

# Kan Ölands grundvatten öka vid en upp- dämning av de utgrävda diken genom strandvallarna på Ölands östkust?

***Martina Bergqvist***

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,  
kandidatarbete, nr 456  
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2015



# **Kan Ölands grundvatten öka vid en uppdämning av de utgrävda diken genom strandvallarna på Ölands öst- kust?**

Kandidatarbete  
Martina Bergqvist

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2015

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Bakgrund</b> .....	<b>7</b>
2.1 Ölands strandvallar .....	7
<b>3 Syfte</b> .....	<b>8</b>
3.1 Frågeställning .....	8
<b>4 Metodik</b> .....	<b>8</b>
4.1 Fältbesök .....	8
<b>5 Undersökningsområde</b> .....	<b>8</b>
5.1 Tidigare våtmarksutbredning .....	10
<b>6 Geologi</b> .....	<b>10</b>
6.1 Berggrund .....	10
6.2 Jordarter .....	10
<b>7 Miljömål gällande arbetet</b> .....	<b>11</b>
<b>8 Våtmarker</b> .....	<b>11</b>
8.1 Övriga ekosystemtjänster .....	12
<b>9 Grundvatten</b> .....	<b>12</b>
<b>10 Resultat</b> .....	<b>12</b>
10.1 Nederbörd .....	12
10.2 Ölands dricksvattenförsörjning .....	13
10.2.1 Ytavrinning .....	13
10.3 Beräkning effektiva porositeten .....	13
10.3.1 Uppdämning av diken .....	13
<b>11 Diskussion</b> .....	<b>13</b>
<b>12 Slutsatser</b> .....	<b>14</b>
<b>13 Tack</b> .....	<b>14</b>
<b>14 Referenser</b> .....	<b>14</b>
<b>Bilaga 1</b> .....	<b>15</b>
<b>Bilaga 2</b> .....	<b>15</b>

**Omslagsbild:** Visar en av de våtmarker som finns kvar på Öland. Foto: Martina Bergqvist

# Kan Ölands grundvatten öka vid en uppdämning av de utgrävda diken genom strandvallarna på Ölands östkust?

MARTINA BERGQVIST

Bergqvist, M., 2015: Kan Ölands grundvatten öka vid en uppdämning av de utgrävda diken genom strandvallarna på Ölands östkust? *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 456, 16 sid. 15 hp.

**Sammanfattning:** Förr i tiden existerade närmare 90 % fler våtmarker på Öland än vad som finns idag. Innan utdikningen hade ägt rum fungerade Ölands strandvallar som en barriär för vattnet så det förhindrades att strömma ut mot Östersjön. I huvudsak lutar topografin på Öland österut vilket bidrar till att vattnet automatiskt transporteras från väst mot öst. Genom att dika ut och ta bort delar av de naturliga hindren som till exempel strandvallarna ökar avledningen av både yt- och grundvatten. I samband med utdikningen minskar arealen våtmarker vilket i sin tur leder till att även grundvattentillgången minskar. Utdikningen utfördes för att öka jordbruks- och betesarealen. Syftet med denna kandidatuppsats är att undersöka huruvida en uppdämning av diken genom strandvallen på Ölands östkust skulle öka grundvattenbildningen och skapa fler och större våtmarker på Öland. Resultatet visar att en uppdämning av utvalda diken skulle bidra till en ökning av grundvatten och även våtmarksutbredningen. En uppdämning av några diken skulle även öka grundvattenbildningen och skapa större uttagsmöjligheterna i de akviferer som finns på Öland. Återskapande av våtmarker skulle därmed automatiskt leda till att även dricksvattenförsörjningen kan förbättras. En större våtmarksareal och en förbättrad grundvattenbildning är av stor vikt, speciellt med tanke på de förväntade klimatförändringarna. Enligt framtida prognoser kan Ölands nederbörd förändras. Detta gör det ännu viktigare att restaurera våtmarker då de kan lagra vatten som kan trygga Ölands vattenförsörjning.

**Nyckelord:** Hydrogeologi, hydrologi, vattenresurser, Öland, våtmarker

**Handledare:** Per Sandgren, Geologiska institutionen, Peter Dahlqvist, Mattias Gustafsson, Sveriges geologiska undersökning

**Ämnesinriktning:** Kvartär, Hydrogeologi

*Martina Bergqvist, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: [martina@bergqvist.info](mailto:martina@bergqvist.info)*

# Could the groundwater on Öland increase if the dykes through the beach deposits on the east coast on Öland were dammed?

MARTINA BERGQVIST

Bergqvist, M., 2015: Could the groundwater on Öland increase if the dykes through the beach deposits on the east coast on Öland were dammed? *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 456, 16 pp. 15 hp (15 ECTS credits)

**Abstract:** In the past the need to enhance land use for agricultural purposes resulted in ditching of land and existing beach deposits to reduce wetlands. The ditching resulted in a 90% decrease of wetlands on Öland together with a decrease in groundwater. Before the drainage had started the beach deposits on Öland worked as a barrier that prevented the water to run off towards the Baltic Sea. The topography is dipping on Öland, which leads to water being transported from west to east. By creating ditches and removing parts of the natural obstacles (the beach deposits), the diversion of surface- and groundwater will increase. The aim of this bachelor thesis is to investigate how the damming of some of the ditches would increase the groundwater recharge and create a greater abstraction potential in the aquifers in Öland. The result of the calculations of the damming of five ditches resulted in an increased groundwater level in the aquifer in the investigated area.

A restoration of wetlands would automatically result in an improved drinking water supply. The amount of wetland area and an enhanced groundwater recharge is of great importance, especially given the expected and approaching climate changes. Some of the future predictions expect the rainfall to change on Öland. This makes it even more important to restore wetlands since they can store large amounts of water to contribute and secure Öland's water supply.

**Keywords:** Hydrogeology, hydrology, water resources, Öland, wetland

**Supervisor(s):** Per Sandgren, Geologiska institutionen, Peter Dahlqvist, Mattias Gustafsson, Sveriges geologiska undersökning

**Subject:** Quaternary, Hydrogeology

*Martina Bergqvist, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: [martina@bergqvist.info](mailto:martina@bergqvist.info)*

## 1 Inledning

Vatten är vårt viktigaste livsmedel och en grundförutsättning för att mänskligt liv ska kunna existera. Det är det mest värdefulla vi har och där dricksvatten inte finns, finns inte heller grundförutsättningar för liv. Att tillgängligt dricksvatten finns anses ofta som en självklarhet för befolkningen i Norden. Med klimatförändringar och naturkatastrofer som kontinuerligt sker, såsom översvämningar eller torka, tvingas vi börja tänka i andra banor då vatten är ett livsmedel att värna om.

Sveriges bergarter och lösa jordlager varierar i landet och därmed även hydrogeologin. Hydrogeologi kan förenklat beskrivas som relationerna mellan jordens material, dess egenskaper och grundvattnet. Grundvatten är det vatten som fyller upp jord – eller bergartens hålrum. Förutsättningarna för att grundvatten ska bildas, beror bl.a. på jord- och bergartens sammansättning och därmed möjligheten för vatten att infiltrera och transporteras. Infiltrationen påverkas även av ytans gradient, om underlaget är sluttande sker en större avrinning och en mindre grundvattenbildning än på en flack yta.

Landskapet på stora delar av Öland sluttar svagt mot öst vilket gör att vattnet i huvudsak transporteras i denna riktning mot Östersjön. På 1800-talet fanns det fler och större våtmarker på Öland. De bevarades delvis på grund av strandvallar som bildats under tidigare Östersjöstadier. Strandvallarna hade en kvardröjande effekt på vattnet vilket gjorde att vatten magasinades i våtmarker och i grundvattenmagasin på strandvallarnas västra sida. Numera försvinner en stor del av vattnet genom dikena som skär igenom strandvallarna. Igenom strandvallarna har det pågått dikning sedan 1800-talet för att kunna leda bort vatten (Lundqvist 1928).

