
- Naturvårdsverket, 2011j: Alpina översilningskärr, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 8 s.
- Naturvårdsverket, 2011k: Åsbarrskog, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 12 s.
- Naturvårdsverket, 2011l: Svämlövskog, Vägledning för Svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1, *NV-04493-II*, 12 s.
- Naturvårdsverket, 2014: *Skyddade områden 2014*. Statistik hämtad från <<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Skyddad-natur/>>
- Nilsson, B., Hinsby, K., Thorling, L. & Ejrnæs, R., 2013: Programbeskrivelse for overvågning af GRUNDVAND afhængige terrestriske økosystemer. Overvågning af grundvandets kemiske og kvantitative tilstand til sikring af god økologisk tilstand i afhængige terrestriske økosystemer. *GEUS 2013*, 31 s.
- Quevauviller, P., Fouillac, A.-M., Grath, J. & Ward R., 2009: Groundwater Monitoring. *Water Quality Measurements series*, Wiley, 450 s.
- Rodhe, A., 1984. Groundwater contribution to streamflow in Swedish forested soils. *Isotope hydrology 1983*. IAEA, Wien, 55–66.
- Sinclair Knight Merz Pty Ltd, 2001: *Environmental water – Requirements to maintain groundwater dependent ecosystems*. Environmental flows initiative, technical report, report number 2. Environment Australia, 140 s. Hämtat från <<http://www.environment.gov.au/system/files/resources/0e26d1d5-d95a-40f6-ba27-0f67aefc663c/files/groundwater.pdf>>
- SLU, 2014: Arter och Naturtyper i habitatdirektivet, bevarandestatus i Sverige 2013. *Artdatabanken SLU*. 92 sid.
- Werner, K. & Collinder, P., 2011: Grundvattenberoende ekosystem. Översiktlig klassificering av känslighet och värde för svenska naturtyper och arter inom nätverket Natura 2000. *På uppdrag av Vattenmyndigheterna*.
- Werner, K. & Collinder, P., 2014: Grundvattenkemiberoende ekosystem. Översiktlig klassificering av känslighet för svenska naturtyper inom nätverket Natura 2000. *På uppdrag av SGU*.
- Werner, K. & Collinder, P., 2015: Grundvattenberoende ekosystem. Förslag på prioritering av svenska naturtyper inom nätverket Natura 2000. *På uppdrag av SGU*.
- Winter, T. C., Harvey, J. W., Franke O. L. & Alley, W. M. 1998: Ground water and surface water a single resource, *U.S. Geological Survey Circular 1139*, 79 s.

BILAGA 1 URSPRUNGLIG PROJEKTBESKRIVNING TILL FOU-PROJEKTET GEOLOGINS BETYDELSE FÖR GRUNDVATTENBEROENDE EKOSYSTEM

Projektet utförs i nära samarbete med arbetet i vattenförvaltningen och i utvecklingsarbetet inom grundvattenkarteringen vid SGU. Tyngdpunkten i arbetet inriktas på kunskapsuppbyggnad och stöd till andra projekt.

Viktiga delar i arbetet består i kunskapsinsamling, kunskapsuppbyggnad och att knyta kontakter med andra myndigheter och intressenter som arbetar med frågeställningarna.

Utifrån de fakta vi samlar in skapas också en indelning i geologiska typmiljöer med avseende på geologins betydelse för det utströmmande grundvattnets påverkan på grundvattenberoende ekosystem beaktande såväl grundvattnets kvantitet och kvalitet.

Frågor som berörs och redovisas i projektet är:

- I vilka olika geologiska typmiljöer återfinns de mest känsliga naturtyperna innehållande grundvattenberoende arter?
- Kan en sådan kategorisering och kunskap om geologin i landet hjälpa oss att hitta områden med värdefulla grundvattenberoende ekosystem som ännu inte uppmärksammas?
- För vilka av dessa kan skyddsåtgärder behöva vidtas?
- Inventering av aktörer och dataunderlag;
Vilka jobbar med frågan i Sverige och på vilket sätt?
Vilka datakällor finns?
Vilka studier och undersökningar har utförts i ämnet?

