

UNDERSÖKNING AV KALCIUMKARBONATFÖREKOMSTEN I VOMBFÄLTET

Occurrence of Calcium Carbonate in the Infiltration Area in the Water Treatment Installation Vombverket

av SANDRA ANDERSSON¹, PER MÖLLER¹, LINDA PARKEFELT^{2,3}, KENNETH M PERSSON^{2,3}

1 Geologiska institutionen, Sölvegatan 12, Lunds universitet

2 Sydsvatten AB

3 Sweden Water Research AB

e-post: saandraandersson@gmail.com



Abstract

In a study of the neutralization capacity and limestone content the artificial recharge area of the Sydsvatten waterworks Vombverket in Vomb, Skåne, five samples from different locations in the area was collected, sieved and acidified with hydrochloric acid. The neutralization capacity measured as calcium carbonate content was found to vary in the different sandy soil samples but was generally high (about 2–14 % by weight). The total mass of calcium carbonate in the infiltration area was determined taking into account the volume and density, i.e. possible porosity of the soil. There is at least equal to 4.3 million tons of calcium carbonate present in the infiltration area. This corresponds to a neutralization capacity of 88×10^9 moles in the study area. The annual limestone dissolution in the area is about 750 tons. The limestone content in the area is generally high and has a good ability to buffer also more acidic water than water from Vombsjön. At present limestone consumption, the neutralization capacity lasts for at least 5700 years.

Key words – Lake Vombsjön, neutralization capacity, artificial recharge, limestone dissolution, calcium

Sammanfattning

I en studie av neutralisationskapaciteten och kalkstenshalten i Sydsvattens infiltrationsområde vid Vomb har fem prover från olika platser i fältet samlats in, siktats och surgjorts med saltsyra. Neutralisationskapaciteten mätt som kalciumkarbonathalt befanns variera i de olika sandproverna men var generellt hög (ca 2–14 % som vikt). Den totala massan av kalciumkarbonat i infiltrationsområdet bestämdes med hänsyn till volym och densitet, dvs. möjlig porositet i jorden. Resultatet blev att det finns motsvarande åtminstone 4,3 miljoner ton kalciumkarbonat i infiltrationsområdet. Neutralisationskapaciteten för infiltrationsområdet beräknades från den totala mängden kalciumkarbonat i infiltrationsområdet med resultat att knappt 88×10^9 mol syra kan neutraliseras i det studerade området. Årligen förbrukas ca 750 ton kalksten från jordlagren i infiltrationsområdet. Karbonathalten i området är generellt hög och har en bra förmåga till att buffra också ett surare vatten än vatten från Vombsjön. Vid nuvarande kalkstensförbrukning räcker neutralisationskapaciteten i cirka 5700 år.

Inledning

Vombsjön ligger i Skåne, ca 20 km öster om Lund och utgör en av Sydsvattens vattentäkter för produktion av dricksvatten för anslutna kommuner (Fig. 1). Vombsjön har en yta på 12 km² och har ett avrinningsområde

på 447 km². Sydsvatten har genom vattendom rätt att pumpa ut 1 500 liter per sekund, men normaluttaget är idag på ca 1 000 liter vatten per sekund ur Vombsjön (Sydsvatten, 2013). Vattnet tas ut via två intagsledningar in i Vombverket som ligger ca 5 km från Vombsjön. Vattnet leds till Vombverkets 54 infiltrationsdammar. I



Fig. 1. Karta över två av Sydvattnens vattentäkter och lokalisering av Vombverket (Länstyrelsen, 2014 och Sydvattnen, 2013).

dammarna infiltreras vattnet ned genom isälvavlagringar av sand och grus till det naturligt underliggande grundvattenmagasinet. Efter infiltration och transport genom isälvavlagringarna pumpas vattnet upp via 120 brunnar belägna kring infiltrationsdammarna för att därefter ledas in i själva vattenverket för slutbehandling. Vombverket producerar i slutändan ca 900–1000 liter dricksvatten per sekund som leds ut i företagets distributionsnät (Sydvattnen, 2014).

I botten av infiltrationsdammarna ligger konstgjorda filterbäddar. När vattnet infiltreras ned genom dessa filterbäddar och underliggande isälvavlagringar genom en luftad (omättad) zon till grundvattenmagasinet avlägsnas oönskade ämnen och föroreningar. Det föreligger en farhåga för att markens buffringsförmåga med tiden kommer att minska, på grund av surt infiltrerande vatten, vilket kan leda till att de naturliga processerna inte kommer fungera lika effektivt och till slut upphöra att buffra vattnet. Markens buffringsförmåga beror helt och hållet på kalciumkarbonathalten i och kring infiltrationsområdet, samt kalciumhalten i det infiltrerande vattnet (Göran Hanson, 2000).

Syftet med föreliggande arbete är att utreda om jordlagren inom infiltrationsområdet på Vombverket har en kalciumkarbonathalt som ger en tillräcklig buffringskapacitet för att klara av ett framtida vattenintag med ett lägre pH, strax under 7 pH. Därför har mängden kalciumkarbonat i jordlagren undersökts inom infiltra-

tionsområdet på Vombverket. Det vatten som för närvarande infiltreras har ett pH på 7–8. För att undersöka buffringsförmågan har jordprover insamlats för bestämning i vilken kornstorleksfraktion som kalciumkarbonathalten är störst och en vidare beräkning av totala mängden kalciumkarbonat i området. Vidare har neutralisationskraften av jordlagren inom infiltrationsområdet bestämts. Slutligen har en beräkning av den årliga kalciumkarbonatförbrukningen uppskattats baserad på data från en vattenkvalité undersökning från 2005–2007 i området. Resultaten har jämförts med den totala kalciumkarbonathalten som har bestämts inom infiltrationsområdet.

