



Grundvattentillgång för småhusbebyggelse vid Gåsvik, Norrtälje kommun



Bo Olofsson
2009-02-10

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|--|----|
| UPPDRAGETS SYFTE OCH UPPLÄGGNING..... | 3 |
| METODIK..... | 3 |
| <i>GWBal</i> | 3 |
| <i>SaltRisk</i> | 3 |
| <i>Geologiska och geofysiska studier</i> | 3 |
| GENERELL PLATSBESKRIVNING | 4 |
| <i>Topografi, markanvändning</i> | 4 |
| <i>Geologi</i> | 5 |
| <i>Geologiska förutsättningar för vattentillgång</i> | 10 |
| STATISTISKA BEARBETNINGAR AV BRUNNSDATA | 11 |
| VATTENBALANS | 13 |
| <i>Beräkningsresultat</i> | 17 |
| VATTENKEMISKA FÖRHÅLLANDEN..... | 17 |
| <i>Vattenkemiska data</i> | 17 |
| <i>Vattenkemi - resultat</i> | 18 |
| DISKUSSION OCH SLUTSATSER | 22 |
| REFERENSER | 23 |

Uppdragets syfte och uppläggning

Nybebyggelse planeras vid Gåsvik genom avstyckning från fastigheten Charlottenberg 1:5. Området kallas preliminärt för Kvarnbyn. I en första skiss föreslås omkring 15 fastigheter med genomsnittlig areal av omkring 2500 m². Det exakta antalet tomter är dock inte bestämt då detta bland annat är beroende av de naturmässiga förutsättningarna, möjligheten att utforma lämpliga fastigheter samt förutsättningar för och utformning av VA-systemen. Som ett led i planläggandet krävs en VA-utredning som syftar till att ta fram långsiktigt hållbara VA-lösningar. Tillgången på dricksvatten måste därvid bedömas så att vatten av god kvalitet och tillräcklig mängd kan säkerställas för området. Föreliggande rapport syftar till att översiktligt beräkna vattentillgången i det föreslagna planområdet, liksom en generell bedömning av vattenkvalitet i området i den mån sådana data gått att uppbringa. Uppdraget innehåller även en generell bedömning av risken för salt grundvatten i området.

Metodik

Bedömningarna görs genom beräkning av grundvattenbalansen inom området med datorprogrammet GWBal samt bedömning av risk för salt grundvatten genom programmet SaltRisk som är en variabelbaserad bedömningsmetodik baserad på den så kallade RV-metoden. Samtliga metoder har utvecklats vid KTH av undertecknad och beskrivs kort nedan.

GWBal

Balansberäkningen baseras generellt på uppgifter om nederbördsfördelning (data från SMHI), uppgifter om förväntad vattenförbrukning samt hydrogeologiska kriterier i form av möjliga grundvattenreservoarer. En modellering görs i programmet GWBal för att se huruvida grundvattentillgången i området kan försörja det föreslagna antalet fastigheter. Det går alltså inte att klarlägga exakt vattentillgång i en enskild punkt, vilken är helt beroende av den lokala uppspräckningen av berget och därför kräver borring och provpumpning, utan enbart om förutsättningarna för försörjning med grundvatten är uppfyllda, dvs att tillräcklig mängd grundvatten kan bildas och lagras i området.

SaltRisk

En översiktlig bedömning av risken för salt grundvatten görs genom programmet SaltRisk. Metodiken bygger på RV-metoden, dvs det görs en värdering av ca 15 faktorer (naturgivna, tekniska och avståndsfaktorer). Faktorerna är valda utifrån statistisk bearbetning av ett stort antal brunnar, främst i Stockholms län. Faktorerna klassas, viktas och en sammanlagd bedömning görs dels av risken för salt grundvatten, dels av säkerheten i bestämningen, vilken till stor del är beroende av tillgång till information från området.

Geologiska och geofysiska studier

En översiktlig analys av förekomst av sprickzoner i området har utförts utifrån analys av flygbilder samt geologiska och topografiska kartor. Dessutom har två VLF-profiler genomförts (Very Low Frequency) längs huvudsakligen nord-sydliga linjer. Syftet med dessa mätningar har varit att studera eventuella vattenförande och brantstående strukturer i dalgången norr om området samt att identifiera förekomster av mindre sprickor och sprickzoner inom bebyggelseområdet. Syftet har dock inte varit att detaljlokalisera eventuella strukturer utan enbart fastställa huruvida sådana förekommer.

Berg i dagen inom området har undersökts utifrån sprickfrekvens och dominerande sprickriktningar, liksom okulär bergartsbestämning. Syftet med dessa studier har varit att översiktligt bedöma bergets reservoaregenskaper samt flödesmönster.

Slutligen har jordlagrens mäktighet och sammansättning inom området bedömts, främst med avseende på jordlagrens magasinsegenskaper. En sticksondering har även utförts i en bredare dalgång som avgränsar området norrut. Syftet har varit att bedöma jordlagerförhållanden och -mäktighet.

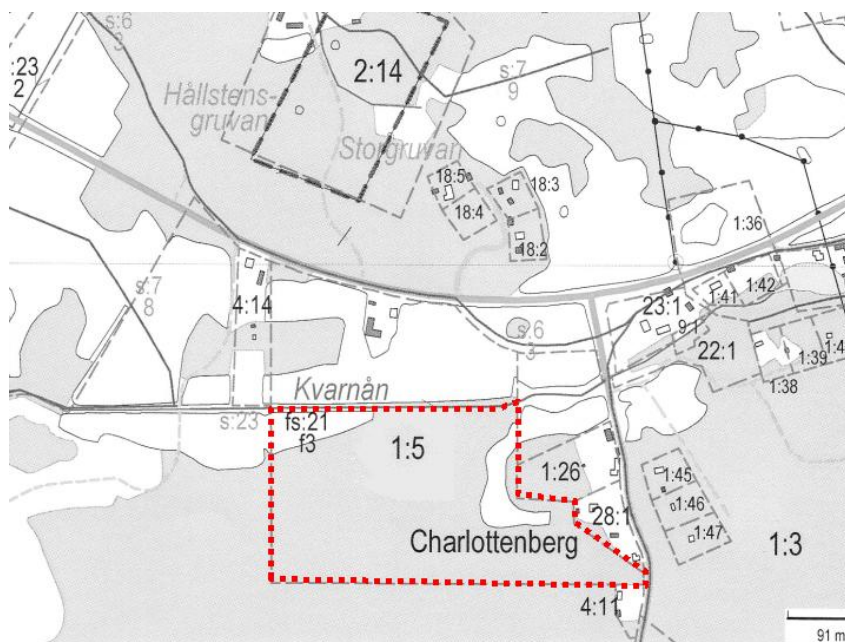
Generell platsbeskrivning

Topografi, markanvändning

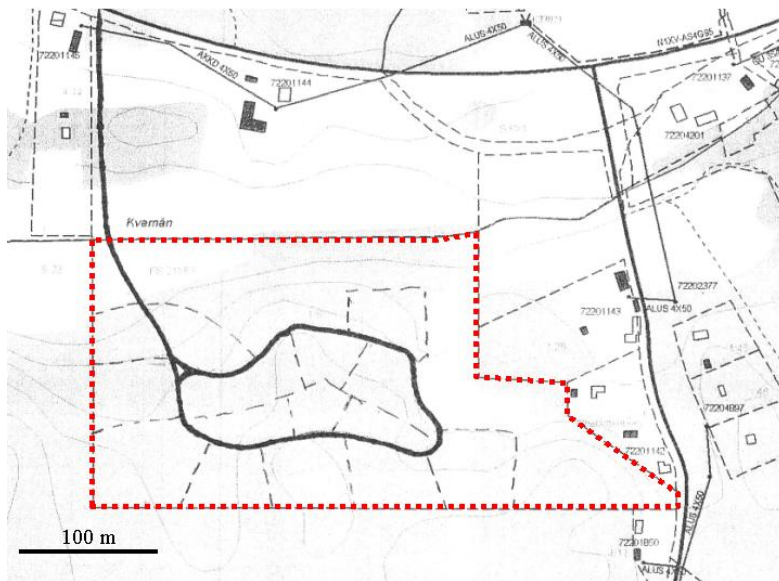
Planområdet är beläget ca 4 km söder om Älmsta, Norrtälje kommun. Bebyggelseområdet består huvudsakligen av skogsmark bevuxen med blandbarrskog, tall och gran. I samband med exploateringen planeras slutavverkning i området. Området begränsas i norr av Kvarnån, ett ca 5 m brett vattendrag som rinner mot Gåsviksjön i öster och vidare mot Väddö kanal. Området runt Kvarnån utgör en bredare (ca 100 m) dalgång, huvudsakligen bestående av öppen ängs- och jordbruksmark. Flera kilar av ängsmark sträcker sig söderut in i bebyggelseområdet. Områdets nordvästra del begränsas av ett mindre dike som utgör förlängningen av en liten men naturlig bäck i området.

Närmaste befintliga bebyggelse påträffas öster om planområdet samt stamfastigheten norr om Kvarnån. Enligt muntlig uppgift har, åtminstone de äldre av dessa fastigheter, grävda brunnar.

En grov beskrivning av planområdets avgränsning visas i **figur 1** liksom en första skiss med 15 tomter i **figur 2**.



Figur 1 Gåsvik med inlagt planområde



Figur 2 Gåsvik, planområdet med skiss för 15 tomter

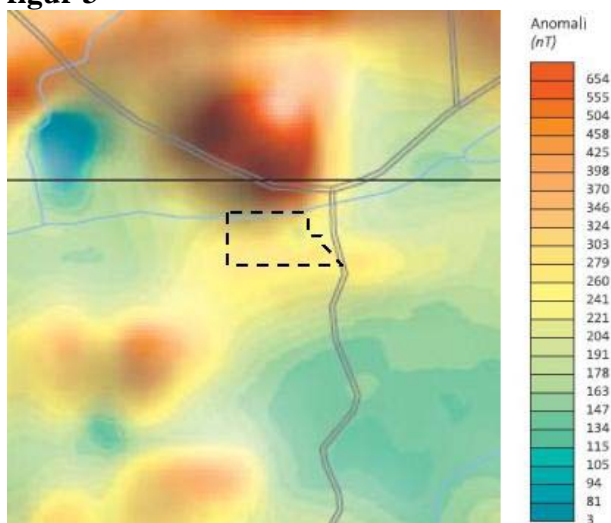
I nuläget saknas en topografisk grundkarta över området, vilket ökar osäkerheten i bedömningarna. Planområdet varierar dock mellan ca 12 till 30 m ö h. De lägsta partierna återfinns längs Kvarnån i norr medan huvuddelen av bebyggelsen kommer att lokaliseras till den södra delen med genomsnittlig höjd kring ca 25 m ö h.

