

Förord

Att skriva en bok som sammanfattar allt vetande om hydrogeologi i berg är nog inte möjligt. Att skriva en bok som sammanfattar det en bergbyggare bör veta om hydrogeologi är inte heller lätt, men det har varit ett spännande och utmanande arbete.

Med bergbyggare menar jag alla som beställer, undersöker, projekterar och bygger i berg. Boken vänder sig främst till kvalificerade utredare och projektörer med goda förkunskaper men som har behov av fördjupning. Läsaren bör vara nyfiken på sambanden mellan berg och grundvatten och ha en vilja att öka sin förståelse för dessa. Jag tror mycket på att om man förstår en sak väl så handlar man inte bara rätt utan undviker också många fel. Kan denna bok bidra till detta är jag nöjd. Det är dessutom min förhoppning att den ska vara användbar i grundutbildningen vid universitet och högskolor.

I de flesta tunnelprojekt måste man behandla frågor om hur grundvattnet påverkas. Vatten som läcker in i tunneln kan innebära en sänkt grundvattennivå, som i sin tur kan medföra sättningsskador på byggnader och även påverka grundvattnets kvalitet. Vattenfrågorna har fått ökad uppmärksamhet i samband med tillkomsten av miljöbalken och även genom de väl kända svårigheterna att klara täthetskraven i Hallandsåstunneln. Funktionskrav med avseende på dropp och fukt i tunnlar har också skärpts på senare tid, särskilt vad gäller frost som kan innebära säkerhetsrisker och leda till betydande kostnader för underhåll. I Göteborg är Lundbytunneln och Götatunneln exempel där man ställt höga täthetskrav i samband med tunneldrivning i sättningsskänslig mark. Götatunneln exemplifierar också hur ett relativt litet inläckage i ett begränsat område kan påverka grundvattennivåerna i en sluten akvifer, i detta fall en geologisk typmiljö med täta leror som överlagrar ett tunt skikt med vattenförande friktionsmaterial.

Under de närmaste åren kommer det att byggas ett stort antal tunnlar, i många fall anläggningar med stor komplexitet. De hydrogeologiska lösningarna kommer i många fall att vara avgörande för valet av utformning och teknik för genomförandet. Detta är bakgrunden till denna bok. Ämnet behandlades i en BeFo-rapport 1986, som i stora delar alltjämt är aktuell och efterfrågad. Men ökat kunnande, teknikutveckling och erfarenheter, inte minst från omfattande forskning och experiment vid Svensk kärnbränslehanterings (SKB) berglaboratorium på Äspö, har motiverat en ny skrift med ett bredare och mera fullständigt innehåll.

Det är många som bidragit till att göra arbetet möjligt. Först vill jag tacka mina finansörer: Chalmers, Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (Formas), Stiftelsen bergteknisk forskning (BeFo). Stiftelsen J. Gust. Richerts minne, Svenska byggbranschens utvecklingsfond (SBUF) och Sveriges Byggindustrier. Jag vill särskilt tacka den referensgrupp som givit mig goda råd på vägen: Lars-Olof Dahlström, Tommy Ellison, Tomas Franzén, Ola Landin, Magnus Liedholm, Arvid Taube och Pär Åhman. Ett speciellt tack får också mina kollegor Åsa Fransson, Karin Holmgren och Patrik Vidstrand som hjälpt mig med genomläsning, figurer och ett och annat hejarop. En viktigt tillgång har varit material och figurer från SKBs forskning och undersökningar som generöst gjorts tillgängliga.

Utan redigering och grafisk utformning blir det ingen bok. Här har Ulla Save-Öfverholm, Formas, och Lena Eliasson, Prospect Communication, lotsat text och figurer till tryckbart skick.

Slutligen ett stort tack till min fru Lena, som utan att förvånas och med god distans till grundvattnets mystiska tillvaro sett mig sitta på vinden på landet, vid svärmors matbord och alla andra möjliga ställen med blicken in i bildskärmen.

Göteborg i oktober 2009
Gunnar Gustafson

Introduktion – Hydrogeologi för bergbyggare

Grundvatten har blivit ett problem i bergbygget, på ett sätt det inte varit förut. Ökande miljökrav och en annan beredningsprocess för miljö- och därmed också grundvattenfrågor har gjort att ett underlag av helt annan kvalitet än tidigare har blivit en viktig del av tillståndsprocessen för en berganläggning. Högre krav på en torr miljö inne i väg- och järnvägstunnlar har inneburit ökade krav på tätning och dränering. Redan tidigare byggda tunnlar i storstadsområdena dränerar till stor del berget på det tillgängliga grundvattnet och nya anläggningar och tunnlar kan göra saken värre. Kvar finns naturligtvis också de sedan tidigare identifierade grundvattenproblemen med risk för byggproblem i vattenförande zoner med dåligt berg och risk för sättningar om lerlager ovanpå berget dräneras så portrycken sänks.

