

Rapport
P-19-01
Mars 2019



Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2018

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-19-01

ID 1669891

Mars 2019

Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2018

Micke Borgiel, Susanne Qvarfordt, Anders Wallin
Sveriges Vattenekologer AB

Nyckelord: Vattentemperatur, Gölgröda, Ytvatten, Gölar, Småvatten, AP SFK-18-006.

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.

© 2019 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 gölgroda (*Pelophylax lessonae*). Detta för att uppförandet av förvarets ovanmarksdelar innebär att en göl med gölgrodor behöver fyllas igen. För att kompensera för den igenfyllda gölen har sex nya gölar anlagts i Forsmarksområdet. Ett uppföljningsprogram har också upprättats och påbörjats för att säkerställa att miljöerna i dessa nya gölar blir lämpliga för gölgrodor, 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. 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 i elva gölar (i de sex anlagda och i fem naturliga). Denna rapport redogör för temperaturmätningarna under 2018, då mätningarna utökades ytterligare till att omfatta 14 gölar (i de sex anlagda och i åtta naturliga).

Vattentemperaturmätningarna gjordes med semi-stationära mätinstrument, som mätte och loggade vattentemperatur varje hel timme med start den 20 april fram till den 6 oktober.

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 2018 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 gölgrodor. Anmärkningsvärt höga vattentemperaturer uppmättes under juli månad, beroende på den extremt varma sommaren i kombination med låga vattenstånd i gölarna.

Summary

Spent nuclear fuel from the Swedish nuclear power 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.

When applying 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. During 2018, temperature measurements were further expanded to include 14 ponds of which eight were natural. This report presents the results from these measurements of surface water temperature during 2018.

Surface water temperature was measured with semi-stationary measuring instruments, which log date, time, temperature and pressure during a preprogrammed time interval. They were put out on April 20 and the measurements continued until October 6. The measurements were performed in the six man made ponds and eight natural ponds. Temperature values were logged once per hour and the 14 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 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 2018, 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. Remarkably high water temperatures were measured during the month of July. This was due to the extremely hot summer combined with low water levels in the ponds.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	7
1.3	Undersökningsobjekt	7
	1.3.1 Anlagda gölar	7
	1.3.2 Naturliga gölar	9
2	Utrustning	11
3	Utförande	13
3.1	Leverans av data	13
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 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 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 ovanmarksdelar 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 och påbörjats för att säkerställa att miljöerna i dessa nya gölar blir lämpliga för gölrodor. Gölrodor har specifika krav på sin livsmiljö, bland annat ytvattnets temperatur. Uppföljningen omfattar vattenkemiprovtagningar, dokumentation av gölarna i form av fotografering, ytvattennivåmätningar samt återkommande kartering av bottenvegetation och bottenfauna.

Under 2016 kompletterades uppföljningsprogrammet till att även omfatta mätning av ytvattentemperatur i nio gölar i området (Borgiel et al. 2017). Mätning av ytvattentemperatur fortsatte under 2017 och utökades då till elva gölar (Borgiel et al. 2018). Denna rapport redovisar de temperaturmätningar som gjordes under 2018, då uppföljningsprogrammet utökades ytterligare till 14 gölar i området. Mätningarna under 2018 utfördes i de sex anlagda gölarna AFM001442–001443 och AFM001419–001422, vilka även ingick i mätningarna 2016 och 2017, samt i de åtta naturliga gölarna AFM001426–001428, AFM001430, AFM001444, AFM001451, AFM001453 och AFM001490. I alla åtta naturliga gölar, utom AFM001490, har mätningar gjorts antingen 2016 och/eller 2017 (Figur 1-1 och Tabell 3-1).

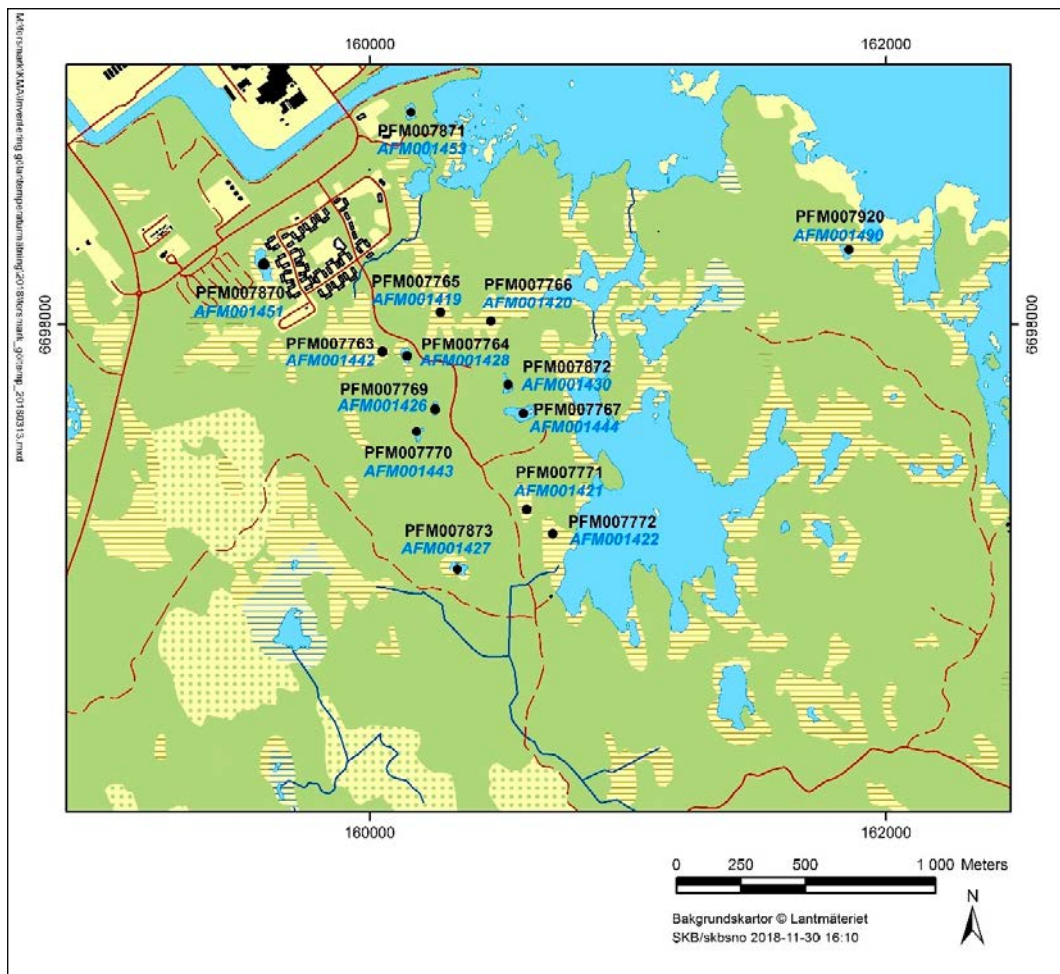
1.2 Syfte

Ytvattentemperatur är viktig att mäta för att förstå vad som styr gölrodepopulationens välmående och utbredning i Forsmarksområdet. Eftersom gölrodans 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 gölrodan börjar sitt spel på försommaren. Temperaturen har därför mätts i totalt 14 gölar under perioden 20 april–6 oktober 2018. De gölar som valts ut för temperaturmätningarna 2018 visas på kartan i Figur 1-1.