## 2 Bakgrund

Utdikningen på Öland startade tidigt. Den första myren dränerades av Karl X Gustav redan på 1600-talet. Med undantag för en sådan tidig dikning utvecklades den egentliga torrläggningen under 1800-talets andra hälft. Då torrlades nästan hälften av de våtmarker som fanns på Öland. Det gjordes för att öka odlingsarealerna i takt med att befolkningen ökade. Till en början utfördes utdikningen för att minska risken för översvämningar av odlingsbar mark. Sedan utvecklades det till att även sänka grundvattennivåerna (Ekstam *et al.* 2003). Utdikningen medförde att vatten dränerades genom de kanaler som anlagts vilket minskade magasinvolymerna drastiskt. Torrläggningen har även skapat problem i form av ökad jorderosion, sinande brunnar och sänkta grundvattennivåer (Lundqvist 1928). När våtmarkerna torrlades förändrades vattenbalansen i avrinningsområdena. Våtmarker kan utjämna de nivåskillnader som kan uppstå i vattenmagasinen, såsom sommarens vattenbrist och vintern över-skott (Ekstam *et al.* 2003).

Trots att markägarna var skeptiska till utdikningen

så pågick den mellan 1859 till 1899 då minst 6000 hektar torrlagdes (Ekstam *et al.* 2003). Ölands torrläggningsepok nådde sitt slut på 1940-talet. Från 1840 till 1970 fanns statligt stöd att få vid torrläggning. Detta förändras 1990 då det statliga stödet istället utdelades för restaurering av våtmark (Jordbruksverket 2004). Numera råder ett förbud för markavvattning på Öland för de områden som varit värst utsatta av torrläggning (Ekstam *et al.* 2003).

I samband med att samhället utvecklades ökade efterfrågan på rent vatten. Under sommarmånaderna började brunnar ofta sina då grundvattenmagasinen inte hade tillräckligt stor kapacitet på grund av torrläggningen. Till följd av detta sammankopplades flera akviferer för att kunna balansera vattenmängden. Det skapade en jämnare balans av tillförseln av dricksvatten (Ekstam *et al.* 2003).

### 2.1 Ölands strandvallar

På Ölands östra sida höjer sig två strandvallar, den äldre Ancyclusstrandvallen och den yngre Littorinastrandvallen, från det relativt flacka landskapet. Förr, när våtmarkerna var utbredda anlades bebyggelsen främst ovanpå strandvallen. Strandvallarna bildades under tidigare Östersjöstadier och avspeglar tidigare vattennivåer under dessa stadier. Ancyclusvallen bildades först vilket inträffade för cirka 9000 år sedan. Som högst når Ancyclusvallen 13 m över havet. Dess bredd varierar mellan 150-650 meter (Rudmark 1981). Strandvallen från Littorinahavet bildades cirka 3500 år senare. Littorinahavet utgör det stadium som vi har i Östersjön idag (Rudmark 1981). Vallarna är parallella med kusten och östra landsvägen löper ovanpå dem (Geopark 2012).

Ancyclusvallen sträcker sig från Hulterstad och norrut i sammanhängande sex mil. Vallarna möts i Hulterstad där Littorinavallen löper söderut istället. Den är till stor del sammanhängande i fem mil ner till Ottenby i söder, se figur 1 (Rudmark 1981).

Sammansättningen i strandvallarna består främst av en centrerad gruskärna som överlagras av sand. Det förekommer även organiska sediment i strandvallarna. Runt omkring strandvallarna finns svallsediment (Rudmark 1981).

Innan utdikningen ansamlades vattnet i den centrala södra delen av Öland. Vallarna verkade som en barriär och skärmade av vattnets väg mot Östersjön vilket bidrog till ökade arealer våtmarker och grundvatten (Geopark 2012).

Idag varierar grundvattenytan på Öland beroende på var på ön som man befinner sig. I den norra delen av Öland ligger grundvattennivån på cirka fem meters djup. På Ölands västra del befinner den sig på cirka 30 meters djup medan grundvattennivån ligger på cirka 10 meter djup på Ölands östra sida (Wågman 2002).

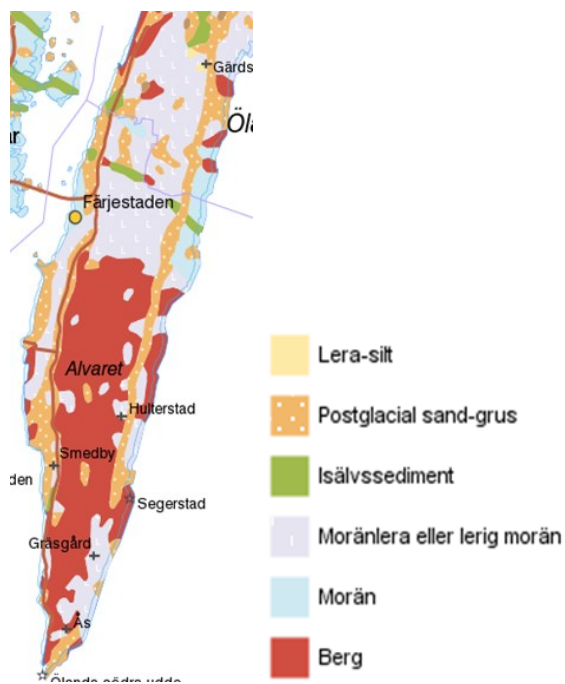


Fig. 1. De postglaciala sand-grus avlagringarna illustrerar strandvallarna på Öland © Sveriges geologiska undersökning

mans med Bertil Lundgren från Borgholms kommun. Vi åkte parallellt med strandvallen från Borgholm ned till Mörbylånga kommun. Ett par lokaler besöktes som bestod av våtmarker och utgrävda diken. Samtliga lokaler fotograferades och koordinatmarkerades med GPS. Figur 2 visar ett dike sett från två håll i en lokal som besöktes i Egby. Figur 3 är från en lokal som visar en bevarad våtmark belägen nära Runsten.



Fig. 2. Ett dike som genomskär strandvallen sett från två håll i Egby på Ölands östra del. Foto: Martina Bergqvist

### 3 Syfte

#### 3.1 Frågeställning

Kandidatuppsatsens syfte är att undersöka vad en upp-dämning av utvalda diken som genomskär Ancyclusval-len skulle kunna medföra för Ölands vattenförsörjning genom att

- Öka markfuktigheten
- Öka grundvattenbildningen
- Höja grundvattennivåerna
- Öka utbredningen av våtmarksområden

### 4 Metodik

Projektet är främst en litteraturstudie bestående av facklitteratur inom hydrogeologi och litteratur rörande grundvatten, våtmarker och dricksvatten på Öland. Hydrogeologiska beräkningar har utförts inom ett ut-valt avrinningsområde. Digitala kartor från SGU har studerats i dataprogrammet ArcGIS. Kartorna illustrerar områdets jordarter, bergarter och hydrogeologiska förhållanden. Personlig kontakt med expertis från Länsstyrelsen och Borgholms kommun med fördjupad kunskap om Öland som har hänvisat till rapporter som varit betydelsefulla i arbetet.

#### 4.1 Fältbesök

Ett fältbesök genomfördes den 31 mars 2015 tillsam-



Fig. 3. En bevarad våtmark belägen på Ölands östra del nära Runsten. Foto: Martina Bergqvist

### 5 Undersökningsområde

Arbetet appliceras på ett utvalt avrinningsområde belä-get på Ölands östra sida (figur 3). Området begränsas till en area på 40 km<sup>2</sup>, där flertal diken löper parallellt med varandra från de centrala delarna och ut mot Ös-tersjön. Området avgränsas av Norra Möckleby som är beläget på samma latitud som Färjestaden, men på östra sidan av ön. Området sträcker sig 10 kilometer norrut och begränsas av Åstad. Området sträcker sig in



mot de centrala delarna och begränsas av Vanserum. De röda pilarna visar de tre samhällen som området begränsas av, se figur 4.

För att illustrera en grundvattennivåhöjning valdes ett område där det inte fanns några närliggande grundvattenmagasin eller anlagda våtmarker i dagsläget. Området har flera utlopp som dräneras genom strandvallarna, se figur 5. Vattnet i området uppvisar höga värden av kväve och fosfor som transporteras med vattnet i kanalerna ut mot östersjön, se tabell 1. Vid en restaurering av våtmarker i detta område skulle troligtvis utsläppen av fosfor och kväve minska på grund av våtmarkers goda reningsförmåga (Hagström 2013).

