

Rapport

P-17-43

Januari 2018



Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2017

Micke Borgiel

Susanne Qvarfordt

Anders Wallin

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-17-43

ID 1582517

Januari 2018

Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2017

Micke Borgiel, Susanne Qvarfordt, Anders Wallin
Sveriges Vattenekologer AB

Nyckelord: Vattentemperatur, Gölgröda, Ytvatten, Gölar, Småvatten, AP SFK-17-013.

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna. SKB kan dra andra slutsatser, baserade på flera litteraturkällor och/eller expertsynpunkter.

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.

En pdf-version av rapporten kan laddas ner från www.skb.se.

© 2018 Svensk Kärnbränslehantering AB

Sammanfattning

Det använda kärnbränslet från det svenska kärnkraftsprogrammet ska enligt planerna slutgiltigt tas om hand genom geologisk deponering i berggrunden. För att skydda människa och miljö på lång sikt vill SKB därför bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i det svenska urberget.

I samband med tillståndsansökan för att bygga ett slutförvar i Forsmark sökte SKB även dispens från Artskyddsförordningen gällande bland annat gölgröda (*Pelophylax lessonae*). Detta för att uppförandet av förvarets ovanmarkdelar innebär att en göl med gölgrödor behöver fyllas igen. För att kompensera för den igenfyllda gölen har sex nya gölar anlagts i Forsmarksområdet. Ett uppföljningsprogram har också upprättats för att följa upp att miljöerna i dessa nya gölar blir lämpliga för gölgrödor, som har mycket specifika krav på sin livsmiljö. Uppföljningen i sin helhet omfattar vattenkemiprovtagningar samt dokumentation av gölarna i form av fotografering, ytvattennivåmätningar och återkommande kartering av bottenvegetation och bottenfauna. Under år 2016 utökades uppföljningen med automatisk mätning av ytvattentemperatur i nio gölar i området (i de sex anlagda och i tre naturliga). Mätningarna fortsatte under 2017, nu i elva gölar (i de sex anlagda och i fem naturliga), vilket redogörs för i denna rapport.

Vattentemperaturmätningarna gjordes med stationära mätinstrument, som mätte och loggade vattentemperatur med förprogrammerat tidsintervall. Mätarna installerades den 28 april 2017 och mätningarna pågick till 7 oktober samma år. Mätvärden loggades en gång per timme. Innan mätstart synkroniserades klockorna i loggrarna så att mätningarna gjordes samtidigt på alla mätpunkter (varje hel timme).

För att mätarna alltid skulle mäta vattentemperaturen i det övre vattenskiktet fästes dessa vid en flytkropp i respektive göl. Pågående monitorering av ytvattennivåer i gölar i området visar på varierande, periodvis mycket låga, vattenstånd framförallt under sensommaren. Även under sommaren och tidig höst år 2017 observerades låga vattenstånd i gölarna. Temperaturmätarna var dock placerade i de djupare delarna av gölarna och ingen av dem ”stod på botten” när de togs upp i oktober.

Vattentemperaturen och dess dygnsvariation var likartad i de olika gölarna och samtliga gölar uppvisade temperaturförhållanden under mätperioden som borde vara gynnsamma för gölgrödor. Inga avvikelser noterades i de insamlade mätvärdena.

Summary

Spent nuclear fuel from the Swedish nuclear program is planned to be dealt with through geological disposal in the bedrock. In order to protect people and the environment in the long term SKB will build a repository in the Swedish bedrock.

In connection with the application for building a repository for spent nuclear fuel at Forsmark, SKB also applied for dispensation from species protection regulation. The exemption includes pool frog (*Pelophylax lessonae*) because the construction of the surface facility means that one pond, which today is a reproduction site for the pool frog, will disappear. The lost habitat for the pool frog has been compensated by creating six new ponds in the Forsmark area. A monitoring program has been established to ensure that the environments in these new ponds are suitable for pool frogs, which have very specific demands on their environment. The monitoring includes water chemistry sampling and measurements as well as documentation of the ponds in the form of photography, water levels measurements and mapping of the bottom vegetation and benthic fauna in the ponds. In 2016, the monitoring was expanded to include measurements of surface water temperature in nine ponds in the area, six artificial and three natural ponds. The measurements continued during 2017, but in eleven ponds of which five were natural. This report presents the results from these measurements of surface water temperature during 2017.

Surface water temperature was measured with stationary measuring instruments, which log date, time, temperature and pressure during a preprogrammed time interval.

They were put out on April 28 and the measurements continued until October 7. The measurements were performed in the six man made ponds (AFM001442–001443 and AFM001419–001422) and five natural ponds (AFM001427, AFM001430, AFM001444, AFM001451 and AFM001453).

Temperature values were logged once per hour and the eleven measuring instruments were synchronized so that the measurements were made at the same time on all measurement points (on the hour).

To ensure that the devices always measured the water temperature in the upper water layer they were fastened to floating discs. The earlier monitoring of surface water levels of ponds in the area has shown large fluctuations, with extremely low water levels during late summer and autumn some years. Also in 2017, there were low water levels in the ponds in late summer and early autumn. The measuring instruments were however placed in the deeper parts of the ponds and none of them were “resting on the bottom” when they were taken up in October.

Temperature and its diurnal variation was similar in the various ponds and for all the ponds the temperature conditions seem to be beneficial for pool frogs. No anomalies were noted in the collected data from the eleven ponds.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	7
1.3	Undersökningsobjekt	9
	1.3.1 Anlagda gölar	9
	1.3.2 Naturliga gölar	9
2	Utrustning	11
3	Utförande	13
3.1	Leverans av data	14
4	Resultat och diskussion	15
	Referenser	17
Bilaga 1	Uppmätta vattentemperaturer	19

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Det använda kärnbränslet från det svenska kärnkraftsprogrammet ska enligt planerna slutgiltigt tas om hand genom geologisk deponering i berggrunden. För att skydda människa och miljö på lång sikt vill SKB därför bygga ett kärnbränsleförvar i det svenska urberget. Kärnbränsleförvaret är en del i systemet för hantering av det använda bränslet och har till uppgift att hålla kärnbränslet åtskilt från människor och miljö.

SKB utförde under åren 2002–2009 platsundersökningar för ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. Efter platsval 2009 fortsatte ett särskilt program för långtidsövervakning av ett antal geovetenskapliga parametrar och biologiska objekt.