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 gölrodans 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 öppen myrmark.



Figur 1-1. Gölarna där mätning av vattentemperatur gjordes under perioden april–oktober 2018. Gölarnas id visas i blått (AFM nummer) och provtagningspunkterna för vattentemperatur visas i svart (PFM nummer).



Figur 1-2. Vänster: Den naturliga gölen AFM001430 är grund och blockrik och har ett bestånd av gölgröda (foto taget i oktober 2017). Höger: Den extremt varma och torra sommaren 2018 har sänkt vattennivån i gölen betydligt (foto taget i oktober 2018).

Avstånden mellan de anlagda gölarna och befintliga, naturliga gölar i området ger möjligheter till genutbyte mellan eventuella framtida populationer av gölgröda. Gölgrödans rörlighet är begränsad till en medelräckvidd per generation på mindre än 400 m, med spontana förflyttningar på max cirka 1 km (Sjögren 1988). Detta innebär att genutbyte mellan populationer främst sker mellan grannlokaler. Förutom avståndet är grodornas genutbyte även beroende av vegetationen mellan olika lokaler och gynnas av förekomst av kärr och småvatten. De fyra gölarna som anlades 2012 ligger parvis grupperade (AFM001419-1420 respektive AFM001421-1422) med ett inbördes avstånd på cirka 250 m per gölpar. Mellan de två paren är avståndet 750–1000 m. Gölarna ligger i ett skogslandskap med många sjöar, kärr och småvatten, vilket alltså underlättar förflyttning och genutbyte. De två yngsta anlagda gölarna (AFM001442 och -1443) ligger nära varsin naturlig göl.

I båda yngsta gölarna har både gölgröda och större vattensalamander observerats frekvent de flesta åren under perioden 2014–2018 (Andersson och Collinder 2019). De äldre gölarna, som anlades 2012, visar på större variation. I gölen AFM1419 har ingen observation av gölgröda gjorts under perioden 2012–2018 och bara enstaka större vattensalamander. Liknande situation har tidigare rått även i gölen AFM001422, där endast tre gölgrödor och en större vattensalamander har observerats under inventeringarna 2012–2017. Detta beror med största sannolikhet på att båda gölarna har bestånd av några gäddor som äter upp djuren. Sommaren 2018 observerades dock både spelande gölgrödor och smågrodor i gölen AFM001422, vilket möjligen indikerar att gäddorna har försvunnit. I gölen AFM001420 har gölgrödor också varit ovanliga medan större vattensalamander har observerats frekvent sedan 2015. Det största beståndet av grodor och salamandrar återfinns i gölen AFM001421. År 2018 observerades t.ex. 16 gölgrödor vid groddjursinventeringen (Andersson och Collinder 2019).

I de anlagda gölarna har viss utplantering av växtlighet skett under våren/försommaren året de anlades. Inplanteringen i de gölar som anlades under februari 2012 innebar förflyttning av bottenmaterial 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 analys av ytvattenkemi sker sedan mars 2012 respektive mars 2014 på en punkt vardera i de anlagda gölarna (Qvarfordt et al. 2014, Wallin et al. 2017, 2018a, b, c).

1.3.2 Naturliga gölar

De naturliga gölar som ingår som referensgölar i denna studie 2018, 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. Det pågående programmet beskrivs i aktivitetsplanen ”AP SFK-18-003 Hydrokemisk monitorering av ytvatten, ytnära grundvatten och gölar 2018”.

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).

Gölen AFM001426 ligger cirka 500 m söder om de anlagda gölarna AFM001419 och -1420 som är belägna i vassbestånd, och 500–700 m nordväst om gölarna AFM001421 och -1422 som är belägna i kärrmarker. Gölen AFM001426 är omgiven av skog, med inslag av myrmark närmast vattenspegeln.

Gölen AFM001427 ligger cirka 400 m sydväst om de anlagda gölarna AFM001421 och -1422, som är 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 gölgröda och större vattensalamander.

I de naturliga gölarna AFM001428, -1430, -1444, -1453 och -1490 har spelande gölgröda och större salamander observerats frekvent vid inventeringar av gölgröda och större vattensalamander (Andersson och Collinder 2019). I den naturliga gölen AFM001451 har gölgröda registrerats vid de flesta inventeringstillfällena, medan större vattensalamander endast registrerats vid ett tillfälle. Gölarna ingår inte i det hydrokemiska övervakningsprogrammet för ytvatten (AP SFK-18-003 Hydrokemisk monitorering av ytvatten, ytnära grundvatten och gölar 2018). Den mindre gölen,

AFM001428, ligger mindre än 100 m öster om den grävda gölen AFM001442. 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. Lite myrmark omger den med starr, pors, al och björk innan högväxt barrskog tar vid.

Gölen AFM001444, som även var med under mätomgångarna 2016 och 2017, 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 stora gölen AFM001451 (Tjärnpussen) är belägen mellan det nya vattenreningsverket och den gamla ”barackbyn”. Gölen är 1,5–2 meter djup och dess botten är främst täckt av kransalger. Vass, myr- och kärrmark omger gölen. Omgivningarna består av bebyggelse, vägar och ganska gles blandskog.