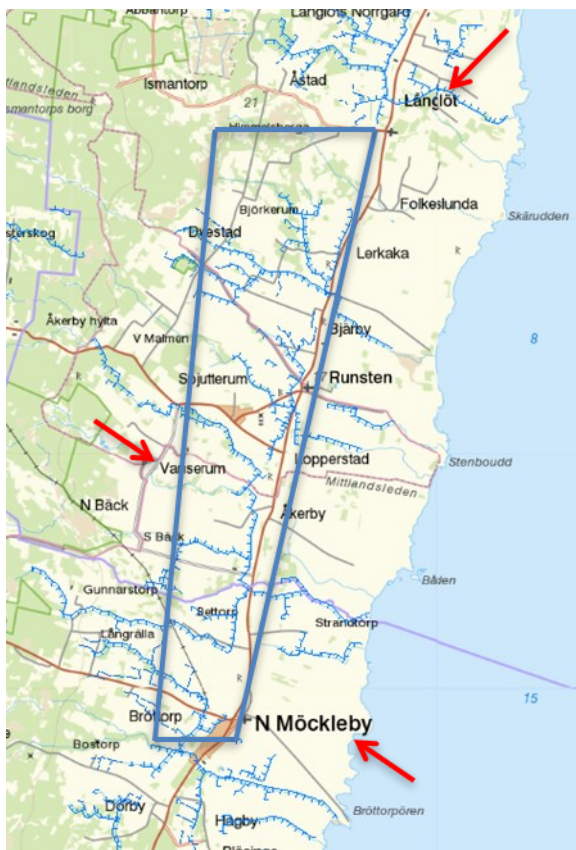


Fig. 4. De hydrogeologiska beräkningarna utfördes inom det markerade området. @ Lantmäteriet i2014/00579.

Från när utdikningen startade beräknas 90 % av

Ölands våtmarker vara torrlagda (skriftlig kommunikation Andersson Länsstyrelsen Kalmar län 2015). Våtmarkerna på Öland är beroende av geologiska förutsättningar såsom berggrund, jordarter och gradienten. Inom undersökningsområdet existerar inga våtmarker idag på grund av utdikningen vilket bidrar till ett ökat vattenflöde ut mot Östersjön och förkortad uppehållstid av yt- och grundvatten inom området. På Öland präglas vattenkvaliteten till stor del av jordbruk då bönderna gödslar sina åkrar. Fosfor och kväve från jordbruksmarkerna riskerar att transporteras i yt- och grundvattnet och föras vidare ut mot kusterna vilket skapar en oönskad övergödning. För att utnyttja

vattnet som dricksvatten är det viktigt att kvaliteten håller en hög standard. I våtmarker kan vattnet naturligt renas genom avskiljande eller nedbrytande av partiklar. Restaurering av våtmarker kan även bidra till en ökad grundvattenbildning (Ekstam *et al* 2003).

De totala fosfor- och kväveutsläppen är sammanställda i tabell 1. De tre första utloppen som passerar genom strandvallen är markerade med siffran 1. Söderut följer ett dike markerat som nummer 2. De fyra sista utloppen går efter strandvallen samman till ett dike som är numrerat med siffran 3.

### 5.1 Tidigare våtmarksutbredning

Inom de centrala, östra delarna av Öland var våtmarkerna som mest utbredda år 1925, innan den egentliga



Fig. 5. Visar områdets utgrävda utlopp som dräneras ut mot Östersjön. Numreringen hör ihop med tabell 1. @ SMHI

torrläggningen hade startat. Våtmarkerna begränsades av Gårdby, beläget nära Färjestaden och Alböke i norr. Sträckan motsvarar cirka fyra mil där även undersökningsområdet är beläget (figur 6). När utdikningen avslutades hade närmare 6000 hektar av våtmarker torrlagts (Lundqvist 1928).

Tabell 1. Illustrerar antal kilo fosfor och kväve som transporteras m.h.a.. Ytvattnet ut mot Östersjön per år. Värdet är en ihopräkning av de utgrävda diken i figure 5. Värden hämtade från SMHI 2015-

Utlopp	1	2	3
Fosfor (P)	764kg/år	220 kg/år	764 kg/år
Kväve (N)	44 315 kg/år	12 833 kg/år	45 433 kg/år

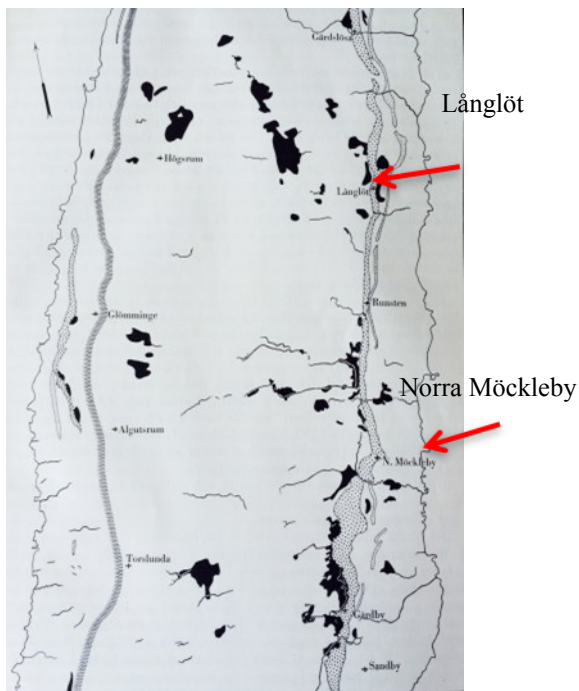


Fig. 6. Karta från 1925. Visar de naturliga vattendragen i undersökningsområdet. Sammanställd från de äldre lantmätarkartorna. © Sveriges geologiska undersökning.

De våtmarkerna som förr fanns kvar i undersökningsområdet torkade ofta ut under sommarhalvåret på grund av växternas vattenupptagningsförmåga och avdunstningen. Under vinterhalvåret var dock området täckt med vatten. Galgmossen och Dörby mosse var två av flera våtmarker som fanns i närliggande Norra Möckleby (Lundqvist 1928).

## 6 Geologi

### 6.1 Berggrund

Den Fennoskandiska urbergsskölden täcker stora delar av Sverige. Inom vissa områden i vårt land, bl.a. Öland överlagras urberget av yngre sedimentära bergarter som härstammar från Fanerozoikum. De sediment som idag utgör Ölands berggrund avsattes för cirka 570-440 miljoner år sedan under perioderna kambrium och ordovicium (Wik, N-G. *et al* 2005). Den äldsta sedimentära bergarten är sandstenen, den vilar direkt på urberget. Det översta lagret i den sedimentära berggrunden är den ordoviciska kalkstenen. Figur 7 visar en profil från mellersta Öland, nära undersökningsområdet. Berggrunden i undersökningsområdet liknar framförallt den östra delen av profilen. Kalkstenen är tät men har en relativt god vattenföring. Framförallt är det sprickor i berggrunden som gör det möjligt att utvinna grundvatten (Pousette och Möller 1972).

