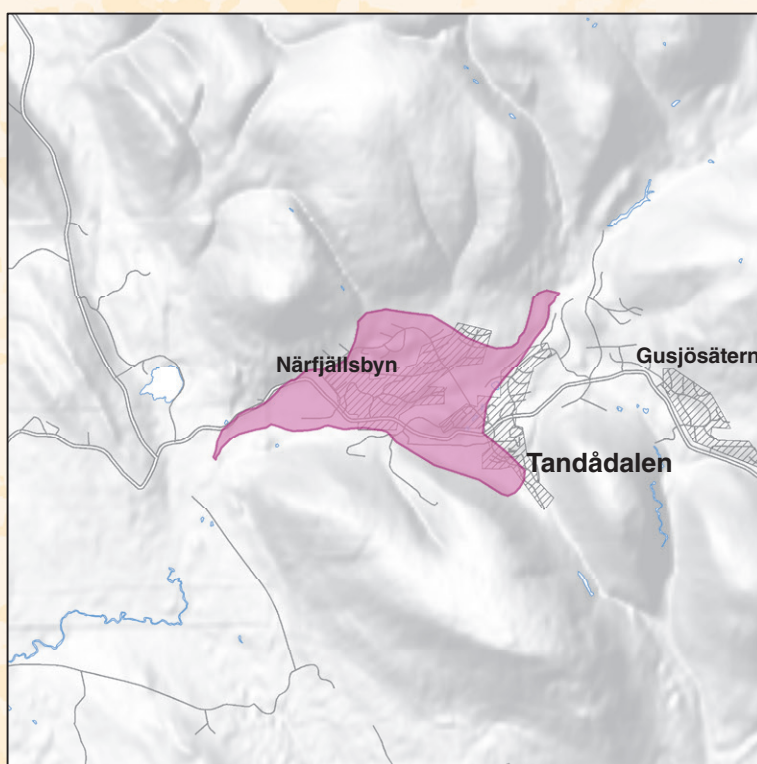


K 474

Grundvattenmagasinet Tandådalen

Emil Vikberg



SGU

Sveriges geologiska undersökning

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-272-7

Närmare upplysningar erhålls genom
Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

© Sveriges geologiska undersökning, 2015
Layout: Kerstin Finn, SGU

INNEHÅLL

Grundvattenmagasinet Tandådalen	4
Sammanfattning	4
Inledning	4
Bedömningsgrunder	4
Tidigare undersökningar	4
Kompletterande undersökningar	4
Terrängläge och geologisk översikt	5
Hydrogeologisk översikt	5
Grundvattenmagasin i isälvssediment	5
Grundvattenmagasin i morän	6
Anslutande ytvattensystem	8
Tillrinningsområde och naturlig grundvattenbildning	8
Uttagsmöjlighet	9
Dricksvattenuttag	9
Grundvattnets kvalitet	9
Modell över jordartsgeologin i Tandådalen – metodbeskrivning	10
Referenser	10
Övrig utredning	11

Bilaga 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinet

Bilaga 2

Karta över grundvattenmagasin med jordarter som bakgrund

Bilaga 3

Karta över bedömda uttagsmöjligheter

Bilaga 4

Karta över tillrinningsområden

Bilaga 5

Exempel på lagerföljder

Bilaga 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

GRUNDVATTENMAGASINET TANDÅDALEN

Författare: Emil Vikberg
Kommun: Malung-Sälens
Län: Dalarna
Vattendistrikt: Västerhavet
Databas-id: 250200004
Rapportdatum: 2014-01-17

Sammanfattning

Grundvattenmagasinet Tandådalen ligger i norra delen av Malung-Sälens kommun, i dalgången mellan Lill-Närfjället, Hundfjället och Flatfjället. Grundvattenmagasinet utgörs av både isälvssediment och morän. Den västra delen består dock enbart av isälvssediment. I den centrala delen av magasinet sker en övergång från isälvssediment till morän på ytan. Moränen kan här överlagra isälvssediment och även innehålla en hel del sorterat material som bidrar till att skapa komplexa lagerföljder. Mäktigheten på isälvssedimenten uppgår i medeltal till 20 m och de mer komplexa lagerföljderna med morän i ytan har jordmäktigheter uppemot 76 m. Moränen i området är genomsläpplig, vilket bidrar till att det råder goda uttagsmöjligheter för grundvatten även i områden utanför isälvssedimenten. Det är därför möjligt att inkludera delar av moränen i grundvattenmagasinet.

Magasinet används idag för allmän vattenförsörjning i Tandådalen, med ett årsmedeluttag på ca 12,5 l/s men med stora säsongsvariationer. De bedömda uttagsmöjligheterna i magasinet uppgår till minst 80 l/s.

Inledning

De arbeten som redovisas i denna rapport ingår i SGUs kartläggning av viktiga grundvattenmagasin i landet. Syftet är i första hand att skapa planeringsunderlag för vattenförsörjning, markanvändning och skydd av viktiga grundvattenförekomster. För många användningsområden, t.ex. vid upprättande av skyddszoner till vattentäkt, krävs som regel kompletterande undersökningar.

Undersökningarna har utförts under perioden 2011–2013 inom ramen för projektet ”Grundvatten Bottenhavet” (projekt-id: 83017). För kompletterande information om arbetsmetoder hänvisas till SGUs kundtjänst. Resultaten redovisas i kartform i bilagorna 1–4.

Bedömningsgrunder

Tidigare undersökningar

Undersökningar inför anläggandet av Tandådalens vattentäkt har genomförts i området. Geologisk och hydrogeologisk information, t.ex. kartor, utredningar och databaser (bl.a. SGUs brunnarsarkiv och källarsarkiv), har sammanställts och värderats. Ett urval av lagerföljdsuppgifter från olika utredningar har lagrats i SGUs databaser.

Kompletterande undersökningar

SGU har genomfört följande kompletterande fältundersökningar: georadarmätningar, källinventering, inventering av grundvattenrör och tyngdkraftsmätningar.

Två georadarmätningar i den centrala–östliga delen av magasinet har gett ett underlag för en översiktlig bedömning av jorddjup. Källinventering har genomförts i områdets västra och norra del, och grundvattenrör har inventerats inom hela grundvattenmagasinet. Exempel på lagerföljder från brunnborrningar och observationsrör i området redovisas i bilaga 5. Under våren 2013 genomfördes tyngdkraftsmätningar i området kring Tandådalen. Resultatet har använts för att ge en bild över jorddjupet i området. SGU har

upprättat en 3D-modell (bilaga 2) som har baserats på jordartskartan, georadarmätning, brunnsuppgifter samt tyngdkraftsmätning.

