

Rapport
P-21-20
Mars 2022



Djupmätning av gölar i Forsmark

Philip Jacobson

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

SWEDISH NUCLEAR FUEL
AND WASTE MANAGEMENT CO

Box 3091, SE-169 03 Solna
Phone +46 8 459 84 00
skb.se

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING

ISSN 1651-4416

SKB P-21-20

ID 1958661

Mars 2022

Djupmätning av gölar i Forsmark

Philip Jacobson, Svensk Kärnbränslehantering AB

Nyckelord: 3D-modeller, Avsänkning, Djupmätning, Ekolod, Gölar, Vattennivå, AP SFK-20-037.

Data i SKB:s databas kan ändras av olika skäl. Mindre ändringar i SKB:s databas kommer nödvändigtvis inte att resultera i en reviderad rapport. Revideringar av data kan också presenteras som supplement, tillgängliga på www.skb.se.

Denna rapport är publicerad på www.skb.se

© 2022 Svensk Kärnbränslehantering AB

Sammanfattning

I Forsmarksområdet där SKB planerar att bygga slutförvaret för använt kärnbränsle finns flertalet kalkrika våtmarker och gölar med höga naturvärden. I och i anslutning till dessa våtmarker och gölar förekommer också frekvent skyddade och fridlysta arter, såsom gölgröda, större vattensalamander och gulyxne, arter som SKB ej får påverka negativt via sin verksamhet i området. Vid uppförandet av slutförvaret finns det en risk för att ytmiljön i Forsmark blir torrare, vilket skulle kunna påverka våtmarkerna och gölarna negativt. Därför har SKB åtagit sig att utföra infiltrationsåtgärder uppströms fem olika gölar i området om en grundvattennivåsänkning till följd av SKB:s verksamhet uppstår. Dock saknas det idag detaljerad kunskap om gölarnas vattenvolymer och storlek vid olika vattennivåer, kunskap som är viktig för att kunna utföra infiltrationsåtgärder på ett så effektivt sätt som möjligt. Dessutom är gölarnas ytstorlek och volym viktiga miljöparametrar för att öka förståelsen kring förekomsten och individtätheterna av gölgröda och större vattensalamander i Forsmark. Med syftet att fylla dessa kunskapsluckor utfördes djupmätningar i sex gölar i Forsmark under 2021 för att öka kunskapen gällande gölarnas bottenstruktur, storlek och volym vid olika vattennivåer. Djupmätningarna utfördes med ett portabelt ekolod. Djupmätningarna gick bra i fält och djupdata kunde sedan användas för att skapa 3D-modeller över samtliga gölars bottenstrukturer. Dessa data användes även för att estimerade gölarnas volymer och storlek vid olika vattennivåer. Valideringar av estimaten framtagna i denna rapport bör göras med hjälp av drönare och GNSS-utrustning för att få en uppskattning om osäkerheten kring de framtagna estimaten. Med eller utan validering så görs bedömningen att metodiken som beskrivs i denna rapport kan användas för att skapa 3D-modeller för flera gölar i området i framtiden.

Summary

In the Forsmark area, where SKB plans to build the final repository for spent nuclear fuel, there are several calcareous wetlands and ponds with high natural values. In and in connection with these wetlands and ponds, rare and protected species occur frequently, such as pool frog, greater crested newt and the fen orchid. SKB is not allowed to affect these species nor their habitat negatively through their activities in the area. During the construction of the final repository, there is a risk that the surface environment in Forsmark will become drier, which could have a negative effect on these wetlands, ponds and their associated flora and fauna. Therefore, SKB has promised to carry out infiltration measures in five different ponds in the area if the surface environment becomes drier due to SKB's activities in the area. However, there is a lack of detailed knowledge about the ponds' water volumes and size at different water levels, knowledge which is important to account for to perform infiltration measures in an efficient way. In addition, the surface size and volume of ponds should be important environmental parameters to account for in order to gain further insights regarding factors affecting the presence and abundance of pool frogs and greater crested newt in Forsmark. With the aim to fill these knowledge gaps, depth measurements of six ponds were carried out in Forsmark in 2021 to increase knowledge regarding the ponds' bottom structure, size and volume at different water levels. The depth measurements were performed with a portable sonar. The depth measurements went well in the field and the collected data was successfully used to create 3D models of all the ponds' bottom structures, which were then used to estimate the ponds' volumes and size at different water levels. Validations of the estimates produced in this report should be done with the help of drones and GNSS equipment to get an estimate of the uncertainty of the produced estimates in this report. With or without validation, the methodology described in this report can be used to create 3D models for additional ponds in the future.

Innehåll

1	Introduktion	7
2	Material och metoder	9
2.1	Utrustning i fält	9
2.2	Djupmätning av gölar	9
2.3	Gölarnas vattenstånd vid djupmätning och drönarflygning	9
2.4	Kontrollmätning av gölarnas djup	10
2.5	Intrapolering av djupdata för 3D-modeller samt estimerad gölstorlek och volym vid sänkta vattennivåer	11
2.6	Antaganden	11
3	Resultat	13
3.1	Djupmätning i fält	13
3.2	Gölarnas djup, vattenyta och -volym	15
3.2.1	Gölarnas storlek och volym vid en vattennivåsänkning	19
3.3	Uppmätta vattennivåer i fem av de sex djupmätta gölarna	24
4	Diskussion	27
4.1	Erfarenheter från fältmätningarna	27
4.2	Gölarnas uppmätta vattennivåer vid pegelrörets placering	27
4.3	Validering av gölarnas estimerade vattenyta och volym vid olika vattennivå	28
5	Slutsats	29
	Referenser	31
Bilaga 1	3D-modeller över gölarnas beräknade vattenyta vid olika vattennivå	33

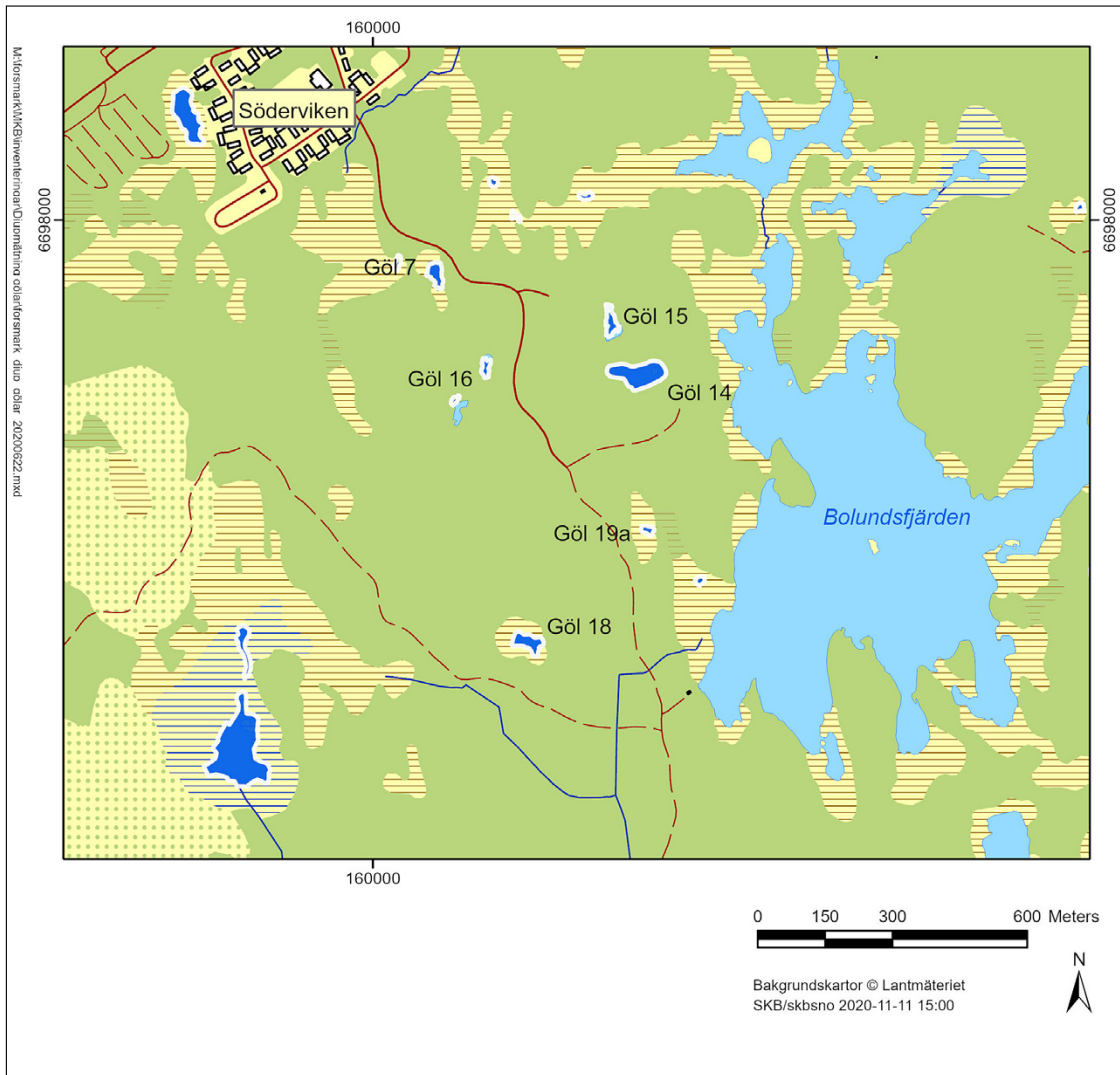
1 Introduktion

Området kring Forsmark i Norduppland är karakteriserat av höga naturvärden då området är flackt och kalkrikt med flertalet sjöar, gölar och våtmarker (SKB 2011). I och i anslutning till dessa gölar och våtmarker förekommer flera fridlysta arter, däribland gölgröda (*Pelophylax lessonae*), större vattensalamander (*Triturus cristatus*) och orkidén gulyxne (*Liparis loeselii*) (Holmberg 2021, Holmgren et al. 2020). Dessa tre arter och deras associerade miljö (kalkrika våtmarker och gölar) har ett starkt juridiskt skydd då arterna är fridlysta enligt artskyddsförordningen och upptagna i EU:s art- och habitatdirektiv (Malmgren 2007, Lindgren et al. 2014, Westling et al. 2020).

I Forsmarksområdet planerar SKB att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle, 500 meter ner i berggrunden. Uppförandet av detta slutförvar kan leda till en grundvattenavsänkning vilket skulle kunna leda till att delar av ytmiljön i Forsmark periodvis blir torrare. Detta skulle kunna påverka gölarna och våtmarkerna i området negativt vilket i sin tur kan ha en negativ effekt på de arter som är associerade till dessa blöta miljöer. Populationsutvecklingen för gölgröda, större vattensalamander och gulyxne har i Forsmark övervakats årligen via inventeringar sedan början på 2010-talet (Holmberg 2021, Holmgren et al. 2020). Resultaten från dessa inventeringar gör det möjligt att följa upp hur statusen för arterna varierar över tid i området och för att identifiera om arterna visar på en mer negativ utveckling än vad som kan förväntas under naturliga förhållanden. En viktig pusselbit som idag saknas gällande gölgröda och större vattensalamander är hur många individer en göl kan förväntas rymma givet dess storlek och huruvida förhållandet mellan en göls storlek och individtätheten av olika arter varierar mellan gölar i området.

Konstgjord infiltration av vatten uppströms fem gölar (göl 7, 14, 15, 16 och 18, se figur 1-1) är en av flera åtgärder som SKB åtagit sig att genomföra vid en eventuellt grundvattenavsänkning till följd av SKB:s verksamhet med syftet att bromsa och motverka en uttorkning. I dessa fem gölar och i deras omgivningar förekommer gölgröda, större vattensalamander och/eller gulyxne frekvent (Holmberg 2021, Holmgren et al. 2020). Infiltrationen planeras gå till så att vatten tillsätts via perforerade slangar som placeras på en eller flera utvalda platser i anslutning till varje göl. Vattnet rinner sedan igenom markens olika jordlager, vidare till våtmarken och slutligen till gölen där vattnet ansamlas. Idag saknas högupplösta estimat för hur mycket vatten dessa gölar rymmer vid olika vattennivåer, en kunskap som är viktig för att säkerställa att tillräckligt mycket vatten tillsätts vid en eventuell infiltrationsåtgärd.

För att fylla dessa kunskapsluckor utfördes ett pilotprojekt i Forsmark år 2021 med syftet att mäta djupet i sex olika gölar i området (göl 7, 14, 15, 16, 18 och 19a, figur 1-1) för att mäta deras volym och storlek (ytan på respektive vattenspegel) samt estimerar hur gölarnas volym och storlek förändrades vid en simulerad vattenavsänkning.



Figur 1-1. Karta som visar de sex gölarna (göl 7, 14, 15, 16, 18 och 19a) i Forsmarksområdet där djup mättes under 2021.

2 Material och metoder

Djupmätningarna utfördes i enlighet med aktivitetsplanen AP SFK-20-037 (internt dokument), med undantag att antalet kontrollmätningar per göl reducerades från tre till en mätning. Antalet kontrollmätningar reducerades eftersom det i fält bedömdes tillräckligt med en kontrollmätning per göl för att skatta vattenpelarens djup och tjockleken på gölens mjukbotten samt för att säkerställa vilket djup som ekolodet registrerade (se sektion 2.3). Samtliga djupdatapunkter finns tillgängliga via SKB:s GIS-databas och är lagrade med aktivitetskoden HY014 (Depth measurements in ponds).

