



skb.se

SKB P-24-16

ISSN 1651-4416

ID 2067014

December 2024

Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2023–2024

Maria Johansson R
Svensk Kärnbränslehantering AB

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

Denna rapport är publicerad på www.skb.se

© 2024 Svensk Kärnbränslehantering AB

Sammanfattning

Denna rapport sammanfattar vattentemperaturer uppmätta i 6 naturliga och 1 anlagd göl under somrarna 2023 och 2024 i Forsmark. Göltemperatur är viktig för gölgradans reproduktion och undersöks på grund av möjlig infiltration i framtiden på grund av bygget av det nya kärnbränsleförvaret. Sammanfattning av mätningarna samt antalet årsyngel visas i denna rapport, liksom den undersökning som gjordes för att utvärdera möjligheten att byta ut nuvarande mätutrustning till en annan modell.

I resultatet kan man se att antalet årsyngel ökar med högre temperatur och antalet timmar $>19\text{ }^{\circ}\text{C}$, men det varierar vilket indikerar att temperatur inte är den enda faktorn som styr gölgradans reproduktionsframgång. Jämförelsen av mätutrustningar visar att den gamla mätutrustningen registrerar något högre temperaturer men att skillnaden är så liten att utbyte till den nya modellen inte anses störa pågående mätserier.

Abstract

This report summarizes water temperature measured in 6 natural and 1 artificial pond during the summers of 2023 and 2024 in Forsmark. Pond temperature is an important factor for pool-frog reproduction, and is monitored due to possible infiltration to ponds because of future building of the new repository for spent nuclear fuel. Summary of measurements and observations of pool-frog juveniles are shown in the report, and an additional investigation was made to evaluate possible replacement of the measurement equipment to a different model.

The result shows that number of observed juvenile pool-frogs are higher in ponds with higher temperature and number of hours $>19\text{ }^{\circ}\text{C}$, but it varies which indicate that pond temperature is not the only factor controlling pool frog reproduction success.

The comparison of measurement equipment shows that the old equipment is measuring slightly higher temperatures, but the difference is minimal and a change to the new equipment will not disrupt the previous measurement series.

Innehåll

1	Introduktion.....	3
2	Genomförande	4
3	Resultat.....	6
3.1	Temperaturmätning Divers 2022.....	6
3.2	Temperaturmätning Divers 2023.....	6
3.3	Temperaturmätning Divers 2024.....	8
3.4	Temperaturmätning Leveltroll vs Divers, göl 7 och 16.....	9
4	Diskussion och slutsats.....	11
	Referenser	12
	Bilaga 1 – Temperaturmätserie 2023.....	13
	Bilaga 2 – Temperaturmätserie 2024.....	17

1 Introduktion

Vattentemperatur har en central roll i gölgradans reproduktion då den styr när på säsongen gölgradans spel börjar samt hur snabbt rommen utvecklas. SKB har i samband med byggnationen av det nya kärnbränsleförvaret åtagit att som kompensationsåtgärd tillföra vatten genom infiltration i fem utvalda gölar (Göl-alias 7,14,15,16 och 18) om vattennivåerna sjunker till onormala nivåer på grund av bygget. Om det infiltrerade vattnet då är för kallt kan detta påverka gölgradans reproduktion. Vattentemperatur kommer därför fortsätta övervakas om infiltration startar, samtidigt som mätningar också görs i två referensgölar (Göl-alias 19a och 378).

Skillnaden i syfte från föregående ytvattentemperaturmätningar är att i år även undersöka möjligheten att byta ut Diver-mätutrustningen till Leveltroll-mätutrustning. Anledningen för detta är att Leveltroll är fryståliga samt att dom går att koppla upp till HMS, medan Divers är inte fryståliga och inte går att koppla upp till HMS.

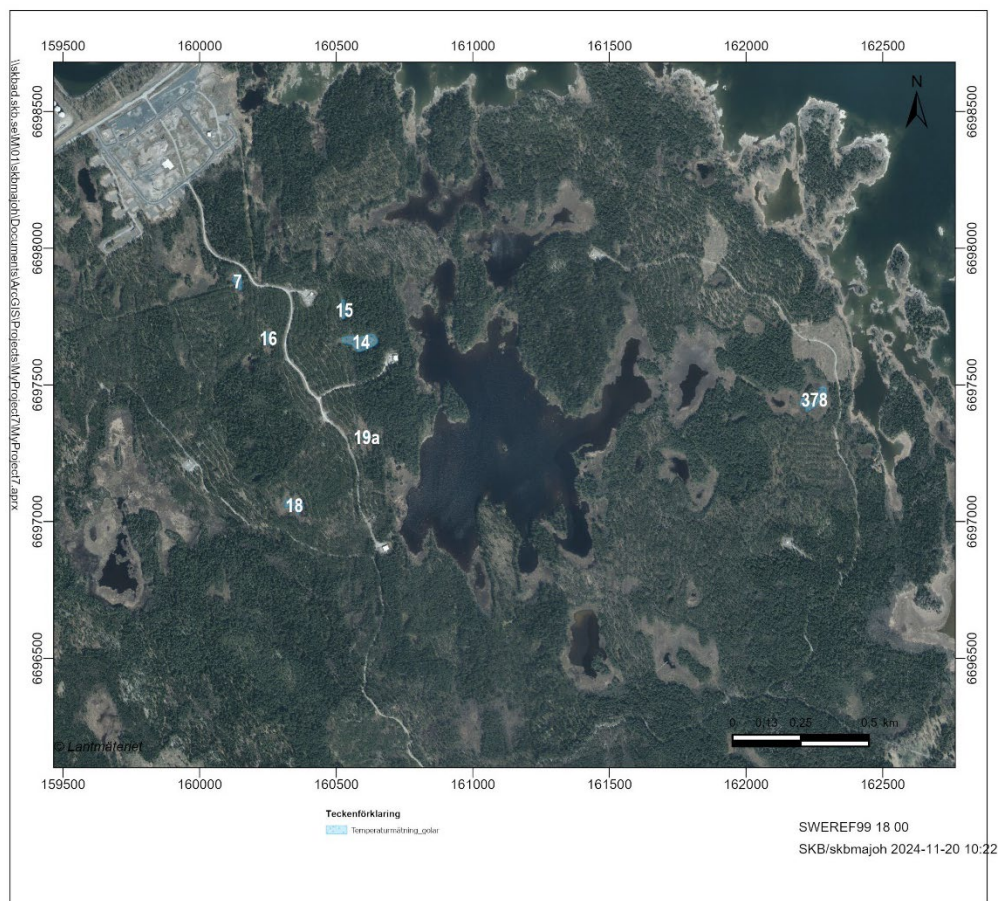
Till skillnad mot Diver skulle Leveltroll kunna lämnas ute under hela året istället för att hämtas in.