Grunddata från fältundersökningarna har lagrats i SGUs databas för grundvattenparametrar. En hydrogeologisk databas över det aktuella grundvattenmagasinet har upprättats med den insamlade informationen och med SGUs jorrdatabas som grund. I databasen ingår bl.a. data om tillrinningsområde, grundvattenbildning, vattendelare, strömningsriktningar och andra hydrauliska parametrar samt en bedömning av uttagsmöjligheterna i grundvattenmagasinet. Information om anslutande ytvattensystem har också lagrats in. Ett urval av denna information redovisas i denna rapport. Övrig information kan erhållas genom SGUs kundtjänst.

Terrängläge och geologisk översikt

Grundvattenmagasinet har avgränsats, både i isälvsedimentet och i moränen som har avsatts i dalgången vid Tandådalen. Magasinet är beläget på en nivå mellan 550 och 670 m ö.h. De fjällområden som omgärdar magasinet når upp till 900 m ö.h. Magasinets mäktighet i västra delen är i medeltal ca 20 m och består främst av sand och grus (Viak AB 1975).

Längst västerut förekommer torv i ytan, underlagrad av finkornigare material. Den centrala delen av magasinet består av grövre material (grus eller sten). Strax väster om Närfjällsbyn har isälven eroderat bort moränen och ersatt den med en sandur som till största delen består av grovt grus. Vid Närfjällsbyn blir jordmäktigheten större, i medeltal ca 30–40 m, och består främst av en löst lagrad, sandig morän utan de finaste fraktionerna. Moränen kan innehålla linser med isälvsediment (sand och grus) som har bildats innan den senaste isavsmältningen (Nelly Aroka & Gustaf Peterson, muntlig kommunikation, 2014). Lagerföljder från brunnborrningar (bilaga 5) visar att det kan finnas isälvsediment under moränen, främst i den västra delen av moränområdet.

Knappt en kilometer väster om Närfjällsbyn, vid den norra delen av Tandådalen, finns ett område med kamekullar som till stor del består av blockigt, kantigt material. Detta korttransporterade material har sitt ursprung i kanjoner norr om magasinet som har eroderats av glacialt smältvatten från tidigare inlandsisar.

Magasinet dräneras genom grundvattenutflöden i Södra Saldalsbäcken samt Stora Tandån. Dalgången dräneras via Stora Tandån mot väster och slutligen till Klarälven och Västerhavet. Berggrunden i området består av dalasandsten som ställvis är kraftigt uppsprucken på grund av den tidigare bergskedjeveckningen i området.

Hydrogeologisk översikt

Grundvattenmagasinet Tandådalen omfattar två olika jordarter, isälvsediment och morän. De två olika jordarterna anses utgöra en och samma hydrauliska enhet, utan några större skillnader i hydrauliska egenskaper. Avgränsningen har gjorts utifrån den av SGU uppdaterade jordartskartan (SGU 2013) samt information från de undersökningar som har genomförts inom projektet.

I den västra delen av magasinet finns en av SMHI utpekad ytvattendelare. Vattendelaren är även en grundvattendelare som observerats av SGU i arbetet med grundvattenkartläggningen. Vattendelaren skiljer Bottenhavets avrinningsområde från Västerhavets avrinningsområde (bilaga 2). Grundvattnets strömningsriktning i avlagringen följer i stort topografin och är i huvudsak riktad mot sydsydväst.

Grundvattenmagasin i isälvsediment

Den västra delen av grundvattenmagasinet består av isälvsediment. Magasinet avgränsas västerut vid Hundfjällskölen där avlagringen smalnar av och blir alltmer diffus. Den östra delen består av morän på ytan men förmodligen av komplexa lagerföljder med isälvsediment på djupet.

I den västra delen av isälvsedimentet har källor med flöden på 3–10 l/s inventerats. Vid källorna finns även vattendelaren som skiljer Västerhavets vattendistrikt från Bottenhavets vattendistrikt. I den centrala delen av isälvsedimentet har Viak AB (1975, 1987) gjort undersökningar inför anläggandet av den nuvarande vattentäkten. Jorddjupet är ca 20 m, varav den mättade zonen är ca 18 m. Den omättade zonens mäktighet varierar i området, men är förmodligen mindre i den västra delen och större i den östra delen av magasinsdelen med isälvsediment. En provpumpning utförd av Viak (1975) visar att transmissiviteten i isälvsmaterialet i medeltal är $1,0 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Uppgifter från undersökningen visar att magasinet har ett betydande grundvattenflöde, med en kort omsättningstid. Grundvattenytans gradient i områden ligger kring 2 %, med lutning mot sydväst. Tandådalen allmänna vattentäkt är belägen inom området med isälvsediment och den har ett medeluttag över året på ca 12,5 l/s och ett tillåtet maxuttag per dygn på 50 l/s. Vattentäkten försörjer de västligaste delarna av Sälenfjällen (Tandådalen och Hundfjället). Området med kamekullar ca 1 km väster om Närfjällsbyn ingår inte i grundvattenmagasinet.

Grundvattenmagasin i morän

Östra delen av grundvattenmagasinet består av morän på ytan. Moränen i området kan antas ha egenskaper som liknar isälvsediment (löst lagrad och grovkornig) vilket gör den ovanligt genomsläpplig för att vara morän. I de centrala delarna av magasinet tyder brunnborrningar i området på att det kan finnas isälvsediment under morän (borr-id 90622188 och borr-id 900090390) i bilaga 1. Enligt Nelly Aroka och Gustaf Peterson (muntlig kommunikation, 2014) kan det även finnas linser av isälvsediment i moränen.

Inom grundvattenmagasinet i moränen finns nio källflöden som enligt SGUs bedömning i fält ger ett sammanlagt flöde på 50–60 l/s. Flödet i källorna är relativt konstant över året, vilket indikerar ett större grundvattenmagasin. Den största källan, Stygggravenkällan (fig. 1), ger ca 15–25 l/s. Moränens karaktär med stora vattenmängder, mäktiga jordlager samt det faktum att det kan finnas isälvsediment på djupet, gör att moränområdet ingår i grundvattenmagasinet Tandådalen.

