

Rapport
P-20-03
Januari 2020



Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2019

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-20-03

ID 1858328

Januari 2020

Uppdaterad 2020-04

Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2019

Micke Borgiel, Susanne Qvarfordt, Anders Wallin
Sveriges Vattenekologer AB

Nyckelord: Vattentemperatur, Gölgröda, Ytvatten, Gölar, Småvatten, AP SFK-19-010.

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.

© 2020 Svensk Kärnbränslehantering AB

Uppdateringsmeddelande

Den ursprungliga rapporten, daterad januari 2020, visade sig innehålla både sak- och redaktionella fel som har korrigerats i denna uppdaterade version. De korrigerade sakfelen presenteras nedan.

Uppdaterad 2020-04

Plats	Ursprunglig text	Korrigerad text
Sid 25, mittersta diagrammet	Fel data i diagram	Diagram uppdaterat med korrekt data

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 (Svensk Kärnbränslehantering AB) 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 ovanmarksdelar 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 upprättats för att säkerställa att dessa nya gölar blir lämpliga habitat för gölgrödor, som har mycket specifika krav på sin livsmiljö. Uppföljningen i sin helhet omfattar vattenkemi-provtagningar samt dokumentation av gölarna i form av fotografering och ytvattennivåmätningar.

År 2016 utökades uppföljningen med automatisk mätning av ytvattentemperatur i nio gölar i området (i de sex anlagda och i tre naturliga) under den isfria delen av året. Mätningarna fortsatte under 2017 i elva gölar (i de sex anlagda och i fem naturliga). Under 2018 utökades mätprogrammet ytterligare till 14 gölar i området (i de sex anlagda och i åtta naturliga). Denna rapport redogör för de temperaturmätningar som gjordes i 13 gölar under den isfria delen av 2019. Mätningarna utfördes i 12 naturliga gölar och i en anlagd göl. Vattentemperaturmätningarna gjordes med semi-stationära mätinstrument, som mätte och sparade vattentemperaturvärden varje hel timme mellan den 26 april och den 14 oktober 2019. För att mätarna alltid skulle mäta vattentemperaturen i det övre vattenskiktet fästes mätarna vid en flytkropp i respektive göl. Pågående övervakning av ytvattennivåer i gölar i området visar på varierande, periodvis mycket låga, vattenstånd framförallt under sensommaren. Även under sommaren år 2019 observerades låga vattenstånd i gölarna. Temperaturmätarna var dock placerade i de djupare delarna av gölarna och ingen av dem ”stod på botten” vid något tillfälle under mätperioden. När de togs upp i mitten av oktober var vattenståndet förhållandevis högt i samtliga gölar.

Vattentemperaturen och dess dygnsvariation var likartad i de olika gölarna och samtliga gölar uppvisade temperaturförhållanden under mätperioden som är gynnsamma för gölgrödor. Under merparten av perioden, då äggen kläcks och ynglen utvecklas till smågrödor (mitten av maj–augusti) var vattentemperaturen över 19 °C under större delen av dygnet. Medeltemperaturen i gölarna under högsommaren var dock lägre än under 2018, då mycket höga vattentemperaturer noterades under juli. Medeltemperaturen i gölarna i juli 2018 var mellan 25 och 30 °C, medan de i juli 2019 var mellan 20 och 25 °C.

Summary

Spent nuclear fuel from the Swedish nuclear power programme 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 (Swedish Nuclear Fuel and Management Co) will build a repository in the Swedish bedrock. When applying for building a repository for spent nuclear fuel at Forsmark, SKB also applied for dispensation from the Species Protection Act. The exemption includes the pool frog (*Pelophylax lessonae*), as the construction of the surface facility part of the repository implies that one pond, which today is a reproduction site for the pool frog, will disappear. This habitat to be lost for the pool frog has been compensated for by creating six new ponds in the Forsmark area. A monitoring programme has been established to ensure that the constructed ponds are suitable for pool frogs, which have very specific demands on their habitat. The ongoing monitoring programme includes water chemistry sampling and measurements as well as documentation of the ponds in the form of photography and water level measurements.

In 2016, the monitoring was expanded to also include measurements of surface water temperature during the ice-free part of the year in nine ponds in the area (six constructed and three natural ponds). The measurements continued during the ice-free part of 2017 in eleven ponds, including five natural ponds. During the ice-free part of 2018, temperature measurements were further expanded to 14 ponds of which eight were natural. This report presents the results from the measurements of surface water temperature during the ice-free part of 2019 in 13 ponds, of which 12 are natural. As in previous measurement campaigns, surface water temperature was measured with semi-stationary instruments, which log date, time and temperature during a pre-programmed time interval. The instruments were installed in the ponds on April 26 and measurements continued until October 14. Temperature values were logged once per hour and the 13 instruments were synchronized so that measurements were made at the same time (every full hour) in all ponds.

To ensure that the instruments always measured the water temperature close to the water surface, the instruments were fastened to floating discs. The monitoring of water levels in ponds in the area has shown large fluctuations, with extremely low water levels during late summer and autumn some years. In 2019, there were also low water levels in the ponds in late summer. As in previous campaigns, instruments were installed in the part of each pond with largest water depth, and no instrument was “resting on the bottom” at any point in time during the monitoring period. When they were collected in mid October, the water levels were quite high in all ponds.

Temperature, and its diurnal variation, was similar in the ponds and the temperature conditions seem to be beneficial for pool frogs in all of them. For most of the period, when eggs typically hatch and juveniles develop into small frogs (mid May–August), the water temperature was above 19 °C during most of the day and night. However, the average temperature in the ponds during the high summer of 2019 was lower than during the high summer of 2018, when very high water temperatures were recorded in July. In July 2018, the average temperature of all ponds was between 25 and 30 °C, whereas in 2019 average temperatures were between 20 and 25 °C.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	7
1.3	Undersökta gölar	9
	1.3.1 Naturliga gölar	9
	1.3.2 Anlagda gölar	10
2	Utrustning	11
3	Utförande	13
3.1	Leverans av data	14
4	Resultat och diskussion	15
	Referenser	19
Bilaga 1	Uppmätta vattentemperaturer	21

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 (Svensk Kärnbränslehantering AB) bygga ett kärnbränsleförvar i det svenska urberget. Kärnbränsleförvaret är en del i systemet för hantering av det använda bränslet.

SKB lämnade i mars 2011 in en ansökan om tillstånd för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. I samband med inlämnandet av ansökan sökte SKB 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 ovanmarksdelar 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 säkerställa att miljöerna i dessa nya gölar blir lämpliga för gölgrödor. Gölgrödor har specifika krav på sin livsmiljö, bland annat på ytvattnets temperatur. Uppföljningen omfattar vattenkemiprovtagningar, dokumentation av gölarna i form av fotografering och ytvattennivåmätningar.