Då Leveltroll går att koppla upp mot HMS behöver man inte ta in utrustningen för att dumpa data, och man kan få varningar om något är fel på mätutrustningen. Då man lättare kan se via HMS hur temperaturen fluktuerar kan vi också enklare övervaka om vattentemperaturen blir för kall mot det normala om infiltrering i gölarna blir aktuellt. I årets rapport presenteras även data från 2023 då ingen rapport gjordes för det året. I resultatet presenteras även inventeringsdata av årsyngel av gölgröda till respektive göl där temperatur mäts. Detta för att kunna se om det finns ett samband mellan antalet årsyngel och högre temperaturer. För denna jämförelse tas även temperaturmätningar från 2022 (Frentress, 2023) med i rapporten.

2 Genomförande

Divers placerades ut i sju gölar (Figur 2-1, Tabell 2-1) och Leveltroll placerades ut i två av dom gölarna (göl-alias 7 och 16, se Tabell 2-1).

Leveltroll monterades tillsammans med Divers under frigolitskivan så att båda mätarna mätte lika djupt ner i vattnet. Leveltrollmätarna är mycket längre än Divermätarna så Leveltrollen monterades horisontellt under frigoliten.



Figur 2-1. Gölar där mätning utfördes.

Tabell 2-1. Tabellen visar gölens Sicada ID, temperaturmätarens Sicada ID samt göl-alias för alla gölar som mättes år 2023 och 2024. Den visar också serienummer för varje Diver och Leveltroll som användes där Divers även är märkta med nummer från 1–7. Leveltroll användes endast år 2024.

Gölens Sicada ID	Temp mätarens Sicada ID	Göl-alias	Diver serienummer	Leveltroll serienummer
AFM 001428	PFM007764	7	U7202 (1)	111 3534
AFM 001444	PFM007767	14	U7175 (3)	-
AFM 001430	PFM007872	15	U7408 (4)	-
AFM 001426	PFM007769	16	U7158 (2)	111 0897
AFM 001421	PFM007873	19a	U7195 (5)	-
AFM 001427	PFM007771	18	U7151 (6)	-
AFM 001494	PFM008122	378	U7272 (7)	-

År 2022 aktiverades Divers den 28 april och togs upp den 14 oktober 2022. Dock är det en kortare tidsserie på göl 378 som startade den 14 juni till den 14 oktober 2022.

År 2023 aktiverades Divers den 28 april och togs upp den 18 oktober, förutom göl 378 där man tog upp Diver den 12 oktober 2023.

År 2024 aktiverades Divers och Leveltroll den 10 maj och togs upp den 30 september och 1 oktober 2024.

Data från Divers (och Leveltroll) levererades till Sicada i mallen HY007 i november 2024.

Data från Divers och Leveltroll extraherades till Excelfiler och en statistisk analys gjordes av Jörg Stephan (Stephan, 2024) ekolog på SKB för att utvärdera skillnaden mellan mätutrustningarna. En kort summering av analysen finns under resultatet i denna rapport, men går att läsa i detalj här: [2067088 - Difference between Leveltroll and Divers](#).

3 Resultat

Tidsserier för temperaturmätningen 2023 och 2024 finns i bilaga 1-2.

För att undersöka vattentemperaturens påverkan på gölgradans reproduktion beräknades antalet timmar som temperaturen överskrider 19 grader (totalt antal timmar >19 °C) och ”degree hours” (Temperatur >19 °C *h) vilket är hur många grader temperaturen överskrider 19 °C gånger timme. Ex. degree hours för en timme vid 23 °C:

$$23 - 19 = 4 \text{ (}^\circ\text{C} * \text{h)}$$

3.1 Temperaturmätning Divers 2022

Temperaturmätning för Divers 2022 tas endast med för att jämföra temperatur mot antalet årsyngel. Ingen beräkning hade gjorts på antalet timmar över 19 grader i den rapporten och finns därför inte med. Här kan man se att reproduktionen generellt var låg i de utvalda gölarna där göl 18 hade flest antal observerade årsyngel men inte var den göl med högst temperatur >19 °C *h. Göl 14 som hade högst temperatur >19 °C *h hade bara 1 observation av årsyngel.