Geologi

Området återfinns på de jordartsgeologiska kartbladen SGU Ser Ae 105 respektive 122 (Persson 1990, 1997) samt på det hydrogeologiska kartbladet i Stockholms län (Engqvist & Fogdestam 1984).

Berggrunden

Tyvärr saknas modern berggrundsgeologisk kartering över området. På den förenklade berggrundskarta som medföljer den hydrogeologiska kartan ligger planområdet inom det omfattande urgranitområdet i Uppland. Strax norr om planområdet finns leptit med betydande innehåll av järn. Ett flertal mindre gruvor bröts här under 1800-talet. En flygmagnetisk karta visar att järnmalmstråket är lokalt och återfinns inte i planområdet söder om Kvarnån, se **figur 3**



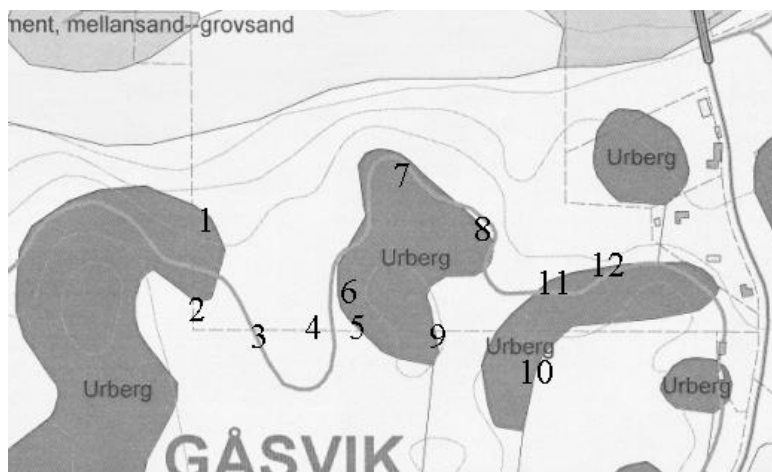
Figur 4 Resultat från SGUs magnetiska flygmätning. Planområdet markerat. ©SGU 2009

En översiktlig berggrundskartering har utförts inom planområdet. Berggrunden består här huvudsakligen av urgranit och leptitgnejs samt mindre inslag av en starkt rödaktig och medelkornig leptit. Mindre inslag av amfibolit har även iakttagits. Lokalt, särskilt i de topografiskt högsta punkterna återfinns även grovkornig pegmatit. Förskiffringen är tydlig med huvudsaklig orientering N80E/80S.

Den översiktliga berggrunds- och jordartskarteringen presenteras i **tabell 1** med tillhörande karta i **figur 4**

Tabell 1 Fältobservationer. Lokalisering av punkterna visas i figur 3

| Observationer | Förskiffring | Beskrivning | Blockstorlek |
|---------------|--------------|---|-------------------------|
| 1 | N80E / 90 | Röd pegmatit, i söder röd gnejsgranit med amfibolitinslag | 1 - 2 m |
| 2 | N80E / 80S | Röd gnejsgranit | |
| 3 | | Blockrik morän | 0.5 - 1 m |
| 4 | N80E | Små hällar av leptitgnejs samt normalblockig morän | |
| 5 | N85E / 90 | Röd leptitgnejs | |
| 6 | N70E / 90 | Leptitgnejs med inneslutningar av amfibolit | 0.3 - 1 m |
| 7 | | Röd pegmatit, kornstorlek 1-2 cm, längs bergkanter sprucket berg | 0.2 - 1 m (snitt 0.5 m) |
| 8 | N80E | Leptitgnejs | 0.5 - 1 m |
| 9 | | Leptitgnejs med inslag av röd aplit, vilken har ökad sprickfrekvens | |
| 10 | N80E | Leptitgnejs. Blockigt i sydost | 0.5 - 1 m |
| 11 | | Blockrik morän | 0.2 - 0.5 m |
| 12 | N80E / 80S | Leptitgnejs, tydlig uppspräckning i tre riktningar. Blockrik morän | 0.3 - 0.5 m |



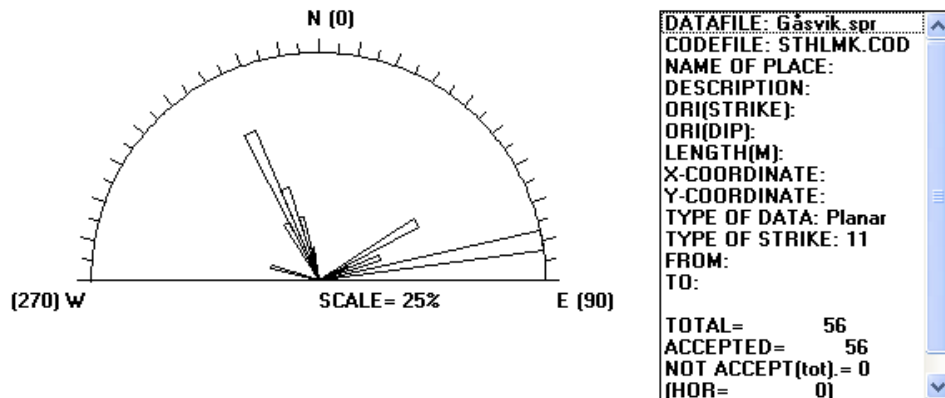
Figur 4 Kartering av hällar i området

Bergets uppspräckning

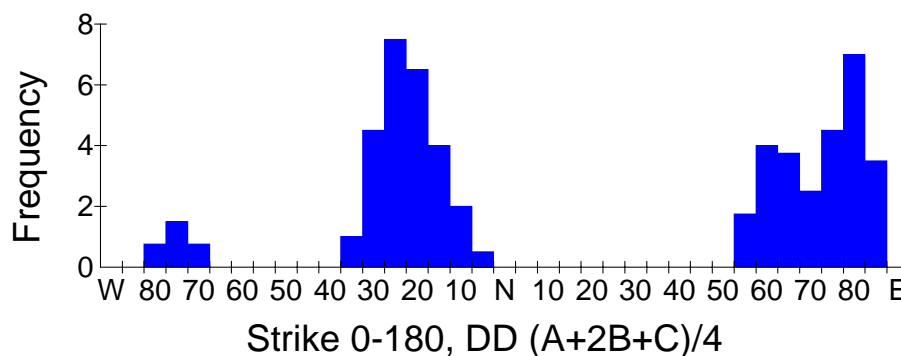
Vatten i urberg förekommer nästan uteslutande i sprickor och partier av krossat berg. Större sprickzoner kan knappast studeras okulärt då dessa i regel återfinns i terrängens lågpunkter och är där jordtäckta. De faktorer som bestämmer bergets hydrauliska egenskaper är därför bland annat sprickfrekvens, sprickornas längd och bredd samt sprickmönstret. En översiktlig sprickkartering är därför i regel nödvändig vid bedömning av vattenlagringsförmågan i berget. För att göra en fullständig hydraulisk undersökning och kartering av magasin krävs egentligen ordentliga propumpningar under lång tid. Heterogeniteten i berget gör dock att det krävs många borrhål för att erhålla representativa och generella värden, varför en sprickkartering bedöms ge tillräcklig mängd information inledningsvis.

En generell sprickkartering utifrån en hydrogeologisk klassificeringsgrund har därför utförts på berghällar i området. Resultatet presenteras i **figurerna 5 till 8**.

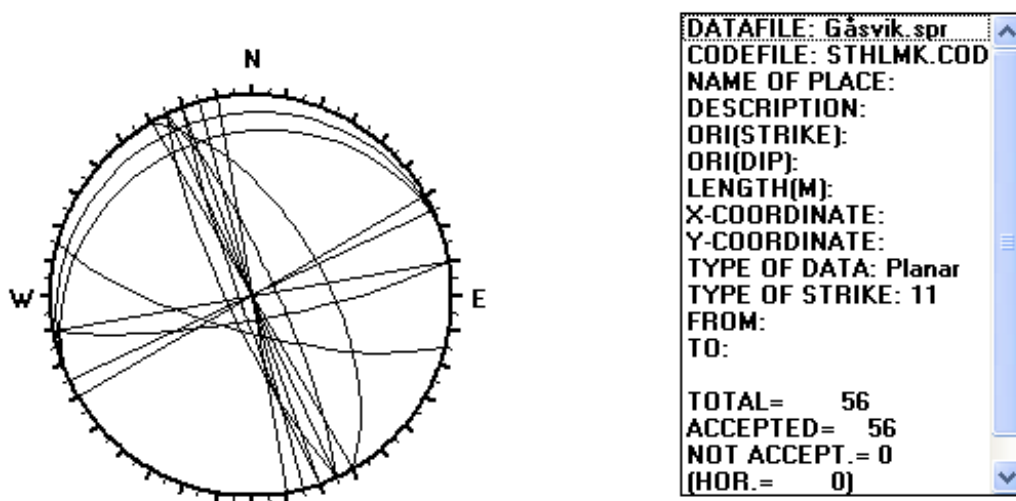
Sprickornas orientering i form av strykningsriktningen visas som en sprickros i **figur 5** och i histogramform i **figur 6**. För att framhäva dominerande orienteringar har en filtrering utförts i **figur 6** i form av en rullande medelvärdesbildning av strykningsriktningar. **Figur 7** visar sprickorienteringen i form av stereografisk projektion (dvs såväl strykning som stupning är representerade). För att se om det finns stora skillnader mellan olika platser visas den lokala sprickfördelningen för fyra av de karterade hållarna i form av ackumulerade kurvor (**figur 8**).



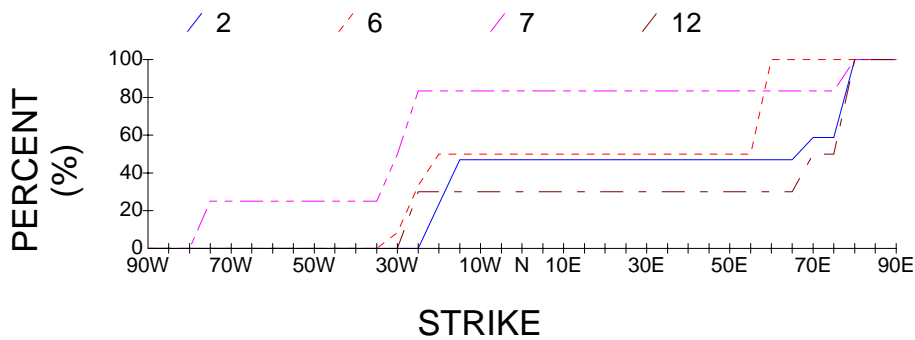
Figur 5 Rosdiagram som visar orienteringen av sprickor i berghällar i Gåsviksområdet (N=56)



Figur 6 Histogram över sprickfördelningen i Gåsviksområdet. Omräknade strykningsvärden genom filtrering med rullande medelvärden.