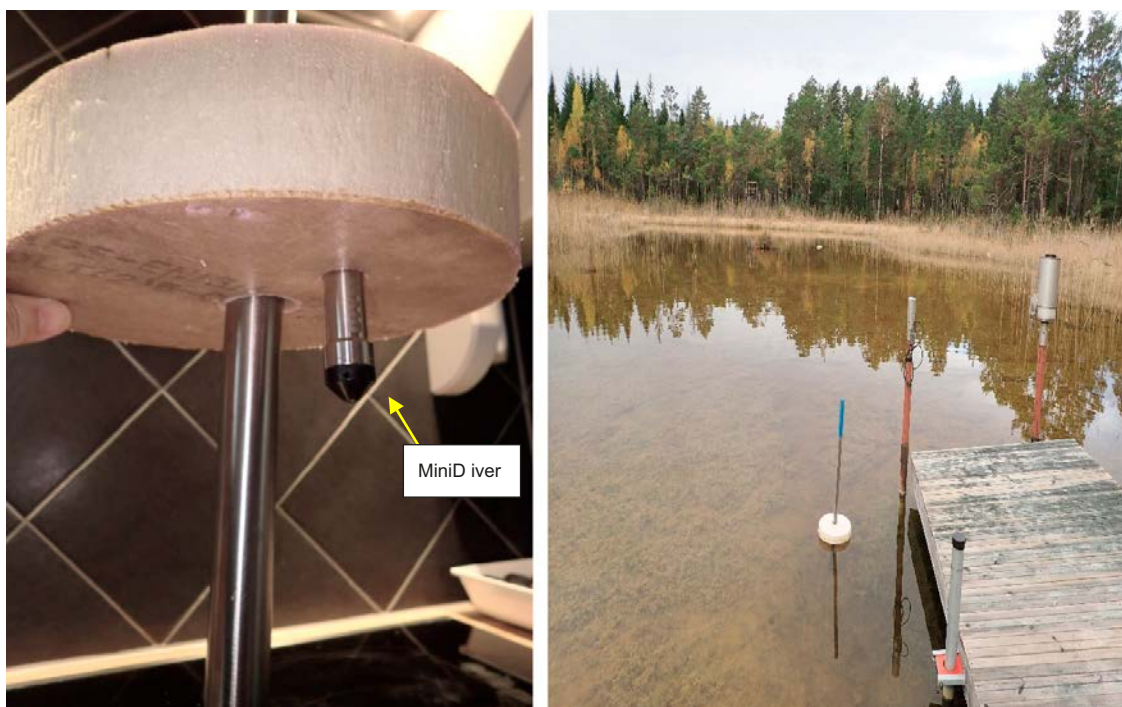
Nordost om ”barackbyn” ligger AFM001453, en vassomgärdad göl som är drygt 100 m lång och ganska otillgänglig på grund av ett mäktigt vassbälte runt hela gölen. Även denna drygt meterdjupa göl har en botten som huvudsakligen täcks av kransalger. Buskvegetation, snår, grusytor och en gammal parkering gränsar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

Den för året nya gölen 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 vattenspegel 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.

2 Utrustning

Temperaturmätningarna gjordes med semi-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 en inbyggd datalogger och mäter vattentemperatur och tryck med programmerbart tidsintervall.

De sammanlagt 14 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 fungerade också som isolering mot omgivningen och som solskydd 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 åtta naturliga gölarna AFM001426–001428, AFM001430, AFM001444, AFM001451, AFM001453 och AFM001490.

Mätarna placerades i anslutning till respektive brygga/spång om sådan fanns, på sådant sätt så att inte bryggor eller andra installationer störde temperaturmätningarna. Bryggor och spänger 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 mätpunkt 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.

Göl-id	Mätpunkt-id	Gölbeteckning (alias)	Koordinater (SWEREF 99 18 00) Ost Norr		2016	2017	2018
AFM001442	PFM007763	6b	160057	6697899	X	X	X
AFM001428	PFM007764	7	160137	6697882	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
AFM001444	PFM007768	14	160643	6697669	X		
AFM001430	PFM007872	15	160531	6697777		X	X
AFM001426	PFM007769	16	160249	6697662	X		X
AFM001443	PFM007770	17a	160185	6697599	X	X	X
AFM001427	PFM007873	18	160362	6697056		X	X
AFM001421	PFM007771	19a	160608	6697310	X	X	X
AFM001422	PFM007772	66a	160726	6697197	X	X	X
AFM001490	PFM007920	318	161845	6698284			X

Mätningarna påbörjades så snart som isläget gjorde det möjligt på våren 2018. Vid en del gölar (AFM001426, -1430, -1451, -1453 och -1490) låg fortfarande mer eller mindre is vid installationen men isen var tunn och/eller ruttan. Loggningen påbörjades i samtliga gölar den 20 april och mätningarna pågick till den 6 oktober. Mätvärden loggades en gång per timme och klockorna i de inbyggda dataloggrarna synkroniserades innan mätstart så att mätningarna gjordes samtidigt (varje hel timme) vid alla 14 mätpunkter.

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.

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

3.1 Leverans av data

Resultaten från temperaturmätningarna har rapporterats in till SKB:s aktivitetsledare och därefter inlagrats i databasen 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-18-006. I Tabell 3-1 ovan redovisas bland annat id för gölarna och mätpunkterna.

4 Resultat och diskussion

Under sommaren och början av hösten 2018 var det lågt vattenstånd i gölarna och andra ytvatten i området under en längre tid (Figur 4-1). 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. Under perioden 2012–2018 som vattennivåmätningar gjorts i gölarna har lågt vattenstånd noterats flera år, framförallt under somrarna.

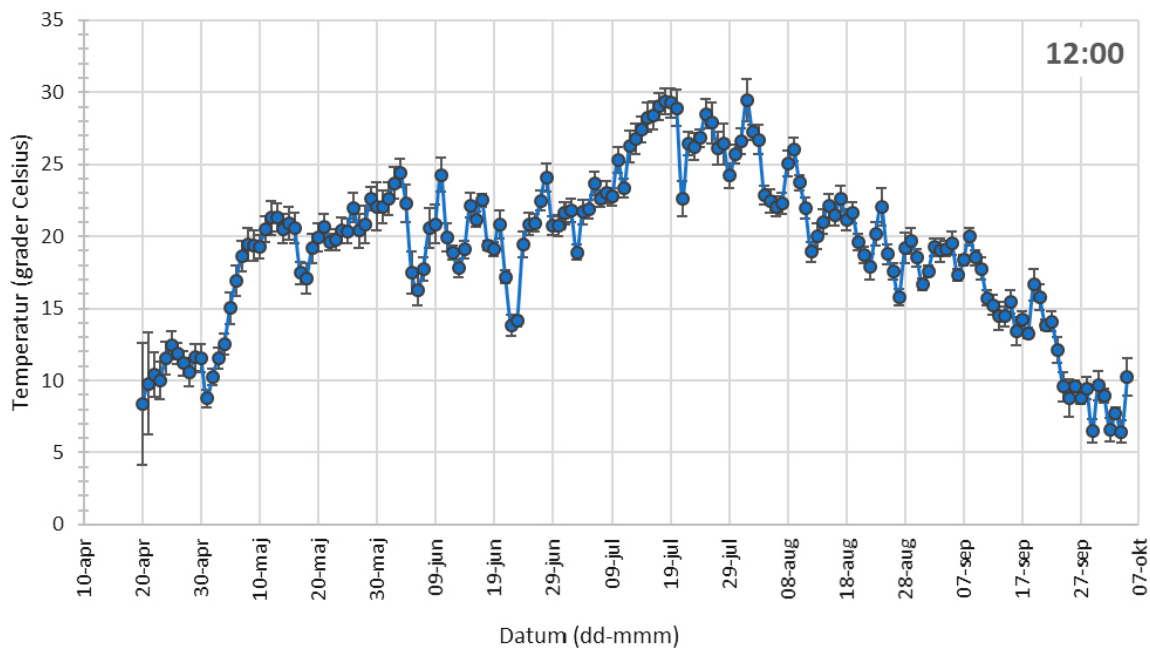
Vattentemperaturen och dess dygnsvariation var likartad i de olika gölarna (Figur 4-2). Samtliga gölar uppvisade temperaturförhållanden under mätperioden som bör vara gynnsamma för gölgrödor. Under större delen av perioden då äggen kläcks och ynglen utvecklas till smågrödor var vattentemperaturen över 19 °C större delen av dygnet. Mycket höga vattentemperaturer noterades under juli månad 2018, då medeltemperaturen i gölarna oftast låg mellan 25 och 30 °C. I Figur 4-3 visas som jämförelse elva gölars medeltemperatur under 2017.