Tabell 3-1. Temperaturmätningar från 2022 (Frentress, 2023). ** betyder att göl 378 endast mätte temperaturen mellan den 14 juni till 14 oktober vilket kan påverka medel, min, max och Temperatur >19 °C *h värdet. Tabellen visar också antal årsyngel från inventering av Ekologigruppen AB (Holmberg, 2022).

Temp mätarens Sicada ID (göl-alias)	Max (°C)	Min (°C)	Medel (°C)	Temperatur >19 (°C *h)	Antal årsyngel
PFM008122 (378) *	31,7	4,8	16,9	3414	5
PFM007769 (16)	32,9	4,8	16,2	4352	0
PFM007764 (7)	33,9	5,5	17,1	5424	0
PFM007872 (15)	33,3	4,4	17,0	5895	1
PFM007873 (18)	34,4	5,8	17,6	6191	7
PFM007771 (19a)	32,1	5,7	17,4	6281	0
PFM007767 (14)	32,7	5,6	18,4	8006	1

3.2 Temperaturmätning Divers 2023

Medeltemperaturen i gölarna under 2023 varierade mellan 16,2 till 18,3 °C där göl 15 hade den högst uppmätta maxtemperaturen medan göl 14 hade lägst uppmätta min-temperatur (Tabell 3-2).

Gemensamt för alla gölarna är att maxtemperaturen uppmättes den 29 juni och den kallaste temperaturen uppmättes den 10 och 17 oktober.

Tabell 3-2. Max, min och medeltemperatur i samtliga gölar och vilket datum/tid som max och min-temperatur mättes upp år 2023.

Temp mätarens Sicada ID (göl-alias)	Max temp (°C)	Datum/tid max temp.	Min temp (°C)	Datum/tid min temp.	Medel temp (°C)
PFM007764 (7)	32,5	2023/06/29 14:00:00	1,2	2023/10/17 08:00:00	17,3
PFM007767 (14)	32,5	2023/06/29 16:00:00	0,9	2023/10/17 05:00:00	18,3
PFM007872 (15)	33,7	2023/06/29 16:00:00	1,2	2023/10/17 07:00:00	16,8
PFM007769 (16)	31,8	2023/06/29 16:00:00	1,5	2023/10/17 08:00:00	16,2
PFM007873 (18)	32,8	2023/06/29 16:00:00	1,5	2023/10/17 08:00:00	17,9
PFM007771 (19a)	31,4	2023/06/29 16:00:00	1,6	2023/10/17 08:00:00	17,4
PFM008122 (378)	31,7	2023/06/29 16:00:00	1,3	2023/10/10 07:00:00	18,0

I Tabell 3-3 visas antalet timmar gölarna hade en temperatur över 19 grader, temperatur över 19 °C *h och antalet årsyngel som observerats vid inventering (Holmberg & Wzdulski, 2023). Göl 14 hade flest uppmätta timmar över 19 grader och högst temperatur >19 °C *h. Göl 14 hade även flest antal årsyngel av gölgrödor. Göl 16 hade lägst antal timmar över 19 grader, samt lägst temperatur över 19 °C *h, och inga årsyngel observerades vid inventering.

Tabell 3-3. Antalet årsyngel (grodor mindre än 3 cm) från den årliga inventeringen av Ekologigruppen AB (Holmberg & Wzdulski, 2023) samt antalet timmar som vardera gölen uppmätte en temperatur över 19 °C samt temperatur över 19 °C * timme. I tabellen är gölarna rankade från det lägsta antalet timmar > 19 °C högst upp till den som hade flest antal timmar > 19 °C längst ner.

Temp mätarens Sicada ID (göl-alias)	Totalt antal timmar > 19 (°C)	Temperatur >19 (°C *h)	Antal årsyngel
PFM007769 (16)	1135	3508	0
PFM007872 (15)	1381	4580	8
PFM007764 (7)	1542	5300	0
PFM007771 (19a)	1717	5044	16
PFM008122 (378)	1775	5812	7
PFM007873 (18)	1829	6062	11
PFM007767 (14)	2123	7072	33

3.3 Temperaturmätning Divers 2024

Medeltemperaturen i gölarna 2024 varierade mellan 18,3 till 20,2 °C där göl 7 hade den högst uppmätta maxtemperaturen och göl 16 hade den lägst uppmätta min-temperaturen (Tabell 3-4).

Gemensamt för alla gölarna är att den högsta temperaturen mättes i slutet av juni (27–28 juni) och den kallaste temperaturen uppmättes i slutet på september (30 september) precis innan mätutrustningen togs upp för säsongen.

Tabell 3-4. Max, min och medeltemperatur i samtliga gölar och vilket datum/tid som max och mintemperatur mättes upp år 2024.