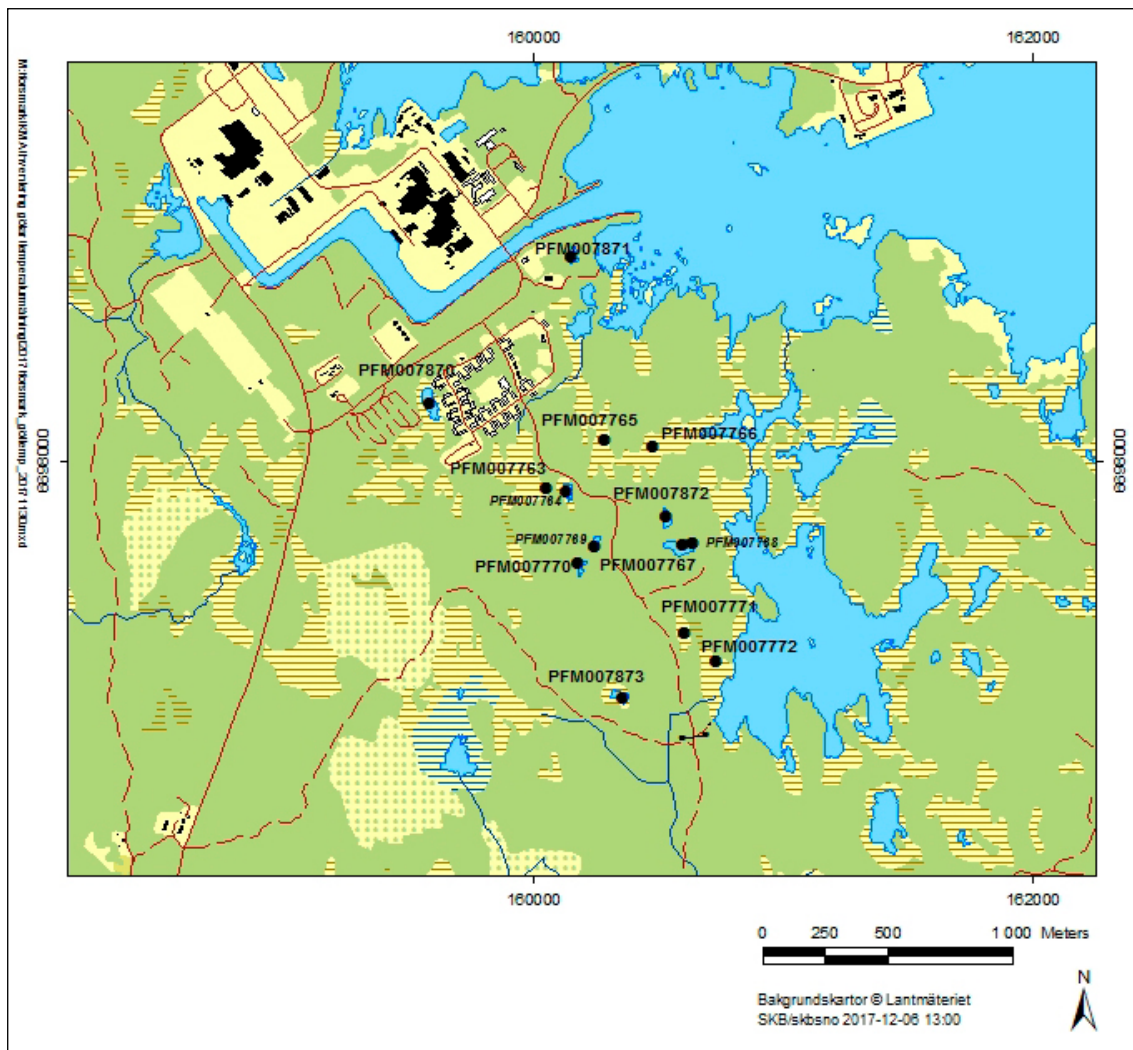
SKB lämnade i mars 2011 in en ansökan om tillstånd för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. I samband med inlämnande av ansökan har SKB sökt dispens från Artskyddsförordningen (SFS 2007:845). Dispensen omfattar bland annat arterna gölgroda (*Pelophylax lessonae*), gulyxne (*Liparis loeselii*) och större vattensalamander (*Triturus cristatus*). För att kunna anlägga förvarets ovanmarkdelar som planerat behöver en göl med ett reproducerande bestånd av gölgroda fyllas igen. Därför har sex nya gölar anlagts i Forsmarksområdet som kompensation för gölen som planeras att fyllas igen. Ett uppföljningsprogram har också upprättats för att följa upp att miljöerna i dessa nya gölar blir lämpliga för gölgrödor, som har specifika krav på sin livsmiljö, inklusive vattentemperatur. Uppföljningen omfattar vattenkemiprovtagningar samt dokumentation av gölarna i form av fotografering, ytvattennivåmätningar och återkommande kartering av bottenvegetation och bottenfauna.

Under 2016 utökades uppföljningsprogrammet till att även omfatta mätning av ytvattentemperatur i nio gölar i området (Borgiel et al. 2017). Mätningarna utfördes i de sex anlagda gölarna AFM001442–01443 och AFM001419–001422, samt i de naturliga gölarna AFM001426, AFM001428 och AFM001444. I den naturliga gölen AFM001444 installerades två temperaturmätare, dels vid en brygga, dels i den nordöstra delen av gölen.

Mätning av ytvattentemperatur fortsatte under 2017, nu i elva gölar. Mätningarna utfördes i de sex anlagda gölarna AFM001442–001443 och AFM001419–001422, alltså desamma som 2016, samt i de fem naturliga gölarna AFM001427, AFM001430, AFM001444, AFM001451 och AFM001453, varav fyra är nya (figur 1-1).

1.2 Syfte

Eftersom gölgradans yngelutveckling kräver varmt vatten (Lindgren et al. 2014) är arten, i Sverige, beroende av grunda gölar som snabbt värms upp på våren. Vattentemperaturen tros också styra när gölgradan börjar sitt spel på försommaren. Vattentemperaturen är således en central parameter som bedöms vara viktig att mäta för att förstå vad som styr gölgradepopulationens välmående och utbredning i Forsmarksområdet. Denna parameter har därför mätts i nio gölar under säsongen april–oktober 2016 och i elva gölar under samma period 2017. Mätningarna planeras fortsätta även under kommande år. De gölar som valts ut för temperaturmätningarna 2017 visas på kartan i figur 1-1.



Figur 1-1. Punkter där mätning av vattentemperatur gjorts; kursiva idkoder (mindre siffror) mättes enbart under perioden april–oktober 2016 medan årets mätningar utförts i övriga punkter. Gölarnas idkoder (AFM-nummer) framgår av tabell 3-1.



Figur 1-2. V: Den naturliga gölen, AFM001430, är grund och blockrik och har ett bestånd av gölgröda (*Pelophylax lessonae*). H: Gölgröda i en naturlig göl.