Vid återbesök av gölen AFM001419 den 12 juni, kl. 09:05 observerades att mätaren (PFM007765) fastnat på stängen och hängde ovanför vattenytan (Figur 4-4). Exakt hur och när detta inträffat är oklart. Stängen lutade något och mätaren kan därför ha fastnat när vattennivån i gölen sjunkit. Större temperaturskillnader mellan dag och natt kan förväntas om sonden hänger i luften eftersom lufttemperaturen varierar mer än vattentemperaturen under dygnet. En jämförelse av skillnader i dag- och nattetemperaturer för respektive göl visar avvikande, högre värden för mätaren PFM007765 från den 28 maj. När mätvärdena jämfördes med de från mätaren PFM007766 konstaterades att avvikande mätvärden förekom redan från den 26 maj och därför har mätvärden för perioden 26 maj 00:00 till 12 juni 09:00 ansetts osäkra och inte rapporterats till databasen Sicada.

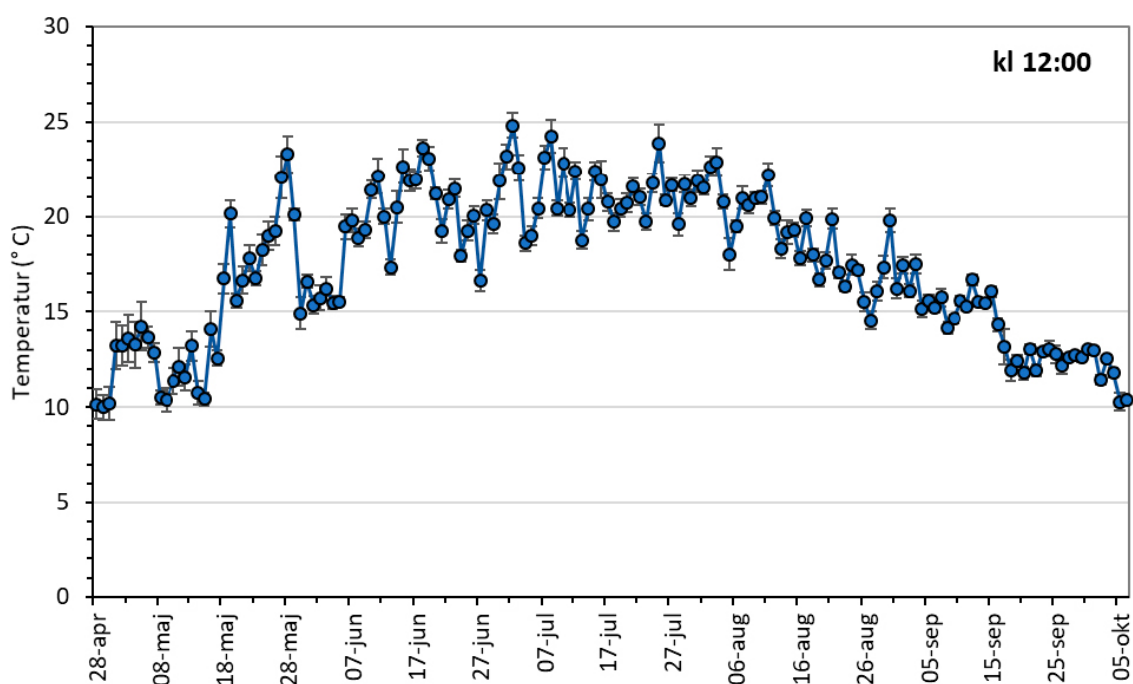
En jämförelse mellan de undersökta gölarna visar att vattnet i den lilla grunda gölen AFM001430 (mät punkt PFM007872) varit varmest med dryga 35 °C i månadsskiftet juli/augusti. Uppmätta vattentemperaturer presenteras i Bilaga 1.



Figur 4-1. Lågt vattenstånd i den anlagda gölen AFM001422 (11 september 2018).



Figur 4-2. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) i de 14 gölarna under perioden 20 april–6 oktober 2018. Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de 14 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden. Värden under perioden 26maj–12juni i gölen AFM001419 (PFM007765) har tagits bort då sonden troligen befann sig i luften. Den höga standardavvikelsen i början av mätperioden beror på att isen låg kvar i vissa gölar medan det var öppet vatten i andra, vilket gjorde att skillnaden i vattentemperatur var betydlig mellan gölarna.



Figur 4-3. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) i elva gölar 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 4-4. Den 12 juni noterades det att mätaren i gölen AFM001419 fastnat på stången och hängde i luften. Detta har sannolikt skett när vattennivån i gölen sjunkit.



Figur 4-5. Orädd gölgröda (*Pelophylax lessonae*) bland fintrådiga alger i den anlagda gölen AFM001443 (8 augusti 2018).