2.1 Utrustning i fält

För att mäta djupet i de sex gölarna användes ett fiskespö, ett portabelt flytande ekolod och en smartphone. Fiskespöt som användes var 2,7 meter långt med en kastvikt på 15–40 gram. Rullen som användes var en haspelrulle med en flätad lina (fireline, 0,18 mm) och ett beteslås (Darts strong snap #10). Ekolodet var av modellen Deeper Smart Sonar CHIRP+, tillverkad av företaget Deeper. Detta ekolod har en inbyggd GPS-sändare, vilket medför att ekolodet samtidigt registrerar sitt läge (X, Y koordinater, enligt systemet WGS 84) och djupet från vattenytan till botten (Z, meter). Ekolodet kan registrera djupet från vattenytan till botten från 0,2–100 meters djup. Vid vattendjup mindre än 0,2 meter alternativt större än 100 meter erhålls inga mätpunkter (varken X, Y eller Z registreras). När ekolodet mäter djupet från vattenytan (startar automatiskt vid kontakt med vatten) är det kopplat via en WiFi-signal till en smartphone via applikationen *Fish Deeper*. I applikationen *Fish Deeper* går det att ändra inställningarna för ekolodet och användaren ser var ekolodet befinner sig på en karta och djupet som ekolodet registrerar. Utöver detta så skapas en djupkarta direkt i applikationen samtidigt som mätningarna pågår. De registrerade djupen och dess koordinater laddas sedan upp via applikationen till en extern server från vilken data senare kan laddas ner som en .csv fil (<https://maps.fishdeeper.com/sv-se>). Vid nedladdning av data erhålls både uppmätta och interpolerade djup, de uppmätta djupen har dock koordinater kopplade till sig (X och Y) vilket inte de interpolerade djupen har (dessa kolumner är tomma). I denna studien användes endast de uppmätta djupen. Under djupmätningen i Forsmark användes applikationen *Fish Deeper* v.1.7.1.879 på en iOS v.14.7.1 enhet (Iphone XR) och ekolodet var inställt på GPS onshore mode, strålvinkeln var inställd på *bred* med en känslighet på 100 % vilket är de mest lämpliga inställningarna för djupmätningar på grunt vatten.

2.2 Djupmätning av gölar

Djupmätningen i respektive göl gick till så att ekolodet först fästes i fiskelinan med beteslåset för att sedan startas genom att släppas ned till vattenytan (ekolodet ligger kvar på denna plats det flyter). Ekolodet kopplades sen ihop med en smartphone via ekolodets WiFi och applikationen *FishDeeper* öppnades sedan för att kontrollera ekolodets inställningar och GPS-kontakt. Med hjälp utav fiskespöt kastades sedan ekolodet ut i gölen. När ekolodet landat och låg och flöt vid nedslagsplatsen kontrollerades ekolodets status och att ekolodet registrerade djupet vid nedslagsplatsen. Efter detta vevades ekolodet in långsamt. Då inte hela gölen nåddes från en och samma punkt rörde sig utföraren runt gölen för att se till så att ekolodet hade registrerat djupet för hela gölen. Kartfunktionen i applikation *Fish Deeper* användes som ett hjälpmedel för att utvärdera när djupmätningen var fullständig för varje göl.

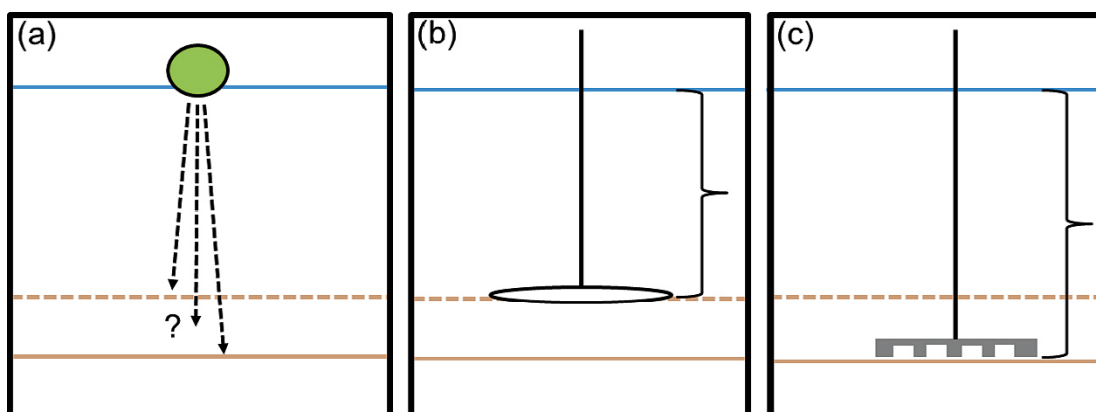
2.3 Gölarnas vattenstånd vid djupmätning och drönarflygning

Vattenståndet (m, RHB 70) vid djupmätningstillfällena i respektive göl erhöles via SKB:s övervaknings-system HMS för göl 7, 14, 16, 18 och 19a då vattenståndet i dessa gölar kontinuerligt övervakas via permanenta pegelrör (tabell 3-1, figur 3-2). I göl 15 saknas pegel och där mättes vattennivån istället in med portabel GNSS-utrustning vid djupmätningstillfället (m, RH 2000). Konvertering mellan de

två höjdsystemen (RHB 70 och RH 2000) gjordes genom att addera 0,185 m på höjdnivåer mätta i RHB 70 för att erhålla nivåmätningar i RH 2000 (Göran Rydén, SKB, 2021, personligt meddelande). Vattennivåerna mättes även in med GNSS-utrustning för göl 18 och göl 19a för att möjliggöra en jämförelse mellan uppmätta vattennivåer via pegelrör och GNSS-utrustning i flera gölar för att verifiera att de två system ger samma estimat.

2.4 Kontrollmätning av gölarnas djup

Då stora delar av gölarnas botten är mjuk med högt vatteninnehåll kan ekolodet få problem med att identifiera gölens bottenyta. Därför, som ett avslutande moment i djupmätningen i varje göl, utfördes en kontrollmätning av det djup som ekolodet registrerade. Kontrollmätningen gick till så att ekolodet placerades vid en punkt där den mätte djupet i ca 3 minuter för att säkerställa att de sista djupmätpunkterna i respektive göl var från kontrollmätningens punkt (figur 2-1a). Efter detta sänktes en siktskiva ned på samma plats tills den låg i höjd med gölens mjukbottenyta. En markering på snöret som siktskivan var fäst i gjordes vid vattenytan och avståndet mellan markering och siktskiva mättes för att erhålla djupet från vattenytan till mjukbottenytan (figur 2-1b). Efter detta sänktes en metallkratta ned på samma punkt så långt det gick ner i mjukbottenskiktet. När krattan stannade markerades vattenytans nivå på krattans skaft och avståndet mellan markeringen på skaftet och metallkrattan mättes för att erhålla djupet från vattenytan till gölens hårbotten (figur 2-1c).



Figur 2-1. Schematisk bild som visar hur kontrollmätningen av ekolodets registrerade djup utfördes i respektive göl under djupmätningen i Forsmark 2021. Den ljusblå linjen illustrerar gölens vattenyta, den bruna streckade linjen gölens mjukbottenyta och den solida bruna linjen gölens hårbottenyta. Panel (a) visar på osäkerheten i vilket djup som ekolodet (grön cirkel som flyter på vattenytan) registrerar från vattenytan (streckade svarta linjer). Panel (b) visar hur siktskivan sänktes ned så att den låg i nivå med mjukbottenytan för att mäta djupet från vattenytan till mjukbottenytan (svart klammerparentes). Panel (c) visar hur en metallkratta användes för att mäta djupet från vattenytan till hårbotten (svart klammerparentes) då metallkrattan trycktes ned så långt det gick i mjukbottenskiktet.

2.5 Intrapolering av djupdata för 3D-modeller samt estimerad gölstorlek och volym vid sänkta vattennivåer

Djupdata för varje göl intrapolerades till en kontinuerlig djupkarta för varje göl med mjukvarorna ArcGIS Pro och SBG GEO. Först plottades alla djupdatapunkter mot en flygbild (WMS) eller drönarbild för respektive göl i ArcGIS Pro (figur 3-2). Sedan ritades gölarnas strandlinje in manuellt baserat på antingen drönarbilderna eller flygbilderna i ArcGIS Pro och de datapunkter som låg utanför strandlinjen exkluderades från senare analyser (härstammar sannolikt från mätosäkerhet kopplade till ekolodets GPS mottagare). Djupdatapunkterna inom den utritade strandlinjen tillsammans med gölens strandlinje exporterades sedan till programmet SBG GEO för interpolering och generering av 3D-modeller över gölarnas batymetri. Intrapoleringen av djupdata utfördes med trianguleringsmetodik, som går ut på att värdet av de tre närmaste punkterna som bildar en triangel används för att interpolera djupet inom triangelns yta. Interpoleringen begränsades inom den utritade strandlinjen. Då en komplett 3D-modell för varje göl tagits fram estimerades storleken på gölarnas vattenyta (vattenspegel, m²) och -volym (m³) för den vattennivå som var aktuell vid mättillfället (dvs ekolodets nollnivå). Utöver detta beräknades gölarnas yta och volym för sänkta vattennivåer ned till 0,5 meter under denna nollnivå i 0,1-metersintervall. För varje sänkning med 0,1 meter erhöles estimerad vattenyta (m²) och -volym (m³) för respektive göl. 3D-modellerna för samtliga gölar finns tillgängliga via SKB:s GIS-expert Mathias Andersson, verksam inom enheten RPU.

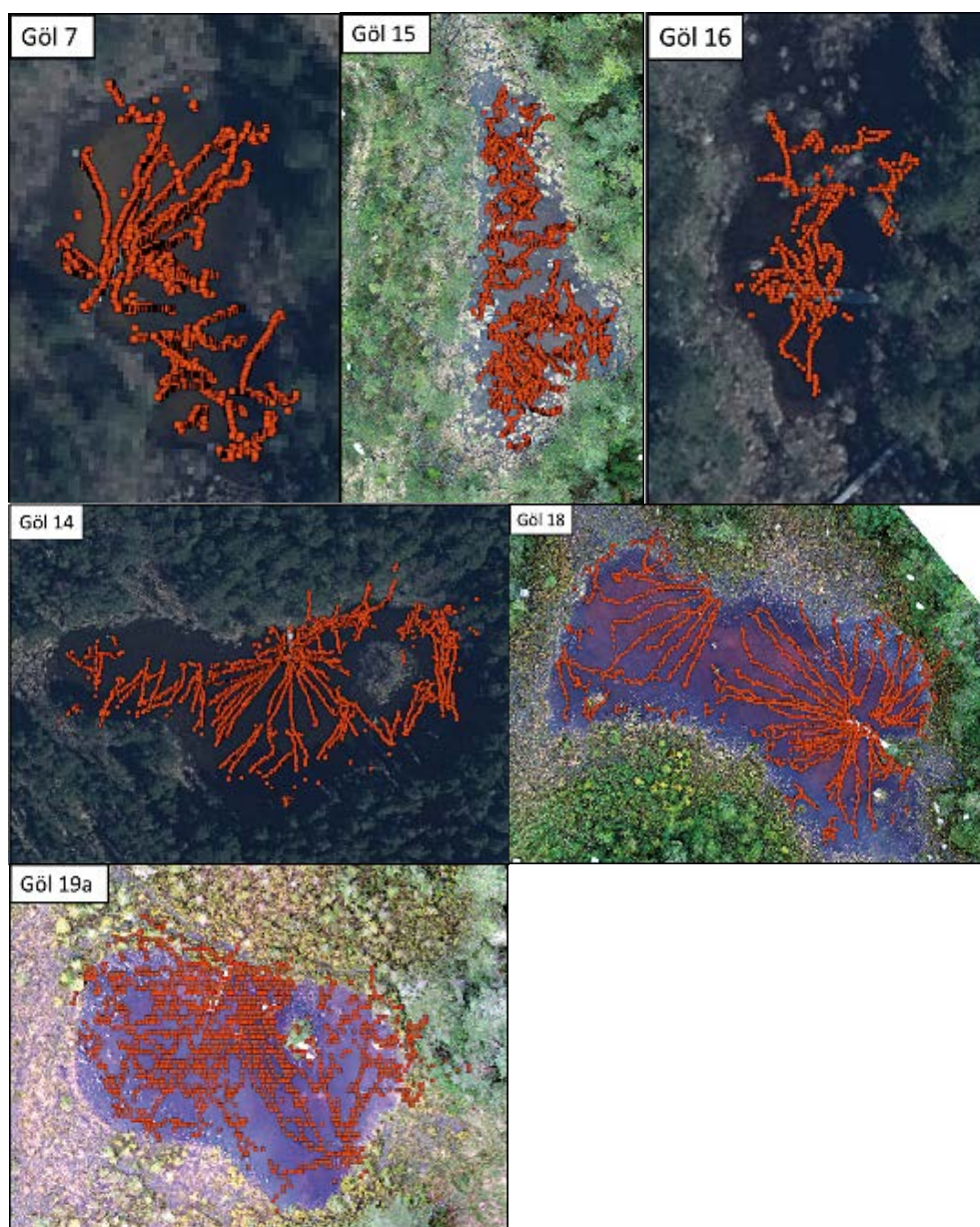
2.6 Antaganden

Tre olika 3D-modeller för respektive göl räknades fram baserat på resultaten av kontrollmätningarna i respektive göl där antagandet att förhållandet mellan ekolodets uppmätta djup och det uppmätta djupet med siktskivan respektive metallkrattan var konstant inom varje göl, dvs att mjukbottenskiktets mäktighet är konstant inom respektive göl. Små öar och stenar inom gölarna kan bli interpolerade som grunt vatten istället för områden utan vatten vilket kan leda till en överskattning av vattenvolymer och vattenspegelns storlek eftersom dessa ytor räknas in som vatten i modellerna. Därför bör modellerna av gölarnas vattenyta och -volym vid olika vattennivå ge övre gränser för volym och storlek vid en viss vattennivå.

3 Resultat

3.1 Djupmätning i fält

Djupmätningar utfördes 2021 vid månadskiftena april–maj och september–oktober. De sex gölar där mätningar utfördes (göl 7, 14, 15, 16, 18 och 19a) visas i figur 3-1. Antalet mätpunkter (med X och Y koordinater samt djup (m)) per göl varierade mellan 2 868 och 7 166 per göl och tidsåtgången för att mäta djupet i respektive göl varierade mellan 42 och 237 minuter (tabell 3-1). De faktorer som hade störst påverkan på tidsåtgången för djupmätningen i fält var gölens storlek och vegetationstätheten kring gölens strandlinje. Vattennivån som rådde vid djupmätningen var nära de årliga median-nivåerna för göl 7, 16 och 18, medan den var något under median-nivåerna för göl 18 och över median-nivåerna för göl 19a (figur 3-2).