Uppgifter från SGUs databaser samt genomförda mätningar (bl.a. tyngdkraftsmätningar) visar att det finns stora jorddjup centralt i dalgången. Uppgifterna har sammanställts i en 3D-modell som tydligare åskådliggör områden med stora jordmäktigheter (fig. 2). Det är främst tre områden som tydligt framträder: ett strax väster om Stygggravenkällan, ett annat söder om Stygggravenkällan mot Stora Tandån och ett tredje på andra sidan Stora Tandån vid Fjällsåsen. I alla tre områdena visar brunnborrningar jorddjup ner mot 50–70 m, med vattenmängder i morän på uppemot 10 000 l/tim. I två av områdena finns det även en indikation på förekomst av isälvsediment under moränen.

Vid tre brunnborrningar i området Fjällsåsen (borr-id 906257639, 906257647 och 906257654) blev det stopp i jordlager på 30 m, 46 m respektive 51 m på grund av stora vattenmängder, vilket tyder på ett vattenförande skikt med god hydraulisk konduktivitet.

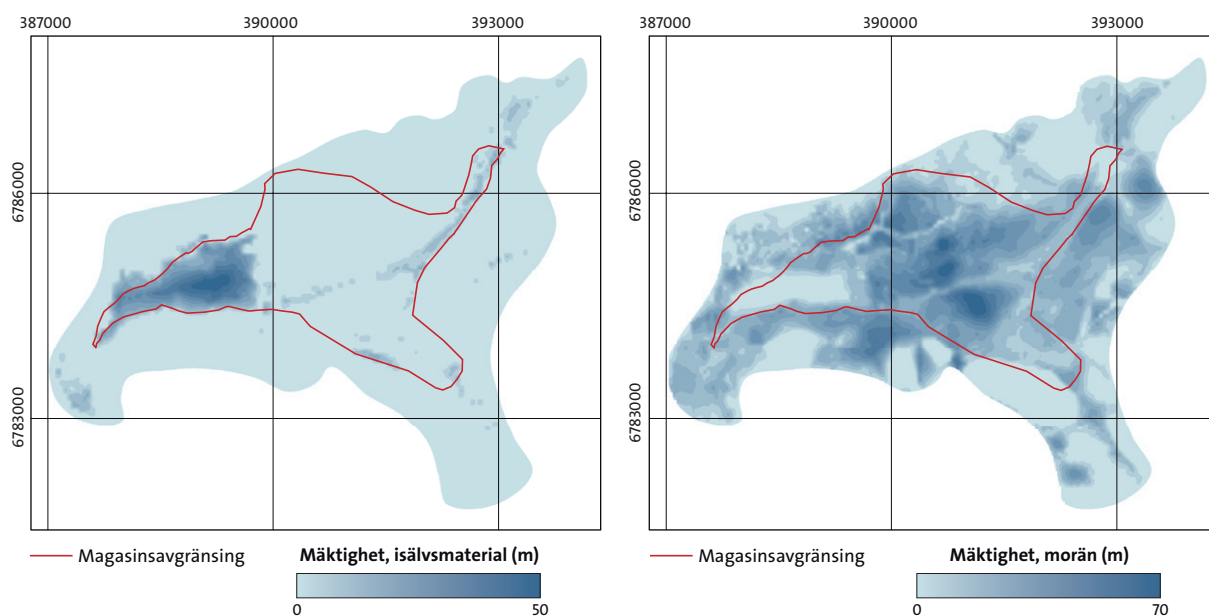
Orsaken till att Stygggravenkällan rinner fram kan vara den dolda bergsrygg som indikeras av en brunnborrning (borr-id 910635611) som visar ett jorddjup på 6 m. Bergsryggen antas löpa i nordostlig-sydvästlig riktning och kan antas skärma av grundvattenströmmen som kommer från fjället mot antingen isälvsedimenten eller Stora Tandån.

Den omättade zonens mäktighet varierar över magasinsområdet i morän men kan uppgå till 15 m i de norra delarna och i området kring Fjällsåsen. Den mättade zonens mäktighet uppgår här till 10–60 m. Mäktigheten är förmodligen något mindre i de östra delarna vid Orrliden. Den relativt mäktiga, omättade zonen indikerar att den översta delen av moränen är genomsläpplig. Grundvattenytans lutning i området ligger kring 5 %, med riktning mot sydväst. Lutningen är beräknad från grundvattennivåer redovisade i SGUs brunnarsarkiv. Anledningen till den lutningen kan vara att topografin faller mycket i området. Både topografin och grundvattenytan flackar sedan ut ned mot isälvsedimentet, vilket gör att grundvattenytan kommer närmare markytan.

I den nordöstra delen av magasinet förekommer ett flertal källflöden samt utströmningsområden i anslutning till Stora Tandån. Förmodligen sker ett utläckage från magasinet till Stora Tandån. Magasinet



Figur 1. Styggravenkällan i Tandådalen med ett flöde på 15–25 l/s. Foto: Emil Vikberg.



Figur 2. 3D-modell över jorddjup för isälvmaterial och morän i grundvattenmagasinet i Tandådalen, se även bilaga 7 för metodbeskrivning.

avgränsas i morän norrut, en bit ovanför de källflöden som rinner fram i moränen. Avgränsningen baseras på nivåuppgifter i SGUs brunnarsarkiv och resultatet från 3D-modellen. Förmodligen finns det ingen eller bara en liten mättad zon längre upp mot fjällsidan på Stor-Närfjället.

I dalgångens östra del finns en mindre isälvsavlagring som löper från Kalvtjärnen i söder och norrut utmed Hundfjällsbäcken. Den bedöms ansluta till den större isälvsavlagringen vid Fjällsåsen. Vid Fjällsåsen fortsätter avlagringen norrut bredvid Stora Tandån. Delområdets avgränsning baseras i huvudsak på den uppdaterade jordartskartan. Platsspecifika fältundersökningar saknas för delområdet, men utifrån erfarenheterna från både moränen och isälvsedimentets egenskaper i området kan det finnas medelgoda möjligheter till grundvattenuttag i området (5–25 l/s).

Berggrunden i Tandådalen består främst av dalasandsten. Det kan finnas ett betydande hydrauliskt utbyte mellan sandstenen och magasinet inom hela magasinet, främst genom läckage av grundvatten från sandstenen upp till jordlagren. Dalasandstenen i området kring Sälenfjällen är uppsprucken och kan vara väldigt vattenförande. Det översta lagret av sandstenen kan vara så pass uppsprucket att det till sammansättningen liknar grov morän.