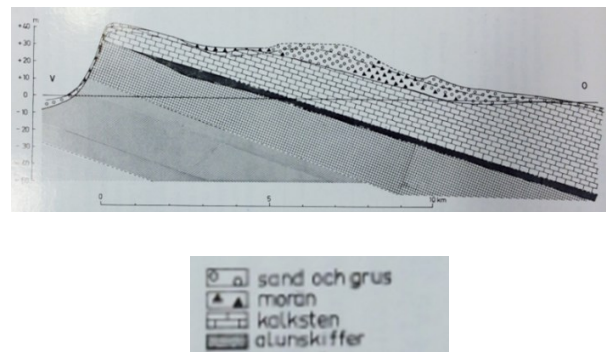


Fig. 7. Profil i öst-västlig riktning över de centrala delarna av Öland som visar berggrundens sammansättning och överlagrande kvartära sediment. Den röda pilen visar var undersökningsområdet befinner sig. Det svarta lagret motsvarar alunskiffern. Skalan på y-axeln motsvarar meter över havet. © Sveriges geologiska undersökning

Lagerföljden av sedimentära bergarterna, som vilar på urberget, har en mäktighet på cirka 250 meter (Wik, N-G. *et al* 2005). I ett smalt bälte på Ölands västkust utgör sandsten och skiffer berggrunden medan kalksten utgör den klart dominerande berggrunden på Öland i övrigt (Länsstyrelsen 2015). Till följd av tidigare platttektoniska rörelser lutar idag Öland en till två grader mot sydost (Länsstyrelsen 2005 a). Det förekommer flertal veck och oregelbundenheter i berggrunden vilket skapar ojämnheter i topografin och i stratigrafin. Vittrade sprickor uppträder frekvent i kalkstenen. I samband med den senaste inlandsisen utvidgades sprickorna och fylldes igen med glaciala avlagringar. Sprickorna är generellt orienterade i en sydvästlig-nordöstlig riktning eller nord-sydlig riktning samt vinkelrätt mot dem (Lundqvist 1928).

Förekomsten av grundvatten i berggrunden är beroende av sprickfrekvens och volym i berggrunden. Är det en högre sprickfrekvens ökar möjligheterna för dricksvattenuttag från berggrunden och därmed vikten som resurs sett i ett vattenförsörjningsperspektiv (Pousette och Möller 1972).

### 6.2 Jordarter

Något förenklat kan man göra en indelning av Ölands jordarter i morän, isälvmaterial, organogena jordarter och strandbildningar såsom strandvallarna (Pousette och Möller 1972). Jordarterna i undersökningsområdet består till största del av lerig morän men har även inslag av sand och grus (figur 8). Moränen kan lokalt vara förhållandevis bra för vattenuttag då den innehåller en hel del sand och grus.

Områden med större lerinnehåll bidrar detta dock till ogynnsam grundvattenbildning då mindre vatten infiltrerar genom en lerig jordart (Pousette och Möller 1972). Öland befinner sig under Högsta kustlinjen (HK). Jordarter belägna under HK överlagras ofta av ett tunt lager sand (Rudmark 1981). Ölands jordarter är även påverkade av erosion och svallande vågor på grund av havsnivåförändringar.

I de centrala delarna av Öland, från Köpingsvik ner till Färjestaden dominerar morän, vanligen med en mäktighet på cirka fem meter. Moränen på Öland har en varierande kornstorlek, allt från lerpartiklar till större block. Morän avsattes i samband med den senaste istiden, Weichselistiden som avslutades 11 700 år sedan (Rudmark 1981).

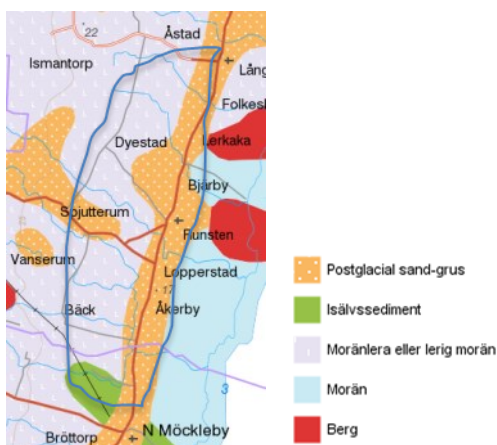


Fig. 8. Jordarternas utbredning i undersökningsområdet. @ Sveriges geologiska undersökning

Det förekommer även isälvsmaterial i området. I området finns också väl sorterade strandsediment och svallavlagringar. Dessa är postglaciala sediment vilket betyder att de är avsatta efter istidens slut. (Rudmark 1981).

Strandvallarna från tidigare Östersjöstadier är ett kännetecknade inslag på Ölands östra sida. De består framförallt av sand och grus. Eftersom strandbildningarna på Öland befinner sig topografiskt högt saknar de avskärningar i form av täta jordarter. De täta jordarterna fungerar som en barriär för vattnets transportväg. Detta medför att det inte blir gynnsamt för vattnet att lagras för ett vattenmagasineringsyfte. Jordartens permeabilitet påverkar hur stor infiltrationen tillåts att bli för att kunna bilda grundvatten. Jordartens effektiva porositet påverkar hur mycket hålrum det finns i material. Det är i dessa hålrum som vatten har möjlighet att förvaras (Pousette och Möller 1972).

## 7 Miljömål gällande arbetet

Sveriges riksdag har fastställt 16 miljömål som ligger till grund för arbetet med förbättringar av Sveriges allmänna miljö. De miljömål som är relevanta för detta arbete beskrivs nedan.

*Grundvatten av god kvalitet.* Riksdagens definition av detta miljökvalitetsmål är att ”Grundvattnet ska ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag” (Naturvårdsverket 2015a). På Öland riskerar grundvattnet att påverkas negativt av jordbruket då fosfor, kväve och bekämpningsmedel kan försämra vattenkvaliteten.

*Myllrande våtmarker* Riksdagens definition av detta miljökvalitetsmål är att ”Våtmarkers ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet ska bibehållas och värdefulla våtmarker bevaras för framtiden” (Naturvårdsverket 2015b). Genom våtmarkers goda förmåga att hålla kvar och rena vatten från föroreningar kan de påverka dricksvattenförsörjningen på Öland positivt. De våtmarker som existerar på Öland idag har flertalet blivit utnämnda till reservat för att de ska värnas om. Generellt kan det vara problematiskt att restaurera våtmarker då detta medför att omkringliggande mark och vattendrag kan påverkas negativt av t.ex. översvämningar och försumpning (Naturvårdsverket 2015b).

*Levande sjöar och vattendrag* Riksdagens definition av detta miljökvalitetsmål är att ”Sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas” (Naturvårdsverket 2015). I alla tider har människor bosatt sig vid vattendrag där vattenkvaliteten håller en god standard. Öland som är omgivet av hav är speciellt beroende av att yt- och grundvattnen är av god kvalitet och finns i tillräcklig mängd.

## 8 Våtmarker

Vid restaurering av våtmarker är det flera faktorer som bör vägas in. Vattnets uppehållstid i våtmarken beror bl.a. av jordarterna och den hydrauliska konduktiviteten. Den förväntade reningseffekten per hektar våtmark bör beräknas. Får vattnet längre tid att infiltrera och sedan perkolera medför det en högre grad av rening av vattnet. Det är av värde att veta våtmarkens recipient och användningssyfte. Ska vattnet som kommer ifrån våtmarkerna användas i ett dricksvattensyfte bör vattenkvaliteten kontrolleras med tanke på belastningen av näringsämnen från jordbruket (Jordbruksverket 2004).

Vattenreningen i en våtmark sker i tre processer;

- Lösa partiklarna kan förändras till kvävgas av markens bakterier.
- Grundämnena kan sedimentera genom att falla till botten.
- Vegetationen kan kapsla in de lösa partiklarna som finns i vattnet.

Genom att skapa våtmarker som är grunda och med tillräcklig utbredd vegetation bildas en god cirkulation. Stillastående vatten gynnar inte reningen eller grundvattenbildningen. För att markens fuktighet ska behållas i gott skick behöver våtmarkerna underhållas så de inte riskerar växa igen (Jordbruksverket 2004).

## 8.1 Övriga ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster är enligt Naturvårdsverket ”ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande” (Naturvårdsverket 2015c). Vattenrening är enligt Naturvårdsverket en av dessa ekosystemtjänster. Även om ekosystem är relativt snabba på att anpassa sig till de förändringar som sker påverkar den ständigt ökande befolkningen den biologiska mångfalden negativt. Våra tillgångar sköts inte på ett hållbart vis genom den livsstil vi lever. Påföljder kan vara att arterna tvingas flytta sig, eller värre, dö ut. Många djur och växter är beroende av våtmarker. Det är 560 rödlistade arter som är i behov av ett fungerande ekosystem i våra våtmarker (Marbipp 2012). Kunskapen om hur människor påverkar kuster och vattendrag diskuteras fortfarande. Det är av stor vikt att ha ett opåverkat ekosystem då de medför goda egenskaper såsom rening av vatten, mark och luft. Ekosystem i våtmarker skapar en närsaltreglering och påverkar näringsämnen i vattnet så de hålls i cirkulation och transporterar bort föroreningar. Ekosystemen bidrar även till att begränsa övergödning (Marbipp 2012).