Projektet ska ses som ett fortsättningsprojekt till det FoU-projekt som startats under 2013 med titeln "Grundvattenberoende akvatiska system". Pågående arbete har med tillgänglig tid inte kunnat slutföras och vi önskar nu få möjlighet att arbeta vidare och dra nytta av det som påbörjats såväl inom ramen för 2013 års FoU-projekt liksom ifrån övriga arbeten som berör ämnesområdet bland annat i pågående uppdrag gentemot vattenmyndigheterna. För att förtydliga att vi i arbetet berör geologins betydelse i såväl terrestra som akvatiska ekosystem så justeras titeln för 2014 års ansökta arbete.

Metodbeskrivning

Som ett led i kunskapsinsamling men även som ett led i arbetet med att sprida resultat ämnar vi delta i hydrogeologisk kongress med fokus på grundvattenberoende ekosystem. (*Oct 8–Oct 10 Thessaloniki, GREECE. 10th International Hydrogeological Congress with emphasis on Groundwater depended ecosystems.*)

Erfarenheter och relevanta fakta sammanställs i en FoU-rapport. Om insamlat material är tillräckligt som kunskapsgrund ställer vi även samman en enklare vägledning att användas som stöd vid identifiering av grundvattenberoende ekosystem ur ett geologiskt perspektiv.

Som stöd i diskussionerna och som granskningsstöd vid sammanställning av insamlade och sammanställda fakta tar vi hjälp ifrån en utomstående konsult med kunskaper inom ekologi.

Syfte och mål

Det främsta målet med projektet är att öka kunskapsnivån inom SGU rörande grundvattenberoende ekosystem.

Vidare är målet att identifiera geologiska typmiljöer vilka inrymmer grundvattenberoende ekosystem. Dessa typmiljöer kan i sin tur länkas till de olika ekosystemen i de av Werner och Collinder identifierade grundvattenberoende naturtyperna. De geologiska typmiljöerna kan sedan användas som grund för identifiering av områden där grundvattenberoende ekosystem torde kunna finnas och en genomgång eller klassning av sårbarheten i dessa områden.

Implementering av resultat

Projektresultaten kommer utgöra ett högt värderat stöd i arbetet inom såväl miljömålsarbetet liksom i arbetet med vattenförvaltningen.

SGU har ett ansvar att vara vägledande i grundvattenfrågor inom vattenförvaltningsarbetet samt att bidra med kunskapsunderlag. Denna roll har bland annat tydliggjorts i två av åtgärds-punkterna i vattenmyndigheternas åtgärdsprogram, där de framgår att vi skall ta fram hydrogeologiska kartunderlag för bland annat grundvattenförekomster i anslutning till vatten som riskerar att inte uppnå god ekologisk status och att vi skall ta fram underlag om grundvatten som visar på faktisk påverkan på de terrestra och akvatiska ekosystemen i anslutning till de grundvattenförekomster som ingår i vattenförvaltningsarbetet.

I miljömålsarbetet krävs en god grundkunskap i ämnet såväl som stöd i vårt eget arbete med uppföljning och strävan i att verka för en miljömålsuppfyllelse som i arbetet med att vara vägledande utåt.

Resultaten av projektet kommer även att användas som stöd i angränsande projekt med utförande av en monetär värdering av ekosystemtjänster.

Sätta ihop en färdig powerpoint-presentation till "Låna en geolog".

Presentation GV-dagarna 2015.

Lägesrapport

Vi har under 2013 påbörjat litteratursammanställningen, dels har litteratur samlats in och dels har en sammanställning påbörjats med fokus på fakta som berör geologins betydelse för de grundvattenberoende ekosystemen. Vidare har kontakter knutits med andra myndigheter och universitet och vi har också påbörjat en inventering av möjliga datakällor.

En av de viktigaste intentionerna med FoU-projektet var att få till en informations-spridning internt på SGU utifrån vad som framkommer i arbetet med projektet. Som ett led i detta ska ett seminarium hållas den 21 november 2013 med flertalet inbjudna föreläsare. Seminariet hålls i samarbete med Källakademin men mycket av planeringsarbetet för seminariet har gjorts inom ramen för detta projekt.