Anslutande ytvattensystem

Det finns ett flertal anslutande ytvattendrag till magasinet. Det största vattendraget är Stora Tandån som rinner från magasinets nordöstra del genom magasinet och är det vattendrag som avvattnar hela dalgången västerut. Andra större vattendrag är Södra Saldalsbäcken och Hundfjällsbäcken. Det förekommer även flera mindre ytvattendrag som har sitt ursprung i de källor som rinner fram inom magasinet. Södra Saldalsbäcken har sitt ursprung i Styggravenkällan. Ytvattendragen bedöms i huvudsak vara dränerande och bidrar knappast under normala och naturliga förhållanden till magasinet i någon större omfattning. Vid perioder med låga grundvattennivåer kan det dock inte uteslutas att det kan ske en infiltration av ytvatten till grundvattenmagasinet, främst i de norra och centrala delarna av magasinet. Det förekommer en del mindre vattenansamlingar som kan antas stå i direktkontakt med grundvattnet, främst inom de östra delarna av området med isälvsediment.

Tillrinningsområde och naturlig grundvattenbildning

En stor del av tillflödet till magasinet sker från omgivande moränmark. Magasinet tillförs även vatten från den nederbörd som faller på magasinet. De omgivande moränområdena norr om magasinet dräneras i huvudsak via källflöden. Detta innebär att all effektiv nederbörd kommer att bilda grundvatten.

En grov uppskattning av den naturliga grundvattenbildningen som tillförs magasinet från tillrinningsområden redovisas i tabell 1. Man kan anta att ca 65 % av den totala grundvattenbildningen i de tertiära tillrinningsområdena tillgodogörs magasinet.

Tabell 1. Tillrinningsområden, grundvattenbildning och uttagsmöjlighet.

	Yta (km ²)	Dominerande jordtyp	Bedömt vattenflöde till magasinet (l/s)
Primärt tillrinningsområde	1,8	Grovjord (sand och grus)	27,2 l/s
Primärt tillrinningsområde	3,2	Morän	48,5 l/s
Tertiärt tillrinningsområde	26	Morän	256 l/s
Grundvattenbildning, grovjord (sand, grus)**	467 mm/år (14,8 l/s per km ²)		
Källflöden	Ca 60 l/s		
Bedömd uttagsmöjlighet inom magasinet	80 l/s		

* Bygger på ett genomsnitt att ca 65 % av effektiv nederbörd i de tertiära tillrinningsområdena infiltreras och tillgodogörs grundvattenmagasinet.

**Beräkningen av effektiv nederbörd grundas på klimatdata från perioden 1962–2003 för aktuellt område (Rodhe m.fl. 2006). Osäkerheten i det beräknade värdet är betydande.

För mer detaljerad information om tillrinningsområdena, se den hydrogeologiska databasen över området. Magasinets tillrinningsområde har avgränsats översiktligt (bilaga 3) och delats in i kategorierna primärt och tertiärt tillrinningsområde enligt principer som framgår av bilaga 6.

Uttagsmöjlighet

Uttagsmöjligheten som redovisas i tabell 1 är en grov uppskattning av hur mycket grundvatten som långsiktigt kan utvinnas med ett rimligt antal standardmässiga brunnskonstruktioner, fördelade på lämpliga platser inom magasinet. Observera att i stora magasin kan i många fall större mängder totalt tas ut om antalet uttagpunkter ökas.

Den största uttagsmöjligheten finns i den centrala och västra delen av magasinet och då främst i isälvsediment. I isälvsedimenten finns det grövre material som medger ett större grundvattenuttag. Uttagskapaciteten i magasinet bedöms uppgå till minst 80 l/s.

En del av grundvattenmagasinet är beläget i morän. Det saknas kunskap om större grundvattenuttag från detta moränområde. Vanligtvis kan det dock behövas flera brunnar i morän för att erhålla samma mängd grundvatten jämfört med brunnar i isälvsediment.

Inom moränområdet förekommer ett flertal källflöden som kan påverkas vid en större avsänkning av grundvattennivån. En avsänkning av grundvattennivån kan till exempel påverka de grundvattenberoende ekosystem som finns i området. Vid ett eventuellt uttag är det därför av stor vikt att kartlägga ekosystemen samt klargöra om en avsänkning av grundvattennivån kommer att påverka källflödena och på vilket sätt. Vid vår bedömning av möjlig uttagsmöjlighet har schablonmässig hänsyn tagits till källmiljöernas ekosystem och uttagsmöjligheten har satts till 80 l/s, trots att den torde vara väsentligt större. En noggrannare och mer platsspecifik bedömning behövs om ett uttag skulle komma att bli aktuellt i området.

Dricksvattenuttag

Grundvattenmagasinet används för allmän vattenförsörjning i Tandådalen. Uttaget i vattentäkten varierar under året, med betydligt större uttag under vinterhalvåret. Dagens uttag är i medeltal ca 12,5 l/s (1 090 m³ per dygn år 2010) för helår, enligt uppgifter i SGUs databas Vattentäktsarkivet. Uppgifter från det kommunala VA-bolaget, VAMAS, ger vid handen ett medeldygnsuttag i februari 2013 på ca 1 700 m³ per dygn, vilket innebär ca 20 l/s.

Antalet anslutna fritidsboende under högsäsong är ca 12 500 personer, men varierar stort under året. I västra delen kan mindre enskilda vattentäkter till fritidshus förekomma. Hela förekomsten har av länsstyrelsen ansetts som en bra resurs för området kring Tandådalen.

Grundvattnets kvalitet

Länsstyrelsen i Dalarna har i samband med statusklassificeringen av grundvattenförekomster i Malung-Sälens kommun provtagit grundvattentäkterna i kommunen. Provtagningen visar att grundvattnet är mycket jonfattigt och har låga halter av järn och mangan. Man kan inte se någon påverkan av klorid, vilket skulle ha kunnat indikera påverkan från vägsalt (Länsstyrelsen Dalarna 2013).

SGU har inom projektet provtagit ett källflöde i den norra delen av magasinet. Provresultaten visar på ett grundvatten med låga halter järn, mangan, kalium och kalcium samt en mycket låg alkalinitet. Vattnet från källan har ungefär samma halter av dessa ämnen som de som framkom vid en analys av råvattnet från Tandådalens vattentäkt. Grundvattnets sammansättning tyder på att halterna av vittringsbenägna mineral är låga i både jordlagren och berggrunden.