Temp mätarens Sicada ID (göl-alias)	Max temp (°C)	Datum/tid max temp.	Min temp (°C)	Datum/tid min temp.	Medel temp (°C)
PFM007764 (7)	31,9	2024-06-28 15:00:00	5,3	2024-09-30 09:00:00	19,1
PFM007767 (14)	31,2	2024-06-27 17:00:00	4,9	2024-09-30 09:00:00	20,2
PFM007872 (15)	31,3	2024-06-28 15:00:00	2,1	2024-09-30 07:00:00	18,9
PFM007769 (16)	30,4	2024-06-28 15:00:00	2,0	2024-09-30 08:00:00	18,3
PFM007873 (18)	31,7	2024-06-27 18:00:00	3,0	2024-09-30 09:00:00	19,7
PFM007771 (19a)	30,4	2024-06-28 15:00:00	2,9	2024-09-30 08:00:00	19,3
PFM008122 (378)	30,2	2024-06-28 15:00:00	4,2	2024-09-30 08:00:00	19,4

I Tabell 3-5 visas antalet timmar gölarna hade en temperatur över 19 grader, temperatur över 19 °C *h och antalet årsyngel som observerats vid inventering. Göl 14 hade flest uppmätta timmar över 19 grader och högst temperatur >19 °C *h, men göl 18 hade flest antal årsyngel av gölgrödor. Göl 16 hade lägst antal timmar över 19 grader, samt lägst temperatur över 19 °C *h, och endast 2 årsyngel observerades vid inventering.

Tabell 3-5. Antalet årsyngel (grodor mindre än 3 cm) från den årliga inventeringen av Ekologigruppen AB ¹samt antalet timmar som vardera gölen uppmätte en temperatur över 19 °C samt temperatur över 19 °C * timme. I tabellen är gölarna rankade från den med lägsta antalet timmar > 19 °C högst upp till den som hade flest antal timmar > 19 °C längst ner.

Temp mätarens Sicada ID (göl-alias)	Totalt antal timmar > 19 (°C)	Temperatur >19 (°C *h)	Antal årsyngel
PFM007769 (16)	1563	4353	2
PFM007764 (7)	1798	6268	8
PFM007872 (15)	1884	5684	3
PFM007771 (19a)	2056	5965	5
PFM008122 (378)	2113	6415	43
PFM007873 (18)	2120	7400	96
PFM007767 (14)	2357	8011	28

¹ Pröjts J, Inventering av gölgröda och större vattensalamander i Forsmarksområdet 2024. SKB P-24-14, Svensk Kärnbränslehantering AB. (Under framtagande.)

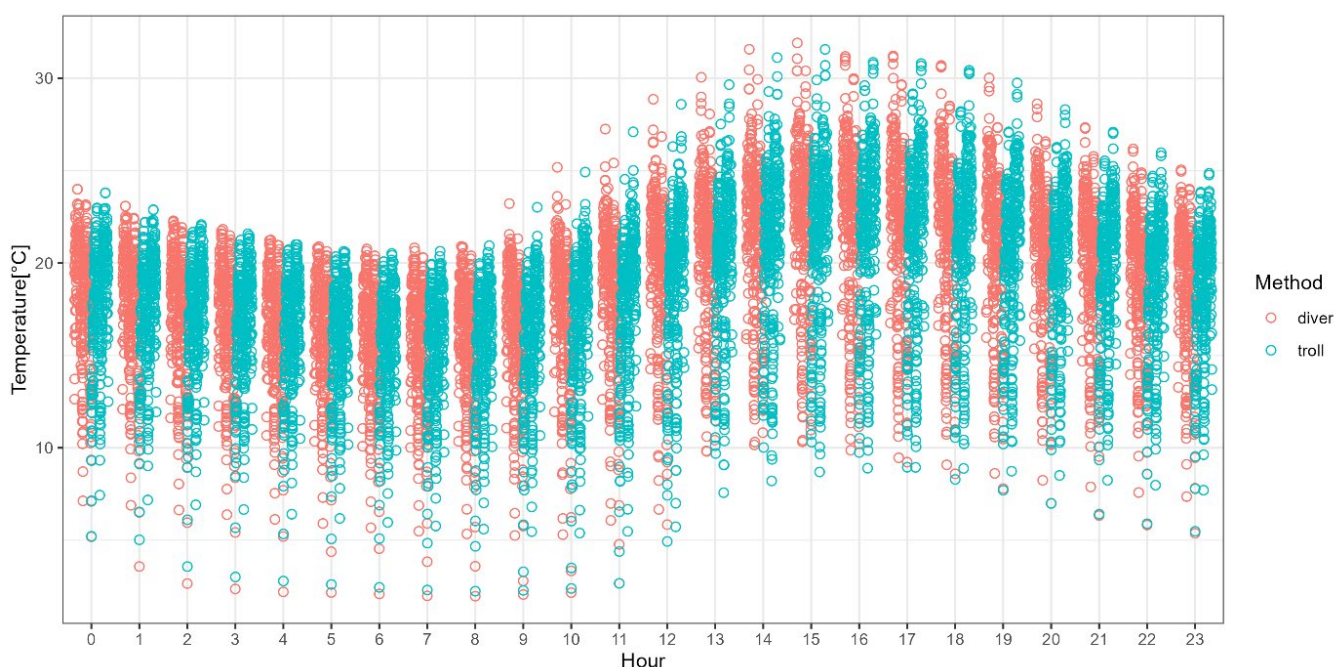
3.4 Temperaturmätning Leveltroll vs Divers, göl 7 och 16

I Tabell 3-6 visas skillnaden mellan dom högsta och lägsta uppmätta temperaturerna mellan Divers och Leveltroll samt medelvärdet av den uppmätta temperaturen. I tabellen ser man att Divers mäter något högre temperaturer vid maxtemperatur, medan Leveltroll mäter något högre vid min-temperatur. Överlag får Divers en något högre medeltemperatur, men skillnaden är liten.