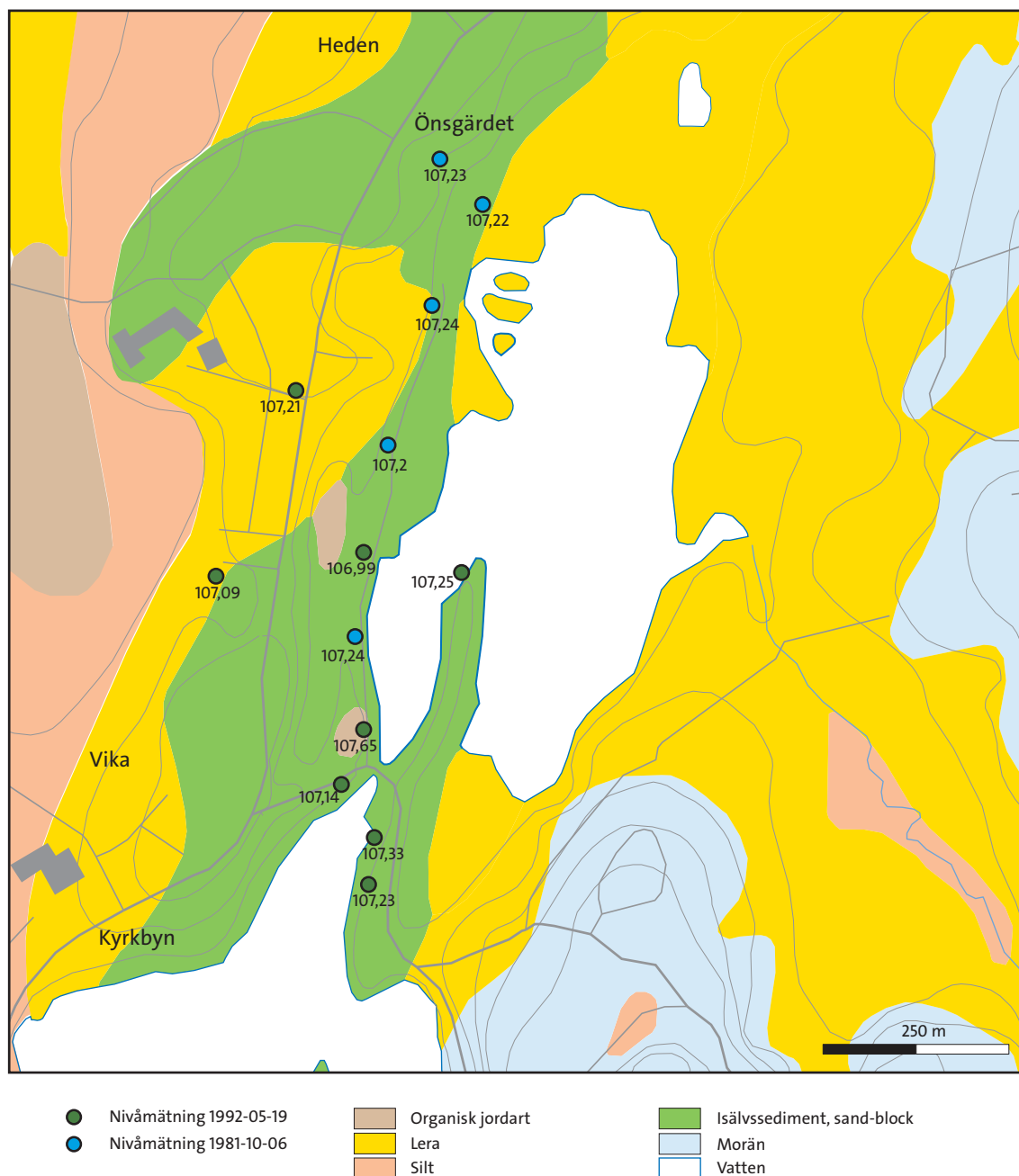
Tidplan 2014

1. Fortsatta litteraturstudier (60h)
2. Intervjuer med kunniga personer i ämnet jämte dokumentation av samtal (40h)
3. Identifiering och beskrivning av datakällor/databaser (20h)
4. Identifiering och beskrivning olika geologiska typmiljöer, (till exempel lokaler för glacial-relikta kräftdjur, källutflöden i kalkrika områden, källutflöden i moränområden, och så vidare. Identifiering och val av lämplig indelning görs bland annat med stöd av samkörning av olika databaser. (100h)
5. Koppling av arter till olika geologiska miljöer. Sammanställning av miljökrav hos arter i olika geologiska typmiljöer. Här kopplar vi bland annat på resultaten från Werner Collinder-arbetet, förteckningar över rödlistade arter, med mera (80h)
6. Fältobservationer i utvalda lokaler med start så snart fältsäsong börjar – egna reflektioner kopplat till de identifierade typlokalerna. Samarbete kan här även ske med maringeologerna vid SGU. (120h)
7. Deltagande vid hydrogeologisk kongress (60h beaktande 2 personer)
8. Rapportskrivande, dokumentation i såväl ord som bild. Dokumentationen kan återanvändas i arbetet inom vattenförvaltningen för att bland annat skapa en manual. (120h)