Bakgrund

Vombverket använder sig av så kallad konstgjord infiltration, även kallad bassänginfiltration (Hanson, 2000). I Vombsjön pumpas 1 000 liter vatten per sekund upp och passerar mikrosilar genom de två intagsledningarna på sin väg till infiltrationsdammarna. Mikrosilarna filtrerar ut t.ex. vass och partiklar. Vattnet leds via intagsledningarna in i infiltrationsdammarna som är totalt 54 till antalet med en sammanlagd yta av 400 000 m². Vattnet infiltreras sakta ned i marken, som består av isälvavlagringar av sand och grus, ned till det naturliga grundvattenmagasinet, varvid vattnet renas på vägen ner genom

marklagren i främst den omättade, men även i den mättade zonen. Vattnet pumpas sedan upp ur någon av de 120 uttagsbrunnarna. Vattnet har därmed uppehållit sig i grundvattenzonen i 2–3 månader. Från grundvattenbrunnarna pumpas vattnet in i vattenverket, där luftning, avhärdning och filtrering används före slutdesinfektion och distribution. Därefter pumpas det färdiga dricksvattnet ut till kunderna genom högttryckspumpar (Sydvatten, 2014). Fig. 2 visar hela beredningskedjan av vattnet genom Vombverket.

Vombsjön

Vombsjön är en slättsjö som är geografiskt belägen i de tre kommunerna Eslöv, Lund och Sjöbo och tillhör vattendistriktet Södra Östersjön. Sjön har ett djup på max 15 m och tillrinningsområdet för sjön består mestadels av åkermark vilket bland annat har lett till att sjön är mycket näringsrik (hypertrofisk) (Länsstyrelsen i Skåne Län, 2012). Vombsjön har ett pH på 7–8 och är därmed karaktäriserad som en neutraliserad sjö. Den har använts som drickvattentäkt sedan 1948, först för Malmös och Lunds vattenförsörjning, men med tiden för hela det södra området i Sydvattnetsystemet. Vombsjön är angiven som värdefullt nationellt vatten och är en betydelsefull rastlokal för fåglar samt en allmän badplats (Länsstyrelsen i Skåne Län, 2012).

Geologi

Vombverket ligger på Vomb-Sjöbofältet vilket utgörs av flackt liggande isälvavlagringar. Sedimenten i ytan av fältet består av sand och grusig sand, och vissa delar av fältet har ett ytlager av flygsand och/eller är stenförande. Västra delen av fältet, vid Vombsänkan där Vombverket

är beläget, ligger på 25–30 m ö.h. Den östra delen ligger på ca 60 m ö.h., den västra delen befinner sig 30–35 m lägre än den östra. I den västra delen av området finns tydliga terrasser och hak i området. De översta 10–15 m av avlagringen består av sand och grusigt sand som därefter är underlagrat av omväxlande lager av silt, lera och sand ned till 20 m under markytan (Daniel, 1999). Sedimentprover från södra delen av infiltrationsområdet har en bergsammansättning med ca 60 % urberg (prekambriska bergarter), ca 9 % sandsten, ca 6 % alunskiffer, ca 10 % lerskiffer, ca 10 % paleozois kalksten samt ca 5 % kritbergarter (Daniel, 1999). Infiltrationsområdet vid Vombverket har karterats som tre olika jordlagerheter: (i) isälvavlagringar i allmänhet (isälvavlagringar med grov, växlande eller ofullständigt känd sammansättning), (ii) issjösediment samt (iii) sand med ett tunt ytlager av torv. Största delen av området där infiltrationsdammarna är belägna betecknas som (i) isälvavlagringar i allmänhet (Sveriges geologiska undersökning, 1989). Jordartskartan över området för infiltrationsområdet indikerar att området består av homogena isälvavlagringar (Fig. 3). Isälvavlagringarna på platsen har bildats genom att smältvattnet från inlandsisen samlades i isälvar inuti isen i form av tunnlar i olika storlekar. Dessa ledde vatten fram till inlandsisens reträterande front där de grövre materialen som transporterades med smältvattnet avsattes framför istunnlarnas mynningar, medan de finare materialen avsattes längre bort från mynningarna. Sedimenten avsatta framför isfronten har huvudsakligen karaktär av så kallade sandurplan (Daniel, 1999). I Vombsänkan lämnades bitar av is kvar som så kallad dödis, vilken blev inbakade i avsatta sediment. När isblocken slutligen smält bort har dessa lämnat spår efter sig som dödishålor, som idag är mer eller mindre stora sjöar (Daniel, 1999).

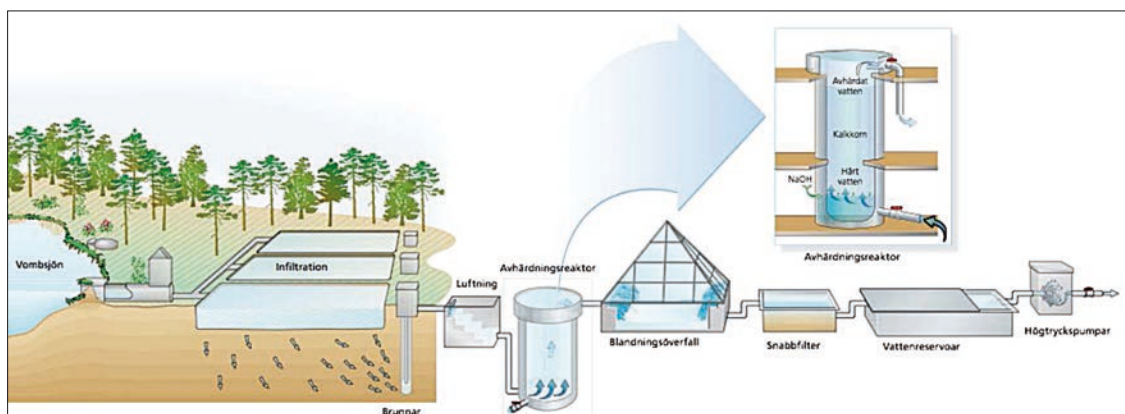


Fig. 2. Vattenberedningen i Vombverket (Sydvatten, 2014).