Tabell 3-6. Medel, max, min och differensen mellan dom uppmätta värdena från Divers och Leveltroll, från göl 7 och göl 16.

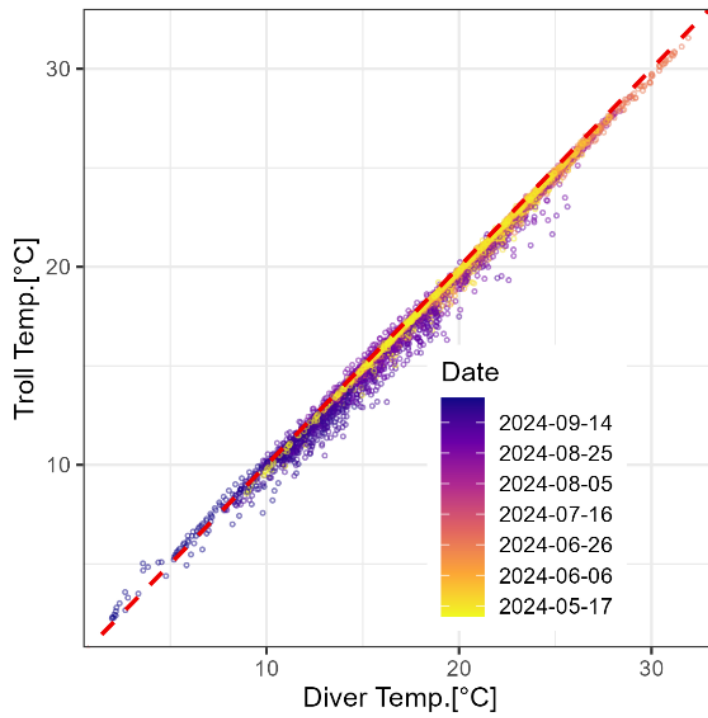
Göl-alias	Max temp (°C) Diver/Leveltroll [skillnad]	Min temp (°C) Diver/Leveltroll [skillnad]	Medel temp (°C) Diver/Leveltroll [skillnad]
Göl 7	31,9/31,6 [0,3]	5,3/5,4 [0,1]	19,1/18,8 [0,3]
Göl 16	30,4/29,9 [0,5]	2,0/2,2 [0,2]	18,3/17,9 [0,4]

I Figur 3-1 visas medelvärden tagna för varje uppmätt timme från båda gölarna. Rött visar Divers och grönt visar Leveltroll, och man kan se att dom mäter väldigt lika men det finns vissa mätningar som visar på skillnader.



Figur 3-1. Medelvärde för Diver (rött) och Leveltroll (grönt) för varje uppmätt timme för alla dagar som mätarna var ute i fält (Stephan, 2024).

Figur 3-2 visar också på att Divers mäter en något högre temperatur än Leveltroll då det finns fler värden under korrelationslinjen. Men även om det finns små skillnader mellan Divers och Leveltroll är båda mätarna positivt korrelerade (Pearson correlation: $R = 0,997$; $p\text{-value} < 0,001$; Figur 3-2) och statistiskt är det ingen signifikant skillnad mellan mätarna.



Figur 3-2. Y-axeln visar Leveltrollmätningarna och x-axeln visar Divermätningarna. Punkterna visar alla mätpunkter över säsongen och den röda linjen indikerar korrelationen mellan dom två mätmetoderna (Stephan, 2024).

4 Diskussion och slutsats

När man tittar på temperaturen i gölarna år 2023 och 2024 och jämför det med antalet årsyngel så kan man i överlag se att desto högre temperatur $>19\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ eller antal timmar $> 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ desto fler årsungar. Det är svårt att se samma mönster år 2022, speciellt då reproduktionen generellt det året verkade lågt.

Undersökningen av Divers vs Leveltroll visar att Divers ger något högre temperaturmätningar än Leveltroll, men skillnaden är så pass liten att utbyte av Divers till Leveltroll inte kommer att störa de pågående mätserierna och att ett byte därför kan göras.

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.