## 9 Grundvatten

Hydrogeologin är den del av geologin som studerar grundvattnet, dess förekomst, egenskaper och rörelse i marken. Grundvatten är det vatten som rör sig fritt och fyller sprickor och porer i berg- eller jordarter. Grundvattenytan är den övre fria begränsningsyta som står i direkt kontakt med atmosfären via porerna i jord eller bergarten. På Öland ligger grundvattenytan relativt högt. Vid bildning av grundvatten skapas en horisontell vattenyta genom att vattnet transporteras till de lägre delarna i området för att skapa en jämvikt av vattenytan (Pousette och Möller 1972). För att kunna beräkna ett grundvattenmagasins storlek och eventuella förändringar som sker under året bör följande parametrar årligen kontrolleras; den nederbörd som faller, den verkliga avdunstningen och ytavrinningen. Om det finns pågående uttag ur grundvattenmagasinet bör även detta kontrolleras (Pousette och Möller 1972). Figur 9 visar hur grundvattenytan såg ut 1972 i undersökningsområdet.

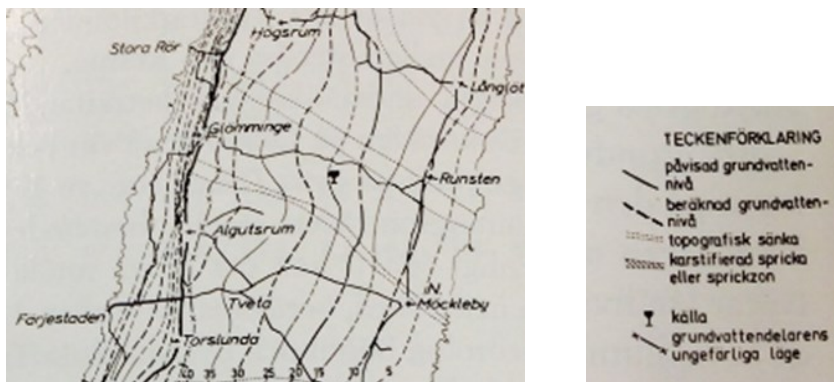


Fig. 9. Ungefärliga nivåer m.ö.h. för grundvatten inom undersökningsområdet 1972. @ Sveriges geologiska undersökning

De streckade linjerna visar en beräknad grundvattennivå i området.

Den hydrologiska ekvationen skrivs som

$$P = E + A + \Delta M$$

Det innebär att i ett avrinningsområde är nederbörden  $P$  summan av evapotranspirationen  $E$ , adderat med avrinningen  $A$ , adderat med förändringen ( $\Delta$ ) i vattenmagasinet  $M$ . Det sker variationer i vattenmagasinet beroende på årstiden. Under våren sker det positiva förändringar i form av tjäl- och snösmältning som höjer grund- eller markvattnet. Höst och vintertid ackumuleras snö och då sker en minskning av grund- eller markvattnet vilket ger en negativ förändring i grundvattenmagasinet. Hur stor mängd grundvatten som är möjlig att utvinna ur ett magasin beror även på den hydrauliska konduktiviteten (Mark och Vatten Ingenjörerna 1996).

## 10 Resultat

Den hydrauliska konduktiviteten ökar desto mer grovkornig jordarten är (Rodhe, A. *et al* 2004). Lerrika områden medför en minskad hydraulisk konduktivitet (Mark och Vatten Ingenjörerna 1996). Om grundvatten på Öland pumpas upp från för stort djupt i den sedimentära berggrunden finns det en risk att man får in saltvatten. I undersökningsområdet finns saltpåverkat grundvatten på 37 meters djup i Norra Möckleby medan det i Åstad finns saltpåverkat grundvatten redan på 19 meters djup under markytan (Pousette och Möller 1972).

### 10.1 Nederbörd

Genom att studera två mätningar gjorda på Ölands nederbörd visar resultaten att en liten ökning av nederbörden har skett från 1901-1960 (Pousette och Möller 1972). I nuläget sker inga större nederbördsförändringar och nederbörden beräknas till cirka 500 mm per år (SMHI 2009). Det sker en momentan infiltration i de jordarter och spricksystem i berggrunden som finns på Öland (Pousette och Möller 1972).

Avdunstningen är beräknad för hur stor nederbörd som faller. På Öland beräknas 350 mm av den nederbörd som faller gå till avdunstning (Pousette och Möller 1972).

På grund av berggrundens lutning mot öster sker en avrinning på cirka 4 l/s per km<sup>2</sup> till Östersjön, vilket motsvarar cirka 120-150 mm nederbörd. Beräkningar rörande Ölands centrala delar visar att om nederbörden minskar två år i rad kommer grundvattenytan att minska drastiskt vilket medför stora negativa konsekvenser för dricksvattenförsörjningen. (Hagström 2013). Beräkningarna gäller Ölands centrala delar (Pousette och Möller 1972).

## 10.2 Ölands dricksvattenförsörjning

Ölands berggrund varierar topografiskt över landskapet. Detta medför storleksvariationer av grundvattenmagasinen. De grundvattentäkter som finns har ingen utjämning över årens lopp, utan akvifererna är beroende av den årliga nederbörden. Enstaka seriekopplingar har utförts i några närliggande grundvattenmagasin för en eventuell utjämning av vattentillgången. Om fler diken genom strandvallarna varit uppdämda så en mindre mängd vatten dränerades till Östersjön skulle det medföra att mängden grundvatten ökade i akvifererna (Hagström 2013).

De två kommunerna på Öland har inte samma tillgång på dricksvatten. Borgholms kommun har en bättre tillgång på vatten. Ur deras grundvattenmagasin kan 1,72 miljoner m<sup>3</sup> per år utvinna. Mörbylånga kommun kan endast utnyttja 1,18 miljoner m<sup>3</sup> per år (Mark och Vatten Ingenjörerna 1996). Det finns två primära grundvattenmagasin där konstgjord infiltration utförs, anlagda i Borgholm, nämligen Solbergafältet-Lindbyfältet och Löttorp-Högbyfältet. Båda är belägna inom glacifluviala avlagringar och står för den största delen av dricksvattentillgången i Borgholms kommun (Mark och Vatten Ingenjörerna 1996).

Framtida planer finns att anlägga en transportledning som kan leda vatten från Borgholm till Mörbylånga. Detta hade gynnat båda kommunerna i det långa loppet. Eventuellt behöver fler akviferer konstgjord infiltration för att grundvattenmängden ska kunna öka. Den konstgjorda infiltrationen ska göras under vinterhalvåret när det finns tillräckligt mycket ytvatten att ta av. I isälvsavlagringar är det lämpligt att räkna med att 20 % av den nederbörd som faller tillåts infiltrera och bilda grundvatten. I jordarter med mer lera torde grundvattenbildningen vara något lägre än så (Mark och Vatten Ingenjörerna 1996).

### 10.2.1 Ytavrinning

Ölands avrinning är som störst mellan november och maj. Vattnet som går till ytavrinningen är vatten som skulle kunna användas i ett dricksvattensyfte. Under ett normalår beräknas 195 miljoner m<sup>3</sup> vatten gå till avrinning. Under ett torrår är det betydligt mindre, närmare 34 miljoner m<sup>3</sup>. Beräkningar visar att endast 1,5 % av avrinningsvattnet används till dricksvatten (Mark och Vatten Ingenjörerna 1996).

## 10.3 Beräkning effektiva porositeten

Beräkningarna är utförda på undersökningsområdet. Då jorddjupet varierar i området har ett medelvärde antagits på fem meters mäktighet. Områdets genomsnittliga effektiva porositet blev 13 %, uträkningar redovisas i bilaga 1. För att beräkna en höjning av grundvattenytan i området är det endast i 13 % av volymen där det kan rymmas grundvatten. Volymen som skapas genom att grundvattennivån höjs med två meter blir 80 000 000m<sup>3</sup> eller omvandlat 0,08km<sup>3</sup>. Själva volymen för grundvatten i området skulle då bli 0,0104km<sup>3</sup>.