BILAGA 2 ERFARENHETER FRÅN ETT AV VÅRA FÄLTBESÖK

Natura 2000-området Kyrkbytjärn i Vika utanför Falun

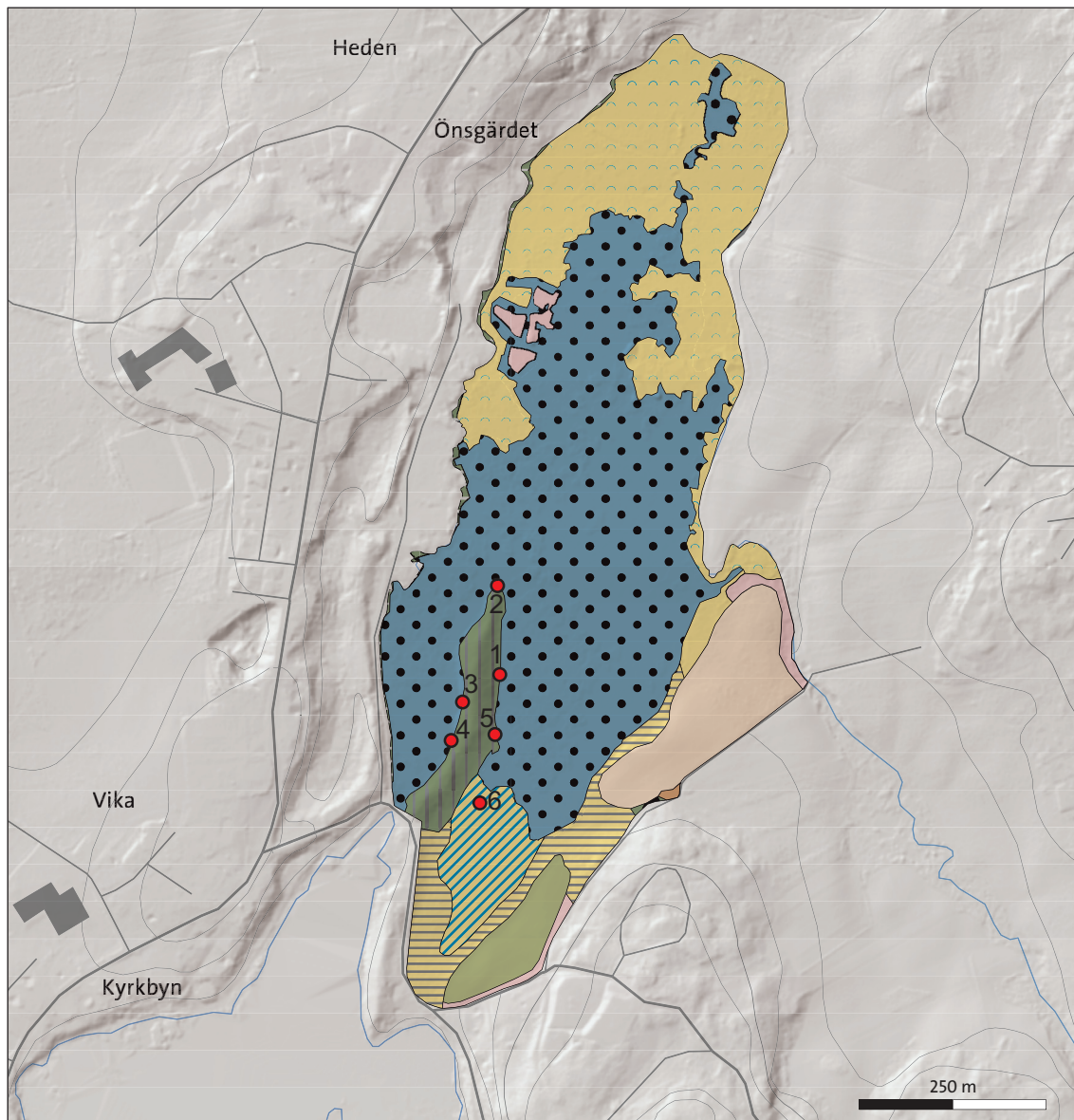
Kyrkbytjärns Natura 2000-område är ett 44 hektar stort område. Området omfattar nio naturtyper varav fem klassas som grundvattenberoende: 3150 Naturligt eutrofa sjöar med nate eller dybladsvegetation, 6270 Artrika silikatgräslandet nedanför trädgränsen, 6410 Fuktängar med blåtåtel eller starr, 9010 Taiga och 9060 Barrskogar på eller i anslutning till rullstensåsar. Av dessa fem naturtyper är två utpekade som primärt respektive sekundärt prioriterade på grund av