Figur 7 Stereografisk projektion av sprickor i Gåsviksområdet. Schmidt's nät, undre hemisfären. (N=56)



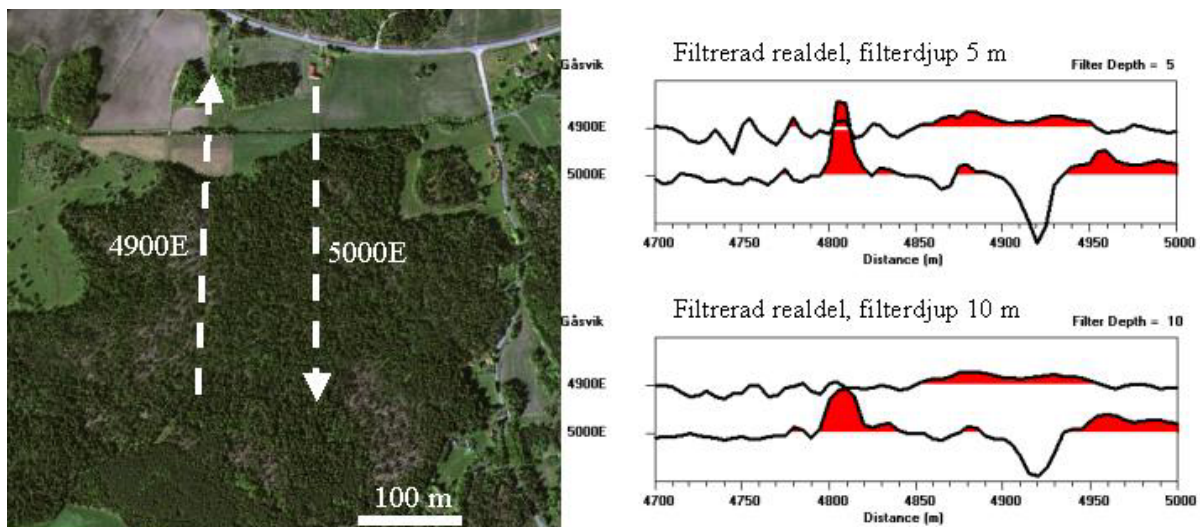
Figur 8 Jämförelse mellan strykriktningar hos sprickor från fyra olika karterade lokaler. Ackumulerade data.

Sammantaget kan sägas att datamaterialet är mycket begränsat och analyserna därför något osäka. Mätningarna visar dock att berggrunden har en tydlig blockighet, dvs sprickmönstret är huvudsakligen ortogonalt med tre sprickset, varav ett tämligen flackt. Sprickorna står därför i god förbindelse med varandra och man kan anta att det går att nyttja en stor del av del av bergreservoaren. **Figur 8** visar även att sprickmönstret är tämligen konstant över planområdet.

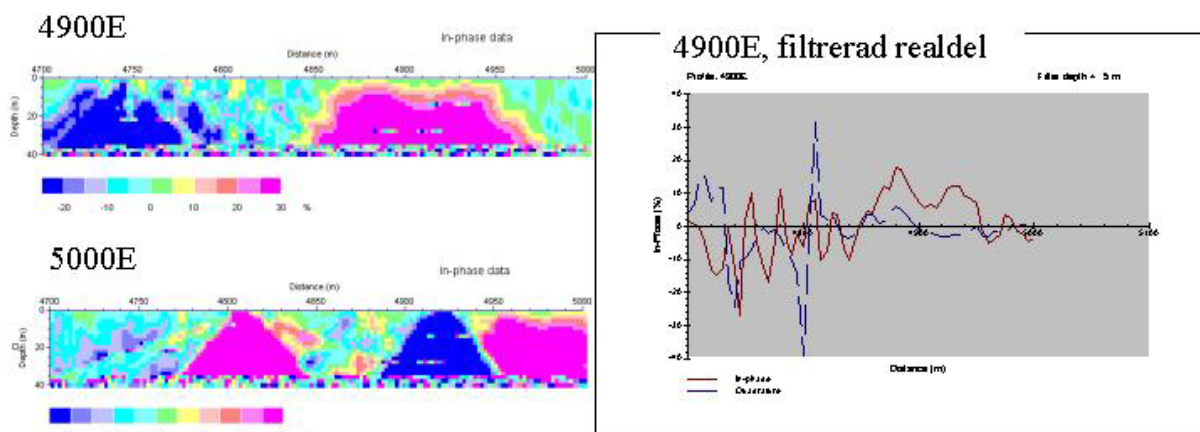
En översiktlig beräkning av bergets kinematiska porositet utifrån sprickkonfigurationen (enligt Carlsson & Olsson 1981) ger en porositet på omkring 0.05-0.1%, vilket använts i grundvattenbalansberäkningen.

VLF-mätningar från marken

Under fältbesöket utfördes översiktliga VLF-mätningar längs två profiler i syfte att identifiera eventuella större sprickzoner i den nordliga dalgång där Kvarnån rinner. Ett kompletterande syfte var att undersöka huruvida den kuperade södra delen av planområdet uppvisade förekomst av brantstående strukturer. Punktmätningarna utfördes med avstånd 5 m och sändarfrekvensen var 23.3 kHz.. Mätkvaliteten bedöms som tämligen god i den västra profilen (4900E) men mindre god i den östra (5000E) eftersom sändarbyte måste utföras under denna profilmätning, **figur 9** och **10**.



Figur 9 VLF-profiler över området (t.v.). Resultat presenterad som filtrerad realdel (enligt Karous-Hjelt) längs de båda profilerna. Filterdjup på 5 respektive 10 m.



Figur 10 Pseudoprofil (t.v.) baserat på filtrering med Karous-Hjelt-filter av VLF-data ner till 50 m för de båda profilerna. Till höger visas den västra profilen (4900E) med filtreringsdjup 5 m.

Sammanfattningen av analys av VLF-data visar att den norra dalgången längs Kvarnån är bildad längs en sprickzon eller representerar snarare antingen flera parallella sprickzoner eller ett bredare parti av uppsprucket berg. I det centrala planområdet (syns bl a i figur 10) återfinns ett flertal små anomalier som tyder på viss lokal uppspräckning av berget. Observera dock att VLF-mätning endast är gjord i nord-sydlig orientering, varför eventuella strukturer parallellt med mätriktningen inte kommer att framträda. Mätningarna stöder bedömningen att det finns relativt goda förutsättningar att erhålla grundvatten ur bergborrade brunnar i området. Mätningarna ger dock ingen information om tillgängliga vattenkvantiteter eller vattenkvalitet.

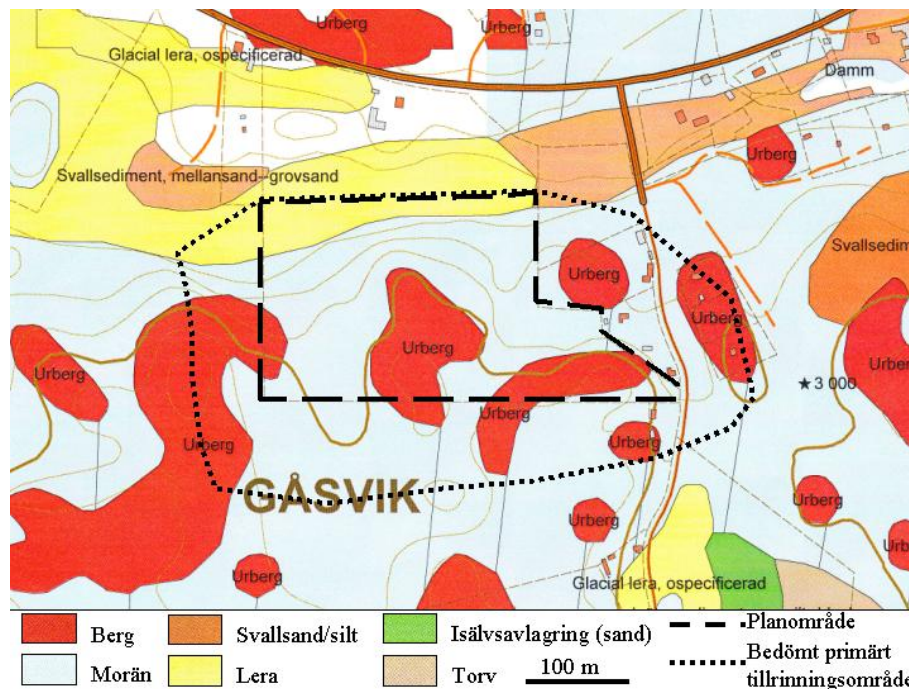
Jordlagren

Jordlagren visas som ett utsnitt ur SGUs jordartskarta erhållen av Norrtälje kommun, **figur 11**. Topografiskt högre områden, främst de områden där bebyggelsen planeras, består av berg i dagen, ställvis överlagrad av ett tunt av morän. Moränlagret bedöms generellt vara mycket tunt, oftast 0.5-1 m. I de lokala svackorna mellan berghällarna kan moränmaktigheten tänkas vara något större, dock knappast mer än 2 m. Enligt SGUs digitala karta är moränen i denna del av Norrtälje kommun lerig. Huruvida lerig morän förekommer i planområdet kan inte avgöras utan provtagning och analys. Okulär bedömning tyder dock i detta lokala område mer på att moränen är betydligt grövre med inblandning av sand och grus. Ställvis är moränen blockrik med blockstorlek i ytan varierande från 0.2 till 1m.

Sydost om planområdet finns en mindre och lokal isälvsavlagring, delvis omgiven av svallsand. Sand återfinns även, vanligtvis i form av svallsand längs Kvarnåns dalgång. Schaktning norr om Kvarnån visar på betydande mängder sandig morän och svallsand.

Lågt liggande delar av planområdet, dvs nordligaste delen ner mot Kvarnån, består enligt jordartskartan av gyttjelera och lera. Vid fältbesöket gjordes en sondering vid sidan av Kvarnån i syfte att kontrollera jordmaktighet och eventuell lagerföljd. Eftersom ingen provtagning kan göras vid sonderingen kan endast erfarenhetsmässiga och generella slutsatser dras baserat på nedträngningsmotståndet. Det går dock att tydligt urskilja lager av friktionsmaterial från lera och siltiga jordlager.