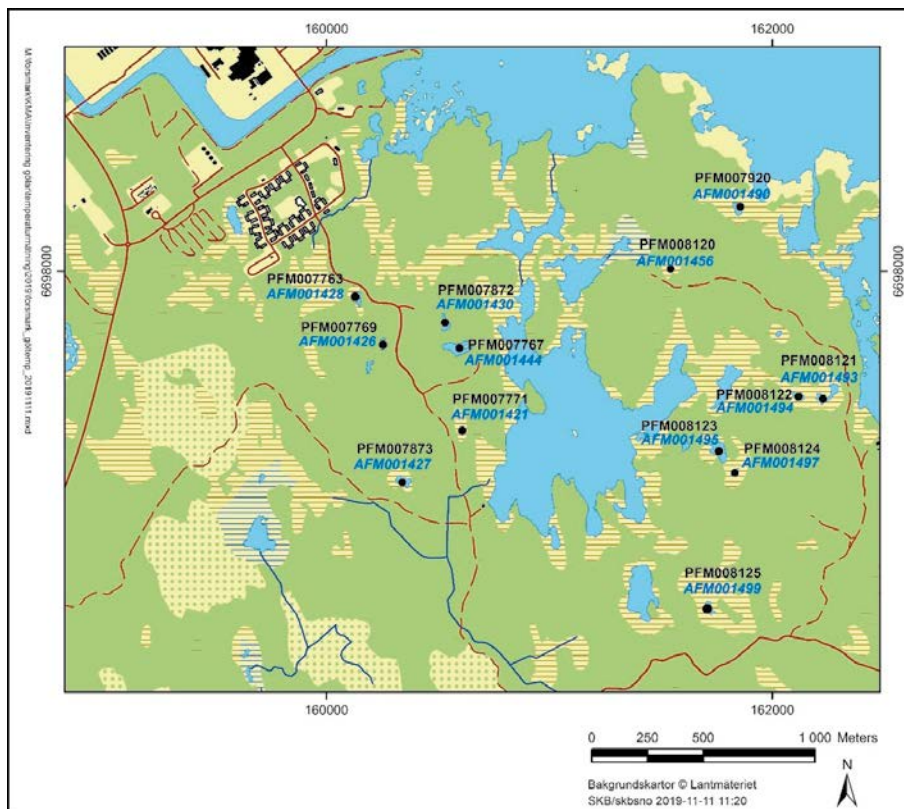
Under 2016 kompletterades uppföljningsprogrammet till att även omfatta mätning av ytvattentemperatur i nio gölar i området (Borgiel et al. 2017) under den isfria delen av året. Mätning av ytvattentemperatur fortsatte under 2017 och utökades då till elva gölar (Borgiel et al. 2018). Under 2018 utökades uppföljningsprogrammet ytterligare till 14 gölar i området (Borgiel et al. 2019). Denna rapport redovisar de temperaturmätningar som gjordes i 13 gölar under den isfria delen av 2019. Mätningarna under 2019 utfördes i 12 naturliga gölar och i en anlagd göl (AFM001421). I sex av de naturliga gölarna som mättes 2019 har temperaturmätningar inte skett tidigare (AFM001456, AFM001493–AFM001495, AFM001497 och AFM001499 (Figur 1-2)). I de övriga sex naturliga gölarna (AFM001426–001428, AFM00130, AFM001444 och AFM001490) har mätningar utförts under perioden 2016–2018. I den anlagda gölen (AFM001421) har mätningarna gjorts varje år sedan 2016 (Figur 1-1 och Tabell 3-1).

1.2 Syfte

Ytvattentemperatur är viktig att mäta för att förstå vad som styr gölgrödepopulationens välmående och utbredning i Forsmarksområdet. Eftersom gölgrödans yngelutveckling kräver varmt vatten (Lindgren et al. 2014) är arten i Sverige beroende av små och grunda ytvatten (gölar) som värms upp snabbt på våren. Vattentemperaturen tros också styra när gölgrödan börjar sitt spel på försommaren. Vattentemperatur har därför mätts i totalt 13 gölar under perioden 26 april–14 oktober 2019.

Vattentemperatur har tidigare mätts i de anlagda gölarna från vår till höst i tre år (2016–2018). Dessa mätningar visar att vattentemperaturen i de anlagda gölarna ligger inom de intervall som uppmätts i naturliga gölar under samma tidsperioder. Det ursprungliga syftet med mätningarna, att undersöka om vattentemperaturerna i de anlagda gölarna skiljer sig från vattentemperaturen i naturliga gölar med gölgrödereproduktion, är således uppfyllt genom de mätningar som genomfördes 2016–2018.

Under 2019 var syftet istället att undersöka vattentemperaturen i sju naturliga gölar öster om Bolundsfjärden som relativt nyligen koloniserats av gölgroda. För att möjliggöra jämförelser med tidigare mätningar gjordes mätningar även i fem naturliga gölar som mätts under tidigare års mätkampanjer. SKB har åtagit sig att förbereda för att vid behov tillföra vatten till dessa fem gölar, om grundvattenbortledningen från Kärnbränsleförvarets undermarksdelar påverkar vattennivåerna i dessa negativt. Bland dessa fem ingår de två gölar som varit varmast respektive kallast under tidigare års mätkampanjer. 2019 års mätningar omfattade även en anlagd göl (AFM001421) De gölar som valdes ut för temperaturmätningarna 2019 visas på kartan i Figur 1-1.



Figur 1-1. Gölar där mätning av vattentemperatur gjordes under perioden april–oktober 2019. Gölarnas id visas i blått (AFM-nummer) och id för mätpunkter för vattentemperatur visas i svart (PFM-nummer). AFM001421 är en anlagd göl, medan övriga är naturliga gölar.



Figur 1-2. Göl AFM001499 tillhör en av de för året sex nya gölar där temperaturmätningar genomförts. Gölen tillhör de djupare (djup ca 1,5 m). Tät hög vass omger vattenspegeln. Kransalger växer på en bädd av kalkgyttja, som överlagrar en hård sandig botten. Precis som de övriga gölarna omges denna av barrskog (foto taget i oktober 2019).

1.3 Undersökta gölar

1.3.1 Naturliga gölar

De naturliga gölarna AFM001426 och 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 gölarna. De ingår även som referensgölar i uppföljningsprogrammet för de anlagda gölarna och fortsatt vattenkemisk provtagning utförs sedan mars 2012. Temperarumätningar har pågått sedan 2016 (AFM001426) respektive 2017 (AFM001427) under den isfria delen av året. Båda dessa gölar hyser bestånd av gölgröda och större vattensalamander och har inventerats sedan 2011 med avseende på gölgrödor och sedan 2012 vad gäller större vattensalamander (Andersson och Collinder 2019).

Den lilla grunda gölen AFM001426 är omgiven av skog, med inslag av myrmark närmast vattenspegeln. Den andra gölen, AFM001427, ligger cirka 500 m väster om sjön Bolundsfjärden. Gölen är omgiven av skog med myrmark och gungfly närmast vattenspegeln och hyser ett livskraftigt bestånd av gölgröda och större vattensalamander.

I sex av de naturliga gölarna som ingår i 2019 års mätkampanj har temperaturmätningar inte skett tidigare (AFM001456, AFM001493–1495, AFM001497 och AFM001499). I de övriga sex (AFM001426–001428, AFM00130, AFM001444 och AFM001490) har mätningar utförts under perioden 2016–2018 (Figur 1-1 och Tabell 3-1).

I de naturliga gölarna AFM001428, -1430, -1444 och -1490, som ingick i mätkampanjerna 2016–2018, har spelande gölgröda och större salamander observerats frekvent vid inventeringarna (Andersson och Collinder 2019). Gölarna ingår dock inte i det hydrokemiska övervakningsprogrammet för ytvatten.

Den mindre gölen AFM001428, ligger knappt 500 m söder om den så kallade ”Barackbyn”. AFM001428 är grund och har en längd på drygt 50 meter vid högt vattenstånd. Omgivningen består i södra delen av planterad tät ungskog av främst gran i blockig terräng. Resterande är uppvuxen blandskog.

Den lilla grunda gölen AFM001430 är cirka 100 m lång. Botten är blockrik med en rik vegetation av främst kransalger. Den omges av myrmark med starr, pors, al och björk, som i sin tur omges av högväxt barrskog.

Gölen AFM001444, som även ingick i mätkampanjerna 2016–2018, 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 gölkanten växer även al, björk och buskvegetation i form av pors.

Den sedan 2018 nya gölen i mätkampanjen, AFM001490, ligger ganska långt från de övriga gölarna i undersökningsprogrammet, cirka 1 kilometer nordost om sjön Bolundsfjärden. AFM001490 är omgiven av barrskog och är belägen nära havet. Vid provpunkten är det drygt 1 meter djupt och botten är ganska fast (sand/silt). Gölens vattenspiegel omgärdas av ett stort vassbälte. Vid stranden växer lövskog och buskar i form av pors, al och björk. Gölen är ganska rund till formen och har en diameter på cirka 100 m.

De sex gölar där vattentemperatur mättes för första gången 2019 (AFM001456, AFM001493–AFM001495, AFM001497 och AFM001499) har koloniserats av gölgröda relativt nyligen och ligger alla öster om Bolundsfjärden. Gölgrödor registrerades där första gången vid inventeringen 2016 (Zachariassen och Collinder 2017) och inga gölgrödor har observerats vid länsstyrelsens två tidigare inventeringar 2004 och 2009 (Länsstyrelsen i Uppsala län 2004, 2009).

Den nordligaste av dessa gölar (AFM001456) ligger ca 500 m nordost om Bolundsfjärden. Den är liten och har bara en vattenspiegel på ca 20 m tvärs över och har rik förekomst av vass. Gölen omges av myrmark och högvuxen skog.