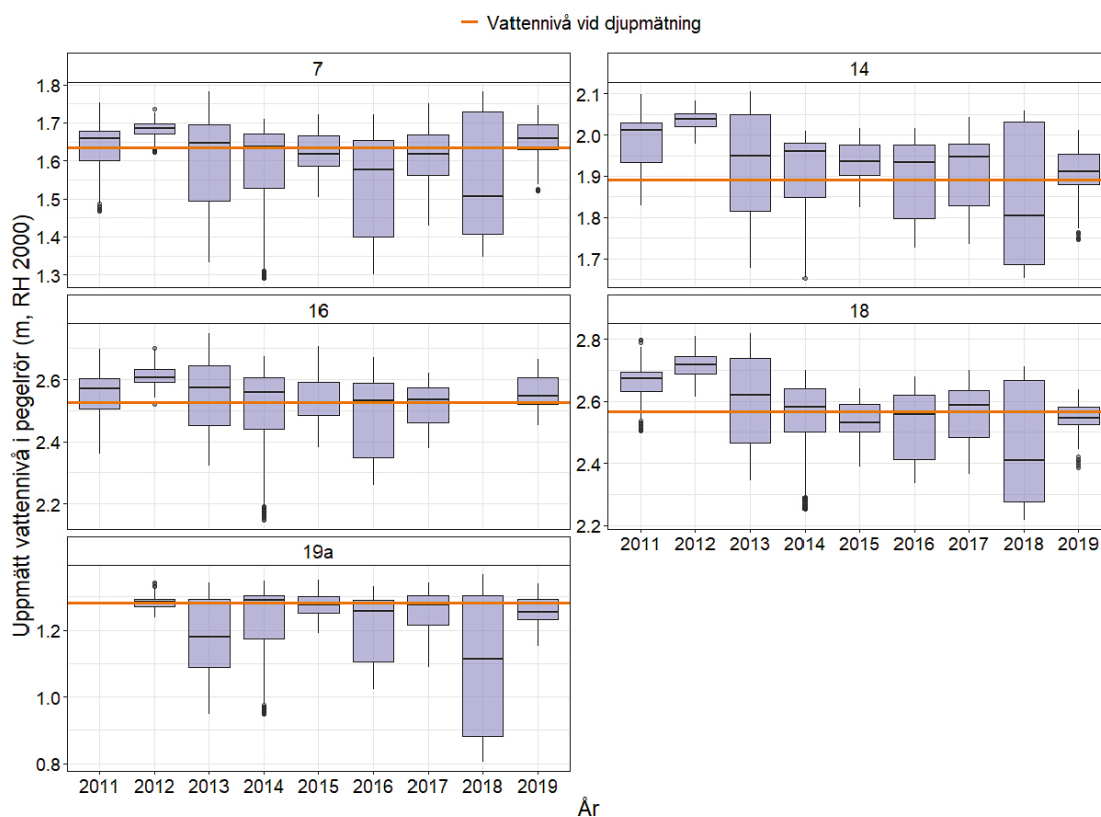


Figur 3-1. Registrerade djuppunkter i de sex gölarna som ingick i djupmätningarna. För göl 15, 18 och 19a utfördes drönarflygning i samband med djupmätningarna varför dessa har mer högupplösta flygbilder jämfört med göl 7, 14 och 16 där flygbilder tagna från högre höjd använts. De djuppunkter som ligger utanför gölarnas strandlinjer filtrerades bort efter det att strandlinjen manuellt ritats ut för varje göl (se sektion 2.5). Dessa mätpunkter härstammar sannolikt från mätosäkerhet kopplad till ekolodets GPS-mottagare.

Tabell 3-1. Datum, tidsåtgång, antalet mätpunkter och vattennivå vid djupmätningarna.

Göl	Datum (MM-DD-ÅÅÅÅ)	Starttid	Tidsåtgång (minuter)	Antal mätpunkter	Vattennivå (m, RHB 70)	ID-kod för gölens pegelrör	Utförare
7	11-05-2021	08:50	109	4 413	1,450	SFM000111	Sara Nordén, Matilda Svensson
14	28-04-2021	12:41	188	7 166	1,706	SFM000113	Philip Jacobson, Sara Nordén
14	11-05-2021	15:10	49		1,704	SFM000113	Philip Jacobson, Sara Nordén
15	11-05-2021	12:50	126	4 007	1,825 (RH2000)*	-	Philip Jacobson, Sara Nordén
16	03-05-2021	12:50	63	2 868	2,340	SFM000115	Sara Nordén, Matilda Svensson
18	08-09-2021	08:50	102	4 570	2,381	SFM000117	Philip Jacobson, Sara Nordén
19a	08-09-2021	12:10	42	4 616	1,096	SFM000130	Philip Jacobson, Sara Nordén

* Gölens vattennivå mättes in med GNSS-utrustning då göl 15 saknar permanent pegelrör för automatisk vattennivåmätning.



Figur 3-2. Boxplot som visar på den årliga variationen i vattennivå (dygnsmedelvärden) under perioden 2011–2019 i gölarna 7, 14, 16 18 och 19a. Orange horisontell linje visar den vattennivå som rådde vid djupmätningen i respektive göl. Boxarna visar på följande information: svart horisontell linje inom respektive box visar median-värdet, boxarnas nedre kant visar värdet som motsvarar den 25e percentilen medan boxarnas övre kant motsvarar den 75e percentilen. De vertikala svarta linjer från boxarna visar värden inom $1,5 \times$ avståndet mellan 25e och 75e percentilen – 25e percentilen (nedre sträcket) alternativt + 75e percentilen (övre sträcket) och mätvärden utanför dessa visas som enskilda svarta punkter.

Kontrollmätningen i respektive göl visade att mäktigheten på mjukbottenlagret vid respektive kontrollpunkt varierade mellan 0,06 och 0,35 m (tabell 3-2) i de sex gölarna. I fem av gölarna (göl 7, 14, 16, 18 och 19a) registrerade ekolodet djupet en bit ner i gölens mjukbotten, eftersom ekolodets uppmätta djup vid kontrollmätningen var större än djupet uppmätt med siktskiva men mindre än djupet till hårdbotten uppmätt med metallkratta (tabell 3-2). I göl 15 registrerade ekolodet samma djup som uppmättes med siktskivan (göl 15 var den göl med det tunnaste mjukbottenskiktet vid kontrollmätningen, 0,06 m), se tabell 3-2.

Tabell 3-2. Kontrollmätning av det djup (m) som uppmättes med det portabla ekolodet Deeper Smart Sonar Chirp+. Kontrollmättningsplatsernas koordinater anges i SWEREF99 TM. Tjockleken på respektive göls mjukbotten räknades fram genom att ta skillnaden mellan djupet till mjukbotten och djupet till hårdbotten.

Göl	Kontrollplats	Koordinat N	Koordinat E	Djup ekolod	Djup till mjukbotten (siktskiva)	Djup till hårdbotten (metallkratta)	Tjocklek mjukbotten
7	Längst ut på brygga	6699427	675426	0,40	0,29	0,61	0,32
14	Längst ut på brygga	6699233	675902	0,62	0,49	0,65	0,16
15	Sten med tall, östra sidan av gölen	6699332	675836	0,33	0,33	0,39	0,06
16	Längst ut på brygga	6699212	675552	0,35	0,30	0,46	0,16
18	Längst ut på bryggan	6698610	675696	0,48	0,39	0,74	0,35
19a	Längst ut på bryggan	6698883	675929	0,44	0,38	0,48	0,10

3.2 Gölarnas djup, vattenyta och -volym

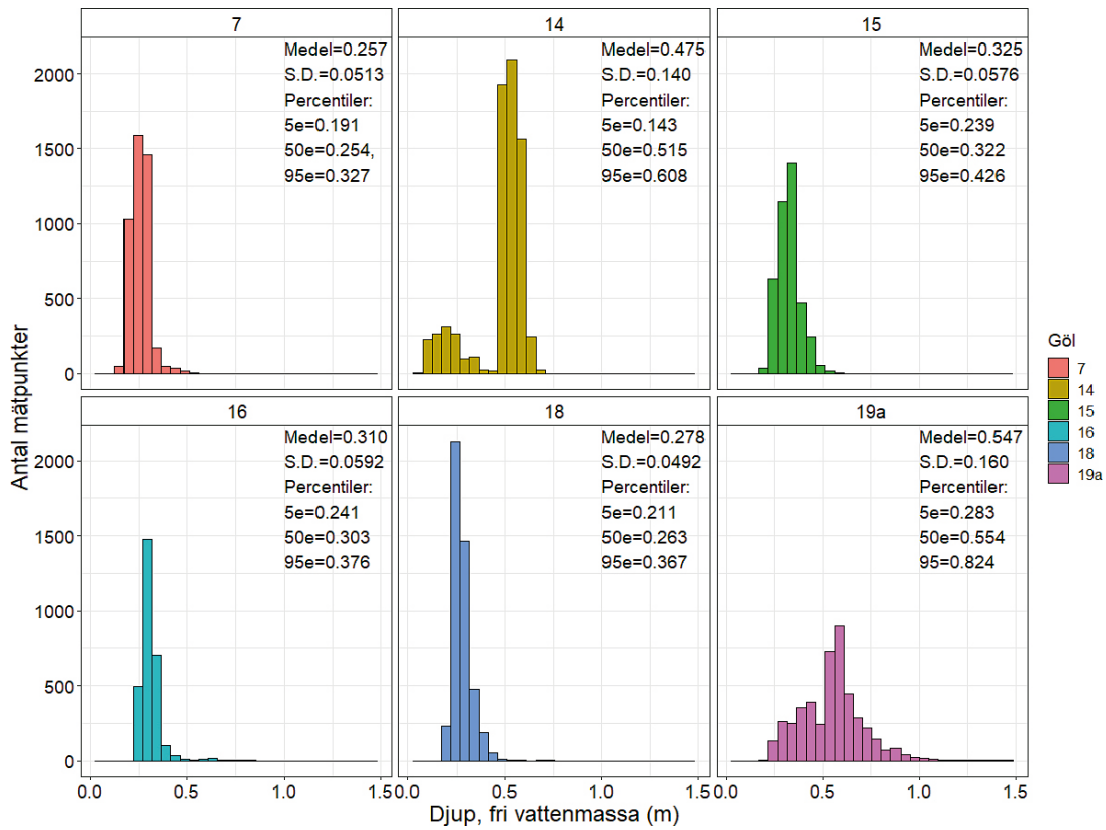
Batymetrin skiljde sig åt mellan de sex gölarna. Gölarna 7, 15, 16 och 18 var mest homogena i sin bottenstruktur (låg spridning kring respektive medeldjup) av de sex gölarna medan batymetrin varierade mest i gölarna 14 och 19a (större spridning kring respektive medeldjup) (figur 3-3). Detta kan även ses visuellt via de interpolerade djupkartorna, där gölarna 14 och 19a har mer heterogen bottenstruktur jämfört med de övriga fyra (figur 3-4). Storleken på gölarnas vattenyta vid respektive mättillfälle varierade mellan 436–6 085 m². Göl 19a hade minst vattenyta och göl 14 hade den största (tabell 3-3). Gölarnas volym beräknades för tre olika djupmått vilka räknades fram med ekvationerna nedan (ekvation 3-1 till 3-3) baserade på resultaten från kontrollmätningen som utfördes i varje göl (tabell 3-2):

$$Djup_{ekolod} - (Djup_{ekolod} - Djup_{siktskiva}) = Djup_{fri vattenmassa} \quad (3-1)$$

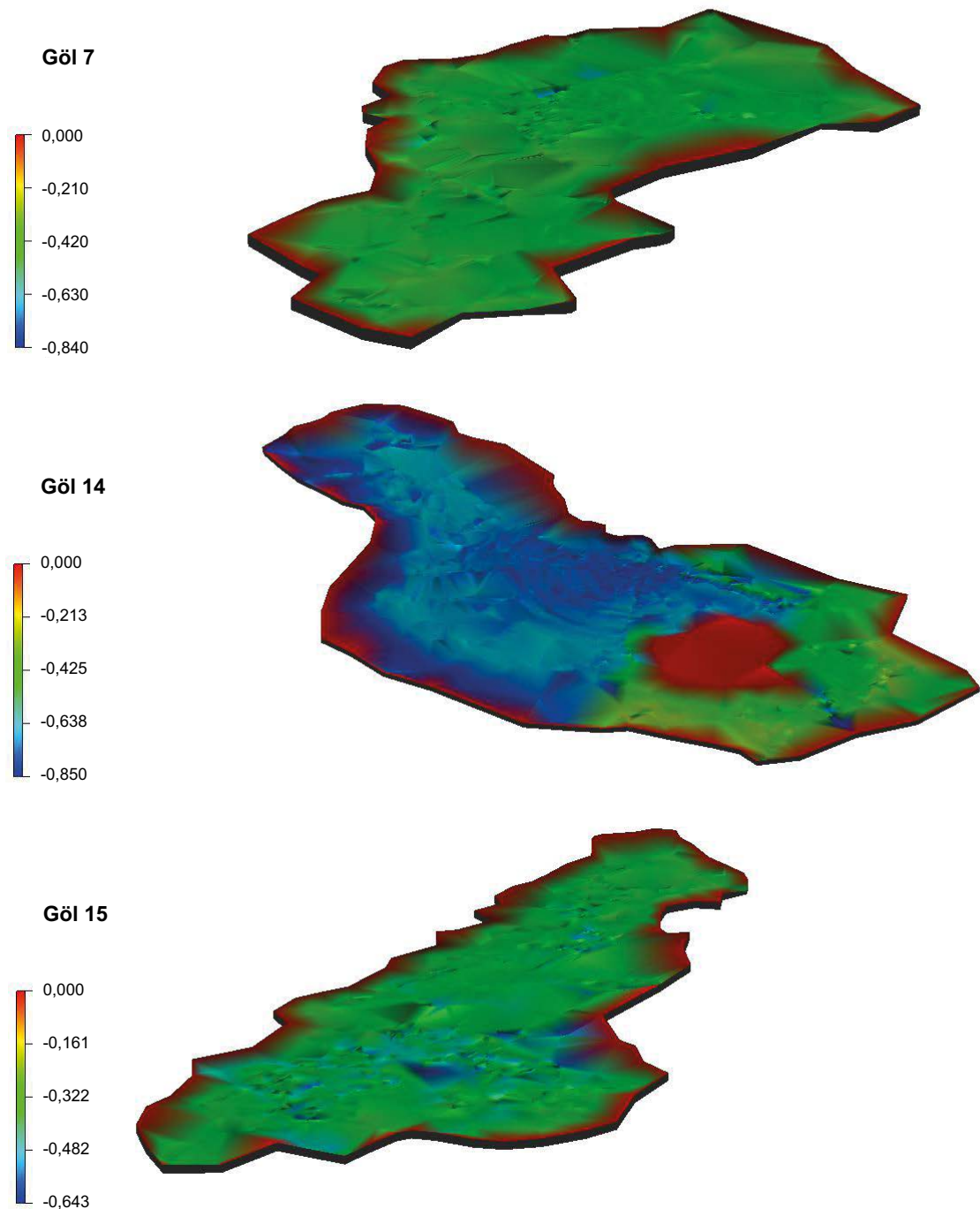
$$Djup_{ekolod} = Djup_{uppmätt} \quad (3-2)$$

$$Djup_{ekolod} + (Djup_{metallkratta} - Djup_{ekolod}) = Djup_{hårdbotten} \quad (3-3)$$