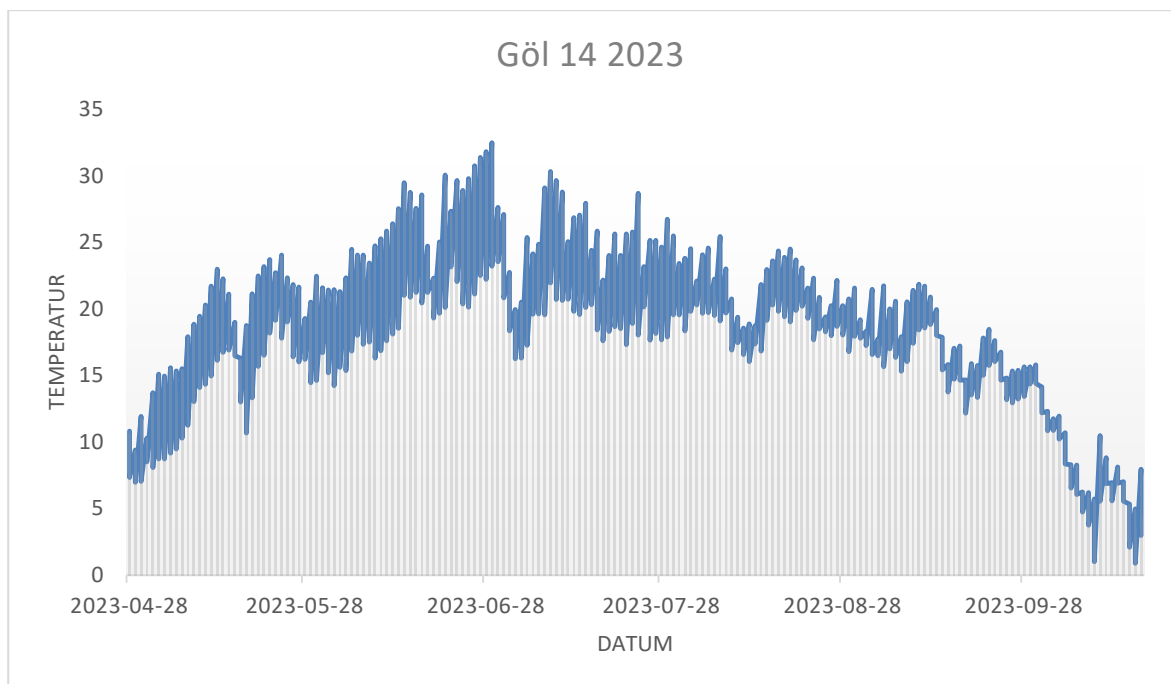
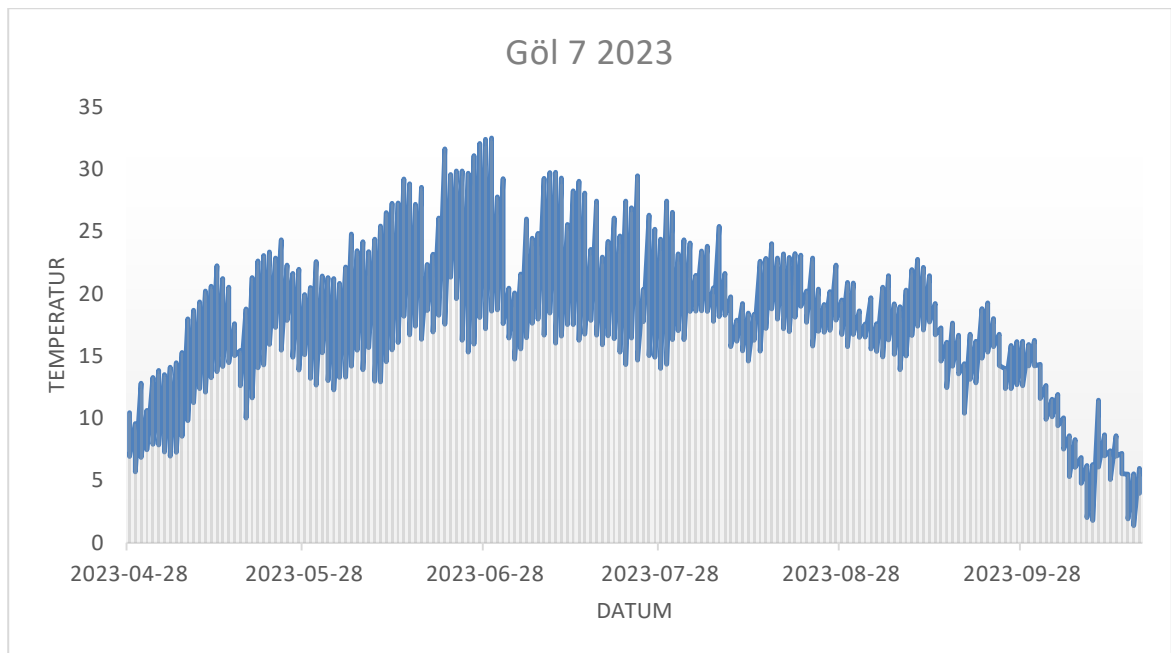
Frentress J, 2023. Evaluation of surface-water temperature monitoring 2022. SKB P-23-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.