### 10.3.1 Uppdämning av diken

Sedan 1800-talet har det pågått en utdikning på Öland. Detta har utförts av dikningsföretag i flera omgångar. I dagsläget riskerar en del brunnar att sina till en följd av sänkta grundvattennivåer. För att säkerställa en god dricksvattenförsörjning för Öland behöver ytvattnet tas om hand. En uppdämning av dikena och vattendragens utlopp genom strandvallen skulle medföra att vattenavrinningen fördröjdes. Detta hade bidragit till en ökad markfuktighet, ökat våtmarksarealerna och samtidigt höjt grundvattennivåerna. För att säkerställa att ytavrinningen avtar borde en jämn uppdämning längs med kanalerna vara mest lämplig. Vid en hindrad avrinning kommer en större mängd vatten stanna kvar på insidan av strandvallen vilket ger möjlighet till infiltration och därmed bildning av grundvatten. I undersökningsområdet är det sammanlagt fem utgrävda diken som löper genom strandvallen. Det totala flödet i dessa diken är 1,225 m<sup>3</sup>/s, detta skulle alltså minska till hälften vid en anpassad uppdämning. Med de antaganden som utsett skulle det ta mindre än ett år för vattnet att stiga en meter i undersökningsområdet. Utförligare beräkningar finns i bilaga 2.

## 11 Diskussion

Genom att dämna upp ett antal utvalda diken skulle både våtmarksutbredningen och grundvattenbildningen främjas. Områdena där dikena väljs ut bör undersökas grundligt såsom, jorddjup, jordarter och berggrundens sprickighet. Beräkningar bör utföras på var det är som mest gynnsamt med tanke på grundvattenbildningen att anlägga våtmarker. Om jordlagren är för tunna bör våtmarker anläggas i områden med ett större jorddjup då jordlagrens mäktighet har så stor lagringskapacitet. Man bör även undersöka berggrunden för att fastställa möjligheterna för magasinering i grundvattenmagasin i berglagren.

I nuläget är de utdikade kanalerna relativt raka igenom vallen, detta bidrar till att vattnet inte har någon längre uppehållstid utan dräneras snabbt ut mot Östersjön. Skulle kanalerna däckas upp till hälften hade eventuellt kanalerna kunnat återgå delvis till dess naturliga meandrande väg. De meandrande kanalerna tenderar att förlänga uppehållstiden för vattnet. Det skulle bidra till en ökad infiltration och rening av vattnet.

En minskad ytavrinning bidrar till att vattnet under en längre tid kan infiltrera i området är därmed öka grundvattennivåerna. Priset för utbredning av våtmarker kan bli oanvändbar jordbruksmark. Med tanke på hur många hektar som har dikats ut på Öland är det troligen svårt att återställa grundvattennivån till den ursprungliga nivån. Det är möjligt att beräkna tidigare grundvattennivåer med hjälp av tillgänglig data. Dock kommer vattentillgången vara svår att återställa eftersom vattenbalansen radikalt förändrats.

Eventuellt kan mindre områden användas för våtmarksutbredning. Förträdesvis kan man välja områden med få motstående intressen. Undersökningsområdet som är 40 km<sup>2</sup> är troligen väl stort. Området kan begränsas och fokuseras på ett område med övervägande sand och grus vilket hade kunnat bidra till en ökad grundvattenbildning. Höjs grundvattennivån kan kohesionsjordarterna bli vattenmättade och ostabila det kan i sin tur påverka omkringliggande mark och byggnader som kan ta skada från detta.

Det är viktigt att vattenkvaliteten är god. Pågår det jordbruksverksamhet uppströms behöver vattnet genomgå en större reningsprocess innan det kan användas som dricksvatten. Som tidigare nämnt kan våtmarker bidra med reningseffekter vilket även minskar övergödningen i våra hav.

## 12 Slutsatser

Skulle en minskad avrinning medföra en ökad markfuktighet, ökad utbredning av våtmarksområden och även gynna dricksvattenförsörjningen?

Ja, skulle jag svara på den frågan efter att ha skrivit denna rapport. I samband med en uppdämning av de utvalda diken skulle avrinningen minska och vattnet skulle istället ackumuleras på strandvallens västra sida. I takt med att vatten ansamlas ökar markfuktigheten och sannolikheten för att våtmarker skapas ökar. Våtmarkers positiva egenskaper är att markfuktigheten ökar, infiltrationen ökar med åtföljande stigande grundvattennivåer, den biologiska mångfalden gynnas, och övergödning i haven minskar.

Undersökningsområde skulle dock inte bidra med så höga grundvattennivåer på grund av att lerig morän utgör en stor del av området. Hade beräkningarna utförts där sand och grus hade en större utbredning, skulle förmodligen grundvattenbildningen och grundvattennivåerna ökat. Generellt har Öland låga kapaciteter av grundvatten då jordlagren inte är tillräckligt mäktiga för att kunna hålla större mängder vatten.

För att kunna beräkna till vilken nivå grundvattentytan önskas återta krävs en närmare undersökning på mindre och fler områden över Öland. En uppdämning av diken leder till att grundvattnet tilltar efter hand.

Jordtäcket i undersökningsområdet är troligtvis för tunt för att kunna ansamlas vatten och behålla det permanent. Förmodligen finns den största delen grundvatten i den sedimentära kalkberggrunden som underlagrar jordlagren. Sett till markanvändningen kan det skapa problem om för mycket vatten ansamlas

och inte infiltrerar ned i marken på grund av för mycket ogenomtränglig lera. Förändras klimatet så nederbörden minskar på Öland hade vattenmagasinen inte påverkats i lika hög grad om ytvattnet går att samla in genom en hindrad avrinning. Enligt SMHI kommer dock årsnederbörden i Kalmar län att öka med 15-20% under perioden 1961-2100 jämfört med det normala, d.v.s. medelvärde för åren 1961-1990 (SMHI 2015).

## 13 Tack

Tack till Per Sandgren som varit min handledare på Geologiska institutionen. Ett stort tack till mina två externa handledare från Sveriges geologiska undersökning, Peter Dahlqvist och Mattias Gustafsson som hjälpt och stöttat.

## 14 Referenser

- Ekstam, B. Ekelund, S. Aleljung och S-O. Hevelius, C. 2003: *Limniska våtmarker i Borgholms kommun*. Kommunstyrelsen Borgholms kommun
- Geopark. 2012: *En liten geologisk guide till upplevelser på Öland*. Geopark Öland. 41 sidor.
- Hagström, L. 2013: *Regional vattenförsörjningsplan Kalmar län 2013*. Länsstyrelsen Kalmar län. Nr 420-1090-11. 176 sidor.
- Jordbruksverket, 2004: *Kvalitetskriterier för våtmarker i odlingslandskapet— kriterier för rening av växtnäring med beaktande av biologisk mångfald och kulturmiljö*. Jordbruksverket 108 sidor.
- Lundqvist, G. 1928: *Studier i Ölands myrmarker*. Sveriges geologiska undersökning. Serie C. Årsbok 22 N:o 3. 183 sidor.
- Länsstyrelsen i Kalmar län 2005a: *Strandängar och våtmarker på Öland – erfarenheter vid ett naturvårdprojekt*. Länsstyrelsen Kalmar län. Rapportnr: 0530. 40 sidor
- Länsstyrelsen i Kalmar län 2015a: *Geologi på Öland*. Hämtad den 29 maj 2015 från <http://www.lansstyrelsen.se/kalmar/sv/om-lansstyrelsen/om-lanet/fakta-kalmar-lan/lanets-natur/natur-och-kultur-pa-oland/Pages/geologi.aspx>
- Marbipp, 2012: *Ekosystemens produktion av varor och tjänster*. Hämtad 2015-04-20 från <http://www.marbipp.tmbi.gu.se/1handled/1begrepp/6varor/1.html/>
- Mark & Vatten ingenjörerna AB, 1996: *Ölands vattenförsörjning*. Växjö nr 0840.013. 57 sidor.
- Naturvårdsverket, 2015a: *Grundvatten av god kvalitet*. Hämtad 2015-05-04 från <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/9-Grundvatten-av-god-kvalitet/>
- Naturvårdsverket, 2015b: *Levande sjöar och vatten drag*. Hämtad 2015-05-01 från <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/8-Levande-sjoar-och-vattendrag/>
- Naturvårdsverket 2015c: *Ekosystemtjänster*. Hämtad 2015-06-24 från <http://www.naturvardsverket.se/ekosystemtjanster>