Vid en jämförelse mellan råvattnet i vattentäkten, i källan och i bergborrade brunnar vid Färdkällan visar det sig att det inte finns någon större skillnad på vattnets kvalitet. Alla tre proverna visar ett jonfattigt vatten med låga halter av järn och mangan. Utifrån resultaten kan man inte dra några slutsatser om

Tabell 2. Jordartspolygonerna slogs ihop för import till GSI3D.

Jordartskartan	GSI3D
Vatten	Vatten
Alla typer av torv	Torv
Älvsediment	Fluviala sediment
Isälvsediment + tunna lager av jordart på isälvsediment	Isälvsediment
Morän + tunna lager av jordart på morän	Morän
Berg + tunna jordarter på berg	Berg

varifrån grundvattnet i källan härstammar. Det sker inte någon större förändring i flödet under året, vilket indikerar att det inte enbart är ett ytligt grundvattenflöde.

Modell över jordartsgeologin i Tandådalen – metodbeskrivning

En tredimensionell modell av Tandådalens jordartsgeologi har utvecklats för att visualisera jordlagrens laterala utbredning på djupet. Modelleringen utfördes i programvaran Geological Surveying and Investigation in Three Dimensions (GSI3D, Kessler & Mathers 2004, Peterson 2014). GSI3D har använts framgångsrikt i ett flertal grundvattenundersökningar som indata till numeriska och konceptuella hydrologiska modeller och som visualiseringsverktyg för geologin i ett område (Kessler m.fl. 2007, Marchant m.fl. 2013, Mathers m.fl. 2012).

För att skapa en tredimensionell modell i GSI3D behövs tre former av indata: djupuppgifter i form av loggar, borrhål eller geofysik, en höjdmodell över området och en jordartskarta. De djupuppgifter som användes kommer från SGUs hydrologiska parameterdatabas och SGUs brunnsarkiv, vilka innehåller information om jordarternas kornstorlek och mäktigheter. Utöver detta användes två georadarprofiler, vilka sträcker sig från isälvsområdet i de centrala delarna och genom övergången mot morän norrut. I georadarprofilerna gick det överlag att urskilja bergöverytan och ställvis var det även möjligt att skilja mellan morän och isälvsmaterial.

Lantmäteriets nationella höjdmodell (Lantmäteriet 2010) användes som markyta i modellen och som överyta i alla tvärprofiler som konstruerats under modelleringen. Jordartskartans polygoner slogs ihop, baserat på bildningsmiljö, i grupperna torv, fluviala sediment, isälvsediment och morän (tabell 2).

Sexton geologiska tvärprofiler tolkades i området. Om möjligt drogs de genom punkter där det finns information om stratigrafin, till exempel en punkt med borrhålsinformation eller en georadarprofil. Dock går det inte alltid att få tillgång till säkra stratigrafiska data i alla delar av modellen. Detta medför att vissa sektioner behöver ritas utifrån enbart geologiska antaganden.

Polygonerna på jordartskartan visar de jordarter som förekommer vid markytan. Detta medför att vissa jordarter, ur ett strikt tvådimensionellt perspektiv, ser mindre ut än den verkliga utbredningen på djupet. För att beräkningen av modellen ska bli riktig behöver jordartskartan tolkas om till jordarternas verkliga utbredning. Beräkningen som utförs i GSI3D använder sig av de tvärprofiler som tolkats, den verkliga utbredningen av jordytorna och höjdmodellen för att framställa en tredimensionell utbredning för varje jordart. Utbredningen av isälvsmaterial och morän exporterades i form av kartor som visar respektive jordarts mäktighet.

Referenser

Kessler, H., Mathers, S. & Lelliott, M., 2007: *Rigorous 3D geological models as the basis for groundwater modelling*. Annual Meeting Geological Society of America. Three-dimensional geologic mapping for groundwater applications, Workshop, extended abstracts, Denver. <<http://nora.nerc.ac.uk/4129/1/kessler.pdf>>.