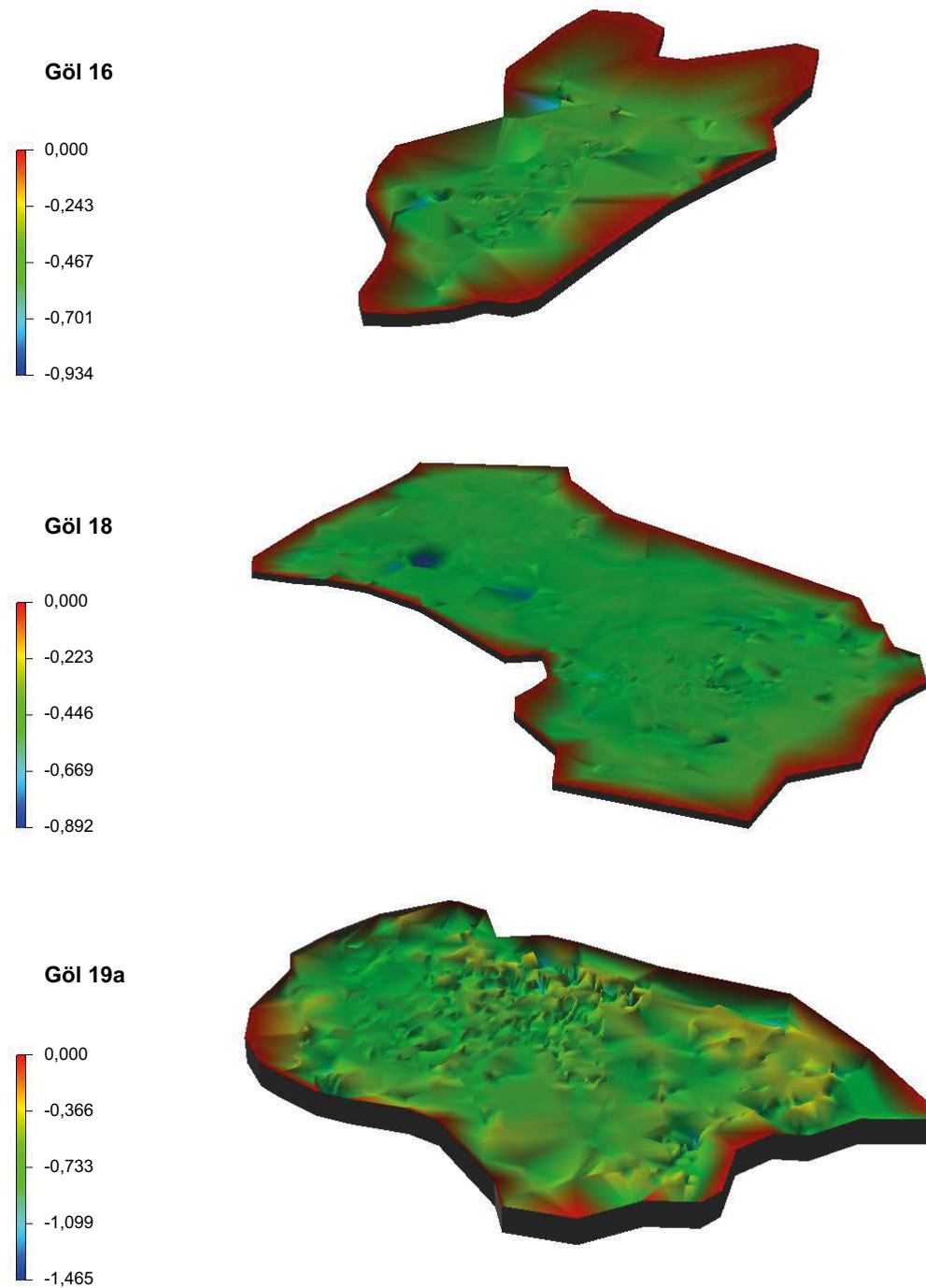
Där $Djup_{ekolod}$ motsvarar det uppmätta djupet, $Djup_{siktskiva}$ motsvarar djupet uppmätt med siktskiva och $Djup_{metallkratta}$ motsvarar djupet uppmätt med metallkrattan vid kontrollmätningen (tabell 3-3). Volymen baserat på $Djup_{fri vattenmassa}$ (ekvation 1) varierade mellan 190 och 2 941 m³, mellan 217 och 3 190 m³ baserat på $Djup_{uppmätt}$ (ekvation 2) och mellan 249 och 3 490 m³ baserat på $Djup_{hårdbotten}$ (ekvation 3) (tabell 3-3).



Figur 3-3. Frekvensfördelning av uppmätta djup i de sex gölarna samt statistiska summeringsvariabler för respektive frekvensfördelning. Djupen på x-axeln representerar djup till mjukbotten (den fria vattenmassans djup) i respektive göl.



Figur 3-4. 3D-modeller som visar interpolerade batymetrier (meter från vattenytan) för de sex gölarna där djup mättes under 2021. Vattennivån (m, RH 2000) som motsvarar nollnivån vid djupmätningarna (dvs vattenytans nivå) var följande i respektive göl: göl 7 = 1,635, göl 14 = 1,890, göl 15 = 1,825, göl 16 = 2,525, göl 18 = 2,566 och göl 19a = 1,281. Observera att färgskalan är samma för samtliga sex gölar men att djupen som färgerna representerar varierar mellan gölarna samt att gölarnas faktiska storlek skiljer sig i verkligheten (se figur 1-1, tabell 3-3).



Figur 3-4 forts. 3D-modeller som visar interpolerade batymetrier (meter från vattenytan) för de sex gölarna där djup mättes under 2021. Vattennivån (m, RH 2000) som motsvarar nollnivån vid djupmätningarna (dvs vattenytans nivå) var följande i respektive göl: göl 7 = 1,635, göl 14 = 1,890, göl 15 = 1,825, göl 16 = 2,525, göl 18 = 2,566 och göl 19a = 1,281. Observera att färgskalan är samma för samtliga sex gölar men att djupen som färgerna representerar varierar mellan gölarna samt att gölarnas faktiska storlek skiljer sig i verkligheten (se figur 1-1, tabell 3-3).

Tabell 3-3. Vattenytans storlek (m²) och vattenvolym (m³) estimerade för respektive göl vid den vattennivå som rådde vid djupmätningen i respektive göl. Volymen har skattats för tre olika djup baserat på resultaten från kontrollmätningarna av de djup som ekolodet registrerade i varje göl (tabell 3-2, samt ekvation 1, ekvation 2 och ekvation 3).

Göl	Vattennivå (m, RH 2000)*	Vattenyta (m ²)	Vattenvolym (fri vattenmassa ned till mjukbotten) (m ³)	Volym enligt ekolodsmätningar (m ³)	Volym enligt mätning med metallkratta ned till hårbotten (m ³)
7	1,635	1393,48	440,98	500,81	572,74
14	1,890 ^ψ	6085,12	2941,20	3 189,68	3489,83
15	1,825	1533,36	416,15	481,12	558,86
16	2,525	784,47	190,00	216,64	248,96
18	2,566	2774,52	903,71	1025,45	1 171,45
19a	1,281	436,06	222,74	242,77	266,30

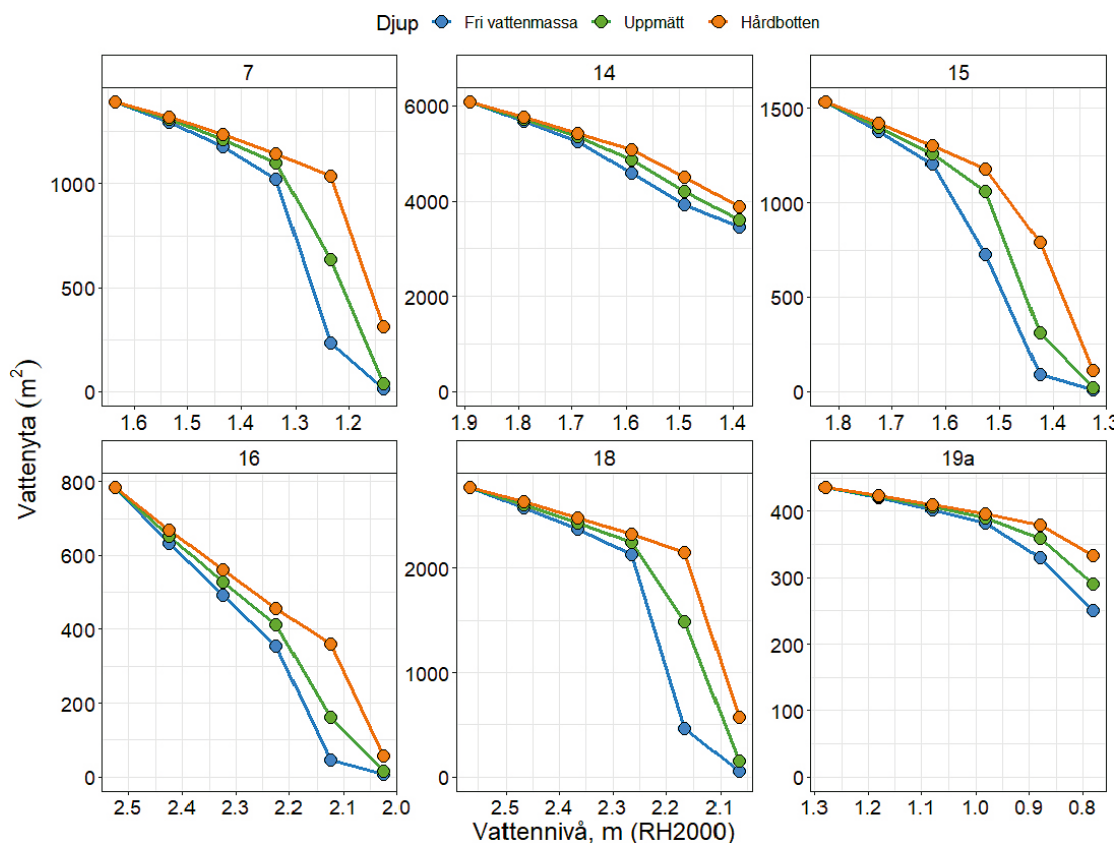
* För konvertering från RH B70 till RH 2000 adderades 0,185 m till vattennivån mätt i RH B70.

^ψ Omräknat från 1,705 m (RHB 70) då djupmätningarna i göl 14 utfördes vid två separata tillfällen där vattennivån var 1,704 vid mättillfälle 1 och 1,706 vid mättillfälle 2 (tabell 3-1).

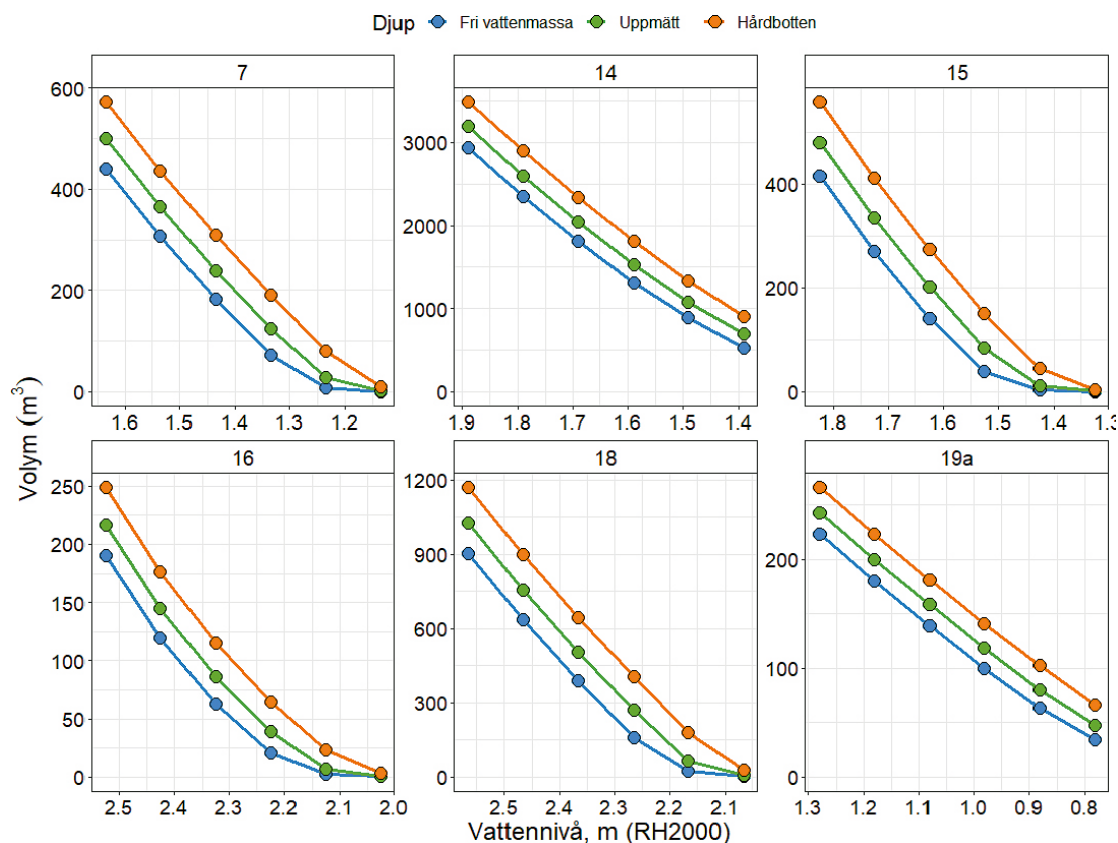
3.2.1 Gölarnas storlek och volym vid en vattennivåsänkning

Med hjälp av 3D-modellerna beräknades storleken på gölarnas vattenyta och deras vattenvolym vid en vattennivåsänkning på 0,5 m, i steg om 0,1 m, under nollnivån, det vill säga den vattennivå som rådde vid djupmätningen i respektive göl (figur 3-5 och figur 3-6). Beräkningarna visar att storleken på gölarnas vattenyta initialt minskar linjärt med sänkt vattennivå i samtliga sex gölar. Detta sker fram till en vattennivåsänkning kring 0,3 m, varefter minskningstakten för vattenytans storlek ökar i gölarna 7, 15, 16 och 18. Vid en vattennivåsänkning på 0,5 m är gölarnas vattenyta mycket liten i samtliga av dessa fyra gölarna (figur 3-5, figur 3-7 och bilaga 1). I göl 19a börjar minskningstakten på vattenytans storlek öka vid en vattennivåsänkning $\geq 0,4$ m, men gölens vattendjup är fortfarande relativt stor vid en vattennivåsänkning på 0,5 m under nollnivån (figur 3-5, figur 3-7 och bilaga 1). I göl 14 minskar vattenytans storlek i stort sett linjärt med vattennivån vid en vattennivåsänkning på 0,5 m, och har då en relativt stor vattenyta i relation till vattenytan vid nollnivån (figur 3-5, figur 3-7 och bilaga 1).