Figur 1. Kartbild över området inklusive jordartskarta.

mycket hög känslighet, mycket höga värden och mycket hög känslighet. Kyrkby tjärnen är en typisk slättsjötyp med ett rikt fågelliv. Den är grund och tar emot näring från omgivande åkrar.

Genom området passerar Svärdsjöåsen, en rullstensås som är en biås till den mer kända Badelundaåsen. I den södra delen av området sträcker Svärdsjöåsen ut sig som en udde i sjön. Eftersom hela området är beläget under högsta kustlinjen finns där också postglacial lera och till viss mån svallat isälvmaterial. Den postglaciala leran finns bland annat längs med åsens sidor. Denna lera gör att utbytet mellan grundvattnet i åsen och Kyrkby tjärnen reduceras. Ett mål vid



- | | | | |
|---|---|---|---|
| ● | Observationspunkter | ■ | 6911 – Öppen kultiverad betesmark |
| ■ | 3150 – Naturligt näringsrika sjöar | ■ | 6930 – Åkermark |
| ■ | 4811 – Obestämd fuktig – blöt hed/gräsmark/myrmark nedanför trädgränsen | ■ | 6960 – Öppen icke-naturtyp |
| ■ | 6270 – Silikatgräsmarker | ■ | 6999 – Expolaterad mark |
| ■ | 6410 – Fuktängar | ■ | 9000 – Obestämd skog, obestämd natura/icke-natura |
| ■ | 6910 – Öppen kultiverad gräsmark | ■ | 9010 – Taiga |
| | | ■ | 9060 – Åsbarrskog |

Figur 2. Kartbild över området inklusive naturtypindelning och läget för utförda observationer.



Figur 3. Spadbörning i åsfoten av Svärdsjöåsen. Ytligt fanns enbart torrt finkornigt material.

fältbesöket var att försöka bedöma om det fanns ett utläckage av grundvatten från åsen. Vi ville ta reda på om och i sådana fall hur många grundvattenberoende ekosystem och naturtyper som finns inom området, men också om dessa är beroende av ett utläckage av grundvatten från magasinet i åsen eller inte.

Under fältbesöket mättes grundvattentemperatur, elektrisk konduktivitet samt pH på ett flertal punkter längs med åsens sidor. Jordarternas utbredning visas tillsammans med tillgängliga grundvattennivåobservationer i figur 1. Läget för observationerna av utbredningen av förekommande naturtyper visas i figur 2. Vidare gjordes spadbörningar på två platser, vid åsfoten och ute i betesmarken, se figur 3.

Som stöd för bedömningen hade vi också tillgång till äldre nivåobservationer utförda i grundvattenrör, Lantmäteriets höjddatabas samt lagerföljder i etablerade grundvattenrör.

Baserat på jämförelser mellan grundvattennivåerna i omgivande grundvattenrör och nivån för Kyrkbytjärnen gjorde vi bedömningen att grundvattnet i grundvattenmagasinet i åsen bör stå i kontakt med ytvattnet i Kyrkbytjärn. Utifrån de platsobservationer som vi gjorde vid vårt fältbesök var det dock svårt att fastställa om det sker ett utbyte genom ett utläckage av grundvatten. Beträffande åsens vegetation visade den på en typisk åsbarrskog.

BILAGA 3 PRAKTISKA ERFARENHETER INOM WORKING GROUP GROUNDWATER

Nedan följer en kortfattad beskrivning av arbetsläget i ett antal europeiska medlemsstater som vi noterade i samband med arbetsgruppsmötet inom Working Group of Groundwater i Luxemburg hösten 2015.