En knapp kilometer åt sydost ligger de två gölarna AFM001493 och AFM001494. Från gölarna är det endast 150 m till havet i östlig riktning och 450 m till Bolundsfjärden västerut. Gölarna ligger i samma myrområde och det är bara ca 100 m mellan dem. Myrmarken här är ganska omfattande och flera småvatten ligger i närheten. Högvuxen vass omger gölarna. Ganska stenig tall och gransskog ramar in myrmarken.

I ett närliggande myrområde, 500 m sydväst om de ovannämnda gölarna, ligger gölarna AFM001495 och AFM001497. Den större (AFM001495) har en öppen vattenyta som mäter cirka 100 · 50 m och är drygt 1,2 m djup. Den mindre (AFM001497) är bara 40 · 15 m men djupet är detsamma som för den större. Själva myren tar upp en yta på ca 250 · 180 m. Omkring växer högvuxen gammal gran och tallskog.

Cirka 500 m söderut, ligger en ganska stor myrmark med göl AFM001499. Själva gölen mäter ca 60 · 30 m och tillhör de djupare (cirka 1,5 m). Tät hög vass omger vattenspegeln. Kransalger växer på en bädd av kalkgyttja, som underlagras av hård sandig botten. Precis som de övriga gölarna omges denna av delvis gammal barrskog. En hel del stormfällan observerades i den sydvästra delen.

1.3.2 Anlagda gölar

Under februari 2012 anlades fyra gölar genom grävning i våtmarker. En av dessa, AFM001421, ingår i 2019 års mätkampanj (Figur 1-1 och Tabell 3-1). Den har genom åren visat sig ha stora populationer av både gölgröda och salamander. År 2018 observerades till exempel 16 gölgrödor vid groddjursinventeringen (**Andersson och Collinder 2019**). Under 2019 års groddjursinventering observerades sex spelande grodor under juni (Holmgren och Collinder 2019).

Provtagning och analys av ytvattenkemi sker sedan mars 2012 i en punkt i den anlagda gölen (Qvarfordt et al. 2014, Wallin et al. 2017, 2018a, b, c, 2019).

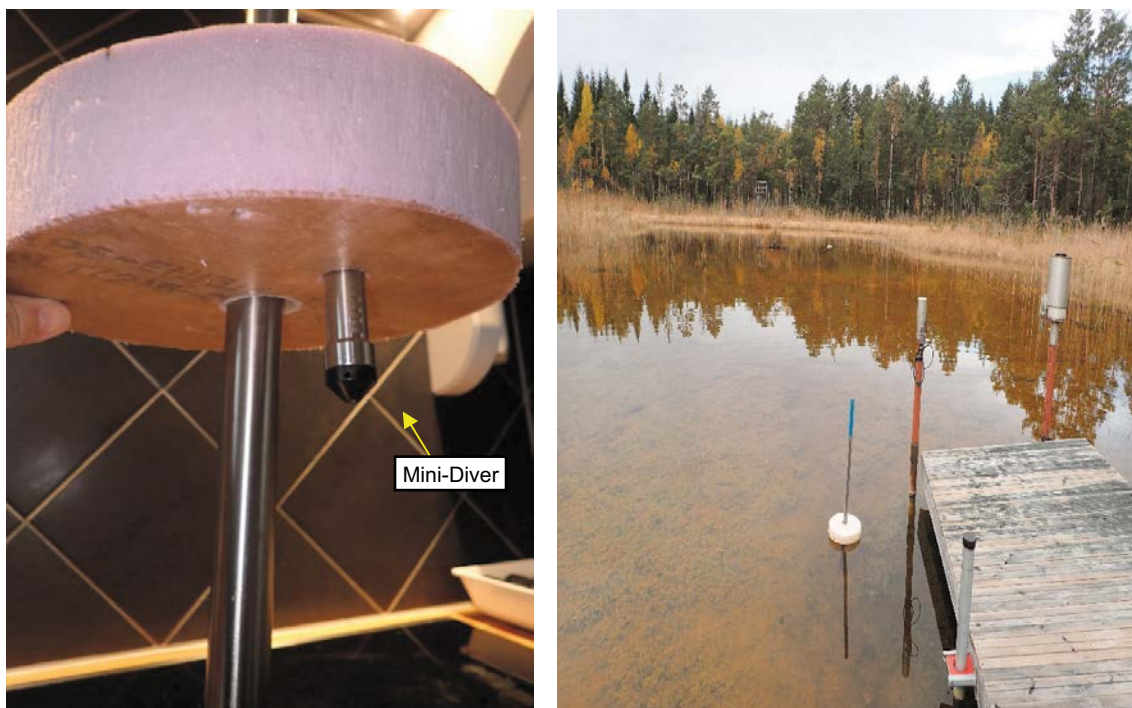


Figur 1-3. Vänster: Göl AFM 001495, ny för 2019 års mätkampanj, är en av de största gölarna i Forsmarksområdet. Under groddjursinventeringen i juni 2019 observerades elva gölgrödor i gölen (Holmgren och Collinder 2019, foto taget i oktober 2019). Höger: Den lilla gölen AFM001497 är också ny för 2019 års mätningar. Gölen är en av de minsta i Forsmarksområdet och är belägen i nära anslutning till den betydligt större AFM001495 (foto taget i oktober 2019).

2 Utrustning

Temperaturmätningarna gjordes med semi-stationära mätinstrument av typ Mini-Diver (mätintervall -20 till $+80$ °C, mätnoggrannhet $\pm 0,1$ °C, upplösning $0,01$ °C, tillverkare Eijkelkamp Soil & Water, Nederländerna). Mini-Diver har en inbyggd datalogger och mäter vattentemperatur med programmerbart tidsintervall.

De sammanlagt 13 temperaturmätarna installerades så att de alltid mätte vattentemperaturen 5 cm under vattenytan i respektive göl. Detta anordnades genom att använda en frigolitskiva som flottör, med temperaturmätaren fastsatt med givaren 5 cm under skivans botten. Skivan fungerar också som isolering mot omgivningen och som solskydd för att förhindra att mätresultaten påverkas av direkt solstrålning. En stång nedsatt i mätpunkten fixerar utrustningen på plats (se Figur 2-1). Tidigare års mätningar har visat att anordningen fungerar bra både funktionellt och ur datakvalitetssynpunkt. Utrustningen är robust, välfungerande och ger tillförlitlig data.



Figur 2-1. Anordning för mätning av vattentemperatur på ett bestämt djup under vattenytan. En frigolitskiva med centrumhål används som flottör. Temperaturmätaren är fastsatt i flottören med givaren 5 cm under skivans botten. En stång fixerar utrustningen på mätpunkten.

3 Utförande

Som nämnts tidigare utfördes vattentemperaturmätningar i den anlagda gölen AFM001421 och i de tolv naturliga gölarna AFM001426–001428, AFM001430, AFM001444, AFM001456, AFM001490, AFM001493-001495, AFM001497 och AFM001499.

Mätarna placerades i anslutning till respektive brygga/spång om sådan fanns, på sådant sätt att bryggor eller andra installationer inte störde temperaturmätningarna. Bryggor och spänger har anlagts för att underlätta vattenprovtagning och åtkomst till så kallade pegelrör som mäter ytvattennivån. Koordinater för mätarplaceringarna anges tillsammans med Sicada-id i Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Id för gölar samt id och koordinater för mätpunkten i respektive göl. I kolumnen "alias" anges benämningar på gölarna som används i andra studier (t.ex. Hamrén och Collinder 2010). Av tabellen framgår även vilket eller vilka år som temperaturmätningarna genomförts i respektive göl. Anlagda gölar har fet stil.