Sonderingen visar att lager av gyttjelera och lera växlar med tunnare lager av grövre material, huvudsakligen silt och sand ner till ett djup av ca 6.5 m under markytan. Mellan 6.5 och 7 m består jordlagren huvudsakligen av sand och djupare än så var inte möjligt att manuellt sondera. Det kan således konstateras att jordlagren i dalgången har ett jorddjup som åtminstone lokalt är större än 7 m och innehåller dels tunnare horisonter av friktionsmaterial samt minst ett betydligt mäktigare lager av sand kring 6.5 m djup. Man kan även anta att det under detta sandiga lager återfinns morän med okänd mäktighet. Informationen är av stor betydelse vid beräkning av grundvattenmagasinen.



Figur 11 Utsnitt ur SGUs jordartsgeologiska karta som erhållits av Norrtälje kommun (© SGU)

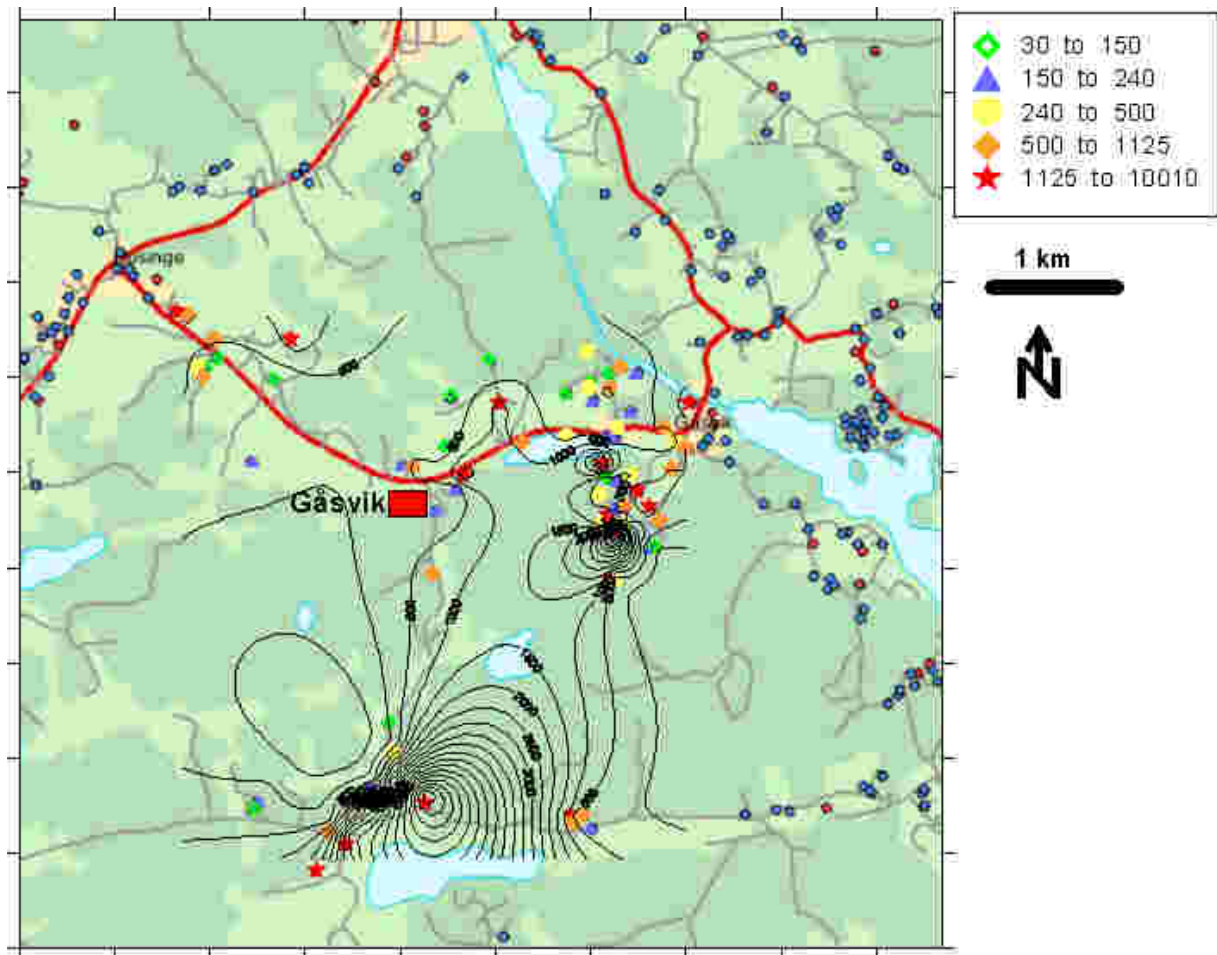
Geologiska förutsättningar för vattentillgång

Generellt är förutsättningarna för stora vattenuttag i planområdet måttliga. Större vattenreservoarer kan förväntas återfinnas dels i isälvsavlagringen sydost om planområdet samt i djupare lager i norra delen av planområdet, dvs i Kvarnåns dalgång. Eventuell gemensam vattentäkt måste därför lokaliseras till denna norra del av området. Möjligheterna att erhålla tillräckliga mängder grundvatten ur jordlagren i södra delen av planområdet måste betecknas som närmast obefintliga.

Generellt måste dock möjligheterna att erhålla grundvatten ur berg betecknas som tämligen goda genom det regelbundna sprickmönster som framkommit vid karteringen. Heterogeniteten i kristallint urberg är dock generellt så stor att det är omöjligt att prediktera vattenföring i en enskild brunn. Möjligheterna att magasinera vatten i berg är också i allmänhet begränsade. Större uttag ur bergbrunnar kräver därför att det finns hydraulisk förbindelse med vattenreservoarer i jordlagren eller ytvatten. Möjligheterna att det finns hydraulisk förbindelse mellan jordlagren i Kvarnåns dalgång och planområdet bedöms som goda då det finns uppsprucket berg i Kvarnåns dalgång och ett tämligen regelbundet sprickmönster i planområdet.

Statistiska bearbetningar av brunnnsdata

Data om brunnar från regionen har inhämtats från SGUs brunnnsarkiv. Det finns dessvärre mycket få brunnar från närområdet. **Figur 12a** visar en bearbetning och klassificering av brunnnsdata i regionen utifrån angiven kapacitet (l/tim). I närområdet till detaljplaneområdet har en geostatistisk bearbetning genom s k kriging-analys utförts.



Figur 12a Kapacitetsdata (l/tim) ur brunnnsarkivet (© SGU). Närliggande bergborrade brunnar har bearbetats statistiskt. Isokurvor över kapacitetsdata för bergborrade brunnar är gjorda med kriging-analys. Planområdets läge är markerat med röd rektangel.

Höga brunnskapaciteter (flera tusen liter per timme) påträffas i brunnar ca 1.5 km öster om planområdet respektive 2 km söder om området medan de närmast liggande brunnarna uppvisar betydligt lägre kapacitetsvärden.

Den geostatistiska analys med kriging som utförts visar att utifrån ett rent statistiskt perspektiv borde borrade brunnar i planområdet få en kapacitet av 150-500 l/tim, dvs kapaciteten i den enskilda brunnen är relativt begränsad, se detaljbild i **figur 12b**. Eftersom det finns mycket få brunnnsdata tillgängliga i planområdets närhet, speciellt väster och söder om området, går det inte att dra några säkrare slutsatser från befintliga brunnnsdata.



Figur 12b Detalj ur figur 12a. Kapacitetsdata (l/tim) i bergborrade brunnar i direkt anslutning till planområdet. Bearbetade data från brunnarsarkivet (© SGU)

En statistisk bearbetning har utförts dels på de 78 klassificerade brunnarna, dels på de 15 mest närliggande brunnarna, **tabell 1**. De brunnar som anmälts som energibrunnar har uteslutits vid bearbetningen beträffande kapacitet och specifik kapacitet. Med specifik kapacitet avses egentligen kapacitet i relation till vattenavsänkningen (m) vid pumpning. Eftersom denna inte är känd används det maximala djupet, dvs brunnsdjupet.

Tabell 1 Statistisk bearbetning av de markerade brunnarna i figur 12a med avseende på totaldjup, jorddjup, vattenmängd (l/tim) och beräknad specifik kapacitet (l/tim,m). Den understa bearbetningen avser de närmast belägna brunnarna.

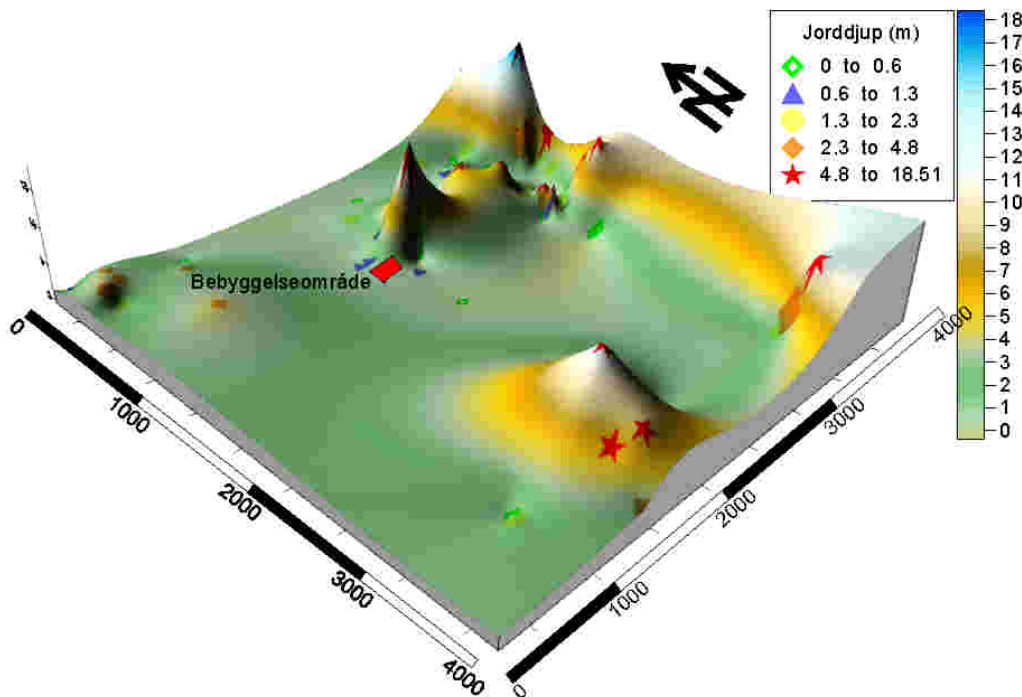
| Variable | Valid N | Mean | Median | Minimum | Maximum | Lower Quartile | Upper Quartile | Std.Dev. |
|----------------|---------|------|--------|---------|---------|----------------|----------------|----------|
| Totaldjup | 78 | 65 | 70 | 7 | 145 | 45 | 88 | 26 |
| Jorddjup | 76 | 3 | 2 | 0 | 19 | 1 | 4 | 4 |
| Vattenmängd | 76 | 826 | 300 | 30 | 10000 | 150 | 900 | 1604 |
| Spec.kapacitet | 78 | 27 | 5 | 0 | 529 | 2 | 15 | 86 |

| Variable | Valid N | Mean | Median | Minimum | Maximum | Lower Quartile | Upper Quartile | Std.Dev. |
|----------------|---------|------|--------|---------|---------|----------------|----------------|----------|
| Totaldjup | 15 | 77 | 75 | 40 | 107 | 68 | 92 | 18 |
| Jorddjup | 13 | 2 | 1 | 0 | 17 | 1 | 2 | 4 |
| Vattenmängd | 13 | 512 | 180 | 30 | 1800 | 140 | 760 | 563 |
| Spec.kapacitet | 15 | 7 | 2 | 0 | 45 | 1 | 10 | 12 |

Av **tabell 1** framgår att medianvärdet för vattentillgången i de närliggande brunnarna är lägre än generellt i regionen. Eftersom mediandjupet för de närliggande brunnarna bara är något större än för brunnarna i regionen som helhet, är den specifika kapaciteten lägre i närområdet.