Nederländerna

Akvatiska system

Föredraget belyste frågor inom ekosystemarbetet, till exempel skalproblem. Det största utbytet mellan grundvatten och ytvatten sker i små vattendrag som inte är avgränsade förekomster enligt vattenförvaltningen. Bidraget av ämnen eller substanser från grundvatten till ytvattenssystemet är svårt att uppskatta. I Nederländerna har man uppskattat bidraget av olika ämnen som avges i grundvatten på olika djup och under olika hydrogeologiska förhållanden. Det går att se att det förekommer stora variationer.

Nederländerna har en mer generell lösning (bland annat utan modellering) för bedömning av påverkan på anslutna ytvattensystem. När det gäller bedömning av kvantitativ status för grundvatten har man resonerat att det är en generell god status eftersom inga ytvatten "saknar vatten". Sedan gör man en kontroll av ekologisk och kemisk status i ytvattnet. Om den är sämre än god finns anledning att göra ytterligare undersökningar av grundvattnets bidrag och påverkan.

Terrestra system

I arbetet med terrestra system har man stöd i tidigare arbete med våtmarker, när man förvaltar "*pearls of wet nature*". Det finns en etablerad övervakning av vattennivå och basparametrar (N,P, Cl etc.). De kemiska parametrarna används i indikatorer för djupt grundvatten, buffringsförmåga (försurning) och förorening.

En pilotstudie, baserad på fjärranalys, har genomförts för att interpolera grundvattennivå. Appar har utvecklats för att ekologer och andra ska kunna verifiera fuktigheten i fält (är det torrt, fuktigt eller blött på platsen där jag står?). Man har även testat drönare för att titta på ekosystemets heterogenitet korrelerar mot skillnader i grundvattennivåer. Detta har dessvärre inte varit framgångsrikt.

Danmark

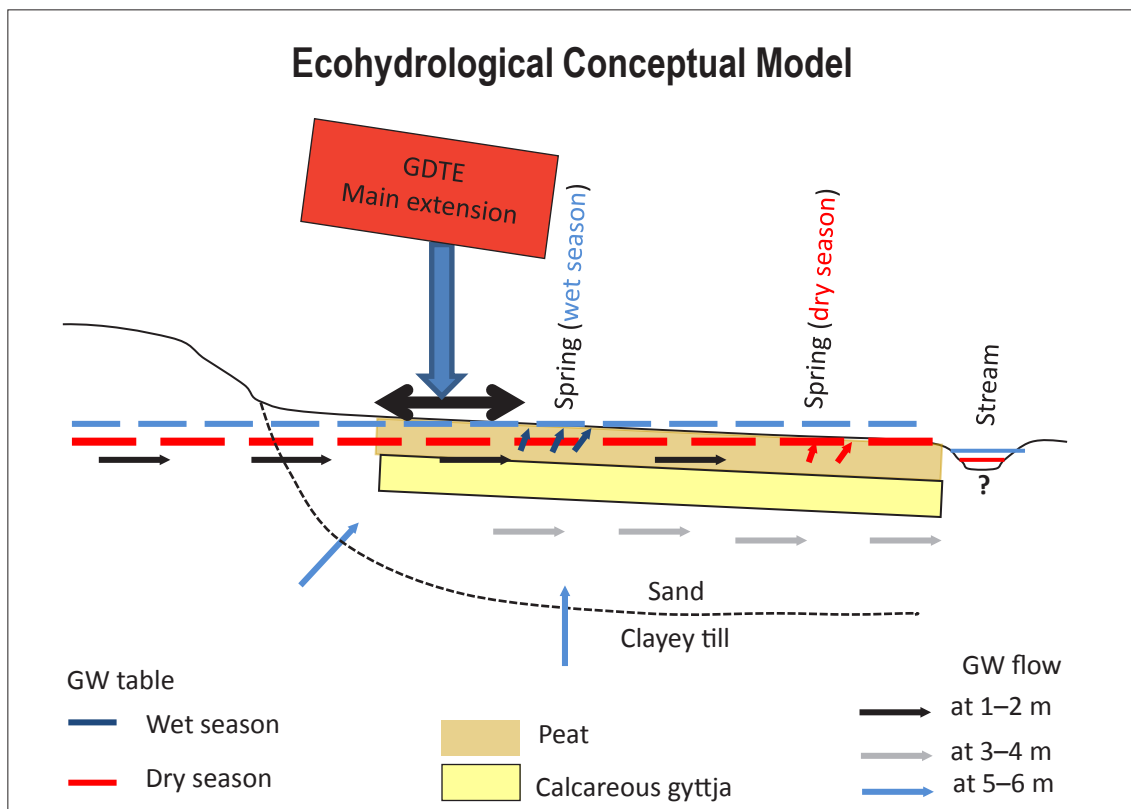
Akvatiska system

Ett danskt exempel på en studie av påverkan på kustvatten är den i Horsens avrinningsområde. I ett omfattande forskningsprojekt bestämde man tröskelvärde för nitrat i grundvattnet till 25 mg/l i avrinningsområdet.