Hydrogeologi

Området sydväst om Vombsjön, där Vombverkets infiltrationsområde är placerat, består av isälvsavlagringar med en mediankapacitet på >60 000 liter per timme, vilket är en mycket hög uttagskapacitet (Fig. 4). Hydrauliska konduktiviteten ligger på 0,001 m/s och upp till 0,002 m/s i vissa områden av infiltrationsområdet (Håkansson och Sjöberg, 2006). Grundvattenmagasinet som har byggts upp i isälvsavlagringarna utgör en porakvifär. Denna akvifär har utvecklat en grundvattendelare i nordvästlig-sydöstlig riktning (Fig. 4). Grundvattenflödet vid Vombverket rör sig i en sydvästlig riktning, medan grundvattnet norr om grundvattendelaren har en motsatt rörelseriktning (Sveriges geologiska undersökning, 2000). Infiltrationsområdet bildar på djupet en öppen akvifär, med stor magasineringsförmåga (Håkansson och Sjöberg 2006). Grundvattennivån inom Vombverkets infiltrationsområde ligger mellan 3–5 m under markytan (muntligt Fridström). Grundvattenkvalitet i infiltrationsområdet bestäms bl.a. genom halterna av kalcium, magnesium och alkaliniteten mm. Den sammanlagda halten av magnesium och kalcium bildar grunden till den så kallade totala hårdheten (Ca+Mg) i vattnet. Grundvattnet vid Vombverkets infiltrations-

dammar har en relativt hög kalciumhalt på ca 70 mg Ca/l och magnesiumhalten ligger kring 5,7 mg Mg/l. Hårdheten ligger kring 12–12,5 tyska hårdhetsgrader (°dH). Alkaliniteten HCO_3 ligger på >150 mg HCO_3/l , (Gustafsson, 2005).

Buffring vid konstgjord infiltration

Reningsprocessen vid konstgjord infiltration skiljer sig från naturlig infiltration genom att infiltrationsmängden är större än vid naturlig infiltration (nederbörd) och att reningen i konstgjord infiltration sker först genom filterbäddar (filterhud) och sedan genom den naturliga reningsprocessen i de befintliga jordlagren. Filterbädden är ett utjämnande lager av jämnkornig mellansand, grusigt sand och fingrus (även så kallat filtersand) placerad över hela botten av infiltrationsbassängen. Detta lager skapar jämna infiltrationsförhållanden i bassängen och är viktig för reningsprocessen (Hanson 2000). När yrvattnet infiltrerar ned i marken genom infiltrationsbassängerna förs det vanligtvis med mer organiskt material än vad det gör vid naturlig infiltration. Det organiska materialet utgörs bl.a. av växt- och djurplankton, som ej blivit avskilda i mikrosilarna från det uppumpade Vombsjövattnet, från de omkringliggande markerna samt från

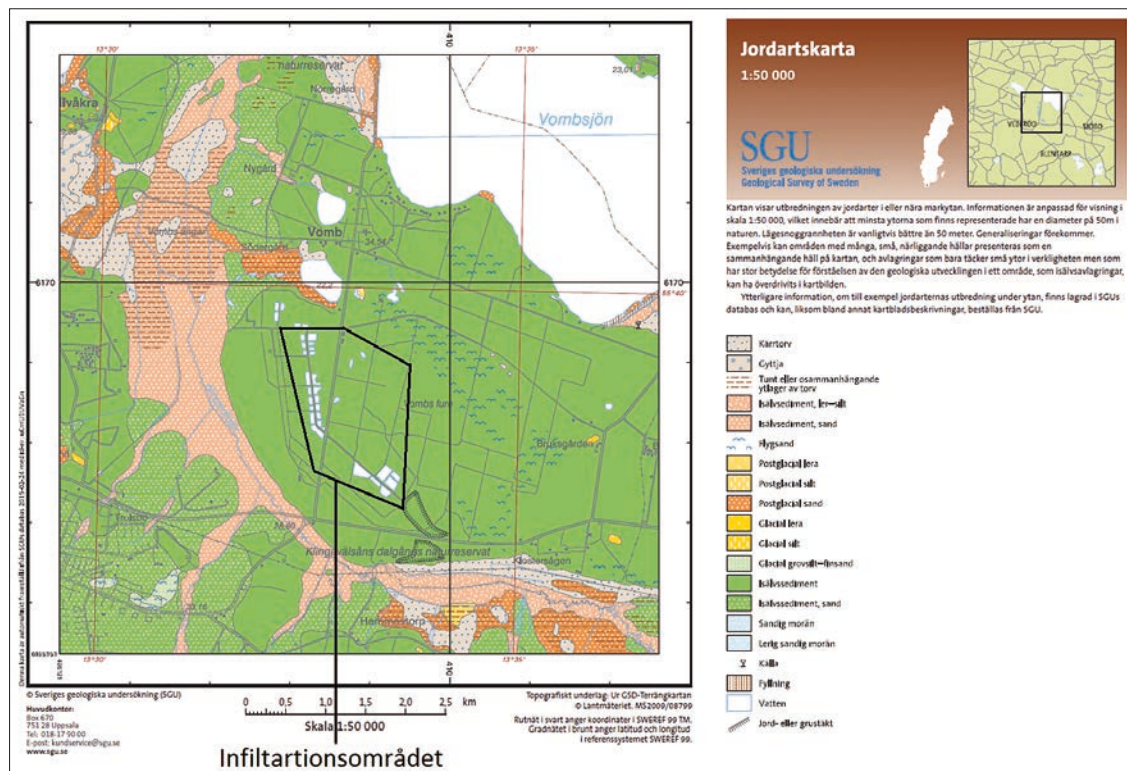


Fig. 3. Jordartskarta över sydvästra Vombsjöområdet (©Sveriges geologiska undersökning, 2015).