Jordmäktigheten vid borrpunkterna är i genomsnitt ca 1-3 m. Det maximala jorddjupet är dock hela 17 m för de närliggande brunnarna. En bearbetning av jorddjupsparametern visar att

de djupaste brunnarna är belägna öster om bebyggelseområdet, utmed Kvarnåns dalgång, se **figur 13**. Detta verifierar antagandet att jordmäktigheten troligtvis är betydande även i norra delen av planområdet, intill Kvarnån.



Figur 13 Jorddjup för brunnar i brunnarsarkivet baserat på kriging-analys. Planområdets ungefärliga läge är angivet. Observera att brunnar helt saknas i väster, varför analysen är otillförlitlig i detta område.

Vattenbalans

En vattenbalans har upprättats med hjälp av programmet GWBal. Beräkningen är gjord utifrån flera scenarier eftersom det inte är möjligt att kartlägga grundvattnets förekomst och strömningsvägar i detalj utan fullständiga provpumpningar.

De generella geologiska förutsättningarna för samtliga scenarier baseras på de fältundersökningar som genomförts samt på befintligt kartmaterial. I allmänhet har ett konservativt betraktelsesätt använts, dvs hellre underskatta tillgångarna än överskatta dessa. Balansen baseras bland annat på att:

- Berget har en kinematisk porositet på omkring 0.05%
- Planområdet domineras av berg i dagen samt ett tunt moränlager (0.5-1m). Norra delen av området består av lera och silt med underliggande friktionslager (sandigt) på minst 0.5-1 m mäktighet.
- Berget är relativt hydrauliskt homogent, dvs sprickorna står i tämligen god förbindelse med varandra
- Maximalt kan 30-35 m av bergvolymen användas. Vid ökade djup ökar samtidigt risken för salt grundvatten i detta område.
- Grundvattendelare sammanfaller med ytvattendelare. Detta är naturligtvis en stark förenkling och vattendelaren kommer att förändras i samband med vattenuttag. I själva verket antas grundvattnet strömma in till uttagsområdet längs de sprick- och krosszoner som förekommer, i detta fall främst längs Kvarnåns dalgång.

- Beräkningen avstannar när endast 20% av grundvattenlagret återstår, varvid problem med grundvattentillgång kan tänkas uppkomma.

De generella uttagskriterierna baseras på:

- 20 fastigheter med i genomsnitt 3 boende. Medräknat är då även ett antal befintliga fastigheter inom det beräknade tillrinningsområdet. Enligt uppgift har flera av dessa idag grävda brunnar.
- Samtliga fastigheter är permanentbebodda
- Specifik förbrukning 170 l/p, dygn

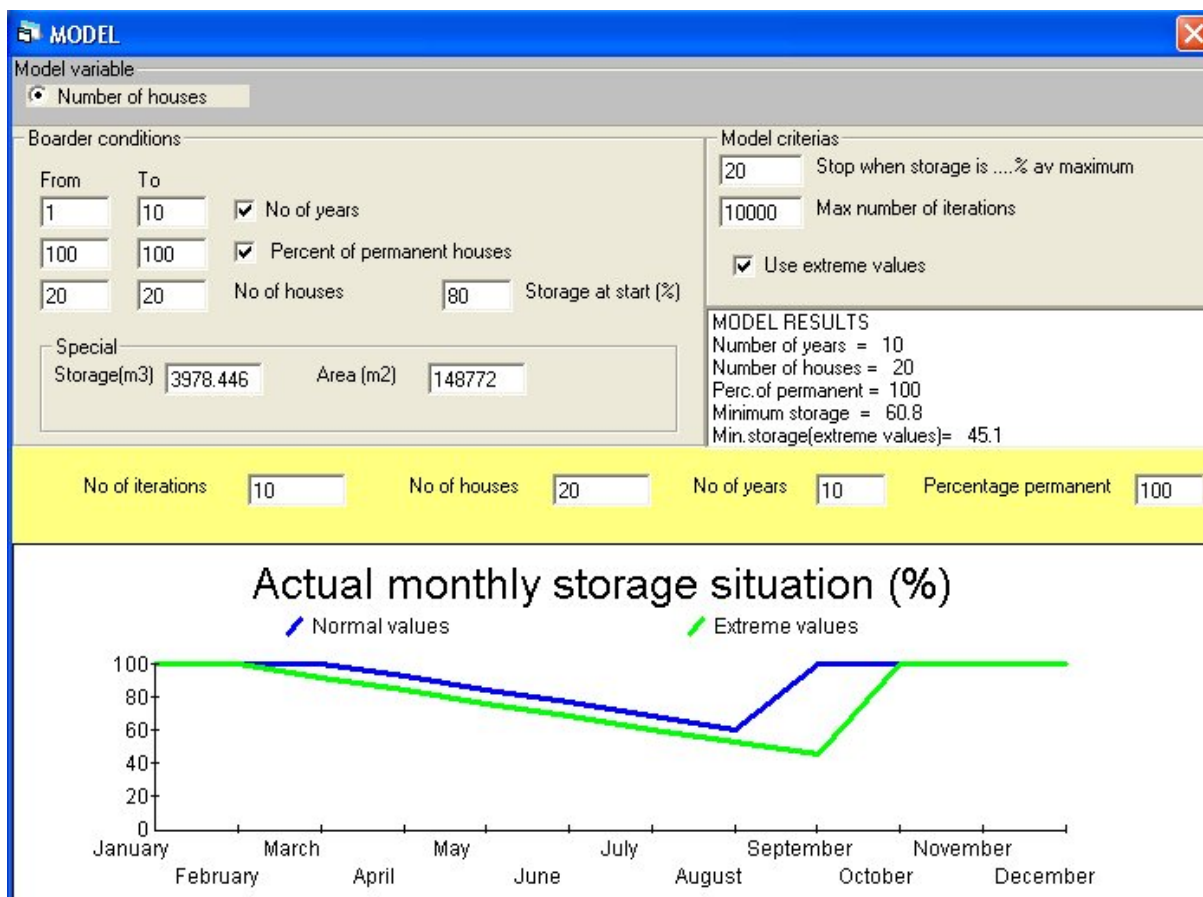
De generella grundvattenbildnings- och nederbördsförhållandena är:

- Grundvatten kan endast bildas vid överskott av nederbörd (främst under höst, vinter och vår)
- Klimatdata hämtat från station Stockholm 9821
- Beräkningen är gjord dels för normalår, dels för torrår (med ca 20 års återkomsttid)

Tillrinningsområdet är dock mycket svårt att bedöma då existerande kartmaterial endast visar 5 m ekvidistanskurvor. Det beräknade tillrinningsområdet utifrån ytvattendelare visas på den geologiska kartan, **figur 11**.

Scenarie 1: Grundvattenbildningsområdet utgörs av det lokala delavrinningsområdet och begränsas av lokala ytvattendelare

Totalt utgörs grundvattenbildningsområdet av omkring 148 ha, **figur 11**. Fördelningen av ytjordlager är: Berg 26.1%, Lera/silt 8%, Morän 65.5 och Sand 0.4%. Moränen är i genomsnitt 1 m mäktig men grundvattennivån är satt så djupt att det faktiska grundvattenbidraget från moränen är litet.



MODEL SETTINGS

From year no 1 To year no 10
 From 100% to 100% permanent houses.
 Maximum number of houses in the area = 20
 Fill of storage at start = 80%
 Maximum number of iterations = 10000
 Normal and extreme climate values used in the modeling.
 Extreme precipitation and normal evapotranspiration values used.

MODEL CRITERIA

Model stops when storage reaches 20% of maximum or if criteria conditions are not fitted.