Göl-id	Mätpunkt-id	Gölbeteckning (alias)	Koordinater (SWEREF 99 18 00)		2016	2017	2018	2019
			Ost	Norr				
AFM001442	PFM007763	6b	160057	6697899	X	X	X	
AFM001428	PFM007764	7	160137	6697882	X		X	X
AFM001451	PFM007870	8	159589	6698230		X	X	
AFM001419	PFM007765	11f	160272	6698085	X	X	X	
AFM001420	PFM007766	11g	160488	6698058	X	X	X	
AFM001453	PFM007871	12	160151	6698820		X	X	
AFM001444	PFM007767	14	160639	6697665	X	X	X	X
AFM001444	PFM007768	14	160643	6697669	X			
AFM001430	PFM007872	15	160531	6697777		X	X	X
AFM001426	PFM007769	16	160249	6697662	X		X	X
AFM001443	PFM007770	17a	160185	6697599	X	X	X	
AFM001427	PFM007873	18	160362	6697056		X	X	X
AFM001421	PFM007771	19a	160608	6697310	X	X	X	X
AFM001456	PFM008120	22	161574	6698284				X
AFM001422	PFM007772	66a	160726	6697197	X	X	X	
AFM001490	PFM007920	318	161845	6697197			X	X
AFM001493	PFM008121	377	162282	6698284				X
AFM001494	PFM008122	378	162120	6697433				X
AFM001495	PFM008123	380	161764	6697198				X
AFM001497	PFM008124	383	161832	6697097				X
AFM001499	PFM008125	388	161715	6696490				X

Mätningarna påbörjades när isläget gjorde detta möjligt på våren 2019 (26 april) och mätningarna pågick till den 14 oktober. Mätning och sparintervall var en gång per timme, och klockorna i de inbyggda dataloggrarna synkroniserades innan mätstart så att mätningarna gjordes samtidigt (varje hel timme) i alla 13 mätpunkter.

När mätarna togs upp ur gölarna i mitten av 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. Inga fel eller avvikelser hittades i mätdata.

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

3.1 Leverans av data

Resultaten från temperaturmätningarna har levererats till SKB:s aktivitetsledare och därefter inlagrats i SKB:s databas SICADA. Mätresultaten presenteras även i Bilaga 1. Data från mätsäsongen 2019 har liksom tidigare års mätkampanjer lagrats i Sicada-datatabellen ”HY007 – Monitoring surface water temperature in ponds” och är här spårbara bland annat via aktivitetsplanens nummer AP SFK-19-010.

4 Resultat och diskussion

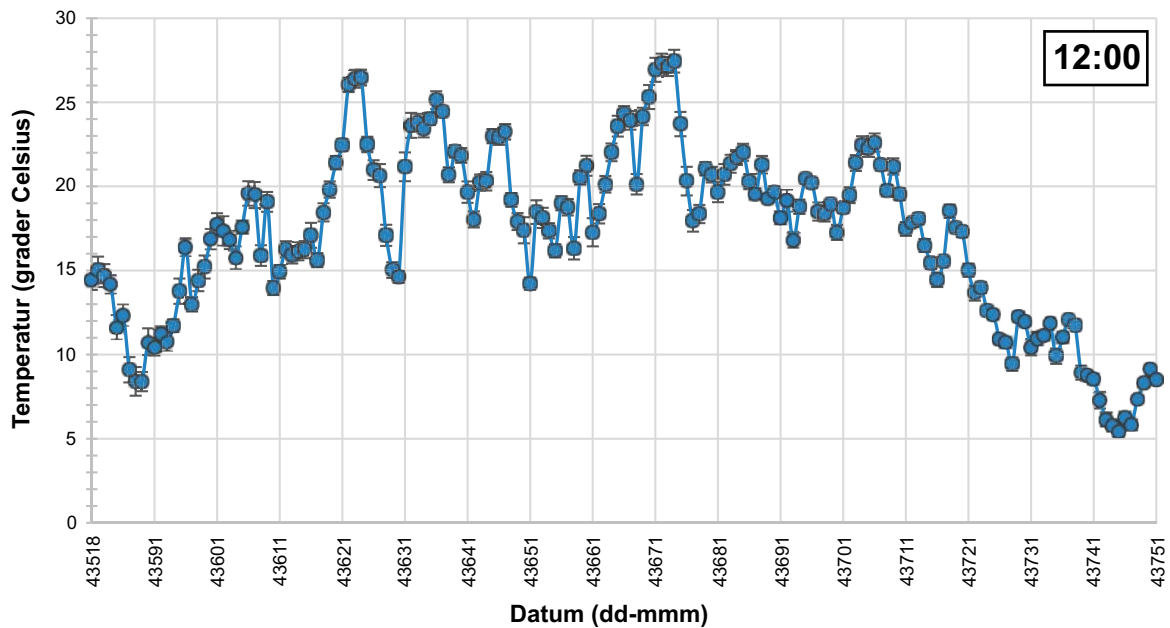
Under sommaren 2019 var det lågt vattenstånd i gölarna och andra ytvatten i området under en längre tid (personlig observation). Temperaturmätarna var dock placerade i de djupare delarna av gölarna och ingen av dem ”stod på botten”. Under perioden 2012–2019 som vattennivåmätningar gjorts i gölarna har lågt vattenstånd noterats flera år, framförallt under somrarna (Werner 2018, 2019).

Vattentemperaturen och dess dygnsvariation var likartad i de mätta gölarna (Bilaga 1), både inom och mellan dygnet. Samtliga gölar uppvisade temperaturförhållanden under mätperioden som är gynnsamma för gölgrödor. Under merparten av perioden då äggen normalt kläcks och ynglen utvecklas till smågrodor (mitten av maj–augusti) var vattentemperaturen över 19 °C under större delen av dygnet. Medeltemperaturen i gölarna under högsommaren var dock lägre än under 2018 (Figur 4-2), då mycket höga vattentemperaturer noterades under juli. 2018 var medeltemperaturen i gölarna mellan 25 och 30 °C medan de 2019 var mellan 20 och 25 °C. I Figur 4-3 och Figur 4-4 visas som jämförelse 14 gölars medeltemperatur 2018 och elva gölars medeltemperatur 2017. Notera att det delvis är olika gölar mellan åren och att start- och stoppdatum är något olika de olika åren.

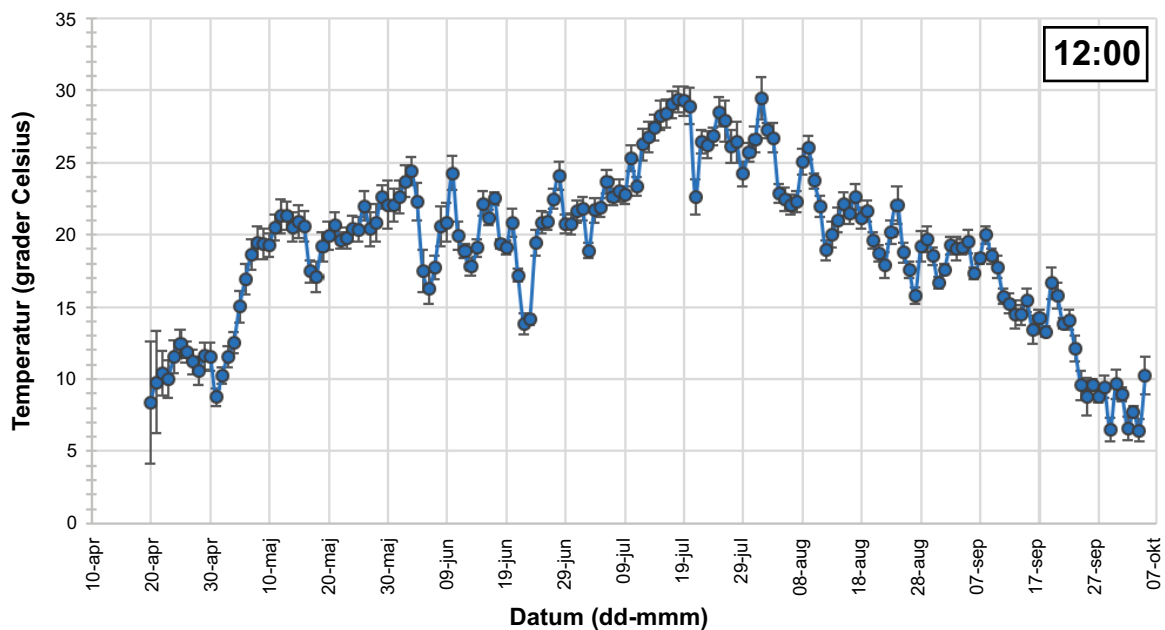
En jämförelse mellan de undersökta gölarna 2019 visar att vattnet i göl AFM001444 (mät punkt PFM007767) var varmest med dryga 31,6 °C sista veckan i juli (25 juli kl. 16.00). Detta är dock något lägre än 2018, då drygt 35 °C uppmättes i slutet av juli i gölen AFM001430 (mät punkt PFM007872). Uppmätta vattentemperaturer presenteras i Bilaga 1.