- Naturvårdsverket, 2015: *Myllrande våtmarker*. Hämtad 2015-05-04 från <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/11-Myllrande-vatmarker/>
- Pousette, J., Müllern C-F., Engqvist, P. och Knutsson, G., 1981. Beskrivning till hydrogeologiska kartan över Kalmar län, Hydrogeologiska kartblad 1:250 000. Serie Ah. Nr 1. Sveriges geologiska undersökning, Uppsala. 110 sidor.
- Pousette, J och, Möller, Å. 1972: *Ölands Hydrogeologi, En översikt*. Sveriges geologiska undersökning. Serie C. Nr 670. Årsbok 66. Nr 1. Sveriges geologiska undersökning. 63 sidor.
- Rodhe, A. Lindström, G. Rosberg, J. och Pers, C. 2004: *Grundvattenbildning i svenska typjordar-översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell*. Geotryckeriet nr 60-1375. 27 sidor.
- Rudmark, L. 1981: *Jordartskartan 5H Borgholm SV. Beskrivning till jordartskartan Borgholm SV*. Sveriges Geologiska Undersökning. Ae 45. 67 sidor.
- SMHI 2009. Ölands klimat. Hämtad den 9 juni 2015 från <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/olands-klimat-1.4870>
- SMHI 2015. Klimatscenarier. Hämtad från <http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/klimatscenarier?area=lan&var=n&sc=rcp85&seas=ar&dnr=8&sp=sv&sx=0&sy=0#area=lan&dnr=8&sc=rcp85&seas=ar&var=n> den 3/7-2015
- Wik, N-G. Bergström, U. Bruun, Å. Claeson, D. Jelinek, C. Juhojuntti, N. Kero, L. Lundqvist, L. Stephens, M. Sukotjo och S. Wikman, H. 2005: *Beskrivning till regional berggrundskarta över Kalmar län*. Sveriges Geologiska Undersökning. Ba 66. 50 sidor.
- Wågman, Å. 2002: Ger hindrad avrinning mer våtmarker och därmed ökad grundvattennivå på södra Öland? Examensarbete i miljövetenskap. Högskolan Kalmar. 19 sidor
- Skriftlig kommunikation med Andersson, S. Länsstyrelsen Kalmar län maj 2015

## Bilaga 1

Beräkning av den effektiva porositeten i undersökningsområdet. Jorddjupet beräknas vara fem meter i undersökningsområdet. Efter att ha studerat grundvattennivåerna på olika platser på Öland antogs grundvattennivån befinnas på ungefär på samma djup. Exakta beräkningar på grundvattennivåerna i undersökningsområdet finns ej att tillgå, därav antagningen.

Uppskattningsvis utgör den leriga moränen 60 % av  $0,08\text{km}^3$ . Den effektiva porositeten för lerig morän uppskattas vara cirka 5 %. Uppskattningsvis utgör sand 20 % av  $0,08\text{km}^3$ . Den effektiva porositeten för sand uppskattas vara cirka 20 %. Uppskattningsvis utgör grus cirka 20 % av  $0,08\text{km}^3$ . Den effektiva porositeten för grus uppskattas vara cirka 30 %.

Volymen för varje jordart beräknades genom: procent = del/hela. **Lerig morän:**  $0,6 = x / 0,08 \text{ km}^3 \rightarrow 0,08 \times 0,6 = 0,048 \text{ km}^3$ . Effektiv porositet beräknades genom: procent = del/hela. **Lerig morän:**  $0,05 = x / 0,048 \rightarrow 0,048 \times 0,05 = 0,0024 \text{ km}^3$ . I den leriga moränen finns  $0,0024 \text{ km}^3$  vatten att utvinna efter en höjning av grundvattenytan.

Volymen för varje jordart beräknades genom: procent = del/hela. **Sand:**  $0,2 = x / 0,08 \text{ km}^3 \rightarrow 0,08 \times 0,2 = 0,016 \text{ km}^3$ . Effektiv porositet beräknades genom: procent = del/hela. **Sand:**  $0,02 = x / 0,016 \rightarrow 0,016 \times 0,02 = 0,0032 \text{ km}^3$ . I sanden finns  $0,0032 \text{ km}^3$  vatten att utvinna efter en höjning av grundvattenytan.

Volymen för varje jordart beräknades genom: procent = del/hela. **Grus:**  $0,2 = x / 0,08 \text{ km}^3 \rightarrow 0,08 \times 0,2 = 0,016 \text{ km}^3$ . Effektiv porositet beräknades genom: procent = del/hela. **Grus:**  $0,03 = x / 0,016 \rightarrow 0,016 \times 0,03 = 0,0048 \text{ km}^3$ . I grus finns det  $0,0048 \text{ km}^3$  vatten att utvinna efter en höjning av grundvattenytan.

Totalt är det  $0,0104\text{km}^3$  som kan hålla grundvatten i volymen.  $0,0104/0,08 = 0,13 \rightarrow 13 \%$

## Bilaga 2

Beräkningar av utflödet i undersökningsområdet. Det är totalt fem utdikade kanaler i området. Teoretiskt däms varje flöde upp till hälften, vilket medför att hälften av vatten stannar kvar på insidan av Littorinavallen. Mängden vatten på varje flöde utgör:

1.  $0,409 \text{ m}^3/\text{s}$
2.  $0,115\text{m}^3/\text{s}$
3.  $0,119\text{m}^3/\text{s}$
4.  $0,150\text{m}^3/\text{s}$
5.  $0,432\text{m}^3/\text{s}$

Totalt utgör de ett flöde på  $1,225\text{m}^3/\text{s}$ .

Genom en hindrad avrinning halveras utflödet, alltså  $0,6125\text{m}^3/\text{s}$  har möjlighet att stanna kvar innanför strandvallen och infiltrera ned i jordlagren. Uppskattningsvis går cirka hälften av vattnet till avdunstning och upptag av vegetation, vilket bidrar till att  $0,3\text{m}^3/\text{s}$  har möjlighet att infiltrera ned i marken.

De teoretiska beräkningarna utförs på dessa siffror, i verkligheten är det inte säkert att allt vatten kommer att infiltrera och bilda grundvatten. Den totala porositeten i volymen beräknas överslagsvis till cirka 15%. Genom att multiplicera den totala volymen,  $40\ 000\ 000\text{m}^3$  med 0,15 (15%) får man totala volymen av porutrymmena, alltså  $6\ 000\ 000\text{m}^3$ . Det krävs därmed  $6\ 000\ 000\text{m}^3$  vatten för att höja vattennivån med en meter.

För att höja grundvattennivån beräknas att  $0,3\text{m}^3/\text{s}$  konstant infiltrerar marken. På en timme infiltreras  $1080\text{m}^3$  vatten. Ett dygn cirka  $25\ 000\text{m}^3$ .

För att fylla volymen som utgörs av den totala porositeten divideras  $6\ 000\ 000\text{m}^3$  med  $25\ 000\text{m}^3$ .

$6\ 000\ 000 / 25\ 000 = 240$  dygn.

Det skulle då teoretiskt sett tagit 240 dygn att fylla porutrymmet med vatten i den totala volymen.

Troligtvis skulle det i verkligheten ta betydligt längre tid för porutrymmet att fyllas då det inte är säkert att det sker en konstant infiltration på  $0,3\text{m}^3$  per sekund.