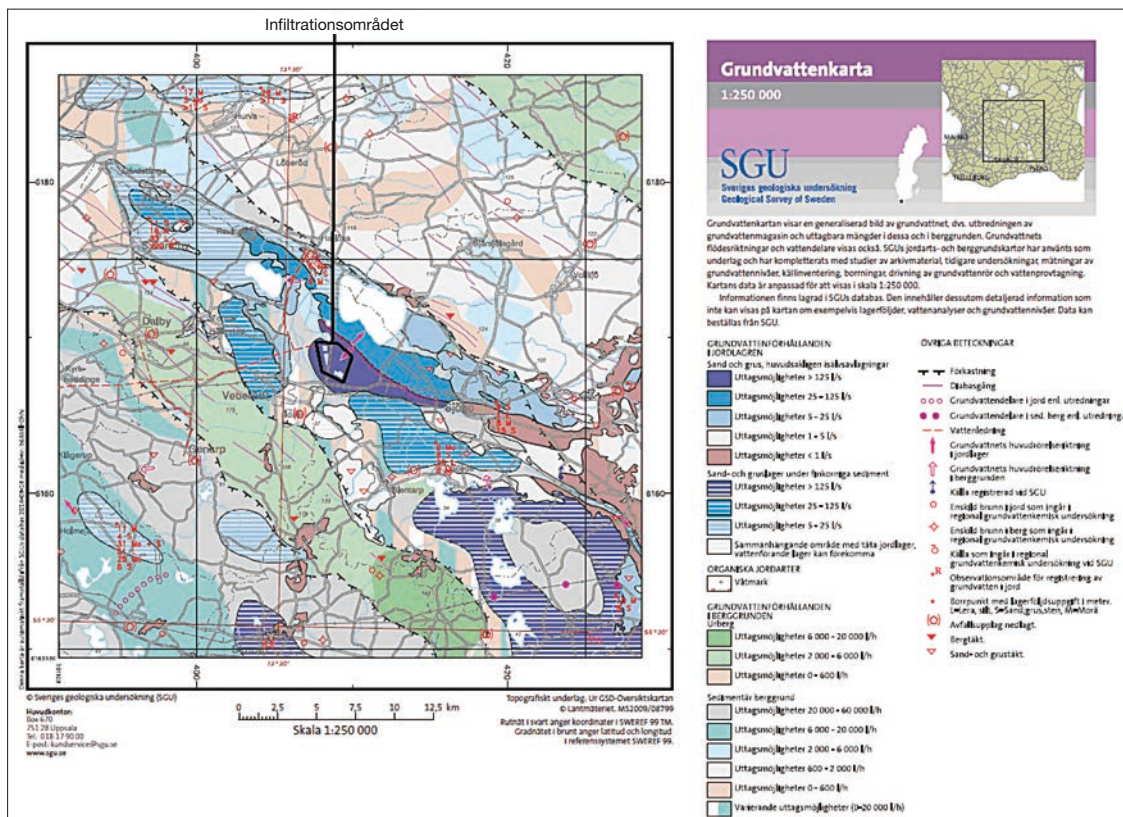


Fig. 4. Grundvattenkarta över sydvästra Vombsjöområdet (©Sveriges geologiska undersökning, 2014).

produktion av organiskt material i ytvattnet inom själva infiltrationsbassängerna. Som regel är det aningen lättare att bryta ned detta organiska material än de humusämnen som förs med i naturlig infiltration.

I filterbäddens översta del bildas en biozon där det organiska materialet bryts ned och koldioxid bildas. Det leder till att infiltrationsvattnet blir surare efter att ha passerat biozonen. Efter filterbädden går infiltrationsvattnet genom den omättade zonen. Här sker den naturliga reningsprocessen. Främst i den omättade zonen sker det ett jonbyte och det är här den huvudsakliga buffringningen äger rum. Vätejoner i infiltrationsvattnet byts ut till positiva joner som löses ut från lättvittrade material som innehåller främst kalcium och magnesium. Både kalcium och magnesium påverkar vattnets hårdhet genom att pH och alkaliniteten ökar, dvs. vattnet neutraliseras eller med andra ord buffras (Hanson, 2000). Marklagrens buffringningsförmåga kan med tiden avta då de lättvittrade materialen går i lösning och marken urlakas. Allt detta beror på hur stor mängd kalciumkarbonat det finns i området och hur neutralt eller surt infiltrationsvattnet är (Hanson, 2000).

Metoder

Under hösten 2014 togs sammanlagt 5 sandprover utspritt över tre infiltrationsdammsytor och dess närliggande uttagbrunnar i infiltrationsområdet (se karta Fig. 5). Tre prover togs i närheten av infiltrationsdammarna och 2 prover togs i närheten av uttagsbrunnarna. Fyra prov togs från 2,00–2,10 m djup, således provtagning över ett djup på ett 10 cm långt intervall, genom att först gräva med hjälp av spade och sedan använda en spadborr för att nå ned till provtagningsdjupet. För att bestämma djupet användes en 2 meter lång tumstock. Materialet volymbestämdes (1,5 liter) för att sedan läggas i plastpåsar. Det femte provet (5 Damm 223) togs på 1 m djup och i en mängd av 1,0 liter på grund av en stor sten som gjorde att spadborren fastnade.