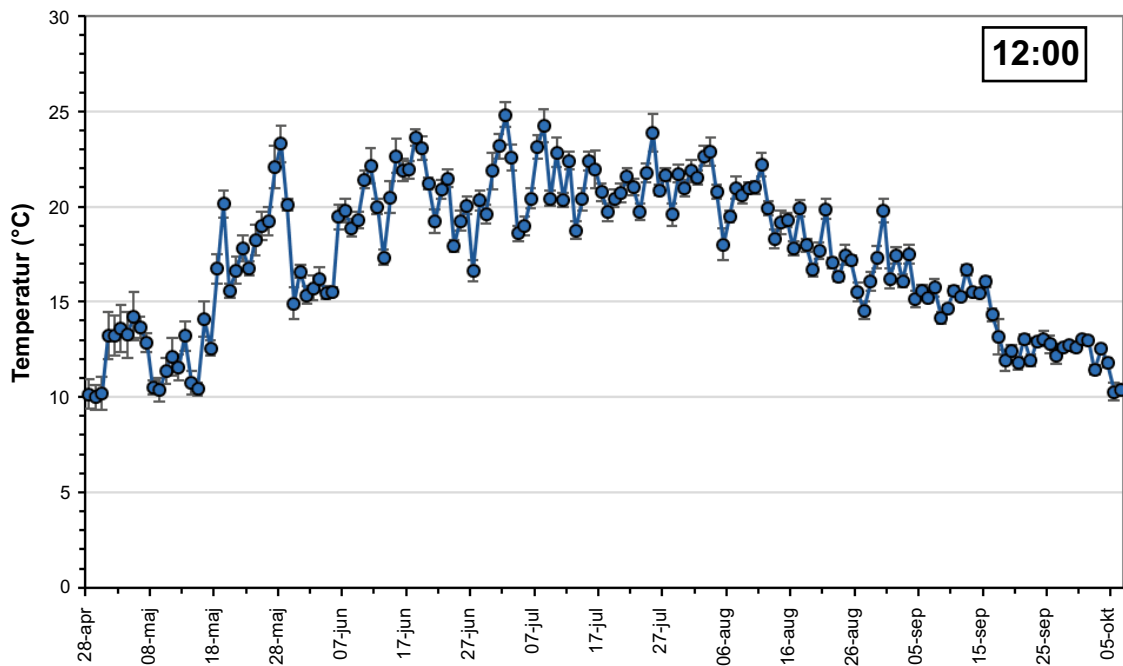
Figur 4-1. Den första isen la sig tidigt 2019. Tunn is på ”referensgölen” AFM001427 (foto taget 11 november 2019).



Figur 4-2. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) i de 13 gölarna under perioden 26 april–13 oktober 2019. Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de 13 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden.



Figur 4-3. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) i 14 gölar under perioden 20 april–6 oktober 2018 (Borgiel et al. 2019). Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de 14 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden. Värderna under perioden 26 maj–12 juni i en göl (AFM001419, mätar-id PFM007765) har tagits bort då givaren troligen befann sig i luften. Den höga standardavvikelsen i början av mätkampanjen beror på att isen då låg kvar i vissa gölar medan det var isfritt i andra, vilket gjorde att skillnaden i vattentemperatur var betydlig mellan gölarna.



Figur 4-4. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) i elva gölar under perioden 28 april–7 oktober 2017 (Borgiel et al. 2018). Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de elva gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden.



Figur 4-5. Vänster: Nyfiken gölgroda (*Pelophylax lessonae*) bland fintrådiga alger i den anlagda gölen AFM001443 (8 augusti 2018). Höger: Blommande kärnnycklar i kanten av göl AFM1421 (18 juni 2019).

Referenser

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

- Andersson J, Collinder P, 2019.** Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmark 2018. SKB P-18-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Wallin A, Qvarfordt S, 2017.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2016. SKB P-17-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Qvarfordt S, Wallin A, 2018.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2017. SKB P-17-43, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Wallin A, Qvarfordt S, 2019.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2018. SKB P-19-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hamrén U, Collinder, P, 2010.** Vattenverksamhet i Forsmark. Ekologisk fältinventering och naturvärdesklassificering samt beskrivning av skogsproduktionsmark. SKB R-10-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Holmgren E, Collinder P, 2019.** Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmark 2019. SKB P-19-22, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindgren B, Nilsson J, Söderman F, 2014.** Åtgärdsprogram för gölgroda, 2014-2019 (Pelophylax lessonae). Rapport 6631, Naturvårdsverket.
- Länsstyrelsen i Uppsala län, 2004.** Gölgrodor och trollsländor längs Nordupplands kust: en sammanfattning av två inventeringar och ett restaureringsarbete. Uppsala: Länsstyrelsen. (Länsstyrelsens meddelandeserie 2004:18)
- Länsstyrelsen Uppsala län, 2009.** 2009 års inventering av gölgroda längs Nordupplands kustband samt utvärdering av gölgradans åtgärdsprogram. Redovisning av genomförda åtgärder 2009. dnr: 402-786-10, Länsstyrelsen Uppsala län.
- Qvarfordt S, Borgiel M, Berg C, 2010.** Monitering 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.
- 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.
- Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2018a.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2015. SKB P-17-40, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2018b.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2016. SKB P-17-42, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2018c.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark-Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2017. SKB P-18-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2019.** 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.

Werner K, 2018. Hydrological monitoring in Forsmark – Surface waters, ground moisture and -ground temperature October 1, 2016 – September 30, 2017. SKB P-17-44, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Werner K, 2019. Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature. October 1, 2017 – September 30, 2018. SKB P-19-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.