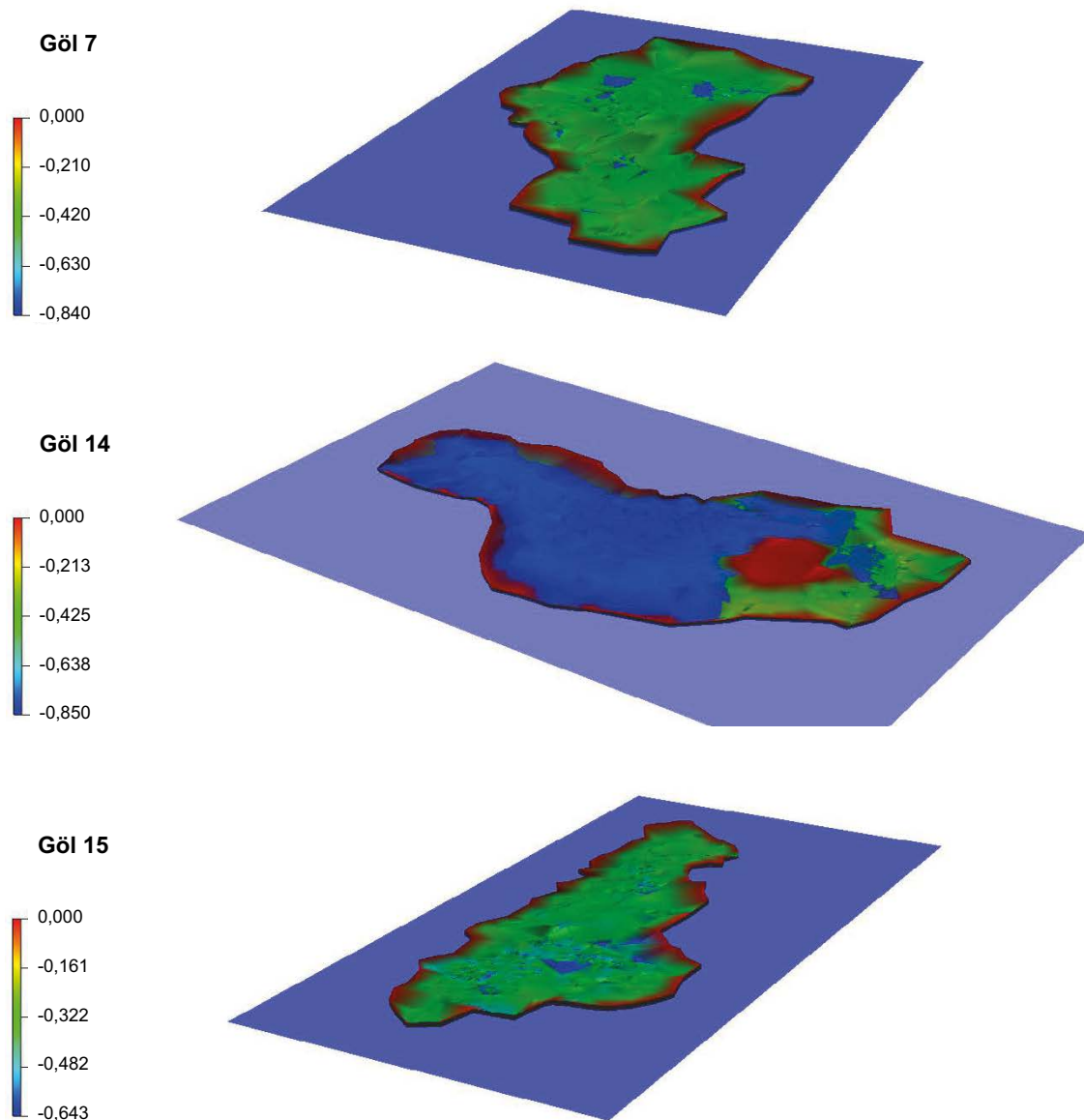
Gölarnas vattenvolym minskar linjärt fram till en vattennivåsänkning på 0,3 m under nollnivån, varefter minskningstakten avtar och vattenvolymen närmar sig noll i gölarna 7, 14, 15, 16 och 18 (figur 3-6 och figur 3-7). Gölarna 14 och 19a innehåller en relativt stor vattenvolym även vid en vattennivåsänkning på 0,3–0,5 m från den nivå som rådde vid djupmätningen (figur 3-6 och figur 3-7).



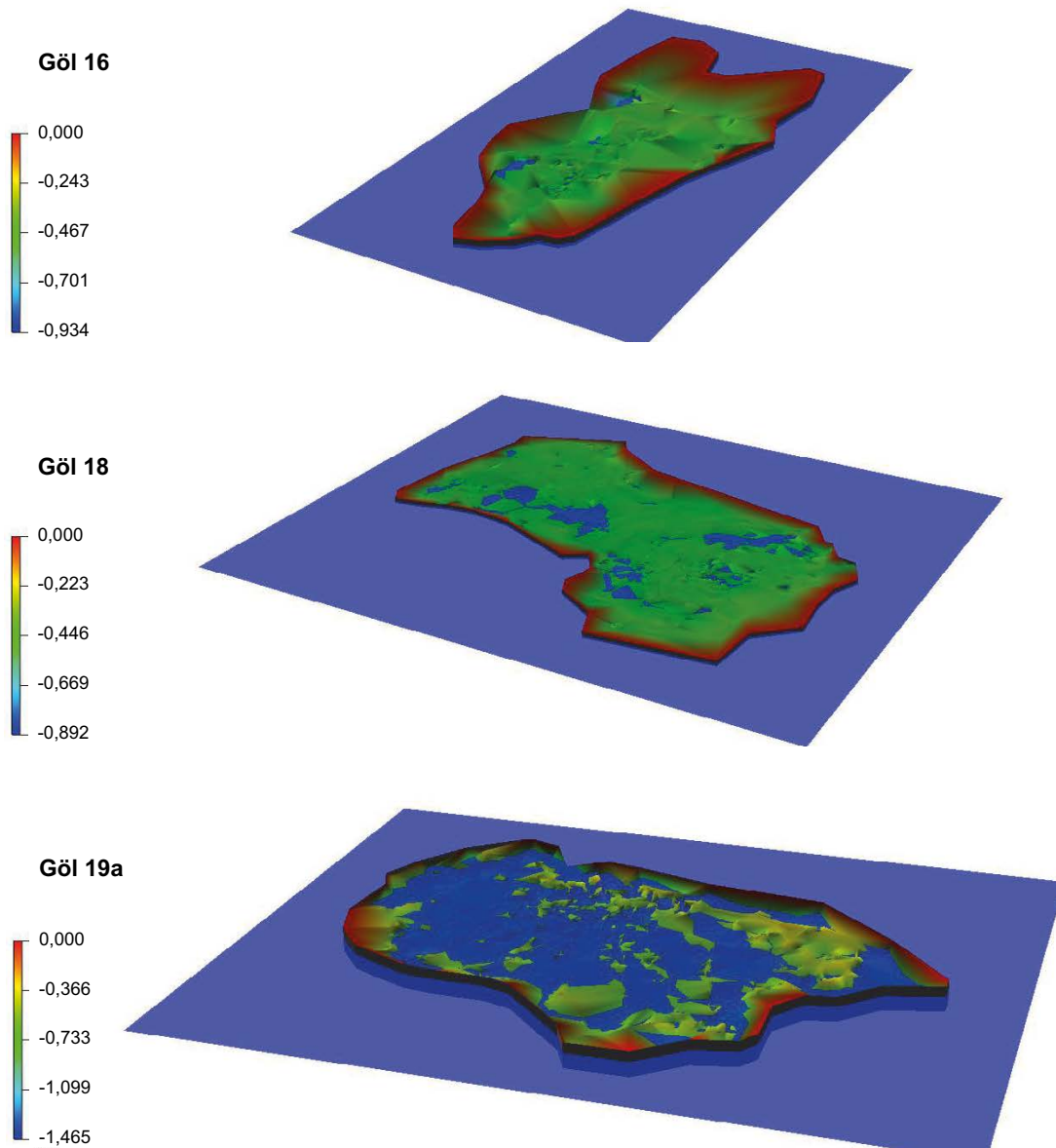
Figur 3-5. Den estimerade storleken på vattenytan (m²) vid sänkta vattennivåer för sex olika gölar i Forsmark baserat på djup som motsvarar den fria vattenmassan till mjukbottenytan (blåa linjer med blåa punkter), uppmätta djup med ekolod (gröna linjer med gröna punkter) respektive djup till hårdbotten (orange linjer med orange punkter). Djupskillnaderna mellan de tre estimaten och mäktigheten på gölarnas mjukbottnar redovisas i tabell 3-2 och är framräknade med ekvation 1, ekvation 2 och ekvation 3. Vattennivåerna som rådde vid respektive djupmätning motsvarar den högsta vattennivån i samtliga paneler och var för göl 7 = 1,635, göl 14 = 1,890, göl 15 = 1,825, göl 16 = 2,525, göl 18 = 2,566 och göl 19a = 1,281.



Figur 3-6. Den estimerade vattenvolymen (m^3) vid sänkta vattennivåer för sex olika gölar i Forsmark baserat på djup som motsvarar den fria vattenmassan till mjukbottenytan (blåa linjer med blåa punkter), uppmätta djup med ekolod (gröna linjer med gröna punkter) respektive djup till hårdbotten (orange linjer med orange punkter). Djupskillnaderna mellan de tre estimaten och mäktigheten på gölarnas mjukbottnar redovisas i tabell 3-2 och är framräknade med ekvation 1, ekvation 2 och ekvation 3. Vattennivåerna som rådde vid respektive djupmätning motsvarar den högsta vattennivån i samtliga paneler och var för göl 7 = 1,635 m, göl 14 = 1,890 m, göl 15 = 1,825 m, göl 16 = 2,525 m, göl 18 = 2,566 m och göl 19a = 1,281 m.



Figur 3-7. 3D-modeller som visar den simulerade vattenmängd som kvarstår i respektive göl (blå färg inom varje göl) vid en vattennivåsänkning på 0,5 m under den vattennivå som rådde vid respektive djupmätning. Denna sänkning på 0,5 meter motsvarar följande nivåer för respektive göl (m, RH2000): göl 7 = 1,135, göl 14 = 1,390, göl 15 = 1,325, göl 16 = 2,025, göl 18 = 2,066 och göl 19a = 0,781 (se figur 3-5 och 3-6).



Figur 3-7 forts. 3D-modeller som visar den simulerade vattenmängd som kvarstår i respektive göl (blå färg inom varje göl) vid en vattennivåsänkning på 0,5 m under den vattennivå som rådde vid respektive djupmätning. Denna sänkning på 0,5 meter motsvarar följande nivåer för respektive göl (m, RH2000): göl 7 = 1,135, göl 14 = 1,390, göl 15 = 1,325, göl 16 = 2,025, göl 18 = 2,066 och göl 19a = 0,781 (se figur 3-5 och 3-6).