Siktanalys

De fem sandproverna torkades i ugn vid 105°C i 24 h. Proven vägdes därefter och 300–400 g per prov avskildes med en provdelare för att få en jämn fördelning av kornstorlekarna. Proven lades därefter i vatten och om-

rörning med sked utfördes under 5 minuter för att lösa upp möjliga aggregat (främst silt- och lerpartiklar) i sandprovet. Därefter lades provet i en tvättsikt för avskiljande av material mindre än 0,063 mm, varefter kvarvarande material i tvättsikten återigen ugnstorkades vid 105°C i 17 h för att sedan vägas. Proverna >0,063 mm siktades under 15 minuter i siktstaplar med 19 siktar med olika storlekar mellan 0,063 mm till 22,40 mm, varefter varje fraktion på respektive siktbotten vägdes. Fraktionerna överfördes till skilda plastpåsar för vidare analys. Alla de 5 sandproven gick igenom processen.

Kalciumkarbonathalten

De olika kornstorlekarna i respektive sandprov lades i glasbägare. Därefter tillsattes 10 %-ig saltsyra (HCl), framställd genom blandning av 730 ml destillerat vatten och 270 ml 37 %-ig saltsyra. Den tillsatta syran täckte med marginal sedimentmaterialet i respektive glasbägare. Efter omrörning av provet fick de stå och dra över dagen. Ytterligare saltsyra tillsattes under omrörning, för att sedan stå och dra över natten. Dagen efter värmdes provet på en värmeplatta till ca 60°C under omrörning och tillförsel av saltsyra. Proven sedimenterade i glasbägarna. Kvarvarande sediment tvättades med destillerat vatten för att neutralisera provet med vattenbyte 3–7 gånger och omrörning av prov vid varje vattenbyte. När proven neutraliserats fick de torka i ugnen på 105°C i 14 h under natten, varefter de vägdes och karbonathalten (som material förlust under syrabehandlingen) kunde beräknas. Detta förfarande genomfördes för varje fraktion i respektive sandprov. Hur starkt vartdera prov

frätte vid tillförsel av saltsyra undersöktes och jämfördes med svaren från vägning före och efter användningen av saltsyra. En kontroll av noggrannhet av beräkningen av kalciumkarbonathalten efter syrabehandlingen av proven utfördes genom ett dubbelprov. Två testprov togs ut från prov 1 Damm 201 B med blandad kornstorlek och utsattes för samma syrabehandling som för de framsiktade fraktionerna av provet. En jämförelse mellan dessa testprov genomfördes för att se hur noggrant resultaten kunde tolkas. Ett alternativt metodval är att istället använda Passons apparat, men vid labbningsstillfället fanns inte materialet tillgängligt för användning.

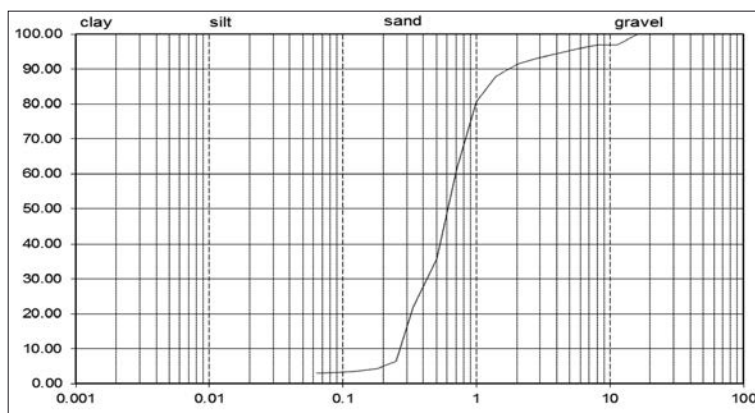
Kalciumkarbonathalten i infiltrationsområdet

Karbonathalten för alla 5 proverna och deras delfraktioner lades samman till ett medelvärde för karbonathalten. Ytan enligt Fig. 5 multiplicerat med medelvärdet av djupet av isälvsavlagringarna i infiltrationsområdet (12,5 m) och ger volymen. Torrdensiteten för denna volym framräknades genom att dividera vikten av provet med deras uppmätta volymer för prov 1 Damm 201 B och prov 3 Damm 36. Den beräknade densiteten omger även porositeten i jorden. Materialet är inte lika hårt packat under lika stort tryck efter att ha plockats upp. Det påverkar densiteten samt porositeten och ger inte ett riktigt rätt resultat av densiteten. En mer riktig densitet bör ligga mellan 1,7–2,0 ton/m³ (Deer, 2004). Volymen multiplicerad med den densiteten som ger totalmassa av material. Denna totalmassa multipliceras med medelvärdet för halten CaCO₃ för de 5 tagna proverna för att ge totala massan kalciumkarbonat i infiltrationsområdet.



Fig. 5. Karta över provtagningspunkterna (gula nålarna) i infiltrationsområdet på Vombverket, samt gränsen för området (vita linjen) inom vilket beräkning av kalciumkarbonathalten utförts.

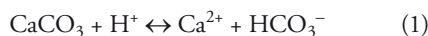
Fig. 6. Kornstorleksanalys av prov 1 Damm 201 B (Hädanefter benämns 1 Damm).



En jämförelse med tidigare bedömning av kalciumkarbonathalten i infiltrationsområdet från 2005–2007 har genomförts genom att beräkna en årlig förbrukning av kalciumkarbonat i infiltrationsområdet. Enligt tidigare bedömning låg kalciumhalten vid intaget från Vombsjön på 61,5 mg Ca/l medan vatten från uttagsbrunnarna – således efter infiltration i dammarna och grundvattentransport till brunnarna – på 71 mg Ca/l. Utifrån den faktan har det beräknats hur mycket kalciumkarbonat som förbrukas i infiltrationsområdet på årsbasis vilket, jämförts med hur mycket kalciumkarbonat som finns i marken i dagsläget. Från undersökningen 2005–2007 antas det att skillnaden på 9,5 mg Ca/l har uppstått genom reaktion mellan infiltrerat vatten och kalkpartiklar i de passerade jordlagren.