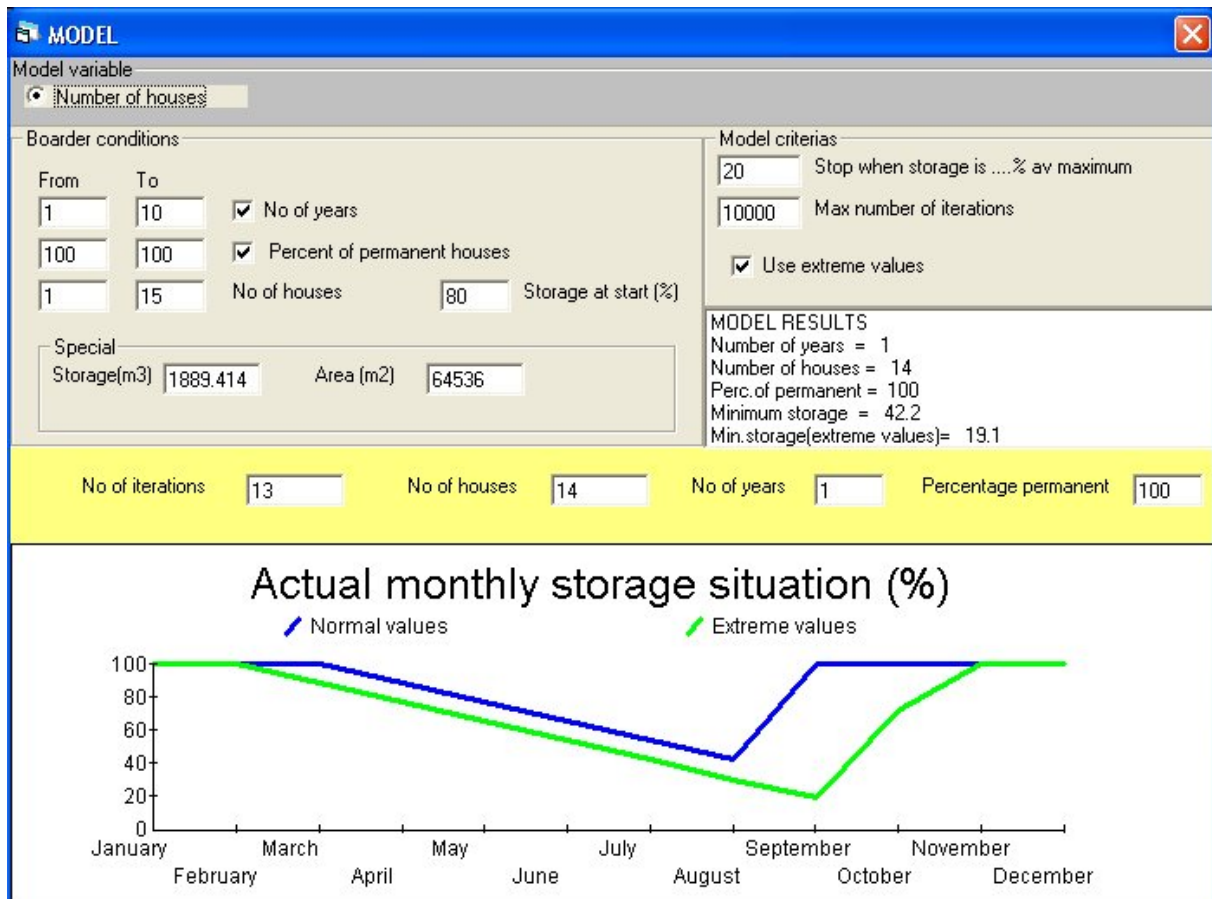
MODEL RESULTS

Modeling interrupted. Criteria not fitted with the actual settings.
 Total number of iterations = 10
 Number of houses = 20
 Percent of permanent houses = 100
 Number of modeling years = 10
 Minimum storage modeled (percentage of maximum)= 60.8
 Minimum storage(extreme values)= 45.1
 END MODEL RESULTS

Figur 14 Resultat från beräkning med GWBal, scenarie 1. Grundvattenbildning sker i det lokala delavrinningsområdet. Grundvattenlagrets utveckling under normalår (blått) respektive under torrår (grönt).

Scenarie 2: Endast själva planområdet bidrar till grundvattenbildningen

Beräkningen baseras på att hela grundvattenbildningsområdet utgörs av planområdet, dvs att det inte alls tillförs något grundvatten utifrån. Desutom antas att moränen i området är starkt lerig och knappast bidrar till grundvattenlagringen. Sammantagna arealen för möjlig grundvattenbildning är 6.4 ha, se **figur 11**. I Kvarnåns dalgång är jordlagren inte mäktigare än vad som faktiskt manuellt sonderats (utan att fast botten har nåtts). Scenariet är egentligen orealistiskt men syftar till att klarlägga antal fastigheter som bör tillåtas i området. Fördelningen av ytjordlager är: Berg 24.4%, Lera/silt 14.9%, Morän 60.7.



MODEL SETTINGS

From year no 1 To year no 10
From 100% to 100% permanent houses.
Maximum number of houses in the area = 15
Fill of storage at start = 80%
Maximum number of iterations = 10000
Normal and extreme climate values used in the modeling.
Extreme precipitation and normal evapotranspiration values used.

MODEL CRITERIA

Model stops when storage reaches 20% of maximum or if criteria conditions are not fitted.

MODEL RESULTS

Successful modeling which fits the criteria.
Total number of iterations = 13
Number of houses = 14
Percent of permanent houses = 100
Number of modeling years = 1
Minimum storage modeled (percentage of maximum)= 42.2
Minimum storage(extreme values)= 19.1
END MODEL RESULTS

Figur 15 Resultat från beräkning med GWBal, scenarie 2. Grundvattenbildning endast i planområdet. Grundvattenlagrets utveckling under normalår (blått) respektive under torrår (grönt).

Beräkningsresultat

Beräkningen i scenarie 1, dvs det mest realistiska, men fortfarande konservativa, scenariet där grundvattenbildning sker inom det lokala tillrinningsområdet visar att grundvattentillgången väl räcker för försörjning av de 15 tillkommande fastigheterna. Beräkningarna är dock medräknade existerande fastigheter inom närområdet. Under torrår återstår fortfarande 45% av grundvattenlagret och vid normalår mer än 60%.

Vid ett tillrinningsområde endast inom planområdet, med lerig morän och måttliga jordmaktigheter och relativt små grundvattenlager i Kvarnåns dalgång kommer området att kunna tillgodose 14 fastigheter under torrår och ca 20 fastigheter under ett normalår.

Vattenkemiska förhållanden

Vattenkemiska data

Vattenkemiska förhållanden kan påverkas av antropogena förhållanden eller naturliga variationer i marken. De antropogena förhållanden som främst skulle kunna påverka vattenkemin är:

- befintliga avloppsanläggningar norr och öster om planområdet
- jordbruk längs Kvarnåns dalgång
- avisnings- eller dammbindningsmedel på vägar
- skogsgödsling och markbearbetning söder om planområdet

De naturliga förhållanden som kan medföra en försämrad grundvattenkvalitet är bland annat:

- hög uran- eller radonhalt
- relik salt grundvatten
- hög halt av fluorid
- hög hårdhet

Att prediktera vattnets kemiska egenskaper är betydligt svårare än att bedöma tillgången på grundvatten. De flesta vattenkvalitetsproblem kan dock åtgärdas genom bland annat filterteknik och luftning.

Uppdraget har bestått av en genomgång av vattenkemiska data i området som funnits tillgängliga från brunnar i SGUs arkiv. Kemidata har erhållits från regionen, sammanlagt omkring 240 brunnar vilka använts som jämförelse. Dessa visas i **figur 17 och 18**. Det finns dock få kemianalyser tillgängliga i områdets direkta närhet.

De kemianalyser som påträffats har i allmänhet endast standardkomponenter och saknar huvudsakligen data om t ex uran och radon. Norrtälje kommun har dock en databas med radonhalter som också analyserats.

Slutligen har kemidata även framtagits ur en databas vid SGU som byggs upp i samband med ett nationellt grundvattenövervakningsprogram (Tillsynsprojektet). Detta omfattar 88-105 brunnar i regionen.

En bedömning av området har även gjorts utifrån RV-metoden (RiskVariabel-metoden) som är en statistiskt variabelbaserad metod som ursprungligen togs fram av undertecknad för

bedömning av risk för salt grundvatten (Lindberg & Olofsson 1997). Resultatet visas i **figur 19**.

Vattenkemi - resultat

En sammanställning av några kemiska komponenter i omkringliggande brunnar ges i **tabell 2**. Av tabellen framgår att vattnet har en vätekarbonathalt som är buffrande mot försurning och ett tämligen högt pH-värde. Dessutom är vattnet i många fall hårt eller i vissa fall mycket hårt. Detta är generellt för den typ av berggrund och jordarter som dominerar i norra delen av Stockholms län (urgraniter med inslag av amfibolit) och beror dels på kalcitfyllda sprickor, dels på kalkrika jordlager. Hårt vatten ger generellt en teknisk anmärkning till följd av risken för utfällningar i ledningar och installationer och uppskattningsvis 35% brunnarna får en sådan anmärkning. Halten av fluorid är måttlig till hög och bortåt 30% av brunnarna får anmärkning för förhöjd fluoridhalt (>1.3 mg F/l). I enstaka fall är halten så hög att vattnet klassas som otjänligt (Socialstyrelsen 2003).

Tabell 2 Sammanställning av data från närområdet i SGUs kemiarkiv. (sorter generellt i mg/l, konduktiviteten i mS/m) © SGU, medgivande 30-142/2009.

| Variable | Valid N | Mean | Median | Minimum | Maximum | Lower Quartile | Upper Quartile | Std.Dev. |
|----------|---------|-------|--------|---------|---------|----------------|----------------|----------|
| KMnO4 | 248 | 14.6 | 12.0 | 1.0 | 75.0 | 7.0 | 18.5 | 11.0 |
| COND. | 107 | 69.3 | 58.0 | 13.0 | 392.0 | 47.0 | 72.0 | 47.5 |
| pH | 248 | 7.6 | 7.6 | 6.0 | 9.3 | 7.3 | 8.0 | 0.5 |
| HCO3 | 248 | 300.6 | 295.0 | 55.0 | 839.0 | 254.5 | 340.5 | 84.1 |
| HARDNESS | 248 | 65.3 | 59.0 | 6.0 | 370.0 | 31.5 | 90.0 | 44.0 |
| Ca | 10 | 88.6 | 73.5 | 12.0 | 316.0 | 54.0 | 94.0 | 85.1 |
| Mg | 10 | 9.3 | 6.7 | 2.2 | 33.0 | 4.0 | 10.0 | 9.1 |
| Na | 10 | 128.9 | 73.0 | 5.5 | 500.0 | 18.0 | 156.0 | 156.5 |
| K | 10 | 7.1 | 5.1 | 2.8 | 21.0 | 3.1 | 9.6 | 5.6 |
| NH4 | 247 | 0.1 | -0.1 | -0.1 | 1.7 | -0.1 | 0.1 | 0.3 |
| NO3 | 248 | 0.2 | -2.0 | -4.4 | 39.0 | -2.0 | -2.0 | 6.0 |
| NO2 | 248 | 0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.5 | -0.0 | 0.0 | 0.1 |
| PO4 | 236 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | 3.1 | -0.1 | -0.1 | 0.2 |
| F | 246 | 1.1 | 0.8 | 0.1 | 7.3 | 0.5 | 1.4 | 1.0 |
| Cl | 248 | 51.2 | 20.0 | 2.0 | 1440.0 | 10.0 | 44.5 | 117.0 |
| SO4 | 205 | 31.3 | 25.0 | 3.0 | 180.0 | 18.0 | 41.0 | 21.1 |

Data från Tillsynsprojektet presenteras i **tabell 3**. Här finns även analyser av mikroorganismer. I några av brunnarna påträffades E-coli bakterier som tydligt påvisar påverkan från avlopp eller gödsel och i något fall är halten mycket hög.