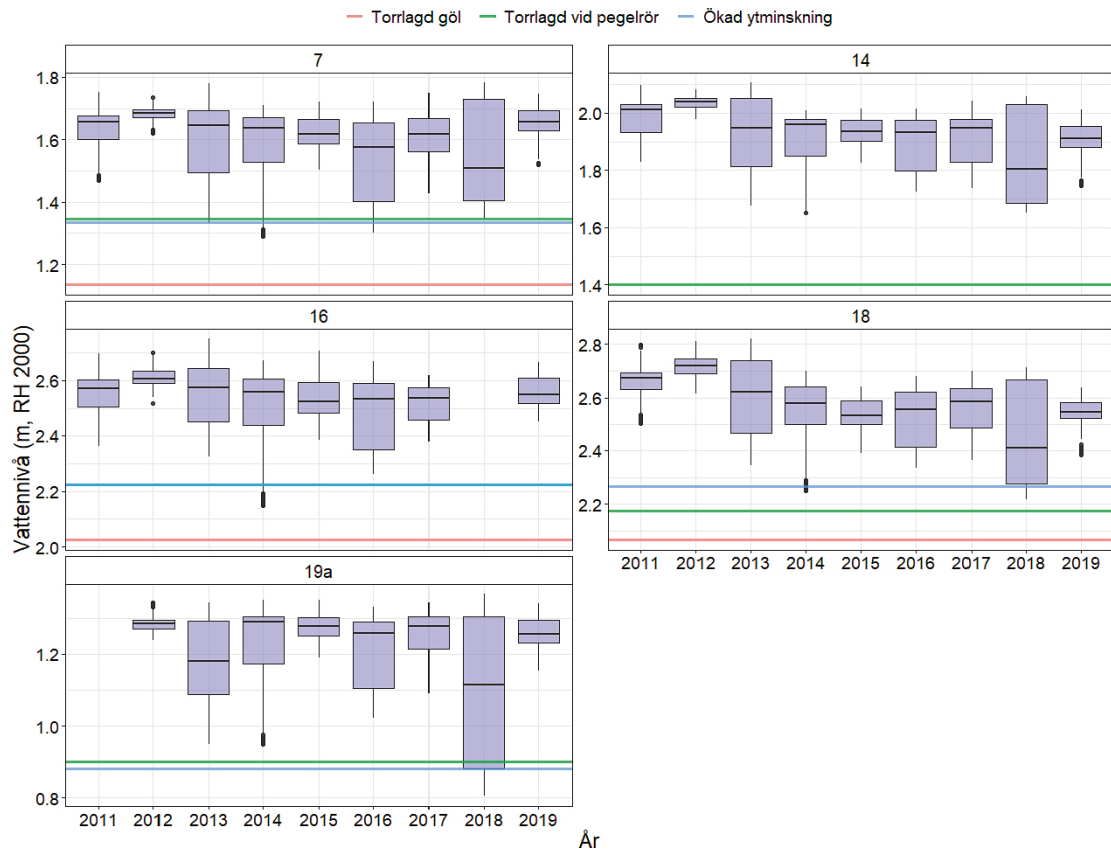
3.3 Uppmätta vattennivåer i fem av de sex djupmätta gölarna

I fem av de sex gölar som ingår i denna undersökning (gölarna 7, 14, 16, 18 och 19a, det vill säga alla utom göl 15) finns det permanenta pegelrör som kontinuerligt mäter vattennivån i respektive göl. Jämförelsen mellan uppmätta vattennivåer i pegelrören och vattennivåer som mätts in med GNSS-utrustning visar på mycket små skillnader i uppmätta vattennivåer. Detta indikerar att pegelrören är korrekt inmätta och att vattennivåmätningarna i pegelrör är tillförlitliga vid detta vattenstånd (tabell 3-4). Resultaten i tabell 3-4 visar även att vattennivåmätningen i göl 15 (som utfördes med GNSS-utrustning) är tillförlitlig och kan jämföras med vattennivåer uppmätta i pegelrör i andra gölar utan någon korrigering, förutom den mellan RH B70 och RH 2000 (sektion 2.3).

Tabell 3-4. Jämförelse mellan uppmätta vattennivåer i pegelrör och vattennivåer inmätta med GNSS-utrustning i gölarna 18 och 19a. Mätningarna med GNSS-utrustning utfördes den 7 september 2021. Vattennivåerna i pegelrören avser dygnsmedelvärden för samma datum.

Göl	Vattennivå pegelrör (m, RH 2000)	Vattennivå GNSS (m, RH 2000)	Differens pegelrör – GNSS (m)
18	2,568	2,570	0,002
19a	1,283	1,287	0,004

Pegelrören är placerade längst ut på de bryggor som anlagts i gölarna, det vill säga ungefär vid samma platser där kontrollmätningarna av gölarnas djup utfördes. De vattennivåer som uppmätts i pegelröret i respektive göl (daglig medelnivå för åren 2011–2019) jämfördes därför med vattennivån som motsvarar mjukbottenytan (baserat på kontrollmätningen med siktskivan, tabell 3-2) för att se hur frekvent gölen vid pegelröret blivit torrlagd (figur 3-8). I göl 7 har vattennivån vid pegelröret understigit den nivå som motsvarar mjukbottenytan under åren 2012, 2014, 2016 och 2018, vilket visar att området kring pegelröret borde ha varit torrlagt kortare perioder under dessa år (mätpunkter under den blåa linjen, figur 3-8). För göl 16 uppmättes vattennivåer under den blåa och gröna linjen (dessa ligger i samma höjdnivå) under 2014 (figur 3-8). För göl 19a uppmättes vattennivåer under denna gräns år 2018. För göl 14 och 18 har vattennivån aldrig varit under den nivå som motsvarar mjukbottenytan vid pegelröret sedan mätningarna startades 2011. Att en göl blir torr vid pegelröret behöver dock inte betyda att hela gölen är torrlagd, då pegelrören inte är placerade i den djupaste delen i respektive göl. Detta innebär att det kan vara torrt vid pegelröret, men att det kan finnas vatten kvar i djupare delar av gölen.



Figur 3-8. Boxplot som visar på den årliga variationen i vattennivå (dygnsmedelvärden) under perioden 2011–2019 i gölarna 7, 14, 16 18 och 19a. Blå horisontell linje motsvarar den nivå som motsvarar en ökande yt-minskning under den simulerade avsänkningen (figur 3-5), grön horisontell linje visar den nivå som motsvarar mjukbottenytan vid pegelröret (vilket innebär att vid denna nivå är området kring pegelröret torrlagd) och röd linje visar nivån vid vilken hela gölen är torrlagd. För göl 16 överlappar den gröna och blåa linjen. Boxarna visar på följande information: svart horisontell linje inom respektive box visar medianvärdet, boxarnas nedre kant visar värdet som motsvarar den 25e percentilen medans boxarnas övre kant motsvarar den 75e percentilen. De vertikala svarta linjer från boxarna visar värden inom $1,5 \times$ avståndet mellan 25e och 75e percentilen + 25e percentilen (nedre sträcket) alternativt + 75e percentilen (övre sträcket) och mätvärden utanför dessa visas som enskilda svarta punkter.

4 Diskussion

Resultaten från undersökningen visar att vissa gölar klarar av en större vattennivåsänkning, med avseende på bibehållen vattenyta och vattenvolym, jämfört med andra samt att storleken på gölarnas vattenyta initialt minskar långsamt vid en vattennivåsänkning för att sedan snabbt krympa efter det att vattennivån sjunkit under en viss kritisk vattennivå, som beror på gölens batymetri (bottenstruktur). Detta mönster var speciellt tydligt för gölarna med homogen bottenstruktur. Gölarna med homogen bottenstruktur går att likna med ett badkar som töms, där badkarets volym minskar linjärt med vattennivån (eftersom badkaret har raka sidor och en homogen botten) medan vattenytans storlek visar på en liten förändring initialt vid en nivåsänkning men, efter att nivån sjunkit under ett visst tröskelvärde, minskar vattenytans storlek snabbt. De volym- och ytstorleksestimat som tagits fram inom ramen för denna undersökningen kan användas för att beräkna den vattenvolym som vid en viss vattennivå minst behöver tillföras vid en eventuell infiltrationsåtgärd för att på konstgjord väg öka vattenytans storlek med ett visst belopp. Dessutom kan gölarnas vattenvolym och vattenytans storlek jämföras för att förstå orsaker till skillnader i individtäthet för arter som lever i och i anslutning till dessa gölar, såsom gölgroda och större vattensalamander.

4.1 Erfarenheter från fältmätningarna

Metoden som användes för att mäta de sex gölarnas vattendjup fungerade överlag bra och det är fullt möjligt att mäta djupet i två till tre gölar under en dag givet att tekniken inte strular och att batterierna i alla enheter räcker till alternativt laddas i fält med exempelvis en power bank. Det portabla ekolodet är litet och smidigt att använda i fält men fiskespöt som användes för att kasta ut och veva in ekolodet var onödigt långt och aningen underdimensionerat (9 fot, kastvikt 15–40 gram). Istället borde ett fiskespö på ca 7 fot med en kastvikt > 90 gram användas då detta sannolikt skulle underlätta datainsamlingen i fält. Kontrollmätningen av vilket djup som ekolodet registrerar i varje göl visade sig vara nödvändig då både djupet som registreras av ekolodet och mäktigheten på mjukbotten varierar mellan gölar. Kontrollmätningen gav också djupet där pegelröret är installerat, vilket är viktig information för att tolka uppmätta vattennivåer i dessa gölar via pegelrören, speciellt vid låga vattennivåer.

Under den första djupmätningen av göl 19a blev det tekniska problem med telefonen (iOS, iPhone XR) varför utförarna var tvungna att byta till en Android-enhet (Samsung). Detta byte av telefon ändrade ekolodets inställningar för strålvinkeln utan notifiering vilket visade sig påverka djupmätningen i gölen (ekolodet registrerade ett större djup än vad kontrollmätningen med metallkratta visade). Därför utfördes en ny djupmätning av göl 19a vid ett senare tillfälle med en iOS-enhet vilket fungerade bra. Därför rekommenderas att inte byta enheter där applikationen *Fish Deeper* är installerad under djupmätningarna. Under den första djupmätningen i göl 14 tappade ekolodet GPS-kontakt i den sydvästra delen av gölen, en del av gölen som är omgiven av tät skog med höga träd. Vid ett återbesök gick det dock att mäta djupet i denna del av gölen då utförarna lyckades hitta platser där GPS-mottagaren på ekolodet fick kontakt.

4.2 Gölarnas uppmätta vattennivåer vid pegelrörets placering

Det är tydligt utifrån flera års vattennivåmätningar i gölarna att vattennivån varierar mycket inom år och att denna variation är stor nog för att vissa av de sex gölarna delvis torkar ut under torra perioder (göl 7 och 16). Det är dock viktigt att komma ihåg att pegelrörens intagsdel kan vara installerad ovanför gölens mjukbottenyta vid de anlagda bryggorna vilket medför att nivåmätningar vid riktigt låga vattennivåer kan vara missvisande (området mellan grön och röd linje i figur 3-8). Men, för de djur som lever i och anslutning till dessa gölar, så som gölgroda och större vattensalamander, borde detta inte vara några större problem eftersom dessa borde vara känsliga för nivåer under den som motsvarar en ökande yt-minskning (blåa linjer i figur 3-8), då deras habitat snabbt minskar vid dessa nivåer. I göl 7 understiger den uppmätta nivån i gölen den nivå som motsvarar en ökad yt-minskning och delvis torrläggning relativt frekvent (mätpunkter nära den blåa och gröna linjen i figur 3-8) vilket skulle kunna leda till ökad konkurrens mellan juveniler om både syre och föda i denna göl vilket i sin tur skulle kunna leda till minskad överlevnad.

4.3 Validering av gölarnas estimerade vattenyta och volym vid olika vattennivå

Under hösten 2020 var det mycket torrt i Forsmarksområdet och vid ett fältbesök vid göl 16 den 6 oktober 2020 var gölen i stort sett torrlagd (figur 4-1). Enligt vattennivåmätningarna i pegelröret (SFM000115) var vattennivån i göl 16 denna dag (6 oktober 2020 klockan 13:00) 2,209 m (RH 2000). Vattennivån var 2,525 m (RH 2000) vid djupmätningen i gölen (tabell 3-3), vilket visar att göl 16 borde vara nästintill uttorkad vid en relativ nivåsenkning på 0,316 m ($2,525 - 2,209 = 0,316$ m). Enligt beräkningarna i denna studie (figur 3-5 till figur 3-8 samt bilaga 1) blir göl 16 nästintill uttorkad vid en nivåsenkning mellan 0,35–0,40 m från yt-nivån som rådde vid djupmätningen vilket indikerar att 3D-modellerna överskattar vattenytans storlek och volym i gölen något. Detta är dock väntat givet de antaganden som gjorts vid interpolering av batymetrin för respektive göl samt ekolodets begränsningar i att mäta djup $< 0,2$ m (se sektion 2.1, 2.5 och 2.6). Dock är kunskapsläget begränsat kring pegelrörens förmåga att mäta vattennivån vid låga vattennivåer nära och under den nedre mätgränsen för pegelröret, vilken är 2,305 m för pegelröret i göl 16 (Kent Werner, personlig kommunikation). Därför borde estimaten gällande gölarnas vattenvolym och storlek vid låga vattennivåer valideras med hjälp av drönarflygning (fotografering för att beräkna storleken på gölens vattenspegel) och inmätning av vattennivån med GNSS-utrustning för att möjliggöra en kontroll av mätprecisionen vid vattennivåer nära eller under den nedre mätgränsen för respektive pegelrör. I relation till kontrollmätningen i gölen så ligger den nivå som motsvarar det nästan helt torra förhållandet i göl 16 (2,209 m, figur 4-1) mellan nivån som motsvarar mjukbottenytan ($2,525 - 0,30 = 2,225$ m) och hårdbottenytan ($2,525 - 0,46 = 2,065$ m) vilket visar på att pegelrörets nivåmätningen trots den låga vattennivån troligtvis stämmer bra.



Figur 4-1. Bild tagen på göl 16 i Forsmark den 6 oktober 2020. Vattennivån var enligt pegelröret SFM000115 (ett av de två rören som sticker upp längst ut på bryggan) vid tidpunkten som bilden togs (kl 13:00) 2,209 m (RH 2000). Enligt kontrollmätningarna som utfördes längst ut på bryggan är mjukbottenytans nivå 2,225 m och hårdbottenytans nivå 2,065 m (tabell 3-2).

5 Slutsats

Metoden som använts i denna undersökning för att mäta vattendjupet i gölar i Forsmark fungerade bra med en relativt liten materialkostnad och arbetsinsats. Den efterföljande datahanteringen, interpoleringen av djupdata och beräkningen av gölarnas vattenvolym och vattenytas storlek som funktion av vattennivån gick bra då mjukvaran och kompetensen för att utföra dessa analyser finns idag på SKB inom avdelningen RP. Dock bör validering av resultaten utföras för att uppskatta felmarginalerna av de estimat som tagits fram i denna rapport. Utöver framtida validering med hjälp av drönare och GNSS-utrustning skulle fotografier från gölarna tagna under den mycket torra hösten 2020 alternativt sommaren 2018 (Wallin et al. 2021a, b) kunna användas för att göra liknande jämförelser som den som gjorts för göl 16 i denna rapport (sektion 4.2). Då detta pilotförsök överlag får anses vara lyckat kan samma metodik användas om framtida behov finns för att skapa 3D-modeller och simulering av vattennivåsänkningar för andra gölar i Forsmarksområdet eller för andra typer av grunda och svårtillgängliga vattenförekomster såsom grunda och flacka kustzoner.

Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på www.skb.se/publikationer. SKBdoc-dokument lämnas ut vid förfrågan till dokument@skb.se.

Holmberg E, 2021. Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmarksområdet 2020. SKB P-20-28, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Holmgren A, Lundkvist S, Kjetselberg J, 2020. Inventering av gulyxne i Forsmark 2020. SKB P-20-21, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Lindgren B, Nilsson J, Söderman F, 2014. Åtgärdsprogram för gölgroda, 2014–2019 (*Pelophylax lessonae*): hotkategori: sårbar (VU). Rapport 6631, Naturvårdsverket.

Malmgren J, 2007. Åtgärdsprogram för bevarande av större vattensalamander och dess livsmiljöer: Större vattensalamander – *Triturus cristatus*. Rapport 5636, Naturvårdsverket.

SKB, 2011. Miljökonsekvensbeskrivning; Mellanlagring, inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Wallin A, Qvafordt S, Borgiel M, 2021a. Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2018. SKB P-19-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.

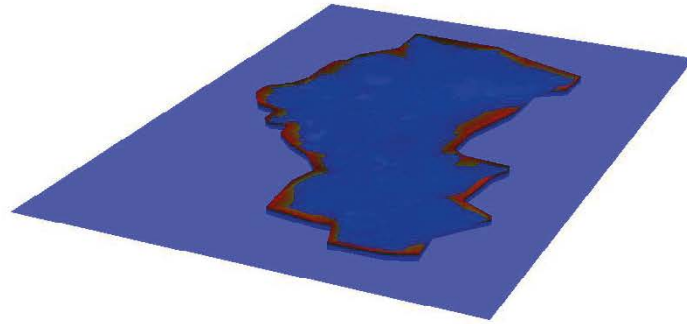
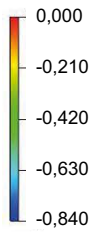
Wallin A, Qvafordt S, Borgiel M, 2021b. Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2020. SKB P-21-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Westling A, Toräng P, Jacobson A, Haldin M, Naeslund M (red), 2020. Sveriges arter och naturtyper i EU:s art- och habitatdirektiv. Resultat från rapportering 2019 till EU av bevarandestatus 2013–2018. Stockholm: Naturvårdsverket.

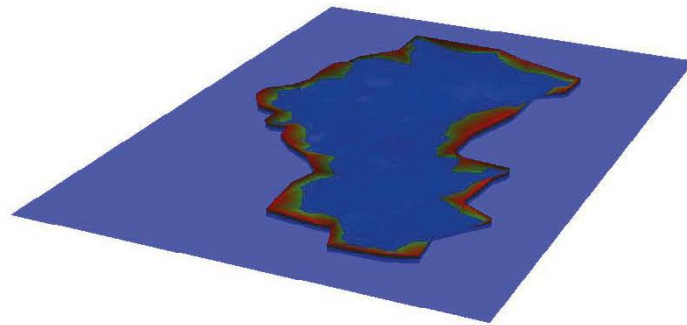
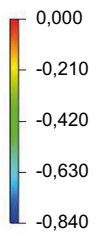
3D-modeller över gölarnas beräknade vattenyta vid olika vattennivå

3D-modeller som visar vattenytans storlek (blå färg i figurerna) vid olika vattennivåer i de sex djupmätta gölarna vid en estimerad avsänkning på 0,2, 0,3, 0,4 och 0,5 m relativt nollnivån, det vill säga den vattennivå som rådde vid djupmätningarna vilken var följande i respektive göl (m, RH 2000): göl 7 = 1,635, göl 14 = 1,890, göl 15 = 1,825, göl 16 = 2,525, göl 18 = 2,566 och göl 19a = 1,281). Gölarnas faktiska storlek skiljer sig åt (figur 1-1) men här visas dessa i samma storlek för att underlätta jämförelser mellan gölar. I figur 3-4 redovisas 3D-modeller för respektive göls batymetri utan simulerat vatten.

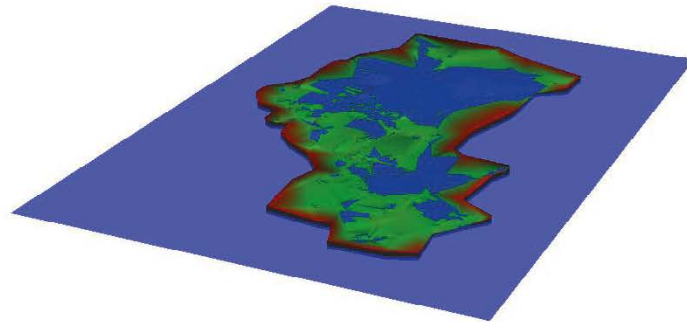
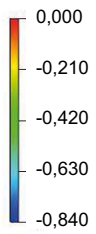
Göl 7, -0,2 m



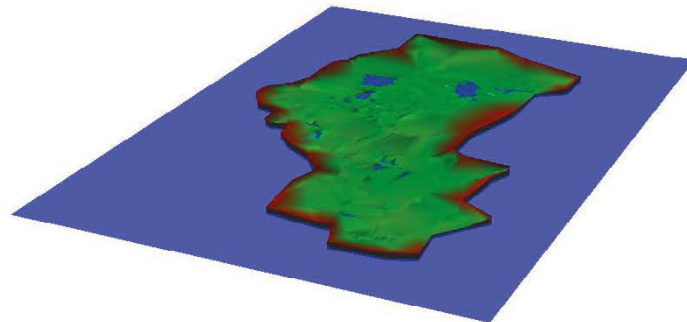
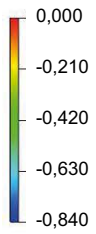
Göl 7, -0,3 m



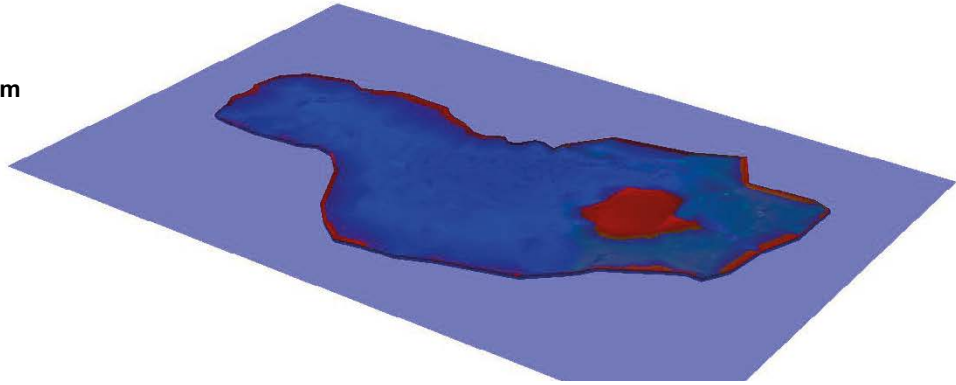
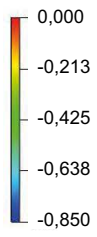
Göl 7, -0,4 m



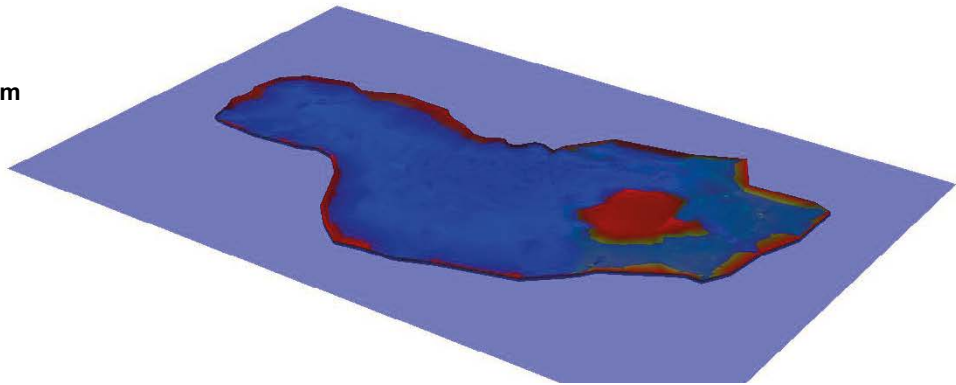
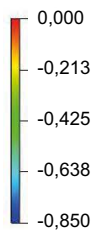
Göl 7, -0,5 m



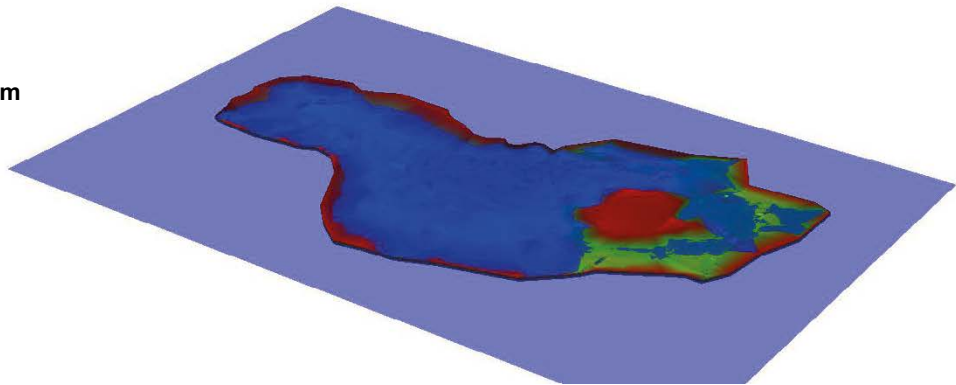
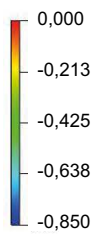
Göl 14, -0,2 m



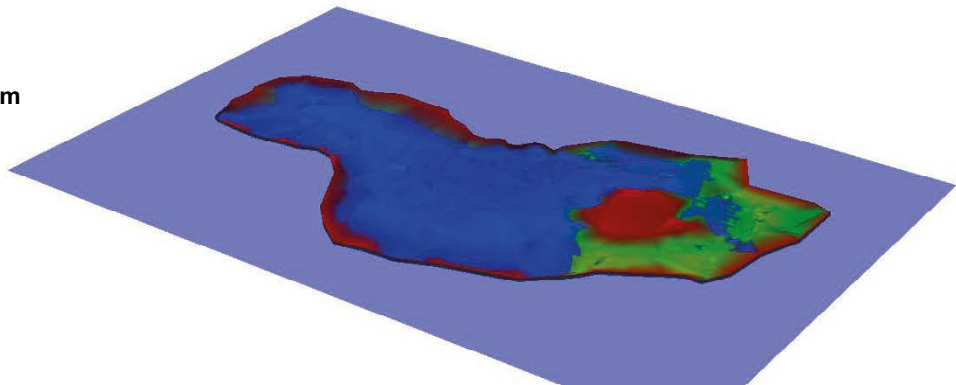
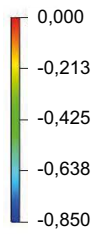
Göl 14, -0,3 m



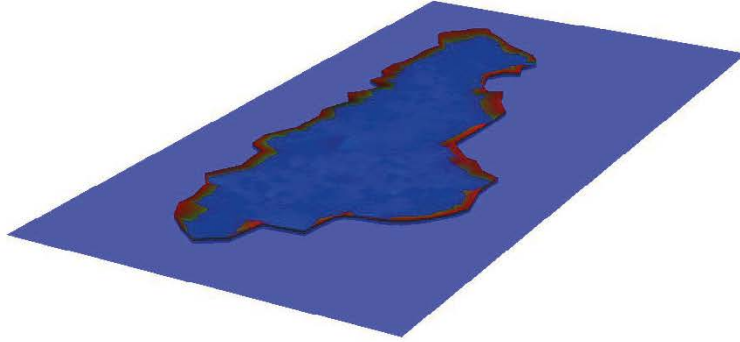
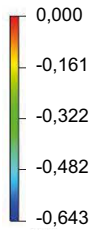
Göl 14, -0,4 m



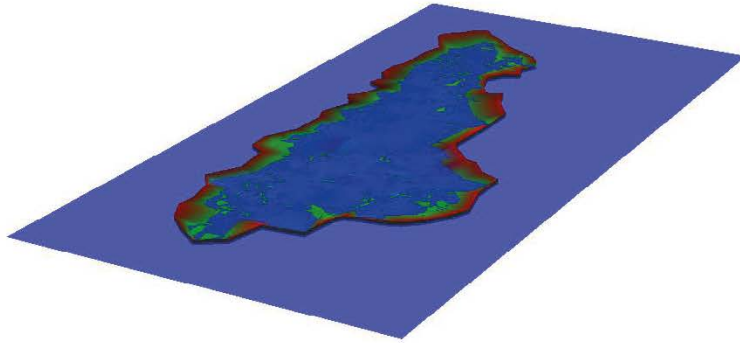
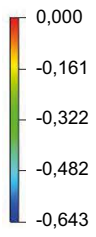
Göl 14, -0,5 m



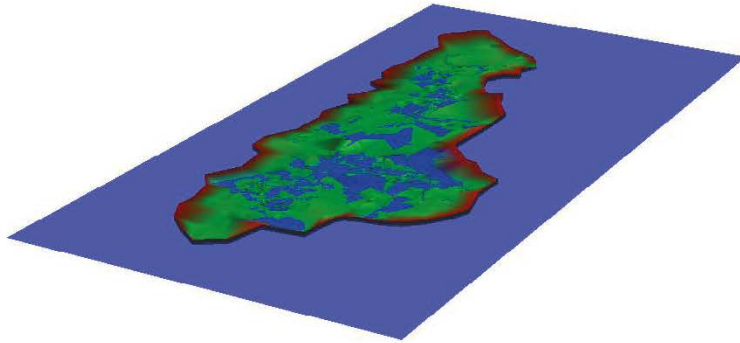
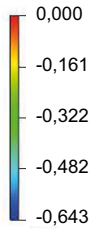
Göl 15, -0,2 m