Neutralisationskapacitet

För att bedöma hur lång tid det tar för ett surt vatten att neutraliseras av jordlagren i infiltrationsområdet vid infiltration användes följande beräkningar och kemiska ekvationer:



Ekvation 2 används som en förklaring till ekvation 1. Per 1 mol CaCO_3 går det 2 mol HCl. HCl motsvarar H^+ i ekvationen 1 och med resultatet av CaCO_3 -halten i vartdera sandprov kan ekvation 1 användas för att beräkna neutralisationskraften i de enskilda provtagningspunkterna. När den totala massan kalciumkarbonat har fastlagts i infiltrationsområdet beräknas ett medelvärde av neutralisationskraften utifrån den totala kalciumkarbonatmassan i infiltrationsområdet.

Resultat

Siktanalys

Resultatet av siktanalyserna redovisas som kornstorlekskurvor i figurerna 6 och 7. Prov 1–4 är alla väl sorterad, svagt grusig sand (grus ca 3–12%), här presenterade med siktcurvan för Prov 1 (Fig. 6). Prov 5 (Fig. 7) är något grövre, en grusig sand (grus ca 24%), också denna

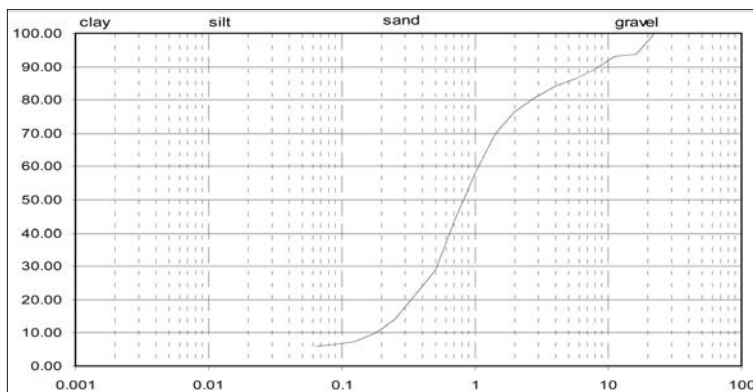


Fig. 7. Kornstorleksanalys av prov 5 Damm 223 (Hädanefter benämns 5 Damm).

välsorterad. Halten material <0,063 mm är för alla 5 prover är mindre än 7 % (ca 3–7 %). Material med en kornstorlek av <0,063 mm tvättades bort inför siktanalysen bl.a. på grund av att det inte går att sikta material < 0,063 mm i den siktstapel som användes.

Kalciumkarbonathalten i prov

Frätandet vid tillförsel av saltsyra

En enkel fältmätning av kalkstenshalten i jordprover kan upprättas baserad på hur kraftigt provet fräter efter tillsats av saltsyra (tabell 1). I prov 1 Damm, det prov som frätte starkast, frätte alla fraktioner i hela provet starkt och ihållande oavsett kornstorlek. Därefter följde i fallande frätningsskala prov 3, prov 5, prov 4 och sist prov 2. Detta sista prov frätte ytterst svagt till inte alls.

Kalciumkarbonathalt för olika fraktioner och total kalciumkarbonathalt

Kalciumkarbonathalten i respektive sandprov är framräknad efter användning av saltsyra. Generellt sett har de finaste fraktionerna högst kalciumkarbonathalt men samtidigt har dessa fraktioner en låg viktandel av den totala mängden sand. Medelvärdet för de olika proverna redovisas i tabell 2.

Sandprovet med högst kalciumkarbonathalt är således prov 1 Damm (13,58 %), medan prov 2 Pump uppvisar lägst kalciumkarbonathalt (1,86 %). Medelvärdet av kalciumkarbonathalten för alla de fem sandproverna kan beräknas enligt:

$$124,16 \text{ g} / 1774,33 \text{ g} * 100 = 6,998 \approx 7 \%$$

Kalciumkarbonathalt i infiltrationsområdet

För att bestämma den totala mängden kalciumkarbonat i infiltrationsområdet har volymen sand inom infiltrationsområdet beräknats genom att multiplicera ytan inom infiltrationsområdet (Fig. 5) med medelvärdet av det totala markdjupet av isälvavlagringar i infiltrationsområdet (10–15 m, d.v.s. 12,5 m).

Tabell 1. Förenklad bedömning av jordens karbonathalt genom bedömning av frätningstyrkan (Stockholms universitet, 2000).

Ungefärlig halt CaCO ₃	Fräsning (koldioxidutveckling)
0,5 %	Ingen
0,5–1 %	Ytterst svag
1–3 %	Svag
3–5 %	Stark men ej ihållande
>5 %	Stark och ihållande

$$\text{Yta av infiltrationsområdet: } 2,64 \text{ Km}^2 = 2,64 \text{ Km}^2 * 1000 * 1000 = 2\,640\,000 \text{ m}^2$$

Totalt djup av isälvavlagringarna inom infiltrationsområdet: 12,5 m

$$\text{Volym: } 2\,640\,000 \text{ m}^2 * 12,5 = 33\,000\,000 \text{ m}^3$$

För att beräkna totalmassa av kalciumkarbonat inom området måste en uppskattning av massan isälvmaterial beräknas genom en uppskattning av dess densitet. Vid provtagning gjordes en uppskattning av dylik densitet genom att dividera torrvikten av prov 1 Damm(500 ml) och prov 3 Damm(500 ml) med deras sammanlagda volym (1000 ml):

$$\begin{aligned} 1\,677,09 \text{ g} / 1\,000 \text{ ml} &= 1,6771 \text{ g/ml} \approx \\ 1,68 \text{ g/cm}^3 * (1 \text{ kg} / 1\,000 \text{ g}) * (100 \text{ cm} / 1 \text{ m})^3 &= \\ 1,68 * 1\,000 &= 1\,680 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

En sådan låg densitet erhålls emellertid pga. att porositeten ökat vid upptagningen av provet från marken till en orealistiskt hög procentsats. En mer sannolik porositet på 25–35 % av kvarts densitet på 2,65 ton/m³ är lämpligt och ger istället en densitet mellan 1,7–2,0 ton/m³. Ett medelvärde mellan 1,7–2,0 ton/m³ har en densitet på 1,85 ton/m³ valts att räknas på.