Den enda vägen för att kunna hantera detta är genom ökad kunskap. Det gäller för både beställare, projektörer och byggare. Någon lämplig bok som sammanfattar nuvarande kunskapsläget kring grundvatten och bergbyggande har inte funnits, varken på svenska eller bland den internationella litteraturen. Den senaste sammanställningen av denna karaktär som gjorts är min BeFo-rapport: Geohydrologiska förundersökningar i berg¹. Den kom ut redan 1986. Det är över tjugo år sedan och vår samlade kunskap har ökat väsentligt sedan dess.

Med denna bok vill jag ge en aktuell bild av vår kunskap om urbergets hydrogeologi och hur den kan omsättas i praktiska metoder för förundersökningar, utformning och design samt drift av tunnlar och berganläggningar. Underlaget till arbetet är forskning och praktiska erfarenheter kring hydrogeologiska problem och företeelser. Mycket av kunskapsmassan kommer från SKBs forskning och förundersökningar för slutförvaring av utbränt kärnbränsle. Man ska dock komma ihåg att syftet där inte haft fokus på byggproblemen utan på möjlig transport och spridning av radioaktiva

ämnen med grundvattnet. Syftet med boken är därför inte att redovisa forskningsfronten i egentlig mening utan att kondensera vad som är viktigt och nyttigt för bergbyggarsamhället i stort.

Kort beskrivning av bokens innehåll

Inledningsvis försöker jag ge en definition av begreppet hydrogeologi. Wikipedia² skriver, min översättning: ”Hydrogeologi är den del av hydrologin som handlar om grundvattnets fördelning och rörelse i berg och jord (vanligen i akviferer – grundvattenförande formationer). Termen geohydrologi används vanligen som synonym. Vissa gör den lilla distinktionen mellan en hydrolog eller ingenjör som tillämpar sin kunskap på geologin (geohydrolog) och en geolog som tillämpar sin kunskap på hydrologin (hydrogeolog)”. Tyngdpunkten i boken är alltså att beskriva geologin och dess betydelse för bergbyggandet, men för att göra det och för att kunna använda det i handfast bergbyggande krävs en hel del hydrologiska metoder och angrepp.

Kapitel 2 – Urberget och dess spricksystem

För en hydrogeolog är inte själva berget det intressanta utan de sprickor och zoner som genomkorsar bergmassan och leder grundvattnet. Kapitlet avser inte vara en lärobok i urbergsgeologi, det finns mycket bättre sådana, utan snarare en kort påminnelse om de processer som verkar vid bergartsbildning och bildningen av bergets sprickor. En viktig slutsats är att varje område har en geologisk historia som styr egenskaperna hos berget och dess spricksystem och att nyckeln till att förstå ett områdes hydrogeologi ligger i att förstå dess historia.

Kapitel 3 – Analys av grundvattenströmning i berg

Grundvattenströmning i berget sker i sprickorna. De har annan geometri och andra egenskaper än porerna i ett sediment som sand eller grus. Det medför att grundvattenflöde i berget också måste beskrivas på ett annat sätt. Inledningsvis ges principiellt olika sätt att angripa detta problem (konceptuella modeller) och hur det relaterar till Darcys lag som är grundläggande för flöde i porösa media. En jämförelse mellan hur olika konceptuella modeller ger olika resultat när man skall analysera flödet till/från ett borrhål kan stämma till eftertanke om hur svårt problemet är och hur viktigt det är att förstå hur systemet fungerar.

Hydrauliska tester brukar vi kalla de sätt och verktyg vi använder för att analysera spricksystemets egenskaper. Här redovisas några enkla standardförfaranden och vilken information de kan ge.

Kapitel 4 – Statistiska metoder som verktyg i hydrogeologiska bergundersökningar

Hydrogeologiska förundersökningar producerar stora mängder data som för att förstås och bilda grund för analyser och prognoser måste bearbetas på olika sätt. De hydrogeologiska egenskaperna utmärks av stor variabilitet och statistisk analys av data är därför ett viktigt verktyg i arbetet. Syftet med kapitlet är att visa några betraktelsesätt och metoder som kan vara av värde för att förstå vad hydrogeologiska data innebär.

Kapitel 5 – Bergets hydrogeologi

Hydrogeologi är i högsta grad en tvärvetenskap. Förutom bergets geologiska och hydrauliska egenskaper måste man ha en god insikt i dess hydrologi och grundvattenomsättning. Att förstå något om grundvattenkemi är också viktigt. Kapitlet inleds med en redovisning av hur de hydrogeologiska egenskaperna brukar vara för en sprucken bergmassa och för genomsläppliga sprickzoner. Nästa avsnitt redovisar grundvattenbildningsprocessen och hur detta påverkar vattenomsättningen. Slutligen ges några synpunkter på hur grundvattnets kemiska egenskaper uppstår och också hur berganläggningar kan påverka dessa egenskaper.