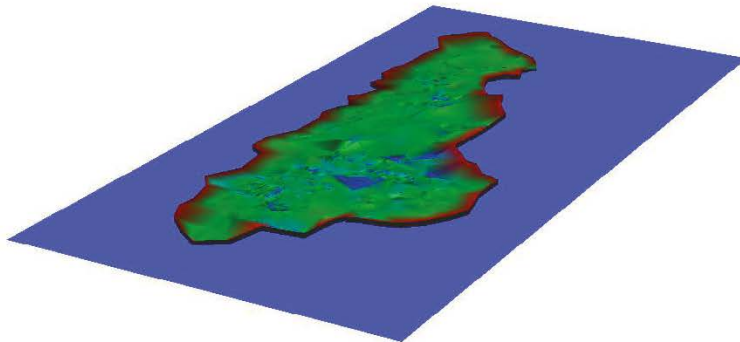
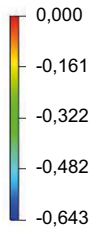
Göl 15, -0,3 m



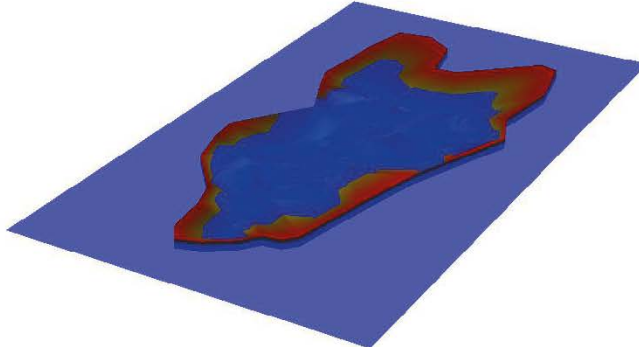
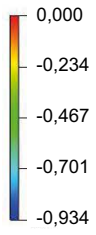
Göl 15, -0,4 m



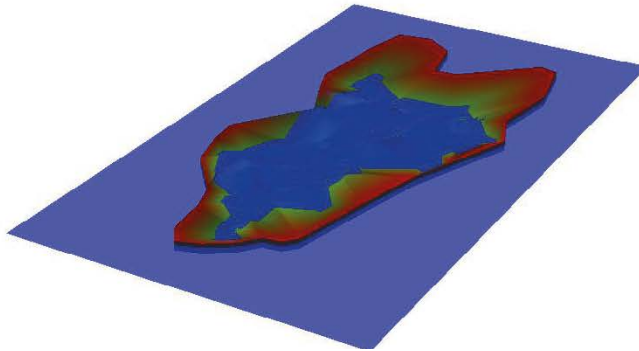
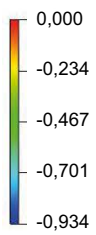
Göl 15, -0,5 m



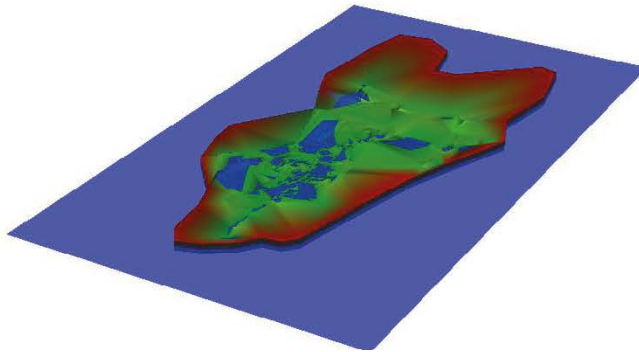
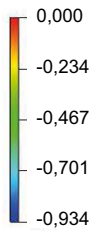
Göl 16, -0,2 m



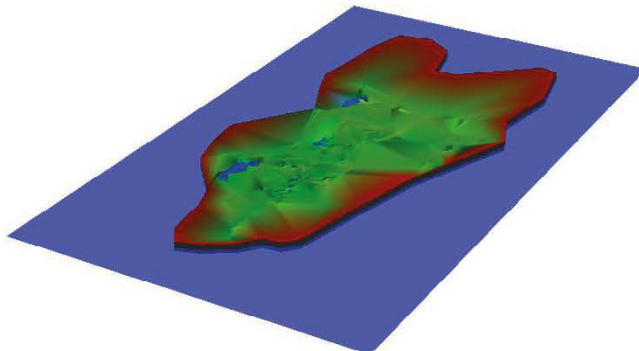
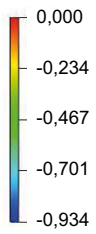
Göl 16, -0,3 m



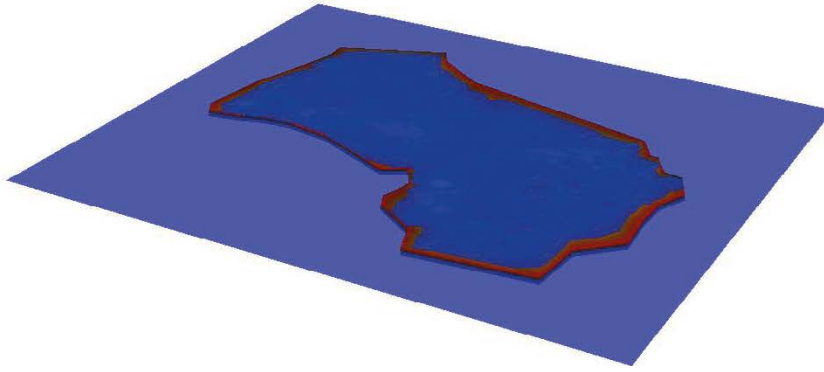
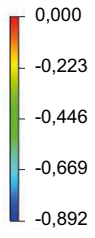
Göl 16, -0,4 m



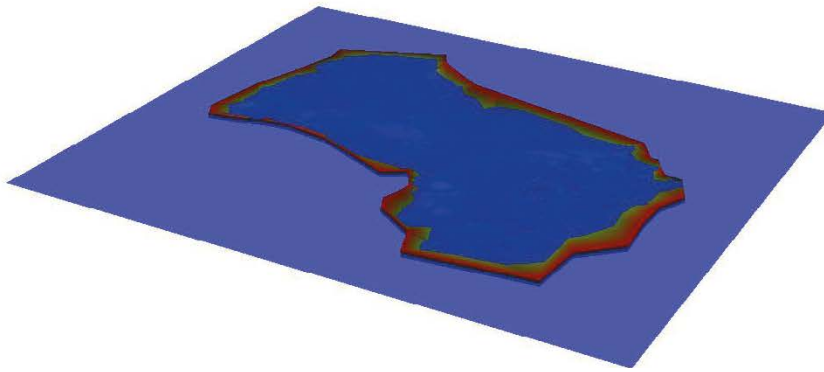
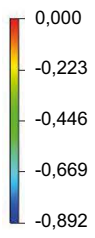
Göl 16, -0,5 m



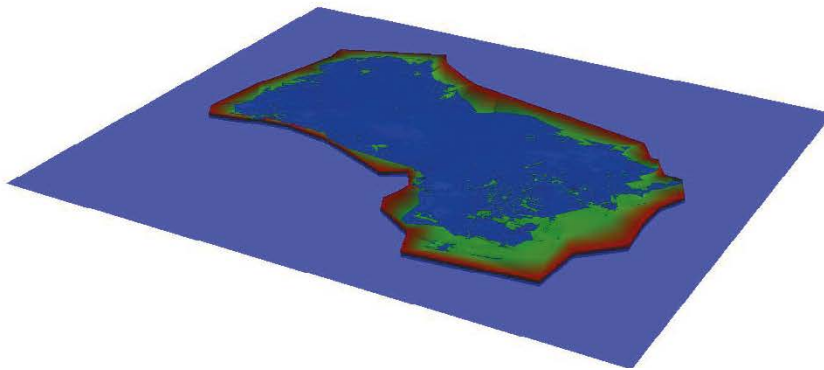
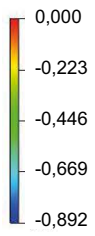
Göl 18, -0,2 m



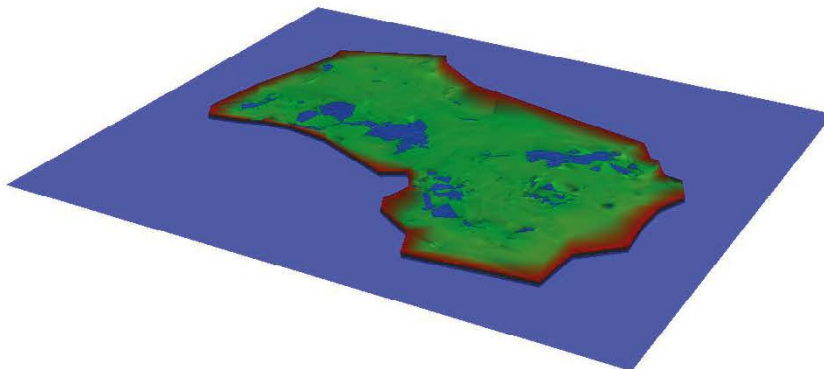
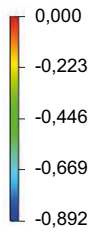
Göl 18, -0,3 m



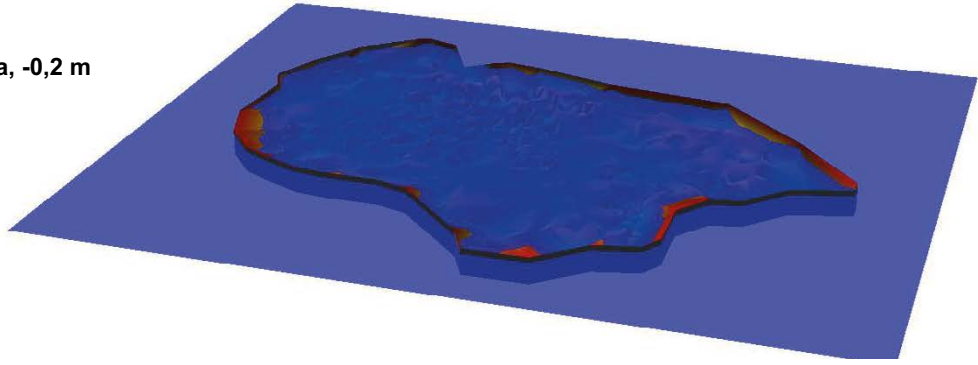
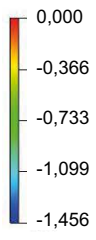
Göl 18, -0,4 m



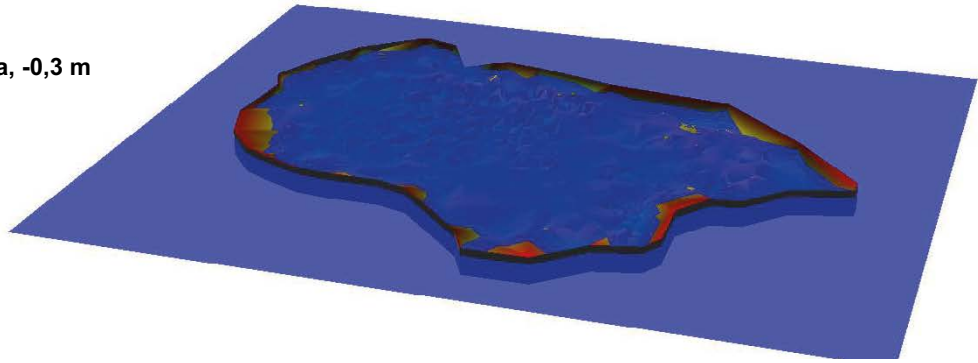
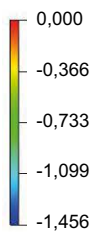
Göl 18, -0,5 m



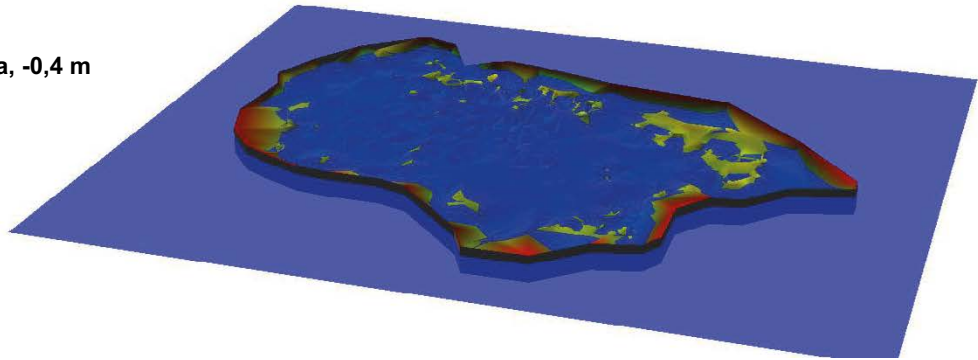
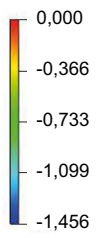
Göl 19a, -0,2 m



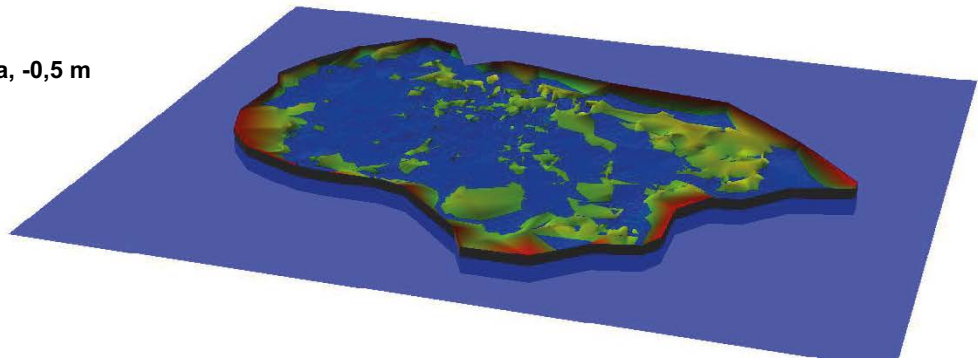
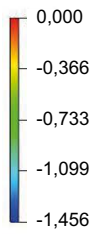
Göl 19a, -0,3 m



Göl 19a, -0,4 m



Göl 19a, -0,5 m



SKB:s uppdrag är att ta hand om använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken så att människors hälsa och miljö skyddas på kort och lång sikt.

skb.se