Referenser

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

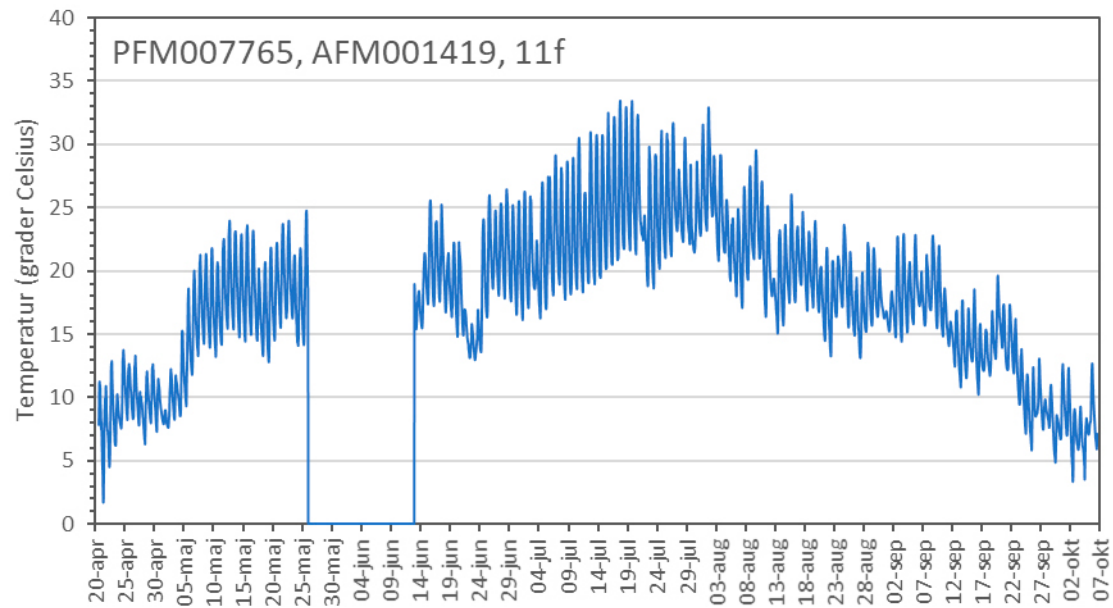
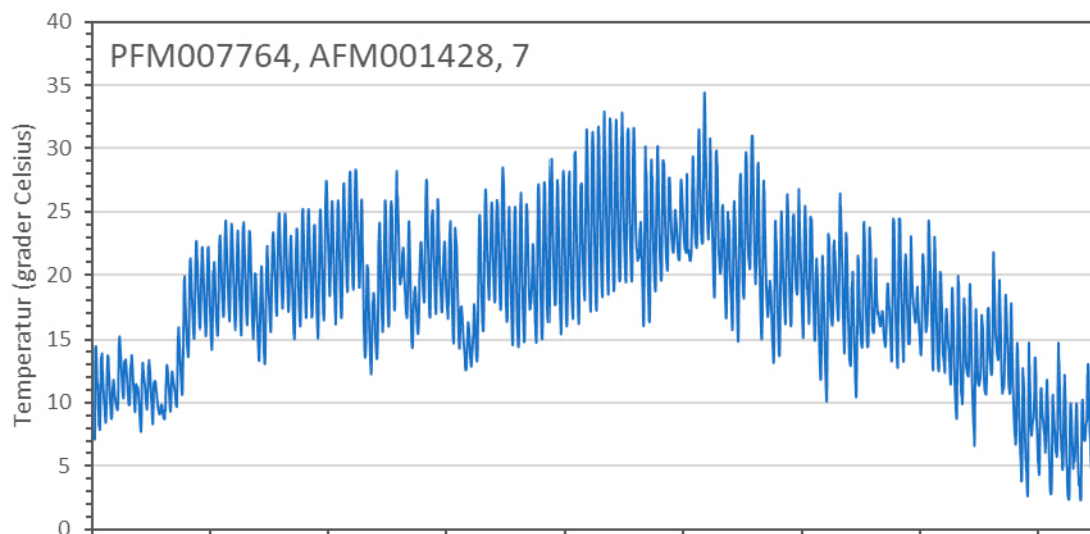
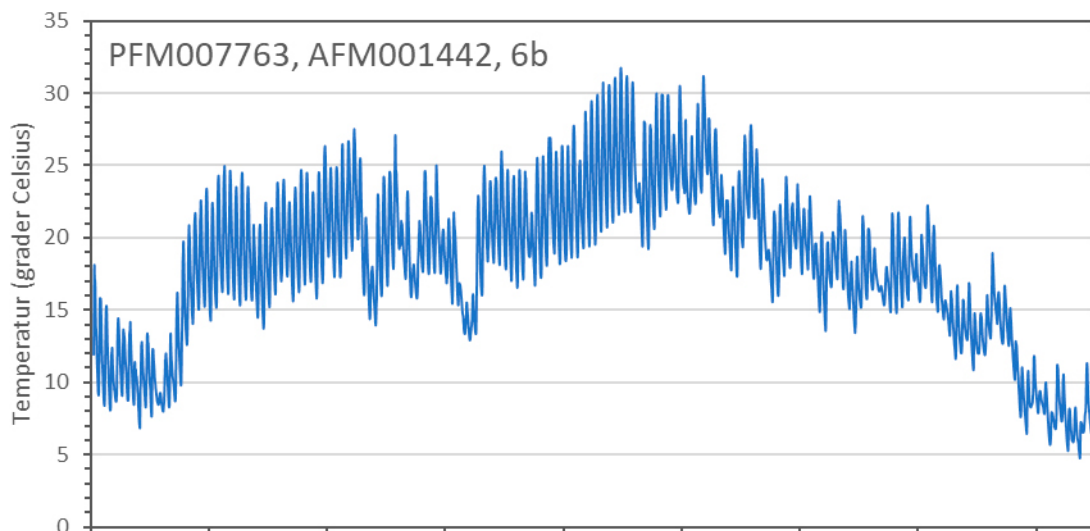
- Andersson J, Collinder P, 2019.** Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmark 2018. SKB P-18-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Wallin A, Qvarfordt S, 2017.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2016. SKB P-17-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Qvarfordt S, Wallin A, 2018.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2017. SKB P-17-43, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindgren B, Nilsson J, Söderman F, 2014.** Åtgärdsprogram för gölgroda, 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.
- 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.