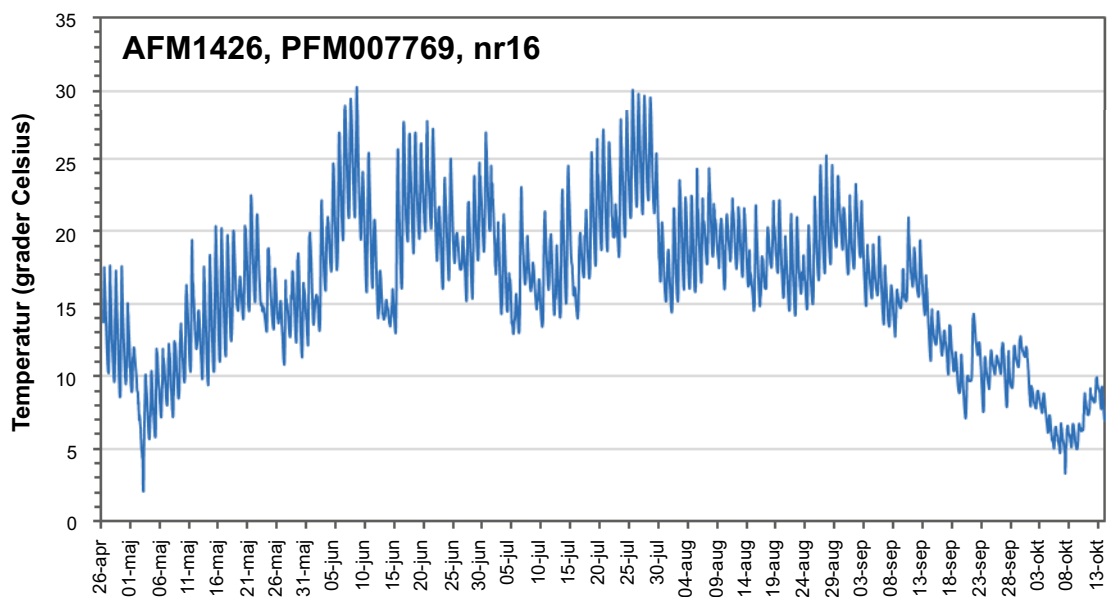
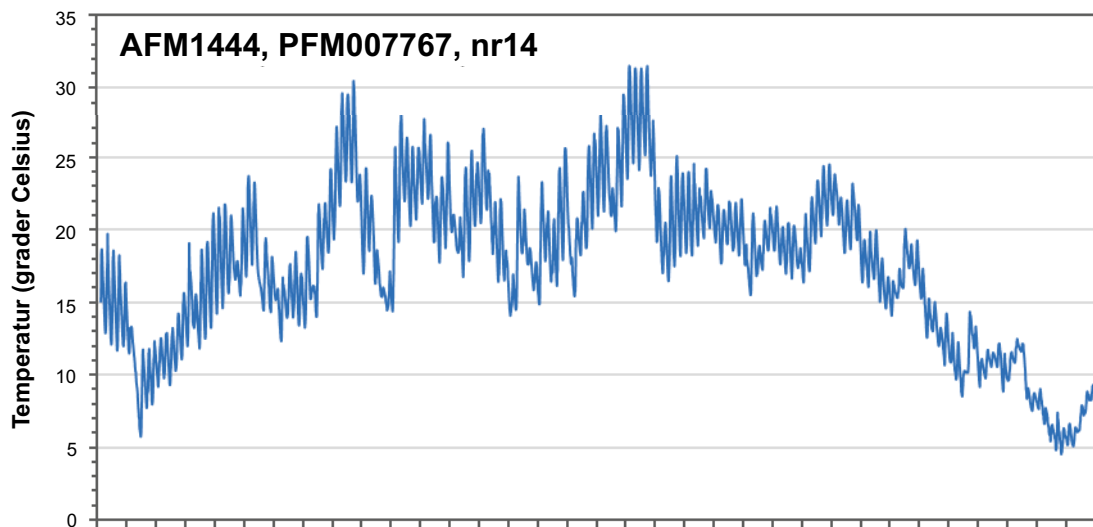
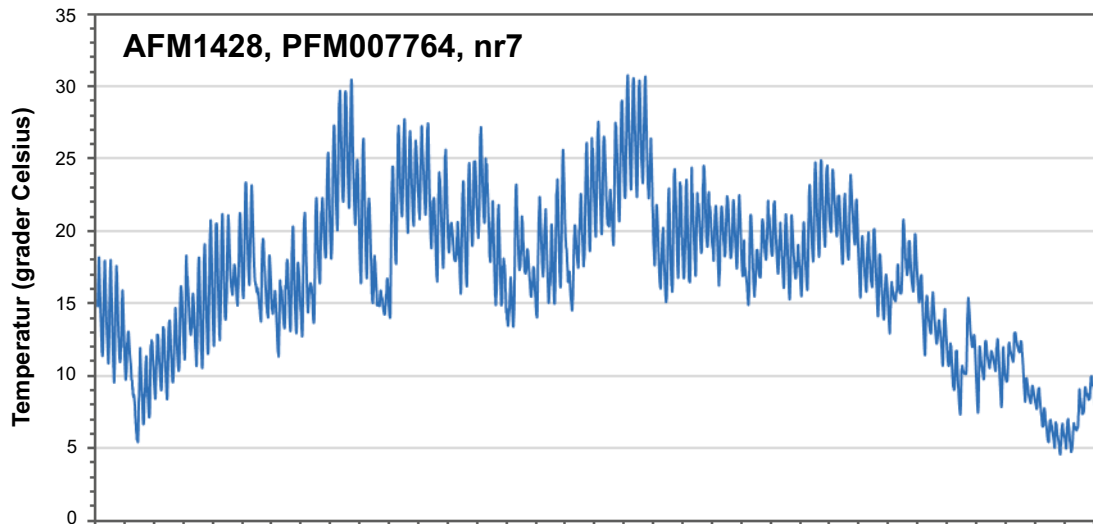
Zachariassen E, Collinder P, 2017. Inventering av gölgröda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2016. SKB P-16-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.

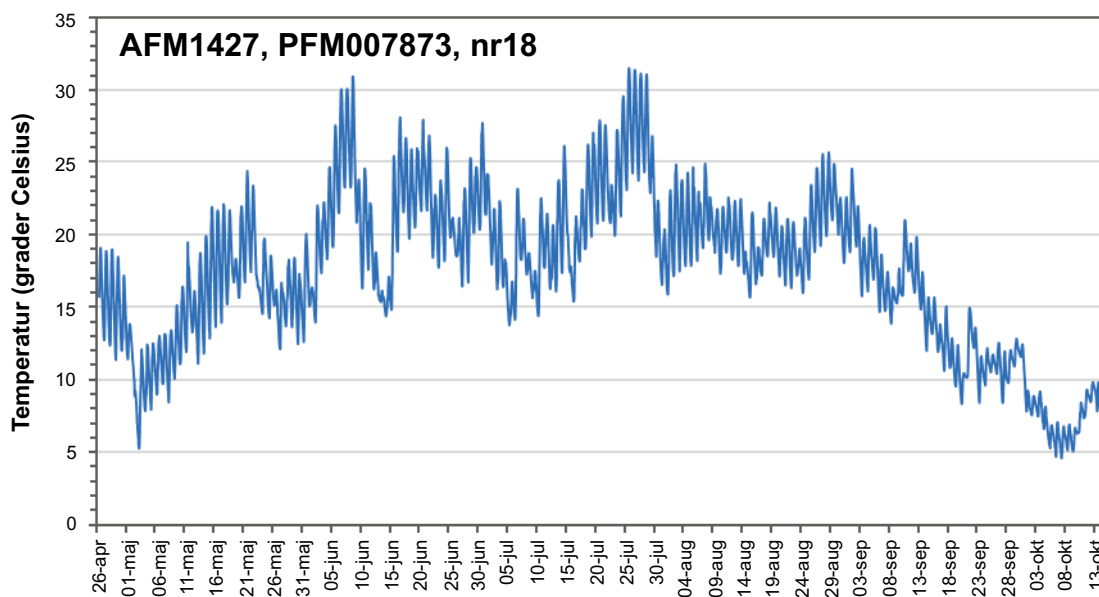
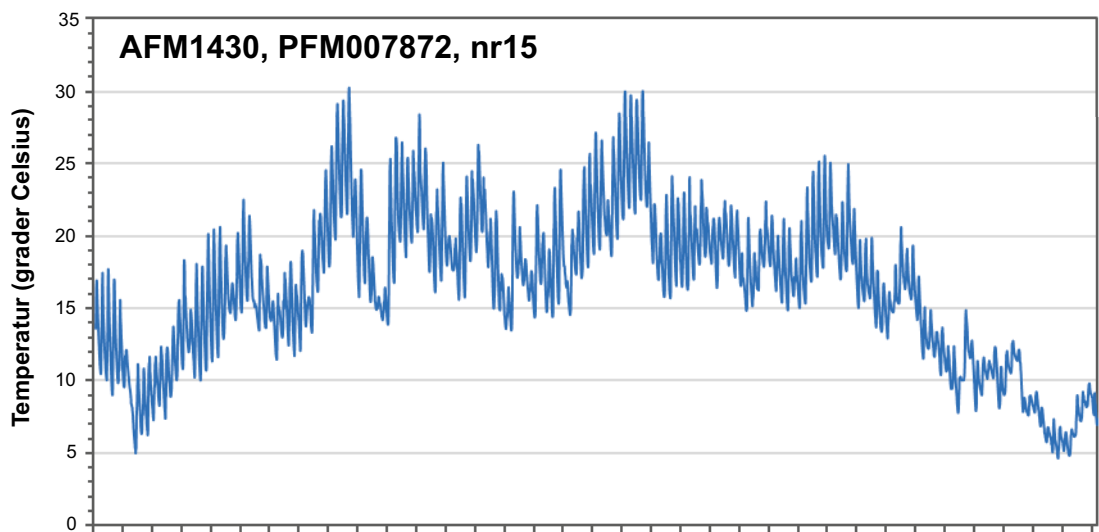
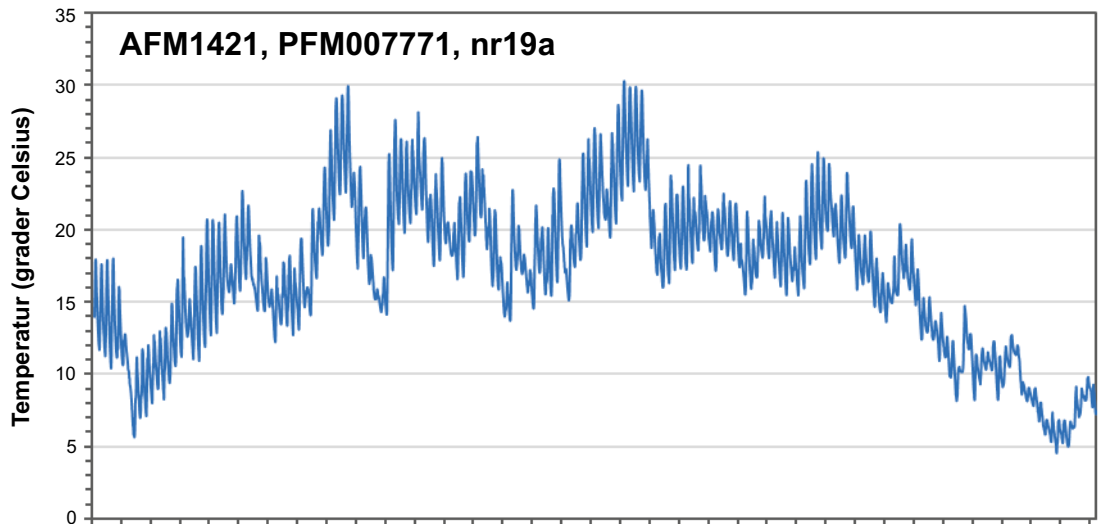
Uppmätta vattentemperaturer