1.3 Undersökningsobjekt

1.3.1 Anlagda gölar

Under februari 2012 anlades fyra gölar, AFM001419–1422 genom grävning i våtmarker. Dessa fyra gölar kompletterades med ytterligare två gölar (AFM001442 och -1443) under februari 2014 (figur 1-1). Samtliga anlagda gölar är omgivna av skog, en viktig del av gölgrodans livsmiljökrav eftersom den övervintrar i håligheter i skogsmark. Två av gölarna (AFM001419 och -1420) är belägna i kraftiga vassbestånd medan de övriga fyra (AFM001421 och -1422 samt AFM1442 och -1443) omges av myrmark.

Avstånden mellan de anlagda gölarna och befintliga, naturliga gölar i området medger möjligheter till genutbyte mellan eventuella framtida populationer av gölgroda. Gölgrodans rörlighet har beskrivits som begränsad med en medelräckvidd per generation på mindre än 400 m, med spontana förflyttningar på max ca 1 km (Sjögren 1988). Det innebär att genutbyte mellan populationer främst sker mellan grannlokaler. Grodornas genutbyte är beroende av vegetationen mellan lokaler och gynnas av förekomst av kärr och småvatten. De fyra gölarna som anlades 2012 ligger parvis grupperade (AFM001419 och -1420 respektive AFM001421 och -1422) med ett inbördes avstånd på ca 250 m per gölpar. Mellan de två paren är avståndet 750–1 000 m. Gölarna ligger i ett skogslandskap med många sjöar, kärr och småvatten. De två yngsta gölarna (AFM001442 och -1443) ligger nära varsin naturlig göl.

I de anlagda gölarna har viss utplantering av växtlighet skett under våren/försommaren året de skapades. Inplanteringen i gölarna som anlades under februari 2012 innebar transplantering av substrat med växter på. År 2014 insamlades växtlighet från ett större, naturligt småvatten i området. Den insamlade växtligheten placerades ut på flera ställen i de två gölarna som anlades februari 2014. Provtagning och mätning av vattenkemi sker sedan mars 2012 respektive mars 2014 på en punkt vardera i de anlagda gölarna (Qvarfordt et al. 2014, Wallin et al. 2017).

1.3.2 Naturliga gölar

Den naturliga göl som ingår som referensgöl i denna studie 2017, AFM001427, har tidigare undersökts med avseende på vattenkemi genom månatliga provtagningar under perioden 2008–2010 (Qvarfordt et al. 2010, 2011). Undersökningarna gjordes i syfte att få mer kunskap om vattensammansättningen i gölen. Den ingår även som referensgöl i uppföljningsprogrammet för de anlagda gölarna och vattenkemisk provtagning utförs sedan mars 2012.

Gölen AFM001427 ligger ca 400 m sydväst om de anlagda gölarna AFM001421 och -1422 belägna i myrmarker i närheten av sjön Bolundsfjärden. Gölen AFM001427 är omgiven av skog med myrmark och gungfly närmast vattenspegeln och hyser ett livskraftigt bestånd av gölgroda och större vattensalamander.

I de naturliga gölarna AFM001430, AFM001444 och AFM001453 har spelande gölgroda och större salamander observerats frekvent vid inventeringar av gölgroda och större vattensalamander (Zachariassen och Collinder 2017) och i den naturliga gölen AFM001451 har gölgroda och större vattensalamander registrerats vid några inventeringstillfällen. Gölarna ingår dock inte i det hydrokemiska övervakningsprogrammet för ytvatten (AP SFK-17-001 Hydrokemisk monitorering av ytvatten, ytnära grundvatten och gölar 2017).

Den lilla grunda gölen AFM001430 är runt 100 m lång. Botten är blockrik med en rik vegetation av främst kransalger. Lite myrmark omger den med starr, pors, al och björk innan högväxt barrskog tar vid.

Gölen AFM001444, som även var med under mätomgången 2016, är cirka 150 m lång och ligger ungefär 200 m sydöst om gölen AFM001430 (figur 1-1). Gölen AFM001444 är främst omgiven av barrskog men längs kanten växer även al, björk och buskvegetation i form av pors.

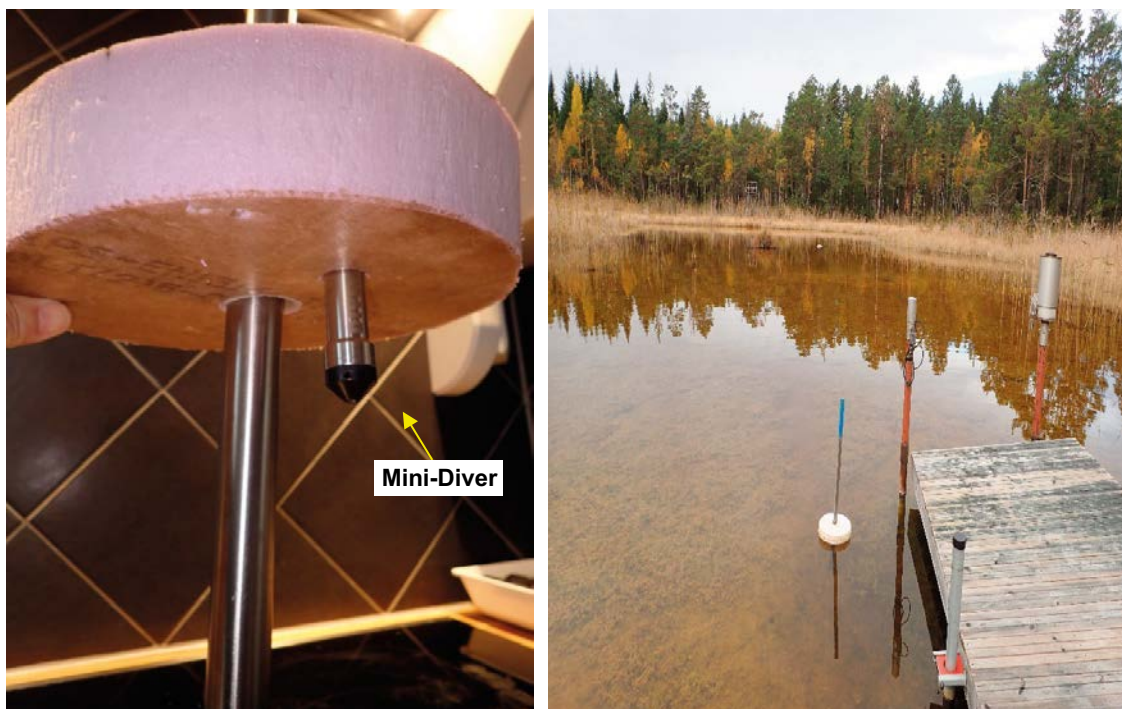
Den stora gölen, Tjärnpussen, AFM001451, belägen mellan det nya reningsverket och den gamla "barackbyn" är 1,5–2 meter djup med en botten främst täckt av kransalger. Vass, myr- och kärrmark omger vattnet. Omgivningarna består av bebyggelse, vägar och ganska gles blandskog.