I Horsens har man beräknat total N-belastning, bedömt möjlig maxbelastning som inte påverkar ekologisk status, beräknat N-reduktion för olika belastningstryck och slutligen bestämt tröskelvärde för grundvatten med utgångspunkt i vattendragets tröskelvärde och nitratreduktionen som sker i markprofilen (vilket kräver god kunskap om flödesvägar via hydrogeologiska modeller).

Terrestra system

Danmark har tagit fram en lista på relevanta Natura 2000-områden där det behövs ta fram fler hydrogeologisk data. Sex områden valdes ut och en riskbedömning av påverkanstryck gjordes (till exempel från jordbruk och vattenuttag). Efter fältbesök valdes sedan en plats ut av de sex för fördjupade undersökningar och övervakning. I det utvalda området finns en skyddsvärd



Figur 1. Ekohydrologisk konceptuell modell i det danska arbetet med terrestra grundvattenberoende ekosystem.

orkidé. Georadarundersökningar, sedimentanalys (CaCO_3 och organiskt material), vattenprovtagning (näringämnen, salter, sulfat, klorid med mera) utfördes och en "ekohydrologisk konceptuell modell" togs fram för området, se figur 1.

Ny teknisk vägledning för övervakning av Natura2000-områden har tagits fram.

Erfarenheterna från Danmark visar redan från början att ingen känner sig äga frågan om grundvattenberoende ekosystem. Därför hänger framsteg på engagemang från enskilda individer. Det har varit problem att få finansiering för arbetet och det har varit svårt att sätta upp rätt organisation eftersom många parter behöver involveras. Men det är positivt att det har skett en förbättring av övervakning och planering på nationell och lokal skala avseende grundvattenberoende ekosystem.

I det aktuella området har man funnit att den skyddsvärda orkidén finns i områden med uppåtriktad grundvattengradient. De geokemiska förhållandena i området reducerar näringsämnena i vattnet. Det kalkrika grundvattnet var av hög ålder (>50–100 år) och syrereducerat. Grundvattnet innehåller CaCO_3 som orkidéerna är beroende av. Man anser att restriktioner för dränering kanske bör antas i området för att skydda floran. Det har skett en förstärkning av naturskyddet i det aktuella området till följd av vattendirektivets krav.

Frankrike

Frankrike inledde identifieringen av terrestra ekosystem med att skapa en karta med potentiellt fuktiga (humida) områden (ungefär motsvarande utströmningsområden). Resultatet blev att många små områden identifierades. Man insåg snabbt att det fanns behov av att prioritera och valde att utgå från Natura 2000-områden.

Tabell 1. Underlag för bedömning av grundvattenberoende terrestra ekosystem i Luxemburg.

Code	Biotope
BK04	Large sedge communities
BK05	Natural Springs
BK10	Humid grassland
BK11	Humid uncultivated land, bogs influenced by springs, fens, small sedge communities
6410	Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey/silt laden soils
7140	Transition mires and quaking bogs
7220	Petrifying springs with tufa formation
91D1	Bog woodland
91E0	Alluvial forests with <i>Alnus glutinosa</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)
9160	Sub-Atlantic and medio-European oak or oakhornbeam forests of the <i>Carpinion betuli</i>

En GIS-analys gjordes för att identifiera överlapp mellan grundvattenförekomst och Natura 2000-område. Analysen följdes av en bedömning om det sker grundvattenutbyte. Efter det kvarstod 1753 områden. Ett ytterligare urval bestod i att inom Natura 2000 identifiera de områden med arter och habitat som indikerar ett grundvattenberoende. Vidare gjordes en bedömning av djup till grundvattenytan. Med en grundvattenyta <2 m under markytan ansågs det terrestra ekosystemet vara grundvattenberoende.