Densiteten multipliceras med volymen av material för att få totalmassan:

$$\begin{aligned} 33\,000\,000 * 1\,850 &= 61\,050\,000\,000 \text{ Kg} = \\ &61\,050\,000 \text{ ton} \end{aligned}$$

Medelvärdet för kalciumkarbonaten uppgår enligt ovan till 7 %.

Totalmassa kalciumkarbonat i infiltrationsområdet:

$$0,07 * 61\,050\,000 = 4\,273\,500 \text{ ton CaCO}_3$$

Diskussion

Genom beräkning av medelvärdet av kalciumkarbonaten i alla de 5 sandproverna kan en totalmassa av kalciumkarbonat i Vombverkets infiltrationsområde uppskattas utifrån volymen och densiteten inom infiltrationsom-

Tabell 2. Medelhalt av kalciumkarbonat i provpunkt 1–5 från Vombfältet.

Provpunkt	Medelhalt kalciumkarbonat (som viktsprocent)
1	13,6
2	1,9
3	11,14
4	4,62
5	3,73

rådet. Kalciumkarbonatmassan i infiltrationsområdet uppgår till 4 273 500 ton CaCO_3 . Likaväl kan neutralisationskraften för det inneslutna området fastläggas utifrån den totala kalciumkarbonatmassan i infiltrationsområdet. $\text{Ca } 88 \times 10^9$ mol HCl kan neutraliseras på 4 273 500 ton CaCO_3 . En beräkning av hur mycket kalciumkarbonat som löses upp årligen i infiltrationsområdet resulterar i 748,98 ton CaCO_3 /år. Det vill säga att kalciumkarbonatmängden i infiltrationsområdet är stor och kan tänkas buffra det infiltrerade vattnet i drygt 5700 år framöver.

Kornstorlekarna i de fem sandproverna påvisar att fraktionerna mellan- till grovsand innehåller störst mängd kalciumkarbonat; det är relevant eftersom det är det material som är mest volym- och viktmässigt i alla respektive fem sandproverna. De enskilda kornen med högst kalciumkarbonat var dock inte en kornstorlek inom mellan- och grovsand. De kornen fanns istället i fraktionerna finsand eller grus. I jordlagren kan det tolkas att man hittar störst mängd kalciumkarbonat i kornstorleken mellan- till grovsand.

Frättningsstyrkan av fraktionerna i de olika sandproven överensstämmer någorlunda bra med vad slutresultatet från HCl-behandlingen visar. Prov 1 Damm och prov 3 Damm visar på att det finns en kalciumkarbonathalt på över 5 % i sandproven då majoriteten av fraktionerna fräter starkt och ihållande. Slutresultatet påvisar att de båda proverna har en kalciumkarbonathalt över 5 %. De andra tre proven, prov 2 Pump, prov 4 Pump och prov 5 Damm visar på att det kan finnas mindre än 5 % kalciumkarbonat i sandproven, vilket överensstämmer med slutresultatet då alla tre sandproven har en kalciumkarbonathalt på under 5 %.

Som tidigare nämnts togs och genomfördes ett dubbelprov. Det dubbelprovet visar på att resultaten kan tolkas som noggranna då det inte skiljer mer än 1 g mellan de två testproven efter frätning av saltsyra. Resultaten av kalciumkarbonaten i de 5 provpunkterna visar på att de högsta kalciumkarbonathalterna finns intill infiltrationsdammarna då 1 Damm hade en kalciumkarbonathalt på 13,58 % och 3 Damm en kalciumkarbonathalt på 11,14 % jämfört med de resterande 3 proverna som har en kalciumkarbonathalt mellan ca 2–5 %. Hög kalciumkarbonathalt i och kring infiltrationsdammarna är utmärkt, som prov 1 Damm och prov 3 Damm uppvisar, eftersom det är där vattnet infiltrerar ned via den omättade zonen till den mättade zonen och neutraliseras på vägen ned. Utifrån de olika resultaten av kalciumkarbonathalterna på olika provpunkter differerade även neutralisationskraften på de 5 sandproverna från varandra då neutralisationskraften följer kalciumkarbonathalten.

Det femte provet (5 Damm) togs endast på 1 m djup, på grund av borrh tekniskt problem, medan de andra 4

togs på 2 m djup; syftet var dock att alla 5 skulle ligga på en nivå av 2 m djup. Detta kan vara ett svar till varför kalciumkarbonathalten är lägre vid provpunkt 5 Damm än vid de andra provpunkterna som togs intill infiltrationsdammarna eller så är kalciumkarbonathalten generellt lägre i det området. Neutralisationskraften i prov 5 Damm är även här lägre än i prov 1 Damm och prov 3 Damm, det kan även förklaras av att prov 5 Damm är taget 1 m närmare markytan än de två andra proven och att neutralisationskraften följer kalciumkarbonathalten.