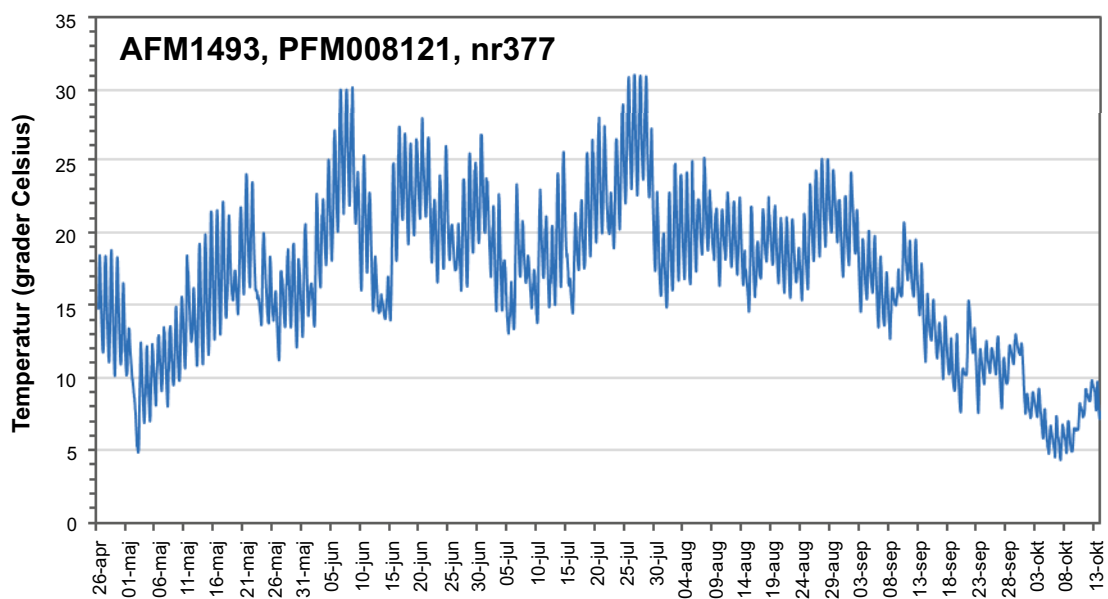
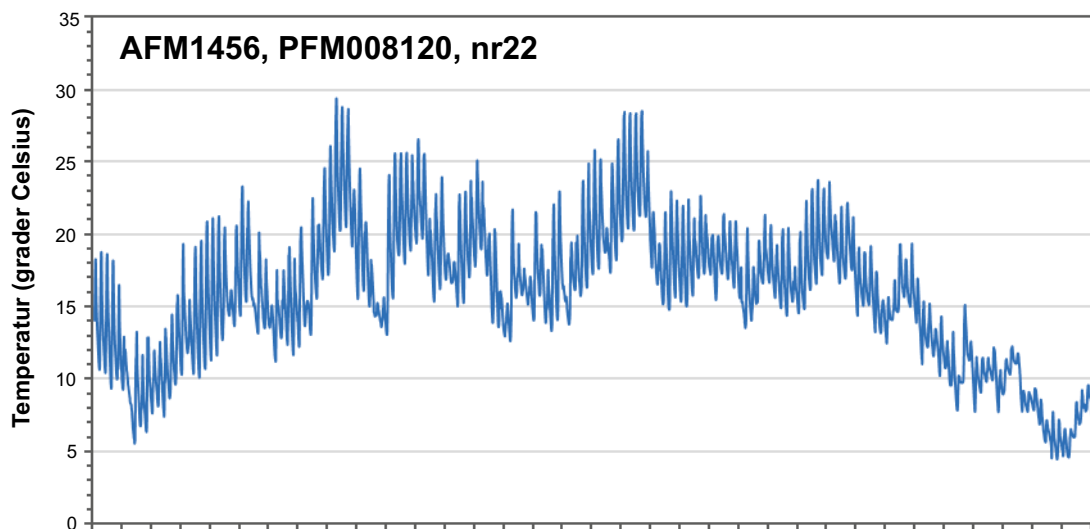
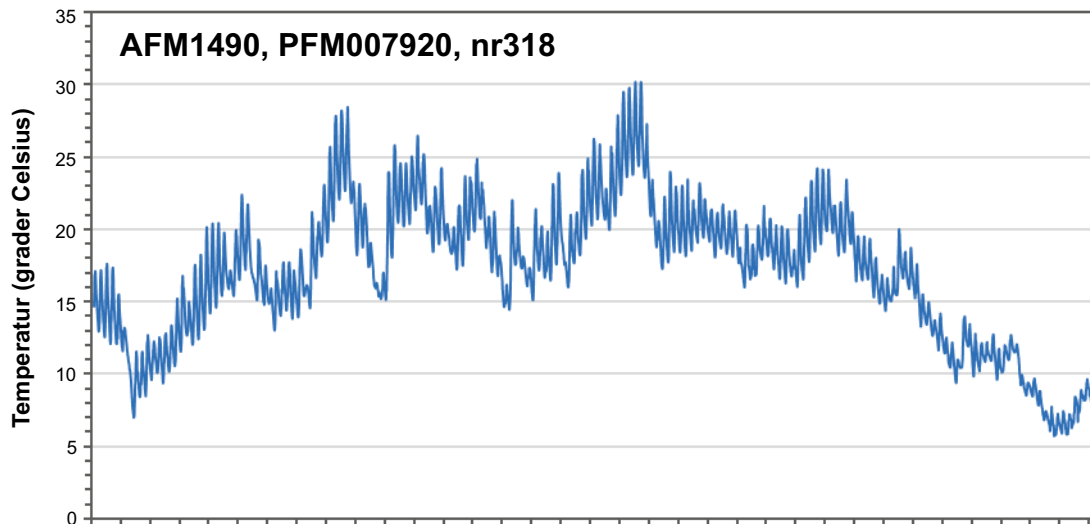
Graferna i denna bilaga redovisar uppmätta vattentemperaturer från de 13 temperaturmätarna under perioden 26 april–14 oktober 2019. Tabell B1-1 anger gölarnas Sicada-id, temperaturmätarna Sicada-id och beteckningar för gölarna som används i andra sammanhang (t.ex. Hamrén och Collinder 2010).