Med metoden bedömdes cirka 40 procent av områdena vara sannolikt grundvattenberoende. I ungefär hälften av de 1753 områdena är bedömningen svår och man måste ta till andra angreppssätt för att bedöma om det terrestra ekosystemet är grundvattenberoende eller inte.

Man konstaterar att metoden har begränsningar. Bland annat väljer man systematiskt bort områden som är små till ytan. Marina miljöer ingår inte och gränsen 2 m till grundvattenytan är en grov indelning.

Luxemburg

Identifieringen av terrestra ekosystem baseras på Natura-2000 områden, potentiellt grundvattenberoende enligt tabell 1.

Om det även finns källor eller grundvattenutflöde inom en kilometer i dessa områden anses det vara ett terrestert ekosystem. Det finns svårigheter med denna identifiering eftersom till exempel dräneringssystem påverkar det naturliga flödessystemen. I riskbedömningen bedöms skada på ekosystemet av ekologer. Grundvattenkemi i närbelägen övervakningsstation jämförs med skadan. På så vis identifieras "kritiska ekosystem". Detta är svårt bland annat eftersom arter anpassar sig efter ändrade förhållanden. Övervakning etableras inom det terrestra ekosystemet (detta arbete pågår). Därefter återstår att besluta om tröskelvärden som inte får överstigas för att grundvattenförekomsten ska ha god status.

Det anses också svårt att bedöma det naturliga tillståndet för grundvattennivåer och grundvattenkemi och vad som egentligen är antropogent betingat. Man anser att konflikten som kan uppstå med dricksvattenintresset är svår att hantera.

Framledes ska arbetet fokusera på etablering av övervakning. Inhemskas arters lokalisering och utveckling behöver kartläggas bättre. Kritiska parametrar ska väljas och, om möjligt, ska tröskelvärden sättas. Möjligheten att hitta åtgärder som gynnar både dricksvattenskydd och Natura 2000-områden ska utredas. Resultaten ska även integreras i råd till jordbruket.

Tabell 2. Föreslagna tröskelvärden för nitrat i grundvatten (mg/l NO₃).

GWDTE	Low altitude (<175mAOD)	Midium altitude (>175mAOD)	Any altitude
Bog quaking	18	4	
Dune slack			13
Fen meso and meadow	22	9	
Fen oligo and tufa	20	4	
Grassland wet	26	9	
Heath wet	13	9	
Peatbog and woodland			9
Springs			9
Swamp and reedbed			22
Swamp oligo			18
Woodland wet	22	9	

Skottland

Arbetet i Skottland är i jämförelse med Sverige långt framskridet. Vid tillståndsgivning ska man ta hänsyn till grundvattenberoende ekosystem i ett riskbaserat system som bedömer potentiell påverkan. Efter en övergripande riskanalys går man ner på en mer detaljerad skala och bedömer ekologi och hydrogeologi. På så vis kan man förebygga skador på ekosystemet. I den statusklassificering av grundvattenförekomster som skett i denna förvaltningscykel har följande metodik använts:

1 *Risk screening* (översiktlig riskbedömning)

2 Skrivbordsbedömning av riskområden avseende

Kvantitet:

Source-pathway-receptor modell enligt

påverkanstryck uttag

graden av hydrologisk konnektivitet mellan källan och ekosystemet

ekologiska beroendet av grundvattnet

Kvalitet:

Riktvärde för nitrat bestäms för habitaterna

Fältbesök

Lokal påverkan som gödselstackar identifieras och lokala åtgärder sätts in

3 *Review phase*

Fördjupning inom områden med högst risk

Kontroll av påverkanstryck

Kontroll av bevarandestatus ekologiskt tillstånd och möjliga orsaker till tillståndet

Detaljerad hydrogeologisk skrivbordsbedömning

Med denna metodik identifierades 20 våtmarker. Ingen av dessa våtmarker eller terrestra ekosystem ansågs vara utsatta för risk på grund av grundvattenproblem. Det mesta kunde ledas till ytvattensystem eller betesmarkslitage.

Inga grundvattenförekomster i Skottland klassas ha otillfredsställande status p.g.a. grundvattenberoende terrestra ekosystem i kommande rapportering till EU 2016. Tabell 2 visar vilka tröskelvärden som används i arbetet.

Övervakning av nivåer sker vid nio platser med totalt 54 tryckgivare kopplade till loggrar, både i grundvatten och i ytvatten.