Jordartskarta Tomelilla SV (Daniel, 1999) anger i bergartssammansättningen att det finns en möjlig kalciumkarbonatsammansättning i marken på ca 15 % (10 % paleozoisk kalksten och 5 % kritbergarter). Utifrån undersökningen i detta arbete synes kalkstenshalten vara ungefär hälften så hög då medelvärdet av kalciumkarbonat i infiltrationsområdet var omkring 7 %.

För att få en bättre uppfattning av kalciumkarbonaten i Vombverkets infiltrationsområde bör fler provpunkter och prover tas som är jämnt utspridda och fördelade över ytan. Därmed bör det även tas prover på ett mer utspritt, frekvent och större djup än vad som förekommit i detta arbete. Det kommer att leda till en mer exakt uppfattning och samtidigt en mer övertäckande bild av området. I vissa områden kan det vara möjligt att man då urskiljer områden där kalciumkarbonat antingen har en högre halt eller en lägre halt. Det kan därefter utnyttjas. Fler provtagningar ger även ett bättre svar på hur buffringkapaciteten är på det totala och möjliga djupet av infiltrationsområdet.

Slutsatser

Fem sandprov insamlades från infiltrationsområdet i Vombverket för analys. Siktanalys och kalciumkarbonatanalys utfördes på sandproven. Siktanalysen gjordes för att bestämma kalciumkarbonathalten i olika fraktioner och resultatet blev att materialet mellansand och grovsand dominerade vikt- och volym mässigt och därmed innehaver den högsta halten kalciumkarbonat i respektive sandprov. Kalciumkarbonathalten i vardera 5 sandprover visar att; Prov 1 Damm har den högsta kalciumkarbonathalten på 13,58 % av totala sandprovet. Medan prov 2 Pump har lägst kalciumkarbonathalt på 1,86 % av det totala sandprovet.

Neutralisationskraften för provpunkterna skiljer sig från varandra beroende på mängden kalciumkarbonat i respektive sandprov. De sandproven med högst kalciumkarbonathalt och högst/bäst neutralisationskraft ligger intill infiltrationsdammarna förutom prov 5 Damm som har lägre kalciumkarbonathalt och därmed lägre neutralisationskapacitet än prov 1 Damm och prov 3 Damm som också ligger intill infiltrationsdammarna. Orsaken

till den lägre kalciumkarbonathalten och neutralisationskraften kan bero på att prov 5 Damm är taget på 1 meters djup medan de andra två proven är tagna på 2 meters djup.

Kalciumkarbonatmängden i hela infiltrationsområdet beräknades till en totalmassa på 4,3 milj ton CaCO_3 . Neutralisationskraften beräknades till att ca 88×10^9 mol syra kan neutraliseras på den totala massan 4,3 milj ton CaCO_3 i infiltrationsområdet i Vombverket. Den årliga förbrukningen av kalciumkarbonat i infiltrationsområdet beräknades till 750 ton CaCO_3 . Med tanke på det är kalciumkarbonathalten generellt god i infiltrationsområdet, likaväl som buffringsförmågan är generellt hög. Infiltrationsområdet har en hög kapacitet att buffra inkommande vatten under en lång tid framöver.

Referenser

- Brönmark, C., Hansson, L.-A. (2010) The biology of lakes and ponds. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 285 s.
- Collvin, L., Månsson, J.-I. (2011) Vombsjön – nätprovfiske 2011. Länsstyrelsen i Skåne Län. Hämtad den 13 oktober 2014, från: http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/djur-och-natur/fiske/Sj%C3%B6provfiske_Kalkning/Vombsjon_Provfiske_2011.pdf
- Daniel, E. (1992) Jordartskartan 2D/1D. Beskrivning till jordartskartorna Tomelilla SV och Ystad NV. Description to the quaternary maps Tomelilla SV and Ystad NV. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.
- Deer, W.-A. (red.) (2004) Framework silicates: Silica minerals, Feldspaths and the Zeolites. London: Geological Society
- Delteus, Å., Kristiansson, J. (red.) (2000) Kompendium i jordartsanalys: laboratorieanvisningar. 4. omarb. uppl. Stockholm: Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms universitet.
- Fridström, L.-A. (2014) Projektingenjör på Sydvatten AB Vomb. 2014. Intervju och mejl 29/10 & 31/10.
- Gustafsson, O. (2005) Beskrivning till karta över grundvattnet i Skåne Län. Description to the Hydrological map of Skåne county. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.
- Hanson, G. (2000) Konstgjord grundvattenbildning: 100-årig teknik inom svensk dricksvattenförsörjning. Va-forsk rapport, 2000-5.
- Håkansson, Å., Sjöberg, A. (2006) Grundvattenmodell, Vombfältet: Uppbyggnad och kallibrering. Malmö: WSP environmental.
- Länsstyrelsen (1983) Vombsjön: faktasammanställning 1983. Länsstyrelsen i Malmöhus län, Naturvårdsenheten.
- Länsstyrelsen i Skåne Län (2012) Vombsjön. Hämtad den 15 september 2014, från: <http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/vatten-och-vattenanvandning/Fakta%20om%20sk%C3%A5nska%20sj%C3%B6ar/Vombsj%C3%B6n.pdf>
- Persson, K.M. (2014) Forskningschef på Sydvatten AB och professor i teknisk vattenresurslära vid Lunds Universitet. Intervju 17/9.
- Parkefelt, L. (2014) Forskningsledare på Sydvatten AB. Intervju 8/9 & 16/9.
- Sveriges geologiska undersökning (1989) Karta över jordarterna i Tomelilla SV. [kartografiskt material]. 1:50 000. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.
- Sveriges geologiska undersökning (2000) Karta över grundvattnet i Skåne län. [kartografiskt material]. 1:250 000. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.
- Sydvatten (2013) Årsredovisning 2013.
- Sydvatten (2014) Vombverket. Hämtad den 16 September 2014, från: <http://sydvatten.se/var-verksamhet/vattenverk/vombverket>