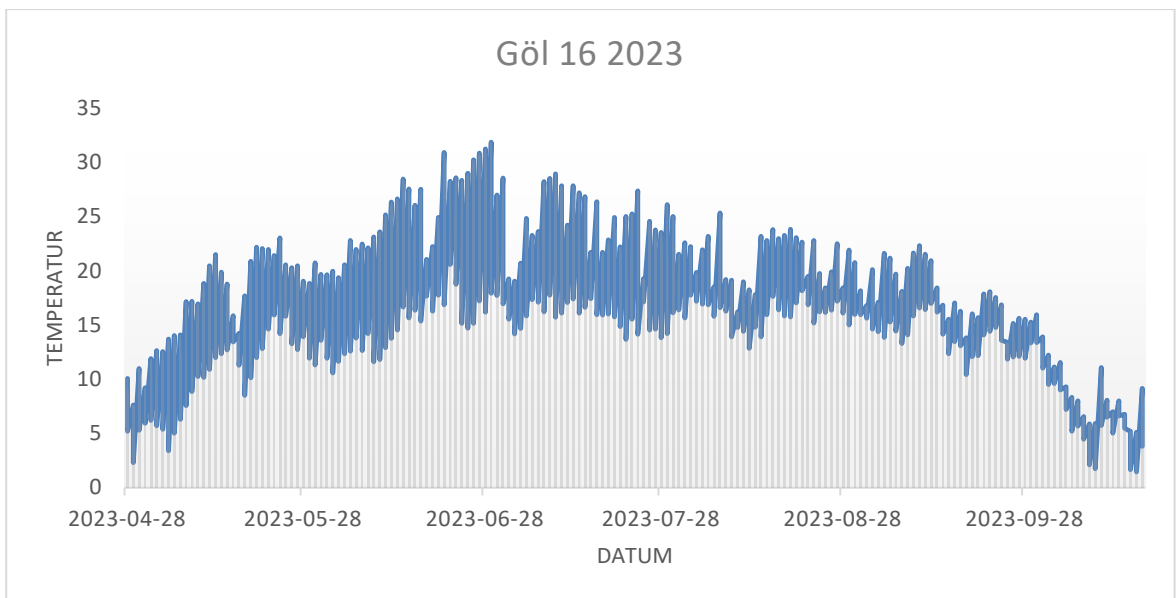
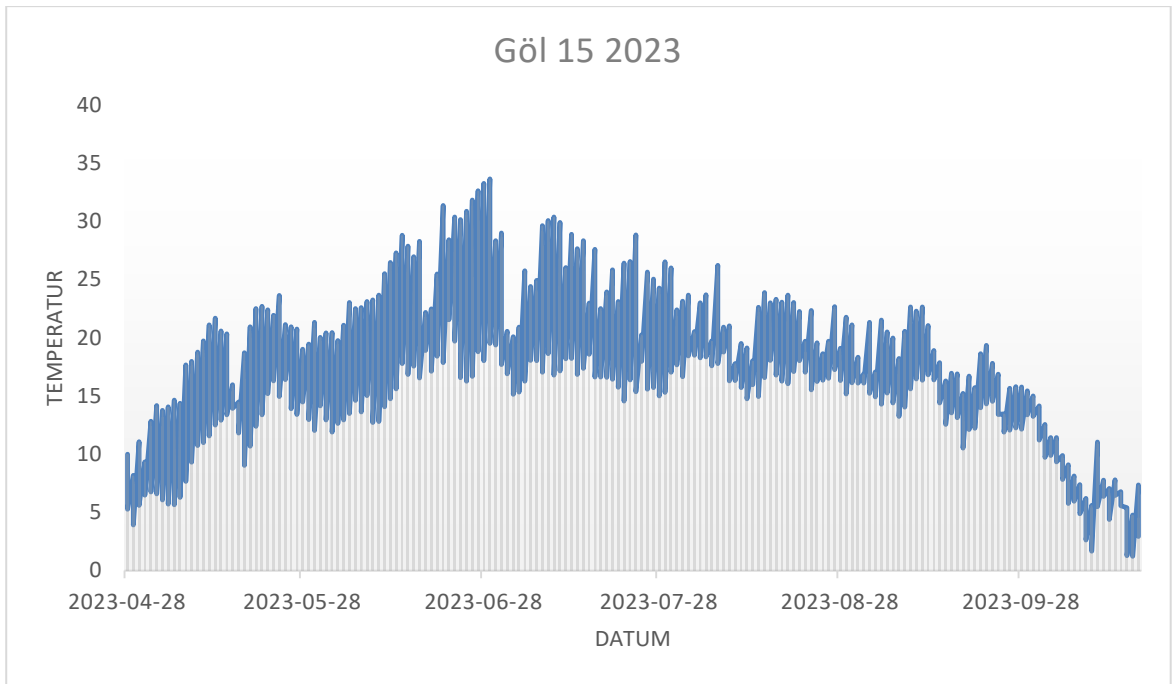
Holmberg E, 2022. Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmarksområdet 2022. SKB P-22-18, Svensk Kärnbränslehantering AB.