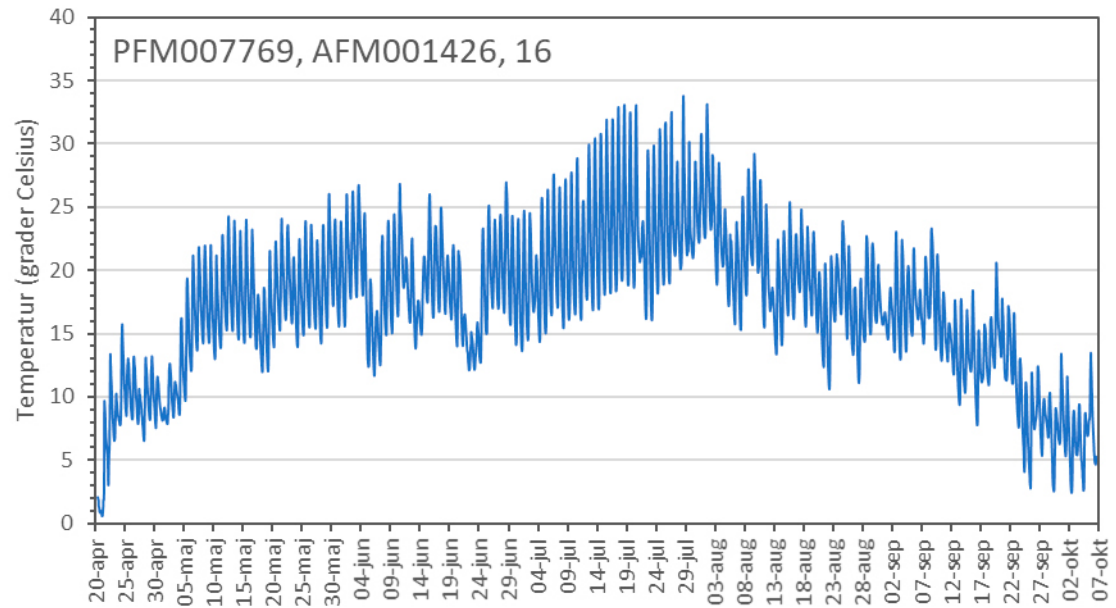
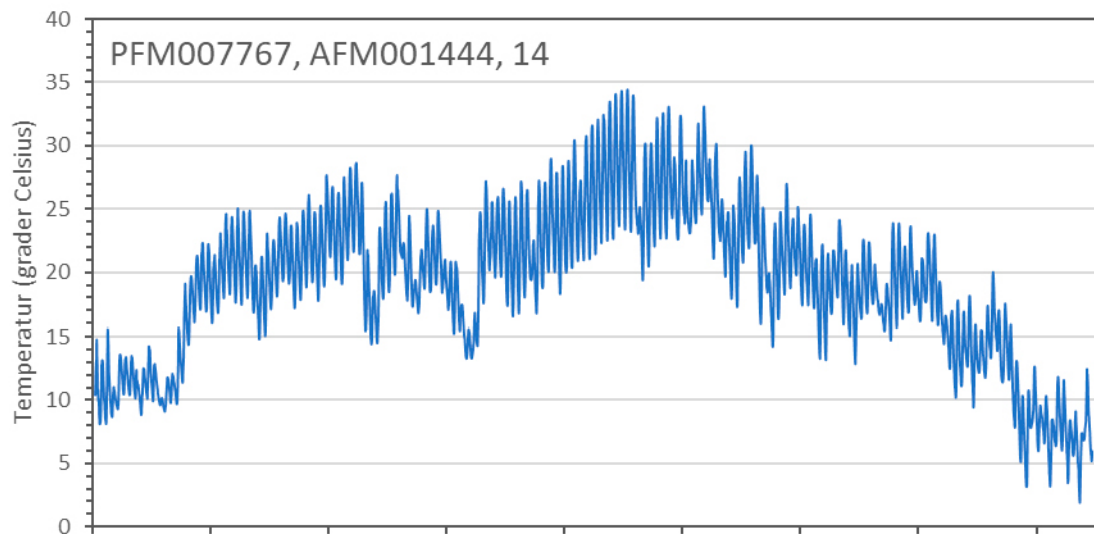
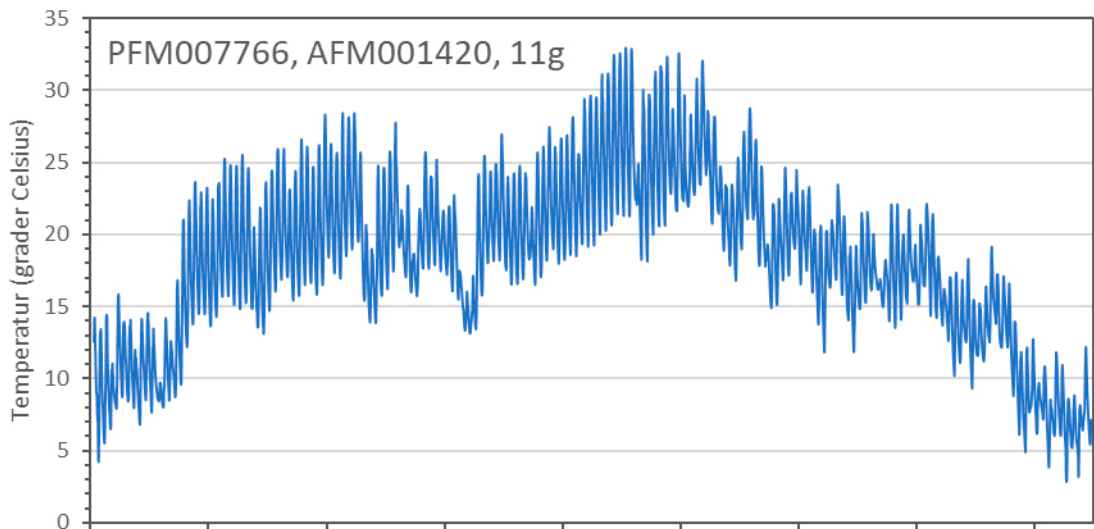
Uppmätta vattentemperaturer

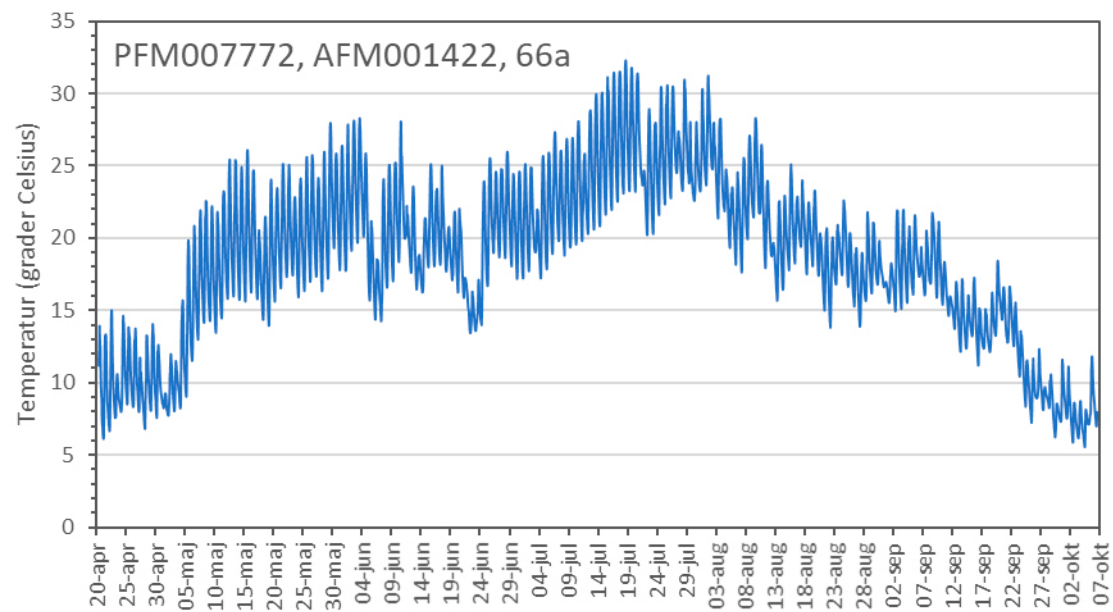
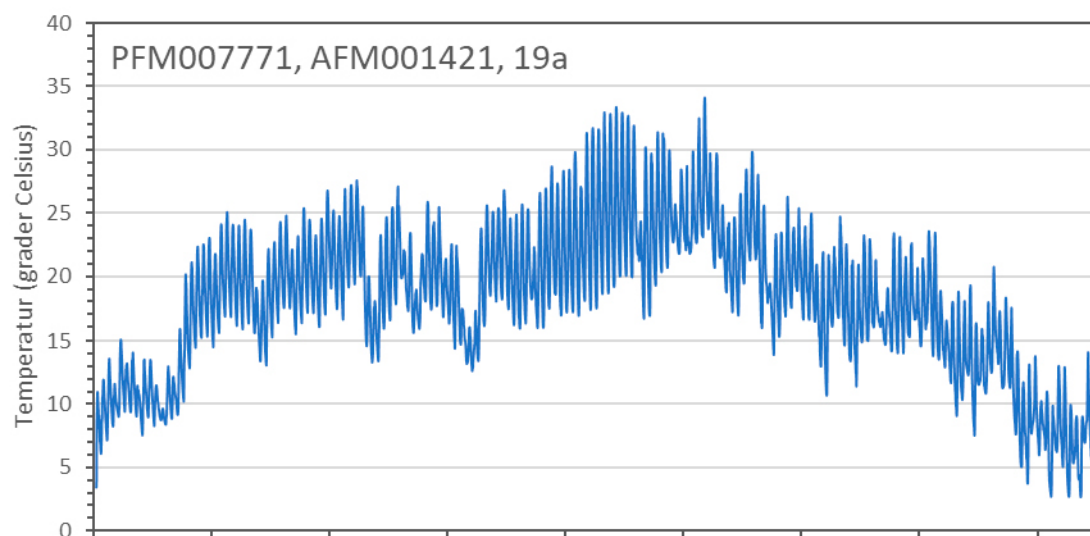
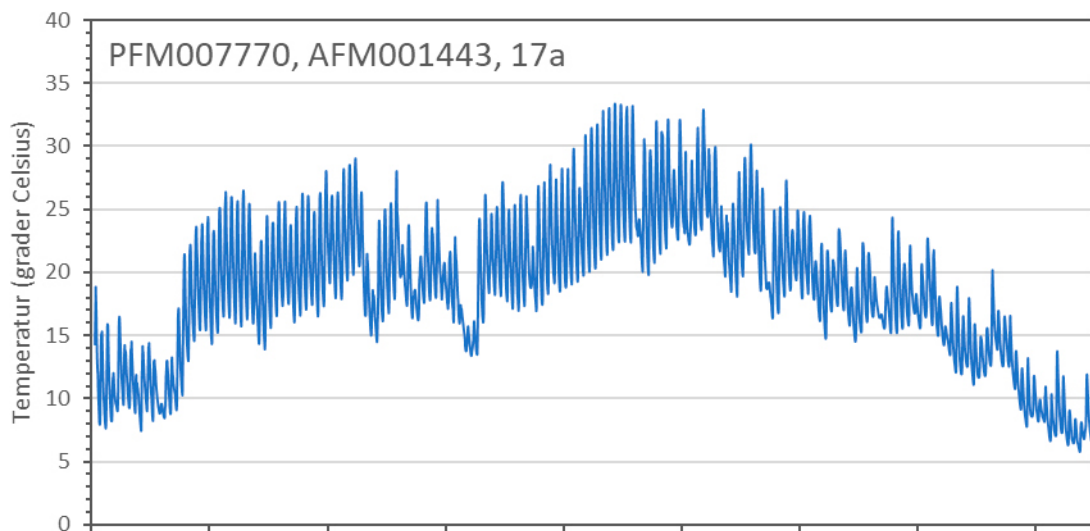
Graferna i denna bilaga redovisar uppmätta vattentemperaturer från de 14 temperaturmätarna under perioden 20 april–6 oktober 2018. I tabellen visas gölarnas olika benämningar.