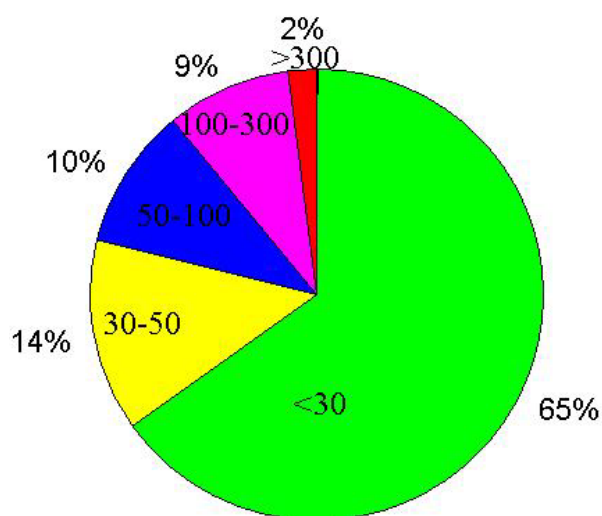
Halten av uran finns bara angivet från ett fåtal (9) av brunnarna. Det är dessvärre inte möjligt att veta om analyser av uran endast utförts när man misstänkt förhöjda uranhalter.

Medianhalten (14 µg/l) ligger nära gränsvärdet 15 µg/l och brunnar med höga uranhalter har påträffats.

Tabell 3 Sammanställning av data från Tillsynsprojektet. (sorter generellt i mg/l, uran i µg/l och bakterier i antal/100 ml) © SGU, medgivande 30-142/2009.

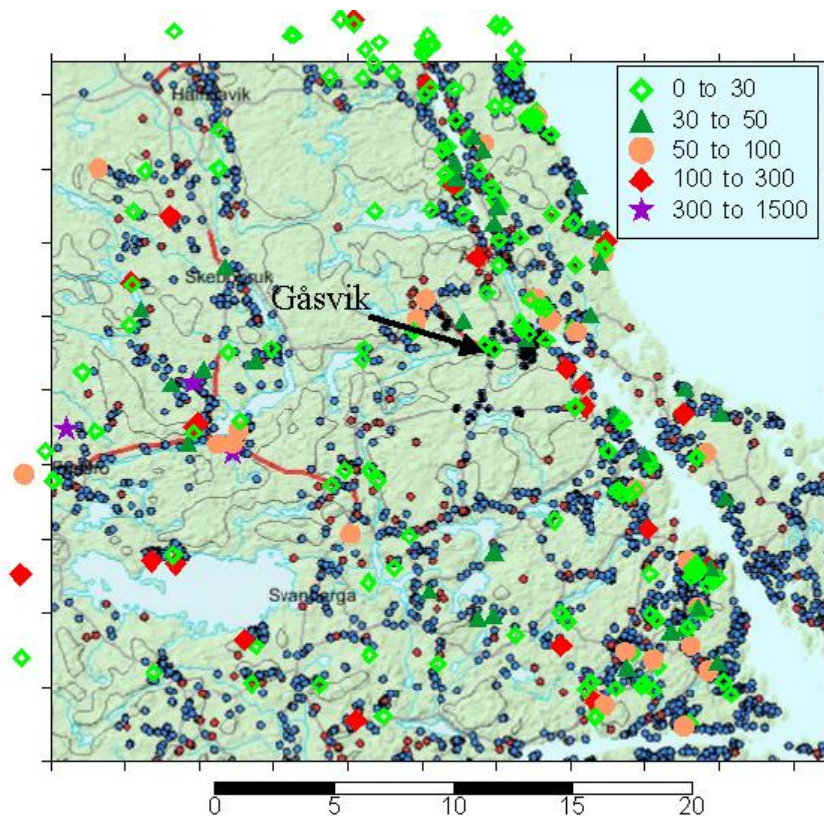
| Variable | Valid N | Mean | Median | Minimum | Maximum | Lower Quartile | Upper Quartile | Std.Dev. |
|----------------|---------|-------|--------|---------|---------|----------------|----------------|----------|
| ALK | 88 | 578.9 | 306.0 | 103.0 | 24400.0 | 272.0 | 354.0 | 2569.5 |
| CA | 88 | 65.2 | 65.0 | 0.5 | 160.0 | 34.0 | 92.5 | 37.6 |
| CL | 88 | 53.8 | 17.5 | 4.2 | 630.0 | 11.0 | 43.5 | 100.2 |
| COD_MN | 88 | 5.0 | 3.7 | <0.5 | 26.0 | 2.1 | 6.6 | 4.4 |
| E_COLI | 105 | 1.6 | <1.0 | <1.0 | 23.0 | <1.0 | <1.0 | 2.6 |
| KOLIFORMA_BAKT | 105 | 209.8 | 3.0 | <1.0 | 2400.0 | <1.0 | 73.0 | 534.7 |
| MG | 88 | 7.1 | 6.5 | 0.1 | 19.0 | 4.2 | 9.6 | 4.1 |
| NA | 88 | 67.7 | 48.5 | 2.1 | 370.0 | 19.0 | 92.0 | 68.7 |
| NH4 | 88 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| NO2 | 88 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| NO3 | 88 | 2.6 | 2.0 | 0.5 | 14.0 | 2.0 | 2.0 | 2.2 |
| PH | 88 | 8.2 | 8.3 | 6.2 | 8.8 | 8.1 | 8.5 | 0.4 |
| PO4 | 82 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| SO4 | 88 | 30.5 | 21.5 | 5.0 | 160.0 | 13.0 | 35.0 | 27.5 |
| U | 9 | 19.4 | 14.0 | 0.1 | 55.0 | 5.6 | 31.0 | 18.0 |

Av stor betydelse bedöms risken för att påträffa salt grundvatten. En sammanställning av kloridanalyser från kemiarkivet visar att området generellt har en risk för förhöjda kloridhalter och drygt 20% av brunnarna uppvisar förhöjda kloridhalter, **figur 16**.



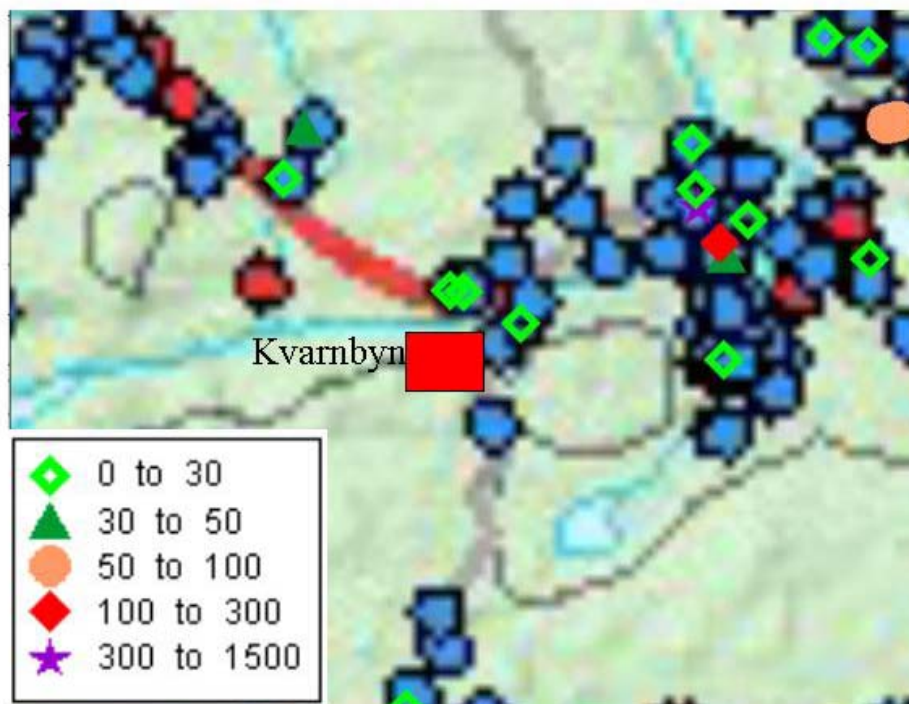
Figur 16 Fördelningen av kloridhalt(mg/l) i bergborrade brunnar i regionen. Data från SGUs kemiarkiv. © SGU, medgivande 30-142/2009.

Förhöjda kloridhalter (>50 mg Cl/l) påträffas spritt över regionen och halterna är undantagsvis över 1000 mg/l. Generellt gäller för denna del av Stockholms län att salt grundvatten kan återfinnas även hos relativt grunda brunnar. Det finns i datamaterialet från denna region ingen direkt koppling mellan brunnsdjup och salthalt. Medianhalten ligger kring 20 mg/l.



Figur 17 Fördelningen av kloridhalter(mg/l) i regionen. Totalt ca 320 brunnar ur kemi- och tillsynsarkiven. © SGU, medgivande 30-142/2009. De blå punkterna utgör samtliga brunnar ur brunnarsarkivet.

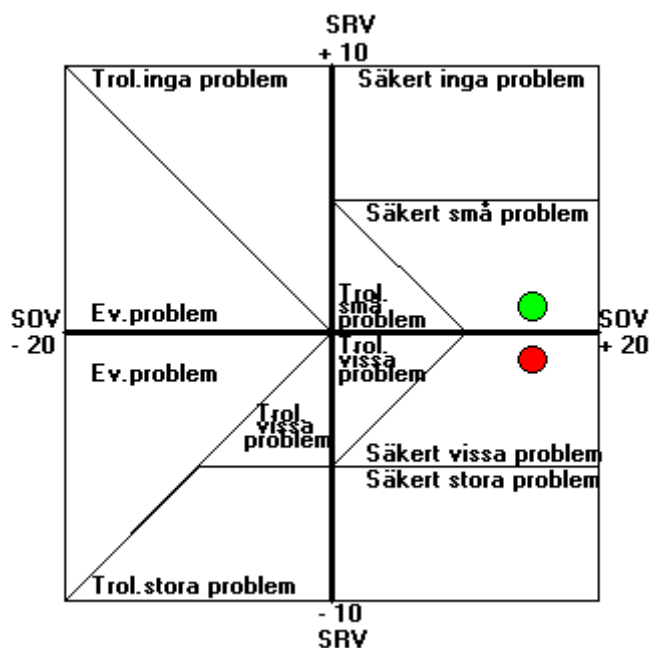
En detaljerad karta över närområdet visas i **figur 18**.



Figur 18 Kloridhalter(mg/l) i närområdet. Utdrag ur kemi- samt tillsynsarkivet vid SGU. De blå och röda bakgrundsprickarna visar tillgängliga data ur brunnarsarkivet. I endast ett fåtal av brunnarna finns således kemiska analyser sammanställda. © SGU, medgivande 30-142/2009.

Endast ett fåtal kemiska analyser finns från brunnar i närområdet. Dessa uppvisar dock i allmänhet låga kloridhalter. Enstaka brunnar med förhöjda kloridhalter påträffas dock i lågområdet kring Gåsvikssjön. Det finns således inga indikationer på att planområdet skulle vara avvikande från de genomsnittliga förhållandena i regionen.