Nordost om "barackbyn" ligger AFM001453, en vassomgärdad göl som är drygt 100 m lång och ganska otillgänglig på grund av ett mäktigt vassbälte runt hela gölen. Även denna drygt meterdjupa göl har en botten som huvudsakligen täcks av kransalger. Buskvegetation, snår, grus ytor och en gammal parkering gränsar till gölen på sydsidan. I övriga väderstreck ligger havet nära (100–200 m). Detta är den göl som kommer att fyllas igen om Kärnbränsleförvaret byggs i Forsmark.

2 Utrustning

Temperaturmätningarna gjordes med stationära mätinstrument av typ Mini-Diver (mätintervall: -20 till $+80$ °C, noggrannhet: ± 0.1 °C, upplösning: 0.01 °C, Tillverkare: Eijkelkamp Soil & Water, Netherlands). Mini-Diver har inbyggt datalogger och mäter vattentemperatur och tryck med förprogrammerat tidsintervall.

De sammanlagt elva temperaturmätarna installerades så att de alltid mätte vattentemperaturen 5 cm under vattenytan i respektive göl. Detta anordnades genom att använda en frigolitskiva med centrumhål som flottör, där mätaren var fastsatt med givaren 5 cm under skivans botten. Skivan fungerade också som solskydd och isolering mot omgivningen, för att förhindra att mätresultaten påverkades av direkt solstrålning. En stång nedsatt i mätpunkten fixerade utrustningen på plats (se figur 2-1).



Figur 2-1. Anordning för mätning av vattentemperatur på ett fixt djup under vattenytan. En frigolitskiva med centrumhål användes som flottör, där temperaturmätaren var fastsatt med givaren 5 cm under skivans botten. En stång fixerade utrustningen i mätpunkten.

3 Utförande

Mätningarna utfördes i de sex anlagda gölarna AFM001442–001443 och AFM001419–001422, samt i de naturliga gölarna AFM001427, AFM001430, AFM001444, AFM001451 och AFM001453.

Mätarna placerades i anslutning till respektive brygga/spång om sådan fanns, på ett sätt så att inte bryggor eller andra installationer störde temperaturmätningarna och tvärtom. Bryggor och spångar har anlagts för att underlätta vattenprovtagning och åtkomst till tidigare installerade pegelrör. Koordinater för placeringen anges, tillsammans med Sicada-idkoder, i tabell 3-1.

Tabell 3-1. Idkoder för gölar, samt idkod och koordinater för respektive göls provtagningspunkt för temperaturmätningarna. I kolumnen "Alias" anges även benämningar på gölarna som används i andra studier. Det framgår även vilket eller vilka år som temperaturmätningarna genomförts i respektive göl.

Gölbeteckning (alias)	Göl-id	Mätplats-id	Koordinater (SWEREF 99 18 00)		2016	2017
			Ost	Norr		
6b	AFM001442	PFM007763	160051	6697893	X	X
7	AFM001428	PFM007764	160137	6697882	X	
8	AFM001451	PFM007870	159589	6698230		X
11f	AFM001419	PFM007765	160286	6698082	X	X
11g	AFM001420	PFM007766	160482	6698056	X	X
12	AFM001453	PFM007871	160151	6698820		X
14	AFM001444	PFM007767	160643	6697669	X	X
14	AFM001444	PFM007768	160643	6697669	X	
15	AFM001430	PFM007872	160531	6697777		X
16	AFM001426	PFM007769	160249	6697662	X	
17a	AFM001443	PFM007770	160179	6697593	X	X
18	AFM001427	PFM007873	160362	6697056		X
19a	AFM001421	PFM007771	160610	6697313	X	X
66a	AFM001422	PFM007772	160736	6697202	X	X

Mätningarna påbörjades så snart som möjligt efter islossningen våren 2017. De installerades den 28 april och mätningarna pågick till den 7 oktober. Mätvärden loggades en gång per timme och klockorna i de inbyggda dataloggrarna synkroniserades innan mätstart så att mätningarna gjordes samtidigt vid alla elva mätpunkter d v s varje hel timme (sommartid).

När mätarna togs upp ur gölarna i oktober överfördes alla mätdata till Excel, och efter kvalitetskontroll levererades data till SKB för inlagring i databasen SICADA. Vid kvalitetskontrollen gjordes en rimlighetskontroll av uppmätta värden samt jämförelser mellan de olika mätpunkterna för att upptäcka eventuella mätfel eller andra avvikelser.

Efter avslutad aktivitet fick mätarna torka och de förvaras därefter avstängda inomhus i ett torrt utrymme. Inför nästa fältsäsong (sommarhalvåret 2018) görs en utvärdering av resultaten från 2017; eventuellt kan justeringar göras vad gäller mätpunkternas antal eller lägen inför fortsatta mätningar år 2018.

Fältarbetet utfördes av Micke Borgiel, Anders Wallin och Susanne Qvarfordt (Sveriges Vattenekologer AB). Uppdragsledare var Micke Borgiel.

3.1 Leverans av data

Resultaten från temperaturmätningarna har rapporterats in till aktivitetsledaren och därefter inlagrats i Sicada. Resultaten presenteras även i bilaga 1. Data från mätsäsongen har lagrats i Sicada-datatabellen ”HY007 – Monitoring surface water temperature in ponds” och är spårbara via aktivitetsplanens nummer AP SFK-17-013. I tabell 3-1 ovan redovisas bland annat id för gölarna och mätpunkterna i dessa.