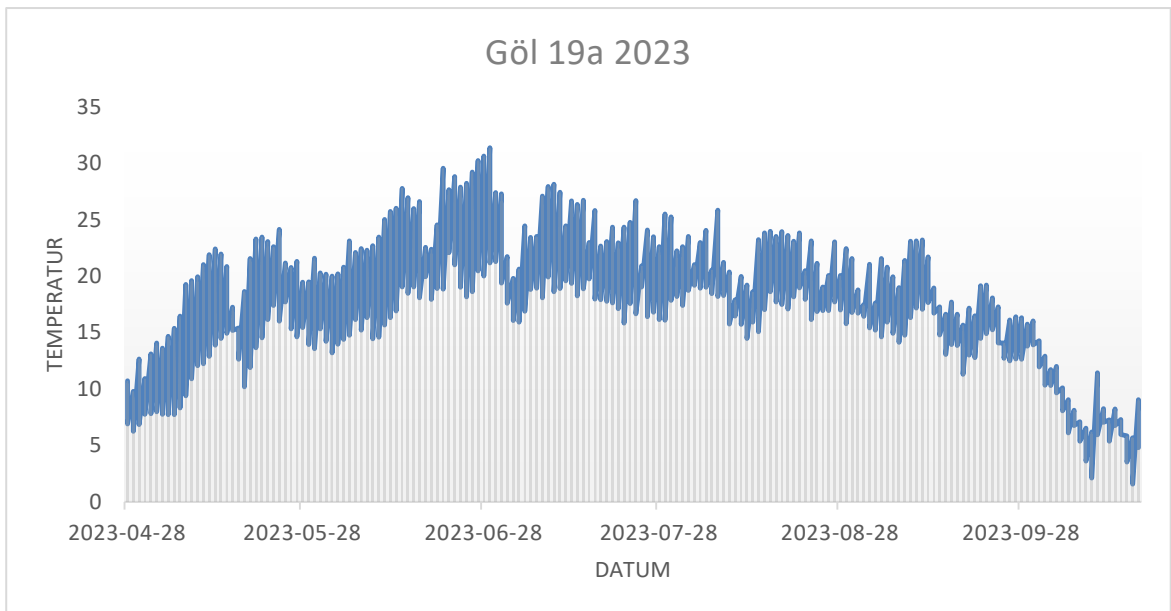
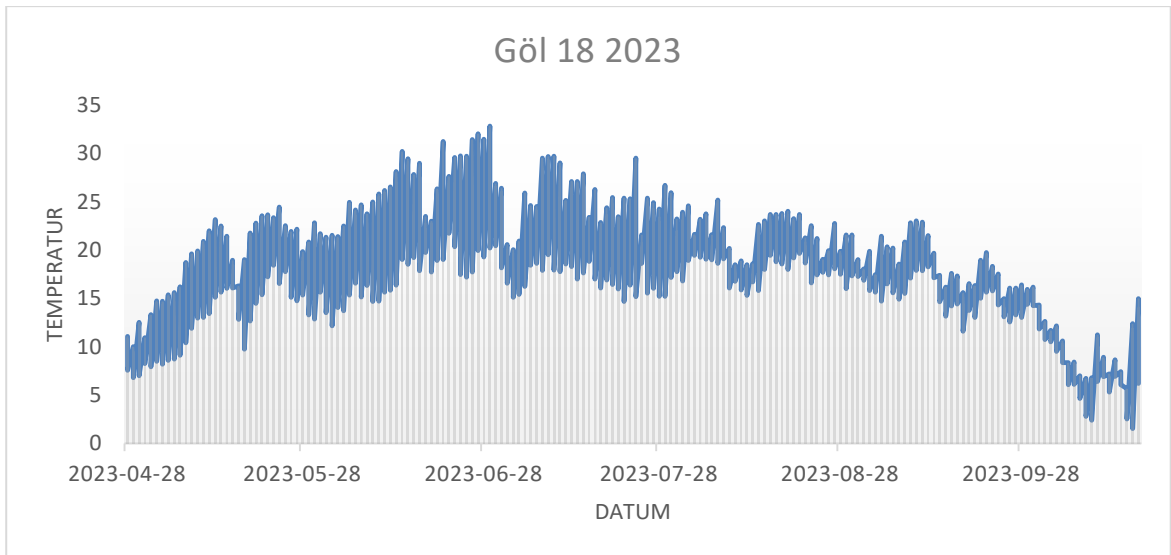
Holmberg E, Wzdulski M, 2023. Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmarksområdet 2023. SKB P-23-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.

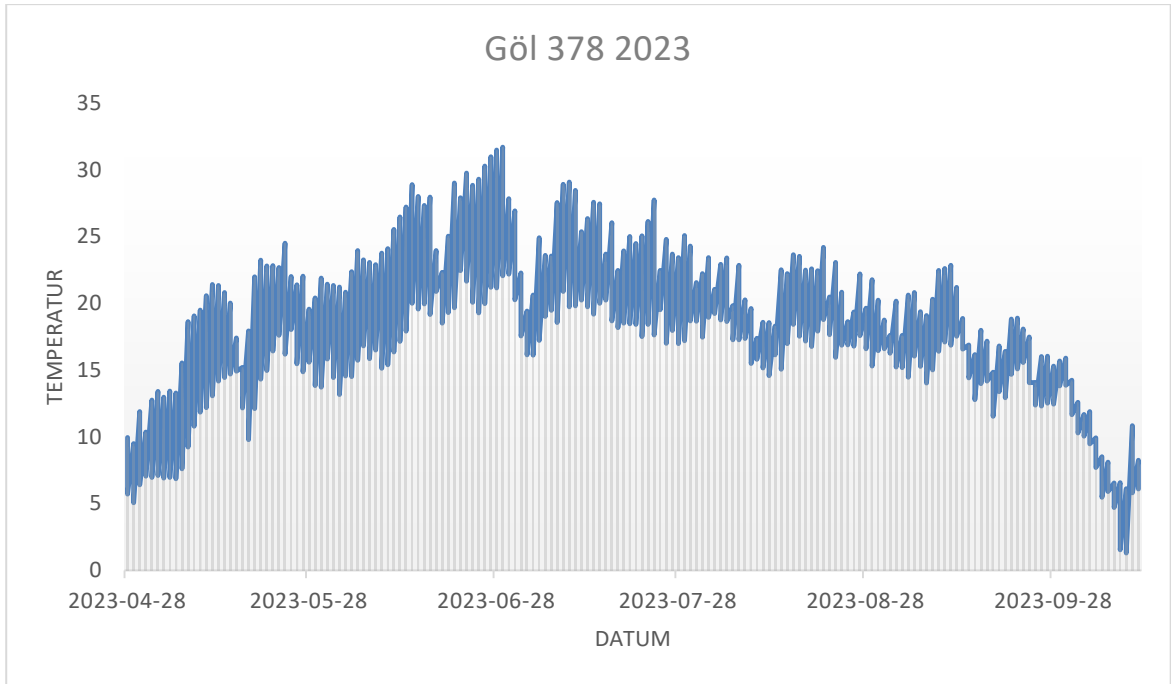
Stephan J, 2024. Difference between Divers and Leveltroll. SKBdoc 2067088 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Bilaga 1 – Temperaturmätserie 2023









Bilaga 2 – Temperaturmätserie 2024