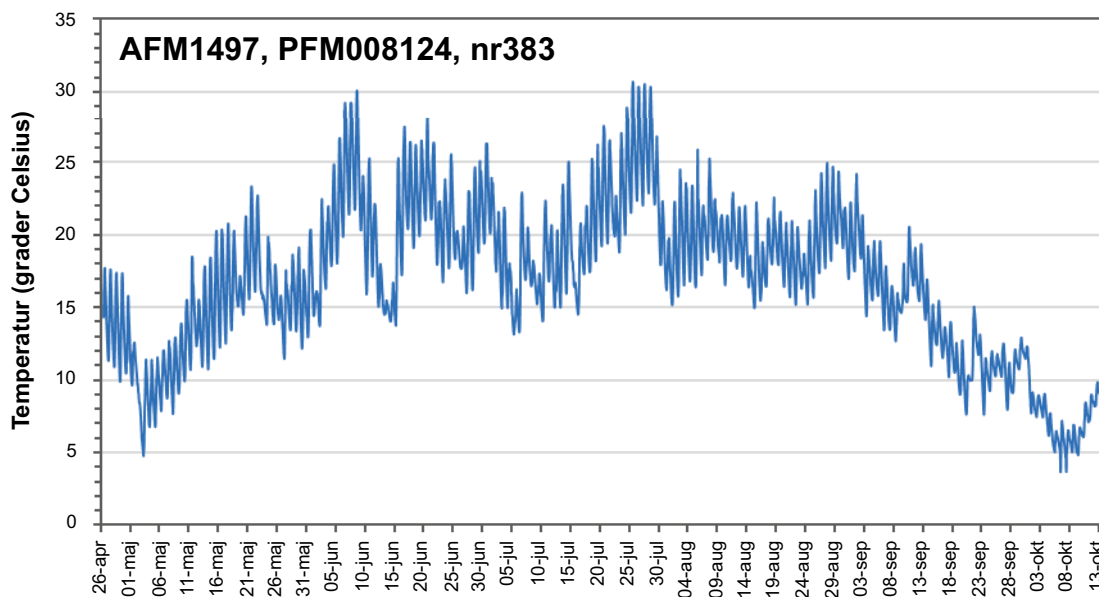
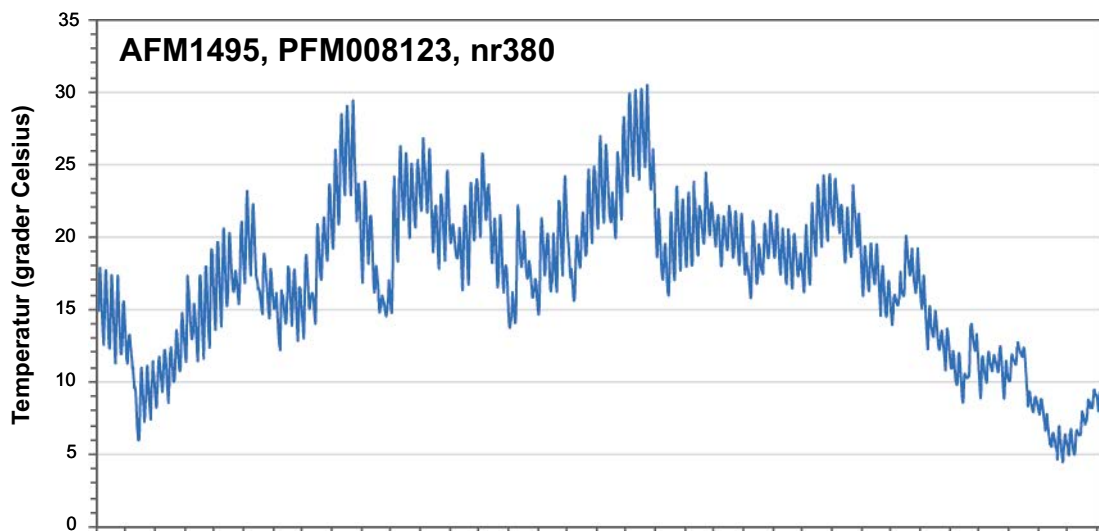
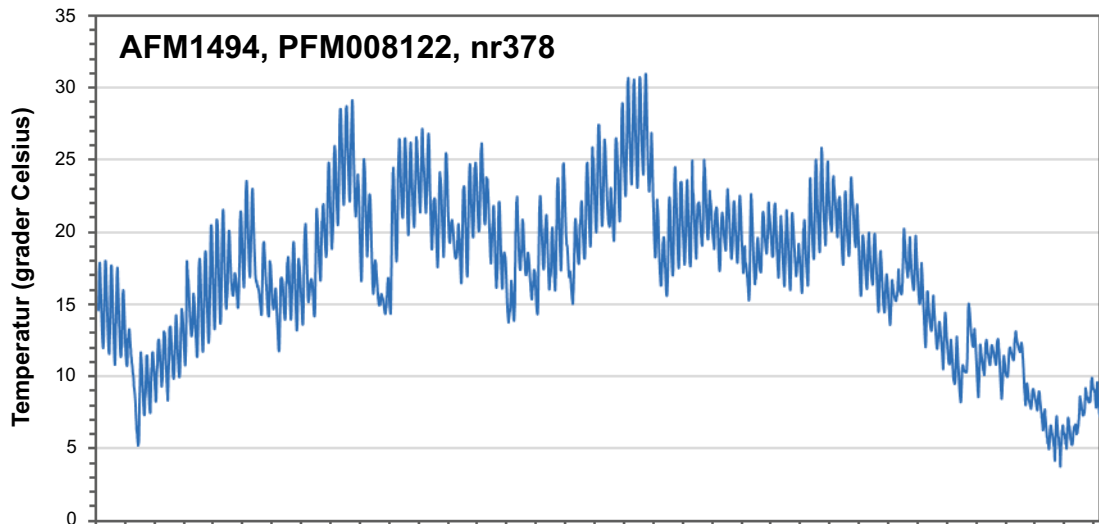
Tabell B1-1. Id för gölar samt id för mätpunkt i respektive göl. I kolumnen "alias" anges även benämningar på gölarna som används i andra studier.

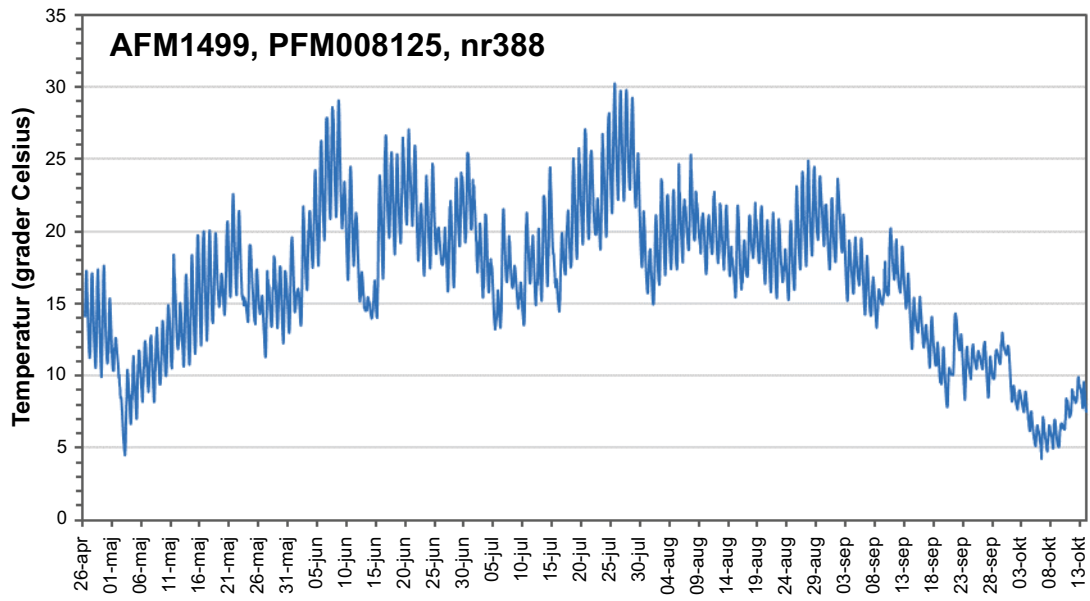
Göl-id	Mätpunkt-id	Gölbeteckning (alias)
AFM001421	PFM007771	19a
AFM001426	PFM007769	16
AFM001427	PFM007873	18
AFM001428	PFM007764	7
AFM001430	PFM007872	15
AFM001444	PFM007767	14
AFM001456	PFM008120	22
AFM001490	PFM007920	318
AFM001493	PFM008121	377
AFM001494	PFM008122	378
AFM001495	PFM008123	380
AFM001497	PFM008124	383
AFM001499	PFM008125	388











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