4 Resultat och diskussion

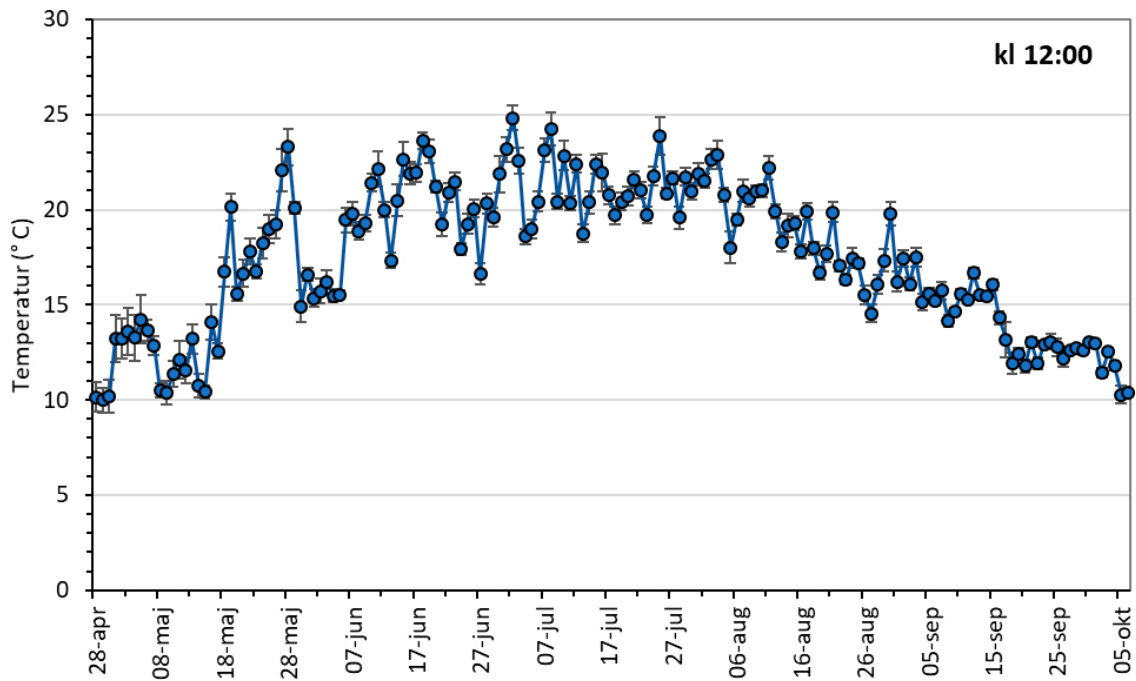
I likhet med några av de föregående åren var det under sensommaren och början av hösten 2017 lågt vattenstånd i gölarna (figur 4-1) och andra ytvatten i området under en längre tid. I gölarna märktes detta på att växtligheten på de grundaste bottenarna var försvunnen eller såg mer eller mindre död ut, sannolikt till följd av uttorkning. Temperaturmätarna var dock placerade i de djupare delarna av gölarna och ingen av dem ”stod på botten” när de togs upp i oktober.

Vattentemperaturen och dess dygnsvariation var likartad i de olika gölarna (figur 4-2) och samtliga gölar uppvisade temperaturförhållanden under mätperioden som borde vara gynnsamma för göl-grodor, d v s under större delen av perioden då äggen kläcks och ynglen utvecklas till smågrodor var vattentemperaturen över 19 °C större delen av dygnet. Inga avvikelser noterades i de insamlade mätvärdena.

Uppmätta vattentemperaturer presenteras i bilaga 1. En jämförelse mellan de undersökta gölarna visar att vattnet i gölarna AFM001451 och AFM001453 (mätpunkterna PFM007870 respektive PFM007871) varit något kallare än övriga med endast ett fåtal mätpunkter över 25 °C (fyra stycken vid två skilda dygn).



Figur 4-1. Lågt vattenstånd vid AFM001442, 12 september 2017.



Figur 4-2. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) i de elva gölarna under perioden 28 april–7 oktober 2017. Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de elva gölarna klockan 12.00 varje dag under mätperioden.



Figur 4-3. Gölgröda (*Pelophylax lessonae*) bland kransalger (*Chara*) i den anlagda gölen AFM001421 i augusti 2014.

Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på www.skb.se/publikationer.

Borgiel M, Wallin A, Qvarfordt S, 2017. Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2016. SKB P-17-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Lindgren B, Nilsson J, Söderman F, 2014. Åtgärdsprogram för gölgröda, 2014-2019 (*Pelophylax lessonae*). Rapport 6631, Naturvårdsverket.

Qvarfordt S, Borgiel M, Berg C, 2010. Monitoring Forsmark. Hydrochemical investigations in four calciferous lakes in the Forsmark area. Results from complementary investigations in the Forsmark area, 2008–2009. SKB P-10-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Qvarfordt S, Borgiel M, Berg C, 2011. Forsmark site investigation. Hydrochemical investigations in four calciferous lakes in the Forsmark area. Results from the second year of a complementary investigation in the Forsmark area. SKB P-11-47, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Qvarfordt S, Wallin A, Borgiel M, 2014. Vattenkemiska undersökningar i fyra nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten. SKB P-14-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