Kapitel 6 – Hydrogeologisk modellering

Modellering har två fundamentala delar: konceptuell modellering där förståelsen av det modellerade problemet demonstreras och kvantitativa modeller (numeriska modeller) som omsätter förståelsen i kvantitativa utsagor. Kapitlet redovisar först vad konceptuella modeller är och hur de kan utvecklas för att vara till nytta för ett specifikt modelleringsproblem. Sedan följer ett avsnitt om olika modelleringsangrepp och hur de kopplas till olika modelleringsproblem och specifika svårigheter för grundvattenmodellering i berg. Slutligen redovisas ett enkelt sätt att bygga numeriska modeller i ett vanligt kalkylprogram.

Kapitel 7 – Grundvattenutvinning i berg

Omkring tio procent av Sveriges befolkning är beroende av grundvatten från bergbrunnar för sin vattenförsörjning. I många fall är också bergprojektet beroende av egen vattenförsörjning som kan ordnas på samma sätt. Analys av förutsättningarna för grundvattenuttag i berg måste i de flesta fall baseras på befintliga data och mycket enkla undersökningar. Metodiken är här till stor del gemensam för vad man kan göra i mycket tidiga skeden i bergprojekt. I kapitlet redovisas hur data från Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, kan utnyttjas för detta och hur man kan bygga en strategi baserad på en statistisk analys av dessa data.

Kapitel 8 – Grundvatten i tunnlar och berganläggningar

Grundvatten i en tunnel ställer till problem inte bara i tunneln utan också i omgivningen. Kapitlet redovisar därför vad man kan förvänta sig baserat på allmänna erfarenheter och hur man kan göra rimliga prognoser baserat på förundersökningar. En viktig fråga är också hur man kan tätta tunneln genom injektering. I kapitlet redovisas hur injekteringen fungerar och några metoder för att karakterisera berget som underlag för en injekteringsdesign och vilka inflöden man kan förvänta sig i den injekterade tunneln.

Kapitel 9 – Grundvattenpåverkan från berganläggningar

I alla berganläggningar läcker det in grundvatten. Detta är också ett problem för omgivningen, speciellt om det finns sättningssärliga leror som kan påverkas av en grundvattensänkning. Kapitlet behandlar hur man kan förutsäga grundvattensänkningar kring en tunnel både till belopp och utbredning.

Kapitel 10 – Hydrogeologi i förundersökningar, projektering och byggande

Grundvattenfrågorna måste få ta sin plats i alla stadier av ett bergprojekt. Genom att grundvattenaspekterna fått ökad betydelse måste de också integreras med andra discipliner för att man ska få ett gott resultat. Kapitlet behandlar hur man går från en problemanalys till större kunskap och förståelse genom de olika skederna i ett projekt. En viktig del i alla skeden är den undersökningsmetodik som är lämplig att tillämpa. I kapitlet ges en översikt av lämpliga undersökningsmetoder, vad man kan få ut av dem och hur de integreras i arbetet.

En läsanvisning

Denna bok har i konceptform använts som bas för en kurs i just hydrogeologi för bergbyggare. Det gav både lärdomar och goda erfarenheter och jag tror därmed att den kan fungera väl som lärobok.

Naturligtvis är också syftet att den skall kunna användas som ett stöd i det praktiska arbetet och också som faktabok. Här kan det vara lämpligt att se de tre första kapitlerna som en bas att bygga vidare på. Kapitel 4 redovisar några viktiga verktyg för att skapa reda i de ofta ganska kaotiska datamängder man får vid hydrogeologiska undersökningar. I Kapitel 5 och 6 visas hur man kan bygga hydrogeologiska modeller av urberget. De fyra sista kapitlen beskriver praktiska problem och frågeställningar och hur de kan angripas med de beskrivna metoderna.

Slutligen är jag medveten om att det kanske inte är lätt att sträckläsa denna bok. I texten förekommer ett antal matematiska härledningar som jag anser väsentliga för att förstå hur formler och ekvationer kommit till. I dagligt arbete är det knappast nödvändigt att bry sig så mycket om härledningarna men jag anser det ändå mycket viktigt att redovisa dem. I dessa härledningar visas nämligen resonemangen bakom varje metod på ett stringent sätt. Jag tror att det är viktigt för läsaren att åtminstone försöka gå igenom några för att tillägna sig en insikt i de kvantitativa ingenjörsmetoderna. För att göra det lite lättare för läsaren är de matematiska härledningarna markerade som tonade faktarutor.

Referenser

1. Gustafson G 1986: Geohydrologiska förundersökningar i berg. Bakgrund – metodik – användning. BeFo 84:1/86, Stiftelsen Bergteknisk Forskning, Stockholm.
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogeology>.