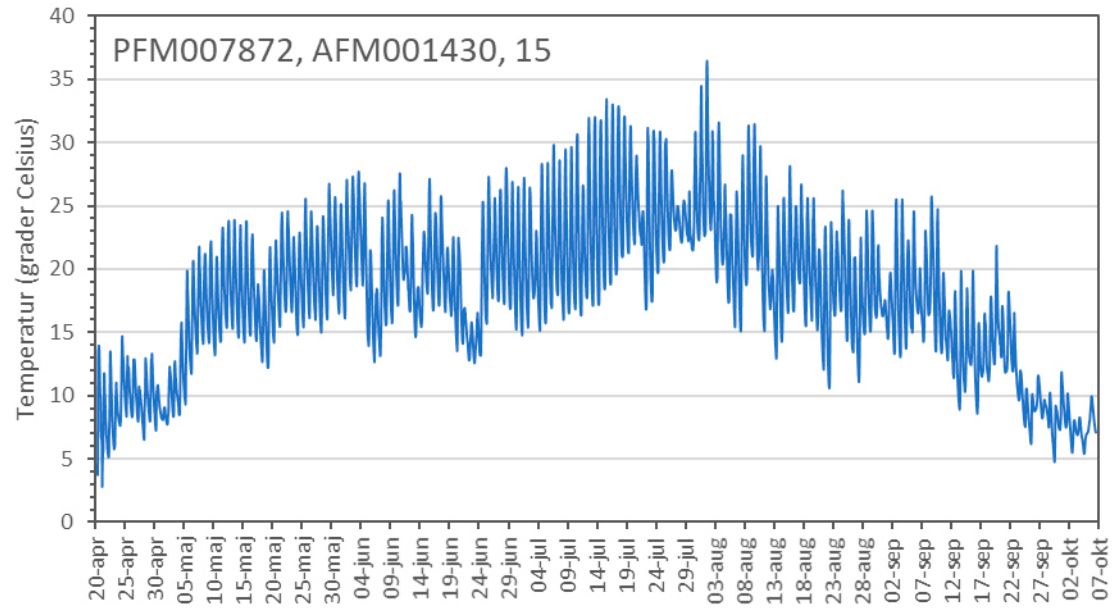
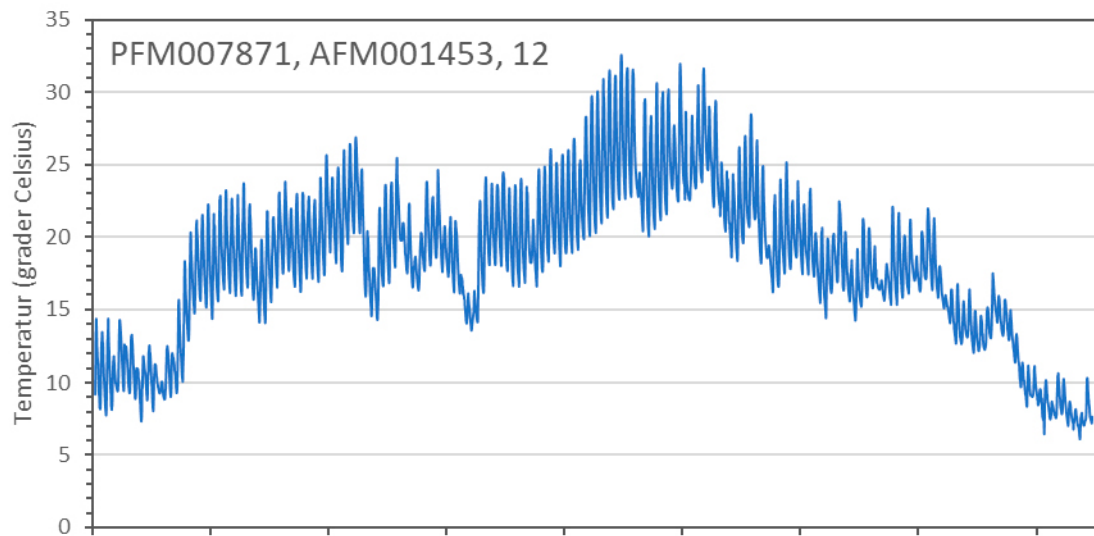
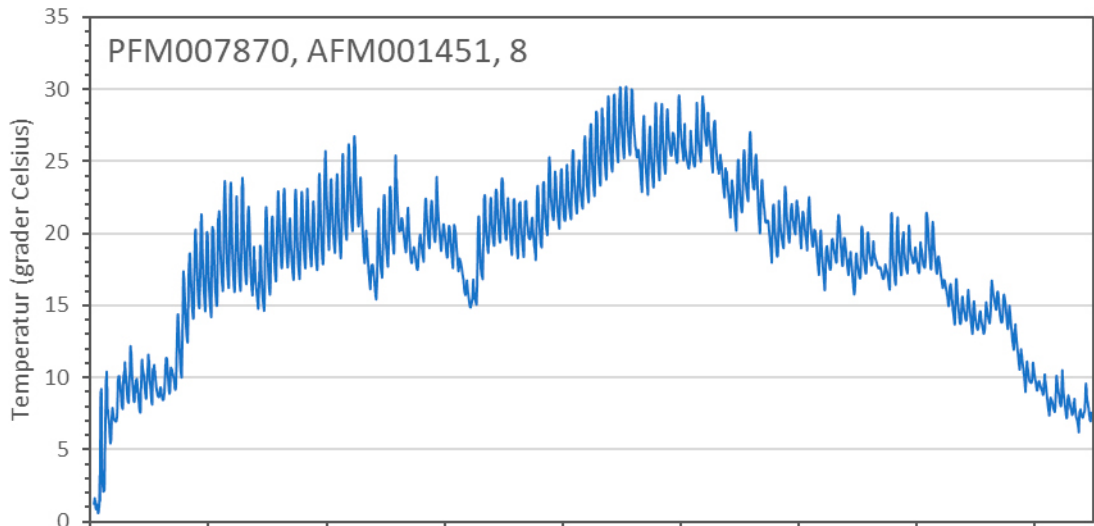
Tabell B1-1. Idkoder för gölar, samt idkod för respektive göls mätpunkt för temperaturmätningarna. I kolumnen "alias" anges även benämningar på gölarna som används i andra studier.