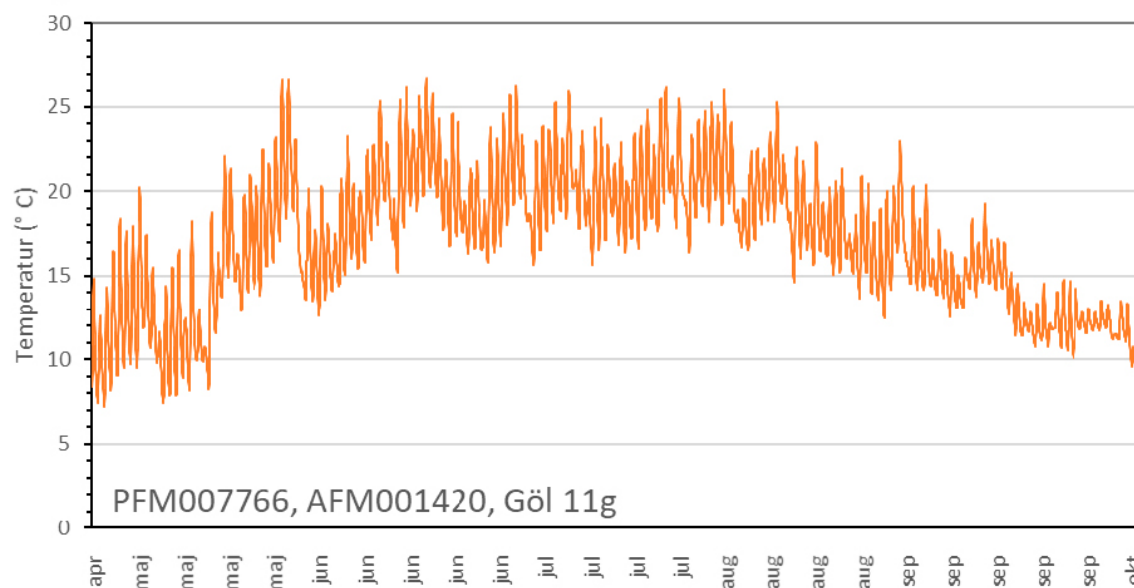
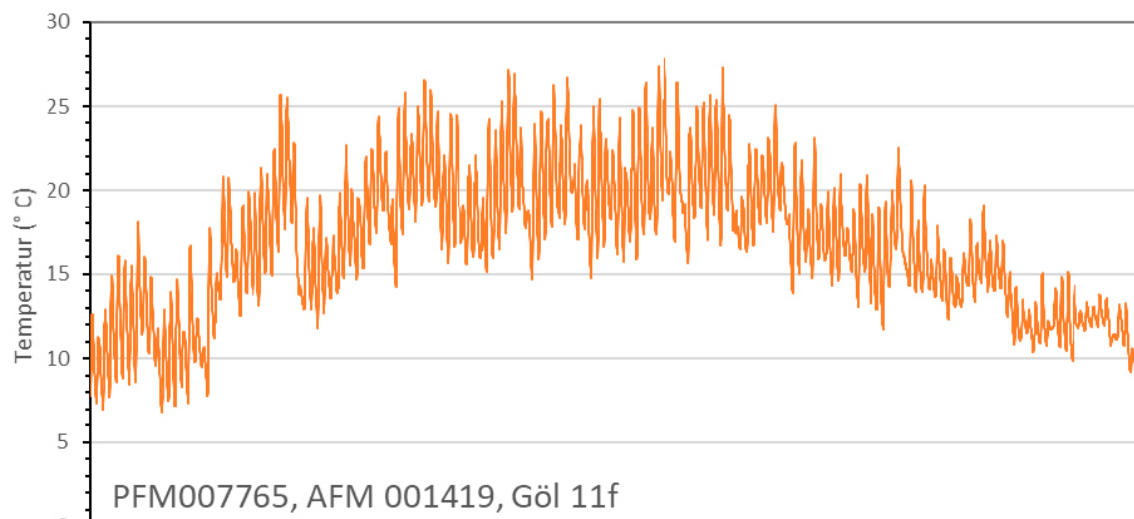
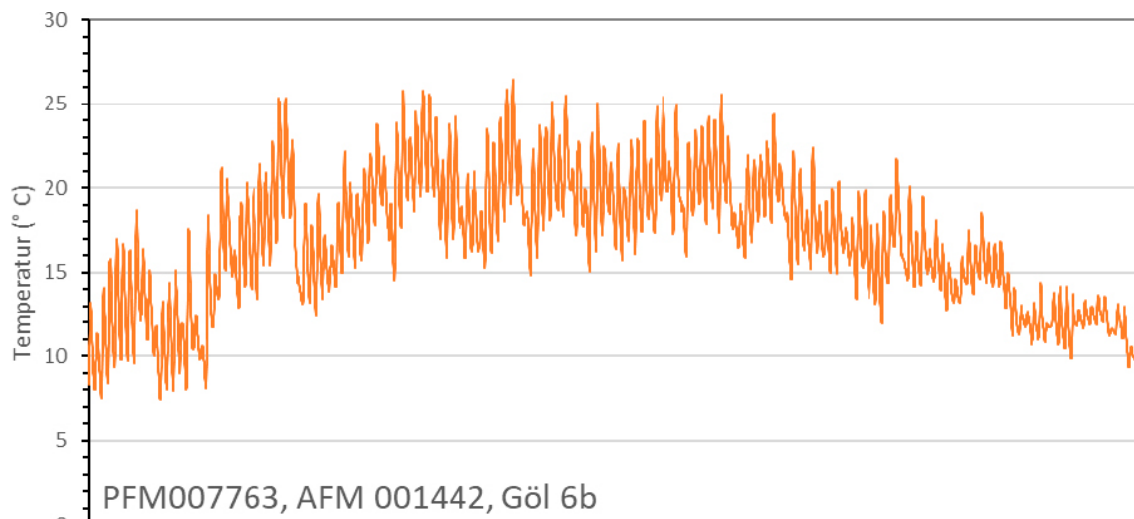
Sjögren P, 1988. Metapopulation biology of *Rana lessonae* Camerano on the northern periphery of its range. Doktorsavh. Uppsala universitet.

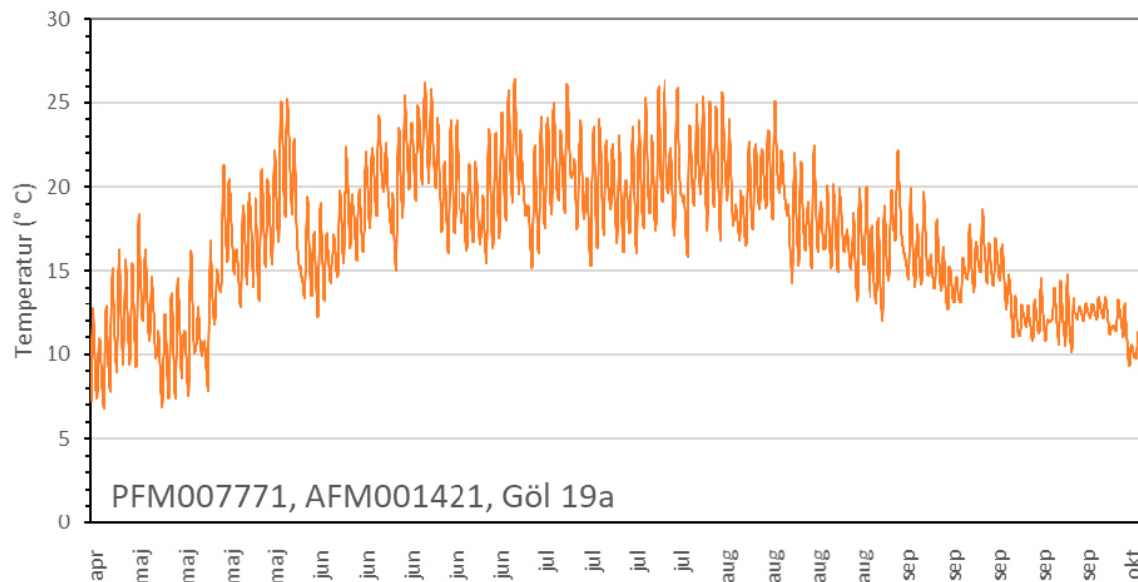
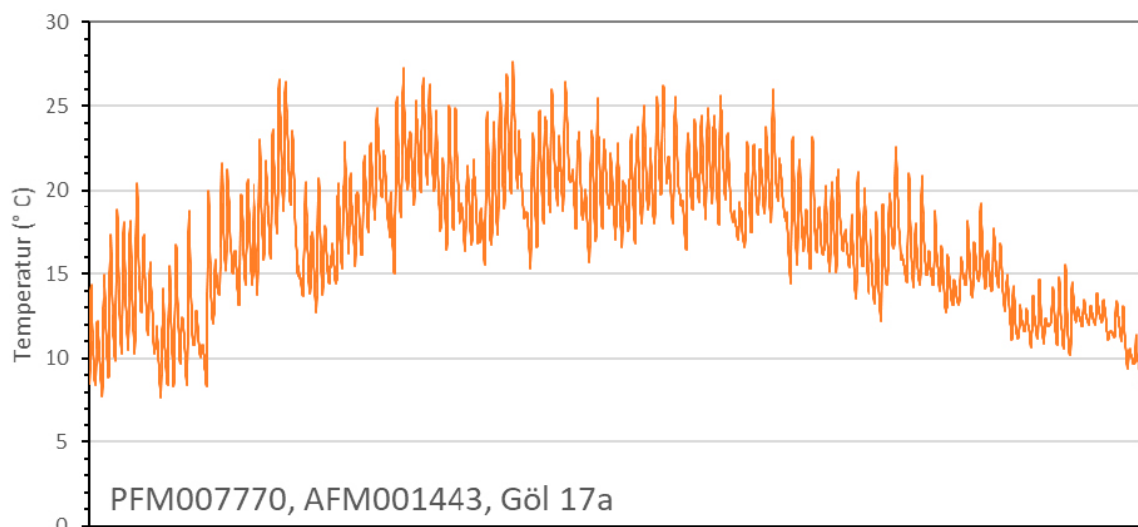
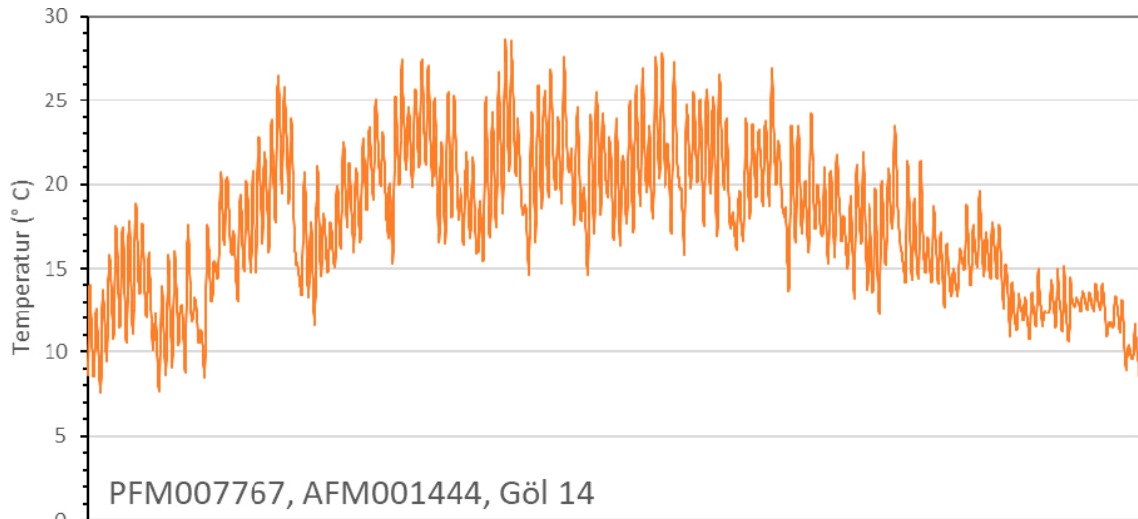
Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2017. Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark-Resultat från provtagningar under perioden september 2013 till december 2014. SKB P-15-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.