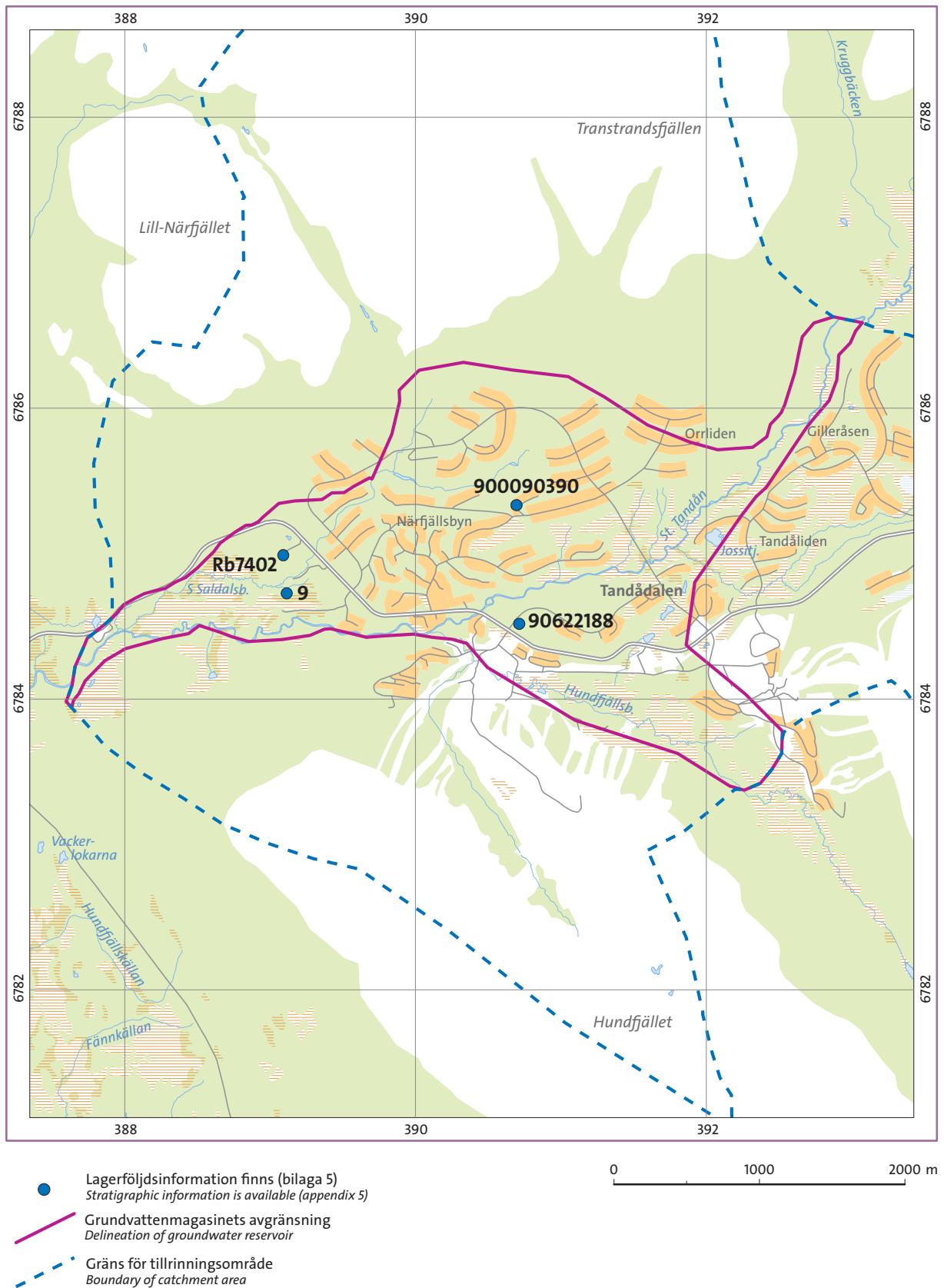
- Kessler, H. & Mathers, S.J., 2004: From geological maps to models – finally capturing the geologists vision. *Geoscientist* 14, 4–6.
- Lantmäteriet, 2010: *Produktbeskrivning: GSD-Höjddata, grid 2+*. <https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/produktbeskrivningar/hojd2_plus.pdf>.
- Länsstyrelsen Dalarnas län, 2013: *Grundvattenundersökningar i Malung-Sälens kommun 2012*. PM 2013:09. Länsstyrelsen Dalarna. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 9577, 46 s.
- Marchant, A.P., Banks, V.J., Royse, K.R. & Quigley, S.P., 2013: The development of a GIS methodology to assess the potential for water resource contamination due to new development in the 2012 Olympic Park site, London. *Computers & Geosciences* 51, 206–215.
- Mathers, S.J., Kessler, H., Macdonald, D.M.J., Hughes, A., Jackson, C. & Robins, N.S., 2012: The use of geological and hydrogeological models in environmental studies. *British Geological Survey, IR, 10/022*, 93 s.
- Peterson, G., Jirner, E., Karlsson, C. & Engdahl, M., 2014: Tredimensionella jordartsmodeller - programvara och metoder. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2014:33*, 18 s.
- Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C., 2006: Grundvattenbildning i svenska typjordar – översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. *Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, Report Series A No. 66*, 20 s.
- SGU, 2013: Jordarter – databas 1:50 000, Sälensområdet.
- Viak AB, 1975: *Malungs kommun, grundvattenundersökning i Tandådalen. Utvärdering av vattentillgången*. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 1107, 42 s.
- Viak AB, 1987: *Malungs kommun, Tandådalen, Vattentäkt Tandådalen*. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 6441, 12 s.

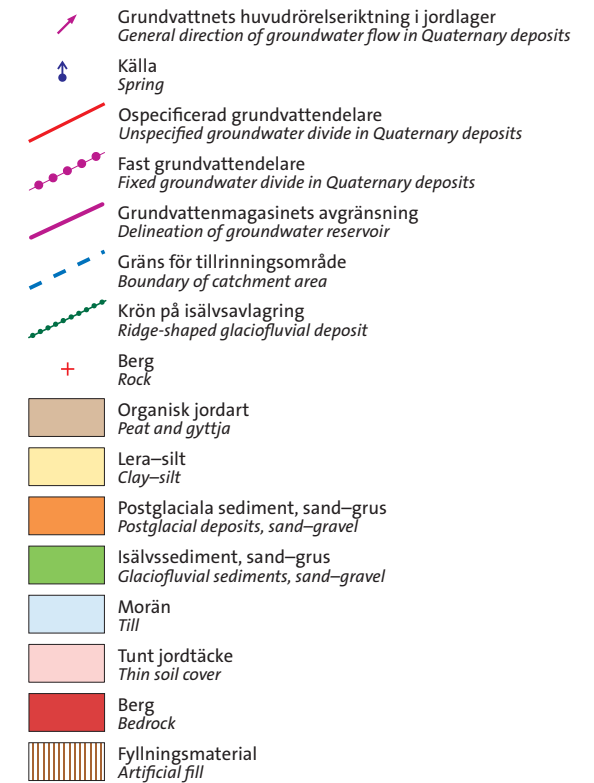
Övrig utredning

- SWECO Viak AB, 2006: *Malungs kommun. Tandådalen – vattenskydd. Förslag till reviderat vattenskyddsområde*. Referensnummer i SGUs register för grundvattenutredningar: 9590.

BILAGA 1

Undersökningar gjorda i grundvattenmagasinet





ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-272-7

.....

@ Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2015

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

Huvudkontor/Head Office:

Box 670	Tel: +46(0) 18 17 90 00
Besök/Visit: Villavägen 18	Fax: +46(0) 18 17 92 10
SE-751 28 Uppsala	E-post: sgu@sgu.se
Sweden	URL: http://www.sgu.se

Referens till kartan: Vikberg, E., 2015: Grundvattenmagasinet Tandådalen, Bil. 2. Grundvattenmagasin, skala 1:50 000, *Sveriges geologiska undersökning K 474*.
Reference to the map: Vikberg, E., 2015: Groundwater reservoir Tandådalen, Bil. 2. Groundwater reservoir, scale 1:50 000, *Sveriges geologiska undersökning K 474*.