Föreliggande studie omfattar även en klassificering av risk för salt grundvatten enligt RV-metoden (RiskVariabel-metoden). Enligt en GIS-analys med RV-metoden som tidigare utförts över stora delar av Norrtälje kommun (Lindberg & Olofsson 1987) har området en måttlig risk för salt grundvatten. En mer detaljerad studie har utförts manuellt och presenteras i **figur 19**.



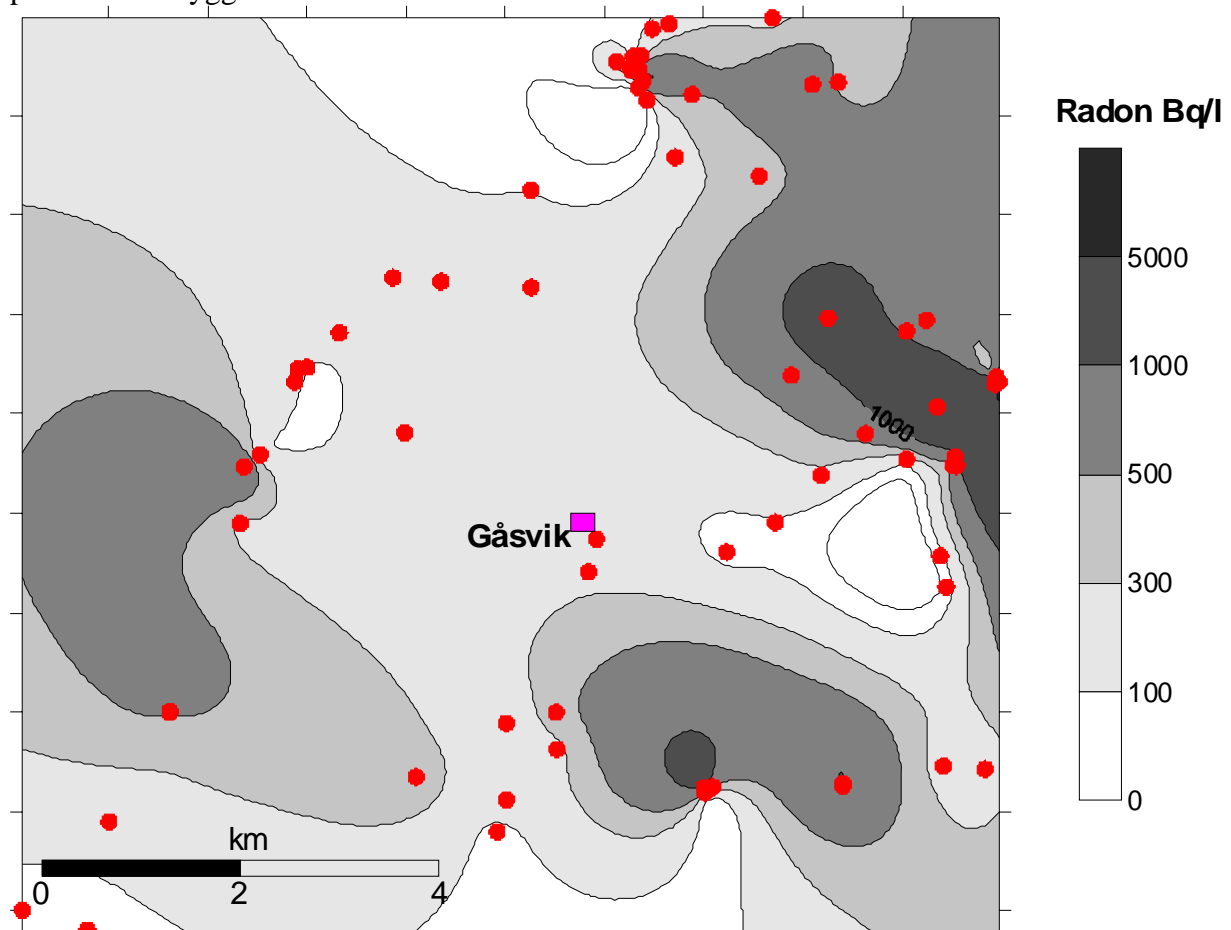
| Nr Variabel | Valt alternativ | Osäkerhet |
|--|--|-----------|
| 1 Nederbörd (mm) | 500-700 mm | Liten |
| 2 Topografi (maximal höjdskillnad i området) | 15-25 m | Liten |
| 3 Jordart | sandig-siltig-grusig morän | Måttlig |
| 4 Jordlagrens mäktighet | 1-3 m | Måttlig |
| 5 Regionala sprickzoner | Någon sprickzon | Liten |
| 6 Lokal sprickfrekvens | Måttlig (1 per 5 m - 1 per m) | Liten |
| 7 Ytvattenreservoarer | Inga ytvattenreservoarer | Liten |
| 8 Brunn djup | 40-70 m | Måttlig |
| 9 Markens exploateringsgrad | 1-2 hus/ha | Liten |
| 10 Lokalisering av uttagsbrunnarna | Brunnarna spridda över området | Måttlig |
| 11 Nivåläge för den specifika brunnen (% av max) | Används ej | Ej använd |
| 12 Sanitär standard | Mycket hög, vattentoalett, dusch, tvätt-och disk | Måttlig |
| 13 Avstånd till hav | >300 m | Liten |
| 14 Avstånd till väg som saltas | >100 m | Liten |
| 15 Avstånd till andra saltkällor (industrier, avfallsde) | >300 m | Måttlig |

Figur 19 Resultat från RV-metoden (för två scenarier) samt presentation av valda alternativ. Den gröna punkten antar att området gynnas av ett genomkorsande ytvattendrag medan den röda punkten inte tar sådana hänsyn

Gåsvik hamnar i den manuella RV-beräkningen nära nollvärdet för riskvärdet (SRV - slutligt riskvärde). Riskvärdet är i detta fall +1 till -1, dvs förekomst av salt grundvatten går inte helt

att utesluta, vilket stämmer överens med den allmänna bedömningen att området ligger inom ett större riskområde för salt grundvatten och att just det specifika planområdet inte speciellt avviker från de generella förhållandena i regionen.

Figur 20 visar resultatet från en statistisk analys av radonhalten i analyserade brunnar, baserad på kriging. Det finns tyvärr tämligen få analyserade brunnar i närområdet. Observera att i områden med få eller inga mätdata är den statistiska bedömningen inte giltig. Huvuddelen av alla analyserade brunnar får anmärkning för förhöjda radonhalter (>100 Bq/l) men det finns inte några brunnar i närheten med halter över riktvärdet (1000 Bq/l). Den översiktliga berggrundskartläggning som utförts visar att mindre områden med pegmatit återfinns i planområdet. Det går därför inte att utesluta att radonhalten är förhöjd även i det planerade bebyggelseområdet.



Figur 20 Radonhalt(Bq/l) i omgivningen. De röda punkterna utgör brunnar med angiven radonhalt. Analysen är gjord med kriging. Baserad på data från Norrtälje kommun.

Diskussion och slutsatser

Det är generellt svårt att göra en tillförlitlig avgränsning av ett tillrinningsområde i kristallint, heterogent och sprucket berg. Utgående från ytvattendelare har en grov avgränsning gjorts och beräkningar av grundvattenbalansen har utförts baserat på två scenarier.

Generellt gäller att de geologiska förhållandena i huvuddelen av området endast ger ett tämligen litet grundvattenlager eftersom berggrunden rymmer begränsade vattenmängder och

jordlagren är tunna och oftast icke-kontinuerligt vattenförande. Norra delen av området består dock av en tydlig och bred dalgång som även utgör en tektonisk zon i berget. De fältundersökningar som gjorts visar att denna dalgång troligtvis utgör en betydande grundvattenreservoar. Sprickundersökningar i planområdet visar dessutom att sannolikheten att bergborrade brunnar i planområdet kan stå i hydraulisk förbindelse med vattenreservoarerna i denna dalgång är stor. Grundvattenbalansen som är konservativt gjord, dvs gjord utifrån valda värden som hellre underskattar än överskattar reservoarernas storlek, visar att grundvattentillgångarna är fullt tillräckliga för den bebyggelse som planeras (15 fastigheter). Det går dock inte att utifrån denna undersökning klarlägga vattentillgångarna i en enskild punkt.

Genomgången av vattenkemiska data från regionen visar inte på avvikande förhållanden i relation till förhållandena i stora delar av Norrtälje kommun. En måttlig risk för ökad salthalt, liksom lokal förhöjning av radonhalt i enskilda bergborrade brunnar kan förekomma. Andra grundvattenkemiska problem som kan erhållas är hög hårdhet, hög järn- och manganhalt liksom förhöjd fluoridhalt. En stark rekommendation är att vattenkemisk analys görs i samband med konstruktion av brunnarna samt att även uran- och radonhalt analyseras.

Antingen kan en gemensam brunn anläggas i anslutning till områdets norra del eller så kan enskilda borrhade brunnar anläggas antingen vid varje fastighet eller, om kapaciteten blir hög, gemensamma brunnar för flera fastigheter. Ett större antal borrhade brunnar ger ett större utnyttjande av bergreservoaren och minskar risken för en alltför stor avsänkning i en enskild borrhpunkt.

Det är också viktigt att vid val av vattenförsörjningssystem även ta hänsyn till avloppshantering. En gemensam avloppslösning är närmast en förutsättning för vattenuttag ur enskilda borrhade brunnar i området. Om såväl gemensam avloppshantering som gemensam vattenförsörjning lokaliseras till den norra delen av planområdet bör utformningen av brunnen säkerställa att hydraulisk förbindelse ej uppkommer. Det ingår dock inte i uppdraget att detaljplanera vattenförsörjningen i området.

Referenser

- Carlsson, A & Olsson, T., 1981: Hydraulic properties of a fractured granitic rock mass at Forsmark, Sweden. SGU Ser C 783, Uppsala.
- Engqvist P. & Fogdestam, B., 1984: Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Stockholms län. SGU Ser Ah 6
- Lindberg, J. & Olofsson, B 1997: Risk för salt grundvatten - en studie med hjälp av GIS över delar av Norrtälje kommun. Rapport från Norrtälje kommun, SGU och KTH. Norrtälje kommun, 32 s.
- Persson, C., 1990: Beskrivning till jordartskartan Grisslehamn SV. SGU Ser Ae 105.
- Persson, C., 1997: Beskrivning till jordartskartan Norrtälje NV. SGU Ser Ae 122.
- Socialstyrelsen 2003: Försiktighetsmått för grundvatten. Allmänna råd. SOSFS 2003:17 (M).