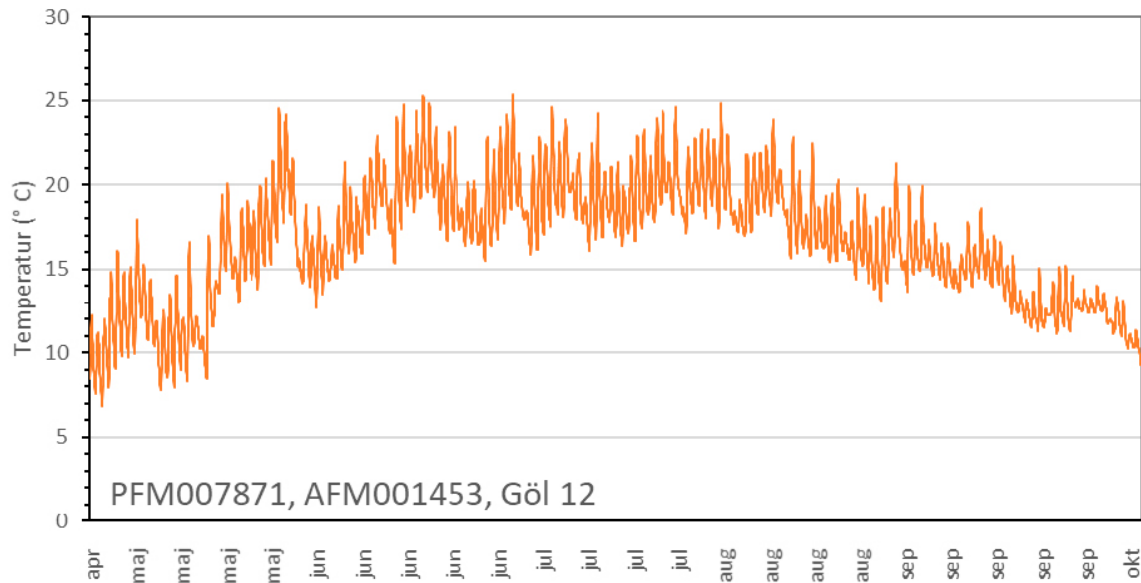
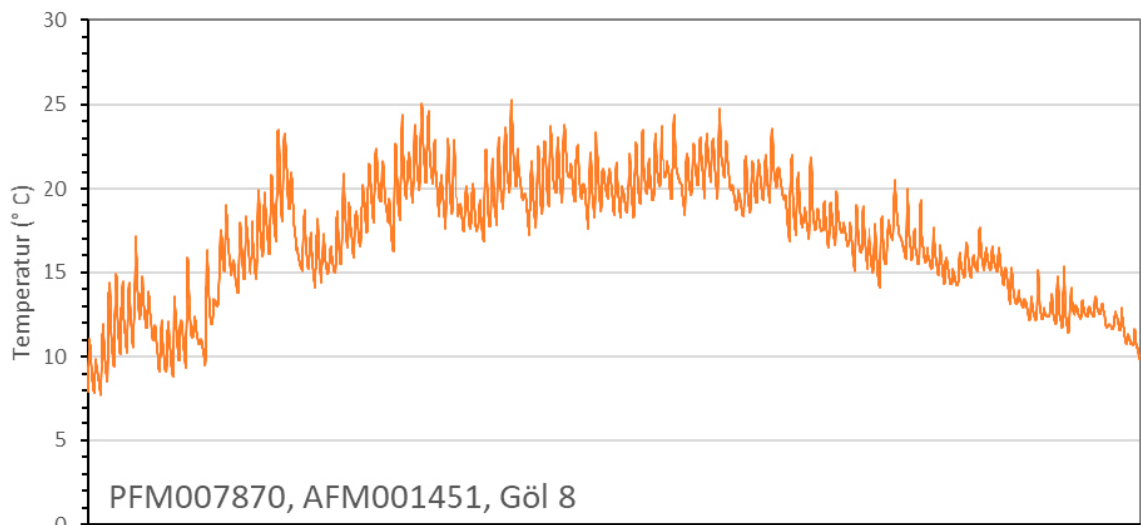
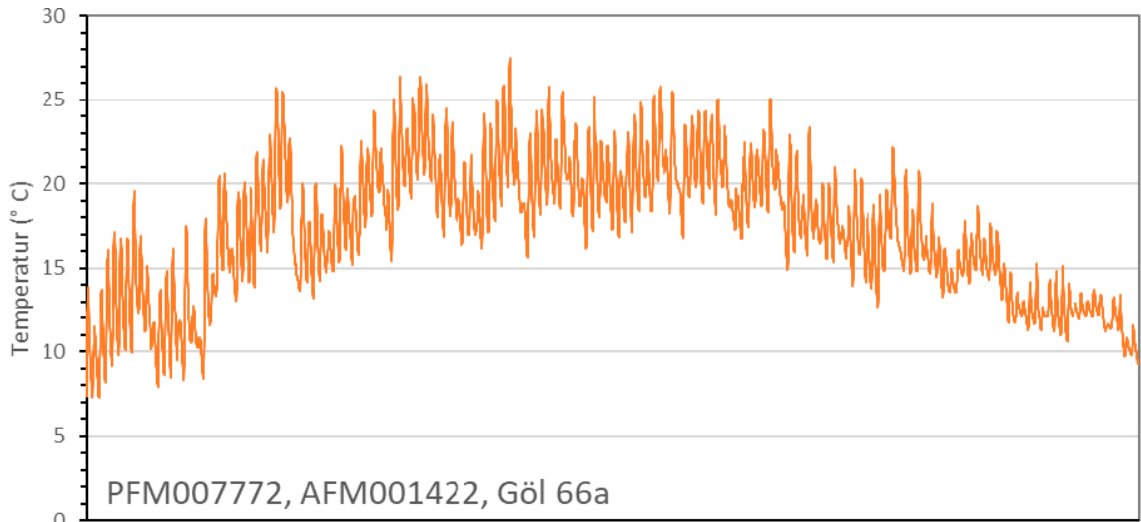
Zachariassen E, Collinder P, 2017. Inventering av gölgröda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2016. SKB P-16-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.