- 

Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
General direction of groundwater flow in Quaternary deposits
- 

Ospecificerad grundvattendelare
Unspecified groundwater divide in Quaternary deposits
- 

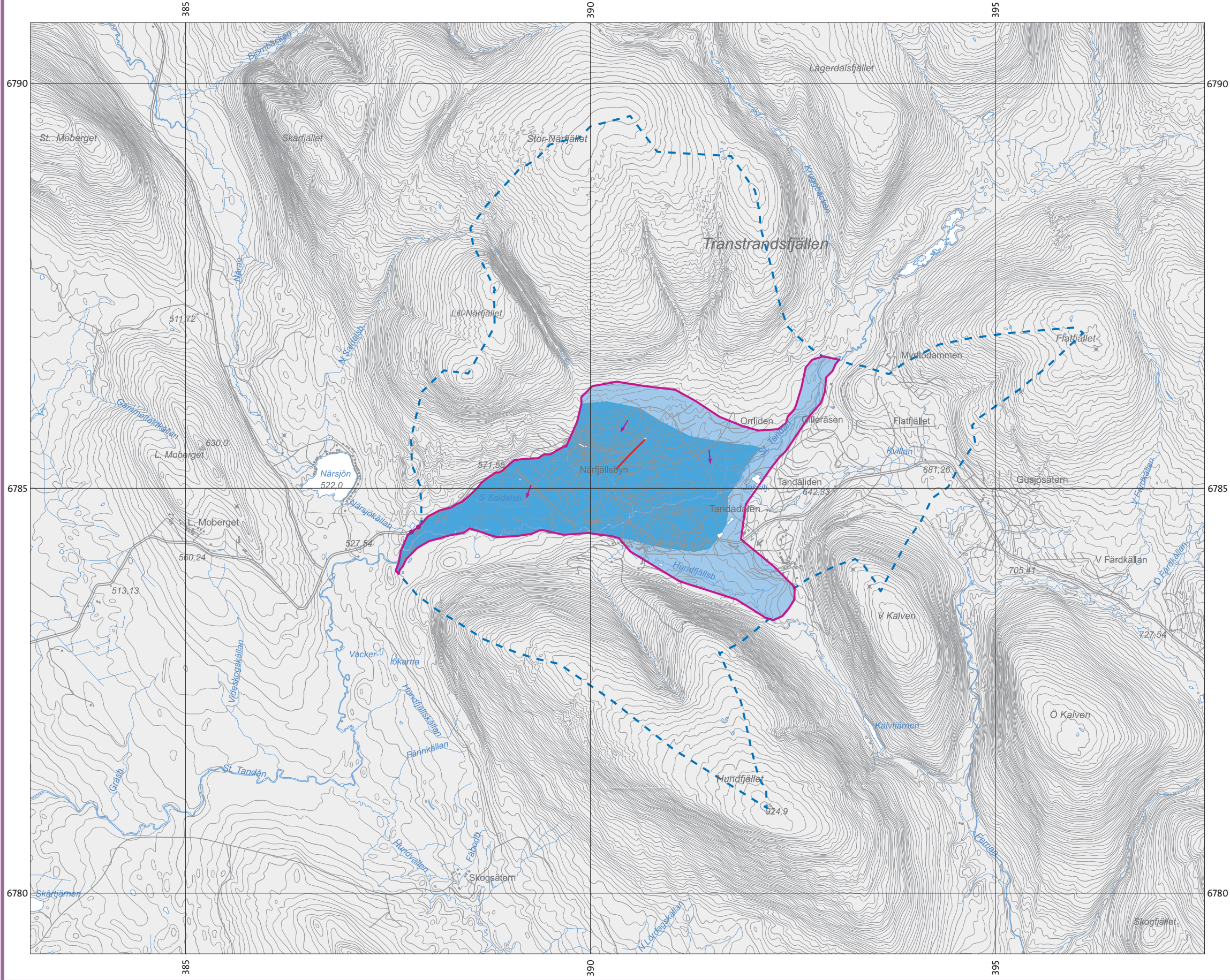
Fast grundvattendelare
Fixed groundwater divide in Quaternary deposits
- 

Grundvattenmagasinet avgränsning
Delineation of groundwater reservoir
- 

Gräns för tillränningsområde
Boundary of catchment area
- 

Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 5–25 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 5–25 l/s
- 

Bedömd uttagsmöjlighet ur grundvattenmagasinet 25–125 l/s
Estimated exploitation potential in the order of 25–125 l/s



Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.

Referens till kartan: Vikberg, E., 2015: Grundvattenmagasinet Tandådalen, Bil. 3.
Bedömda uttagsmöjligheter, skala 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning K 474.
Reference to the map: Vikberg, E., 2015: Groundwater reservoir Tandådalen, Bil. 3.
Estimated exploitation potential, scale 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning K 474.

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-272-7

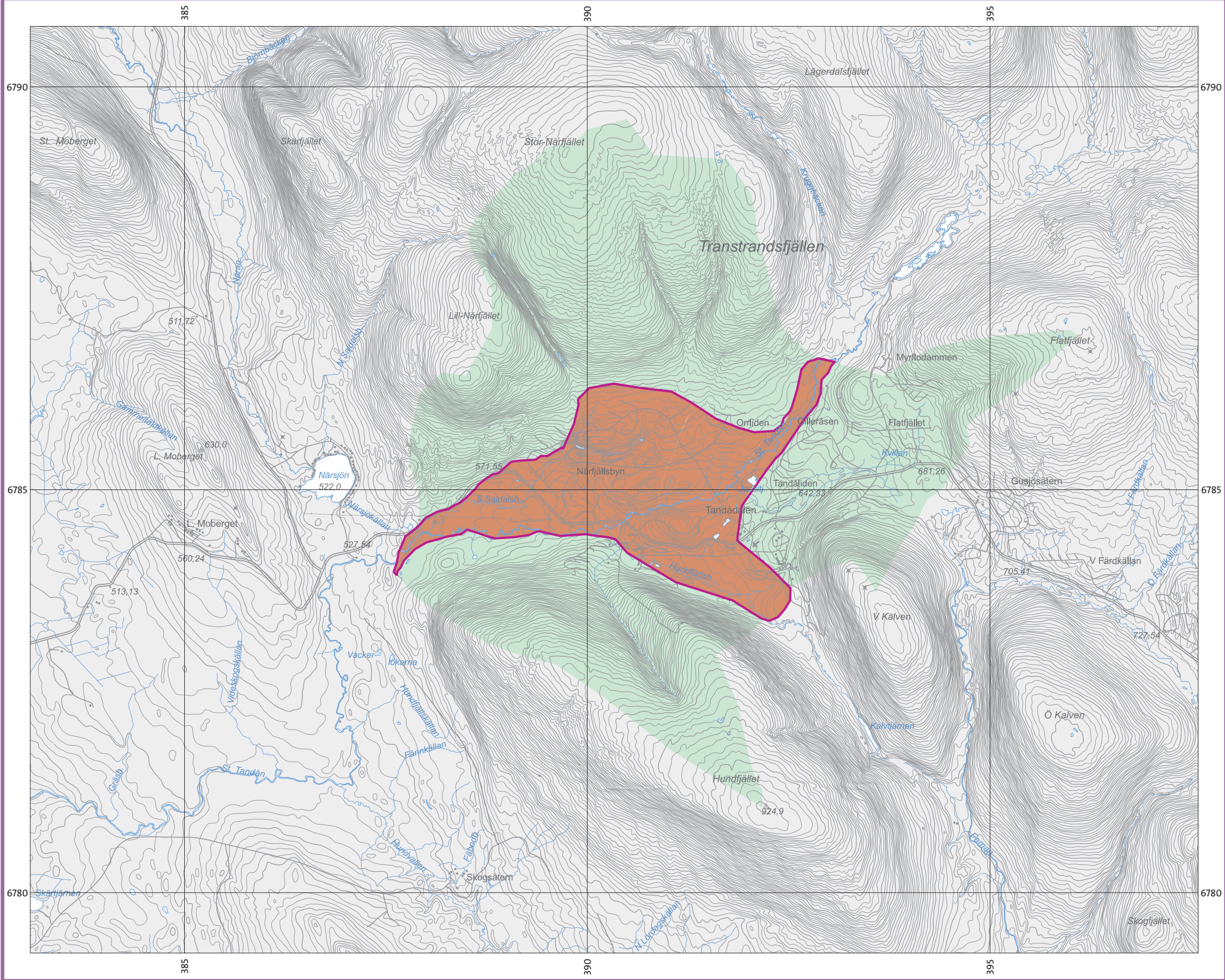
© Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2015
Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivande av denna karta.
Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.

Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
Fax: +46(0) 18 17 92 10
E-post: sgu@sgu.se
URL: <http://www.sgu.se>

0 1 2 3 4 5 km
Skala 1:50 000

- Grundvattenmagasinet
Delineation of groundwater reservoir
- Primärt tillrinningsområde
Catchment area (primary)
- Tertiärt tillrinningsområde
Catchment area (tertiary)

För förklaring av tillrinningsområden se bilaga 6.



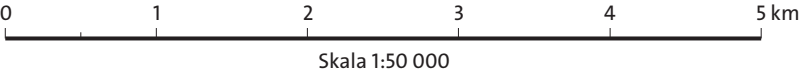
Kartans geologiska information finns digitalt lagrad vid SGU.
Topografiskt underlag: Ur Terrängkartan. © Lantmäteriet.

Referens till kartan: Vikberg, E., 2015: Grundvattenmagasinet Tandådalen, Bil. 3. Tillrinningsområden, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 474*.
Reference to the map: Vikberg, E., 2015: Groundwater reservoir Tandådalen, Bil.3. Catchment areas, scale 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 474*.

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-272-7

© Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2015
Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivande av denna karta.
Detta innefattar inte bara kopiering utan även digitalisering eller överföring till annat medium.

Huvudkontor/Head Office:
Box 670
Besök/Visit: Villavägen 18
SE-751 28 Uppsala
Sweden
Tel: +46(0) 18 17 90 00
Fax: +46(0) 18 17 92 10
E-post: sgu@sgu.se
URL: <http://www.sgu.se>



BILAGA 5

Exempel på lagerföljder

Beteckning: Rb7402

Databas-id: KBN2011112905

Typ: rödrivning

Läge: 6784 991N, 389 090E

0–2 m stenigt, sandigt grus

2–6 m stenig sand

6–8 m stenigt, sandigt grus

8–9,5 m stenig, grusig sand

9,5–10,5 m stenigt, sandigt grus

10,5–13,5 m stenigt, sandigt grus

13,5–17,5 m sandigt grus

Avslut: Block eller berg

Beteckning: 9

Databas-id: KBN2011112915

Typ: rödrivning

Läge: 6784 727N, 389 116E

2–12 m grus

12–16 m finsand

16–18 m siltigt grus

18–22,5 m grus

Beteckning: 900090390

Typ: brunnborrning

Läge: 6785 334N, 390 696E

0–28 m morän

28–40 m flytsand

40–76 m sand, grus

76–151 m sandsten

Beteckning: 90622188

Typ: brunnborrning

Läge: 6784 518N, 390 713E

0–15 m morän

15–31 m sand

31–46 m grus, krossat berg

46–150 m sandsten

BILAGA 6

Primära, sekundära och tertiära tillrinningsområden

Tillrinningsområde

Tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin är det område eller de områden varifrån nederbörd eller annat vatten kan rinna mot och tillföras magasinet. Tillrinningsområdets yttre gräns är ofta även gräns för det avrinningsområde (eller de avrinningsområden) som magasinet ligger inom.

I de fall mindre sjöar eller vattendrag ansluter till grundvattenmagasinet, ingår normalt hela deras avrinningsområden i magasinets tillrinningsområde. Stora avrinningsområden till anslutande sjöar och vattendrag inkluderas inte.

Tillrinningsområdet kan delas upp i primära, sekundära och tertiära delar, bl.a. beroende på om hela eller endast en del av den effektiva nederbörden kan tillföras magasinet.

Primärt tillrinningsområde	Primärt tillrinningsområde till ett grundvattenmagasin är den del eller de delar av tillrinningsområdet där grundvattenmagasinet går i dagen och där hela eller den helt dominerande delen av den effektiva nederbörden tillförs grundvattenmagasinet.
Sekundärt tillrinningsområde	Sekundärt tillrinningsområde till ett grundvattenmagasin är de delar av tillrinningsområdet där grundvattenmagasinet inte går i dagen och varifrån hela eller den helt dominerande delen av den effektiva nederbörden bedöms tillföras magasinet.
Tertiärt tillrinningsområde	Del eller de delar av tillrinningsområdet till ett grundvattenmagasin varifrån endast en del av den effektiva nederbörden tillförs magasinet. Till det tertiära tillrinningsområdet räknas t.ex. markområden ovan eller vid sidan av grundvattenmagasinet, varifrån läckage av vatten till magasinet sker eller bedöms kunna ske under särskilda betingelser (avsänkning av grundvattennivån eller punktering av tätande lager genom markarbeten eller dylikt).