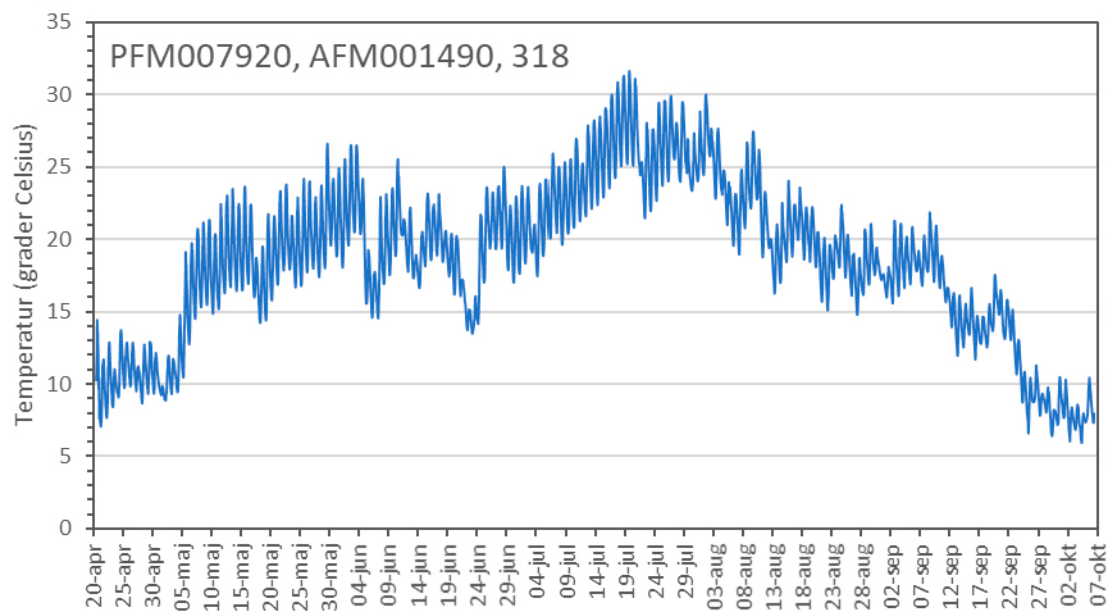
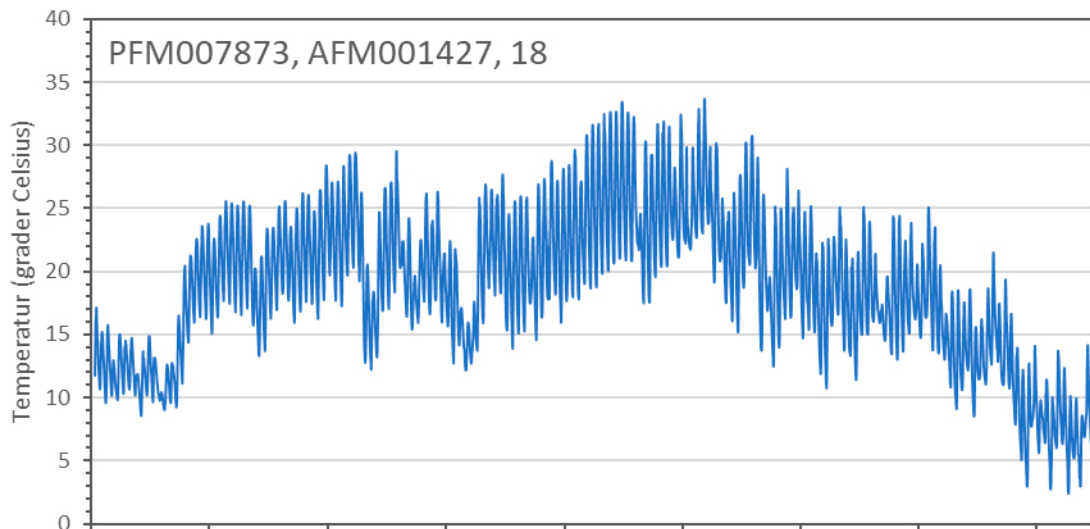
Göl-id	Mätpunkt-id	Gölbeteckning (alias)
AFM001442	PFM007763	6b
AFM001428	PFM007764	7
AFM001451	PFM007870	8
AFM001419	PFM007765	11f
AFM001420	PFM007766	11g
AFM001453	PFM007871	12
AFM001444	PFM007767	14
AFM001430	PFM007872	15
AFM001426	PFM007769	16
AFM001443	PFM007770	17a
AFM001427	PFM007873	18
AFM001421	PFM007771	19a
AFM001422	PFM007772	66a
AFM001490	PFM007920	318











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