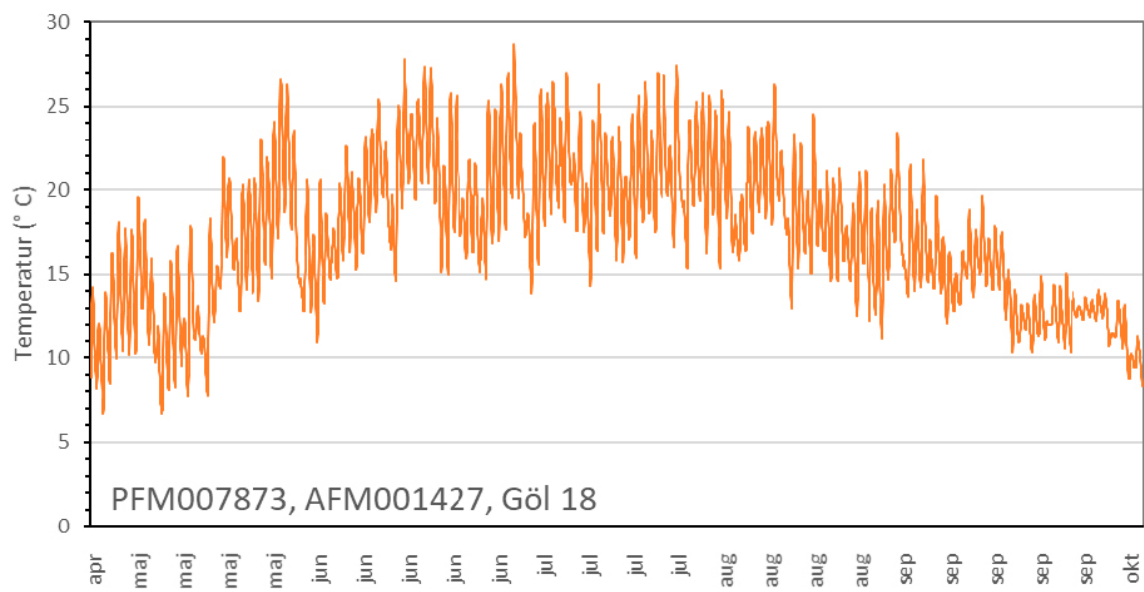
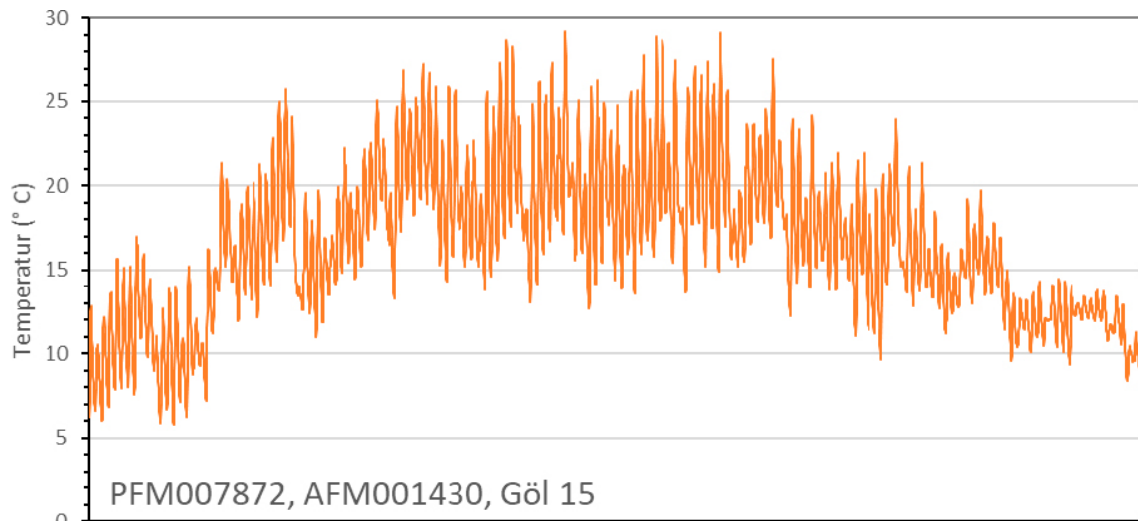
Uppmätta vattentemperaturer

Denna bilaga redovisar uppmätta vattentemperaturer från de elva temperaturmätarna under perioden 28 april–7 oktober 2017.









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