## Tidigare skrifter i serien

### ”Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet”:

406. Björnfors, Oliver, 2014: A comparison of size fractions in faunal assemblages of deep-water benthic foraminifera—A case study from the coast of SW-Africa.. (15 hp)
407. Rådman, Johan, 2014: U-Pb baddeleyite geochronology and geochemistry of the White Mfolozi Dyke Swarm: unravelling the complexities of 2.70-2.66 Ga dyke swarms on the eastern Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
408. Andersson, Monica, 2014: Drumliner vid moderna glaciärer — hur vanliga är de? (15 hp)
409. Olsenius, Björn, 2014: Vinderosion, sanddrift och markanvändning på Kristianstadsslätten. (15 hp)
410. Bokhari Friberg, Yasmin, 2014: Oxygen isotopes in corals and their use as proxies for El Niño. (15 hp)
411. Fullerton, Wayne, 2014: REE mineralisation and metasomatic alteration in the Olserum metasediments. (45 hp)
412. Mekhaldi, Florian, 2014: The cosmic-ray events around AD 775 and AD 993 - Assessing their causes and possible effects on climate. (45 hp)
413. Timms Eliasson, Isabelle, 2014: Is it possible to reconstruct local presence of pine on bogs during the Holocene based on pollen data? A study based on surface and stratigraphical samples from three bogs in southern Sweden. (45 hp)
414. Hjulström, Joakim, 2014: Bortforsling av kaxblandat vatten från borrhningar via dagvattenledningar: Riskanalys, karaktärisering av kaxvatten och reningsmetoder. (45 hp)
415. Fredrich, Birgit, 2014: Metadolerites as quantitative P-T markers for Sveconorwegian metamorphism, SW Sweden. (45 hp)
416. Alebouyeh Semami, Farnaz, 2014: U-Pb geochronology of the Tsineng dyke swarm and paleomagnetism of the Hartley Basalt, South Africa – evidence for two separate magmatic events at 1.93-1.92 and 1.88-1.84 Ga in the Kalahari craton. (45 hp)
417. Reiche, Sophie, 2014: Ascertaining the lithological boundaries of the Yoldia Sea of the Baltic Sea – a geochemical approach. (45 hp)
418. Mroczek, Robert, 2014: Microscopic shock-metamorphic features in crystalline bedrock: A comparison between shocked and unshocked granite from the Siljan impact structure. (15 hp)
419. Balija, Fisnik, 2014: Radon ett samhällsproblem - En litteraturstudie om geologiskt sammanhang, hälsoeffekter och möjliga lösningar. (15 hp)
420. Andersson, Sandra, 2014: Undersökning av kalciumkarbonatförekomsten i infiltrationsområdet i Sydsvensk vattenverk, Vombverket. (15 hp)
421. Martin, Ellinor, 2014: Chrome spinel grains from the Komstad Limestone Formation, Killeröd, southern Sweden: A high-resolution study of an increased meteorite flux in the Middle Ordovician. (45 hp)
422. Gabrielsson, Johan, 2014: A study over Mg/Ca in benthic foraminifera sampled across a large salinity gradient. (45 hp)
423. Ingvaldson, Ola, 2015: Ansvarsutredningar av tre potentiellt förorenade fastigheter i Helsingborgs stad. (15 hp)
424. Robygd, Joakim, 2015: Geochemical and palaeomagnetic characteristics of a Swedish Holocene sediment sequence from Lake Storsjön, Jämtland. (45 hp)
425. Larsson, Måns, 2015: Geofysiska undersökningsmetoder för geoenergisystem. (15 hp)
426. Hertzman, Hanna, 2015: Pharmaceuticals in groundwater - a literature review. (15 hp)
427. Thulin Olander, Henric, 2015: A contribution to the knowledge of Fårö's hydrogeology. (45 hp)
428. Peterffy, Olof, 2015: Sedimentology and carbon isotope stratigraphy of Lower-Middle Ordovician successions of Slemestad (Oslo-Asker, Norway) and Brunflo (Jämtland, Sweden). (45 hp)
429. Sjunnesson, Alexandra, 2015: Spårämnesförsök med nitrat för bedömning av spridning och uppehållstid vid återinfiltration av grundvatten. (15 hp)
430. Henao, Victor, 2015: A palaeoenvironmental study of a peat sequence from Iles Kerguelen (49° S, Indian Ocean) for the Last Deglaciation based on pollen analysis. (45 hp)
431. Landgren, Susanne, 2015: Using calcine-filled osmotic pumps to study the calcification response of benthic foraminifera to induced hypoxia under *in situ* conditions:

- An experimental approach. (45 hp)
432. von Knorring, Robert, 2015: Undersökning av karstvittring inom Kristianstadsslättens NV randområde och bedömning av dess betydelse för grundvattnets sårbarhet. (30 hp)
433. Rezvani, Azadeh, 2015: Spectral Time Domain Induced Polarization - Factors Affecting Spectral Data Information Content and Applicability to Geological Characterization. (45 hp)
434. Vasilica, Alexander, 2015: Geofysisk karaktärisering av de ordoviciska kalkstensenheter på södra Gotland. (15 hp)
435. Olsson, Sofia, 2015: Naturlig nedbrytning av klorerade lösningsmedel: en modellering i Biochlor baserat på en fallstudie. (15 hp)
436. Huitema, Moa, 2015: Inventering av föroreningar vid en brandövningsplats i Linköpings kommun. (15 hp)
437. Nordlander, Lina, 2015: Borrningsteknikens påverkan vid provtagning inför dimensionering av formationsfilter. (15 hp)
438. Fennvik, Erik, 2015: Resistivitet och IP-mätningar vid Äspö Hard Rock Laboratory. (15 hp)
439. Pettersson, Johan, 2015: Paleoekologisk undersökning av Triberga mosse, sydöstra Öland. (15 hp)
440. Larsson, Alfred, 2015: Mantelplymer - realitet eller *ad hoc*? (15 hp)
441. Holm, Julia, 2015: Markskador inom skogsbruket - jordartens betydelse (15 hp)
442. Åkesson, Sofia, 2015: The application of resistivity and IP-measurements as investigation tools at contaminated sites - A case study from Kv Renen 13, Varberg, SW Sweden. (45 hp)
443. Lönsjö, Emma, 2015: Utbredningen av PFOS i Sverige och världen med fokus på grundvattnet – en litteraturstudie. (15 hp)
444. Asani, Besnik, 2015: A geophysical study of a drumlin in the Åsnen area, Småland, south Sweden. (15 hp)
445. Ohlin, Jeanette, 2015: Riskanalys över pesticidförekomst i enskilda brunnar i Sjöbo kommun. (15 hp)
446. Stevic, Marijana, 2015: Identification and environmental interpretation of microtextures on quartz grains from aeolian sediments - Brattforsheden and Vittskövle, Sweden. (15 hp)
447. Johansson, Ida, 2015: Is there an influence of solar activity on the North Atlantic Oscillation? A literature study of the forcing factors behind the North Atlantic Oscillation. (15 hp)
448. Halling, Jenny, 2015: Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tornquistzonen, Dalby stenbrott, Skåne. (15 hp)
449. Nordas, Johan, 2015: A palynological study across the Ordovician Kinnekulle. (15 hp)
450. Åhlén, Alexandra, 2015: Carbonatites at the Alnö complex, Sweden and along the East African Rift: a literature review. (15 hp)
451. Andersson, Klara, 2015: Undersökning av slugtetsmetodik. (15 hp)
452. Ivarsson, Filip, 2015: Hur bildades Bushveldkomplexet? (15 hp)
453. Glommé, Alexandra, 2015:  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  in plagioclase, evidence for a crustal origin of the Hakefjorden Complex, SW Sweden. (45 hp)
454. Kullberg, Sara, 2015: Using Fe-Ti oxides and trace element analysis to determine crystallization sequence of an anorthositenorite intrusion, Älgön SW Sweden. (45 hp)
455. Gustafsson, Jon, 2015: När började platttektoniken? Bevis för platttektoniska processer i geologisk tid. (15 hp)
456. Bergqvist, Martina, 2015: Kan Ölands grundvatten öka vid en uppdamning av de utgrävda diken genom strandvallarna på Ölands östkust? (15 hp)



# LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
Sölvegatan 12, 223 62 Lund