

Övervintring av ägg från invasiva stickmyggor i Sverige



D. Eklöf, T. Lilja, A. Lindström
SVA:s rapportserie 123

Övervintring av ägg från invasiva stickmyggor i Sverige

D. Eklöf, T. Lilja, A. Lindström

Omslagsbild: asiatisk tigermygga, *Aedes albopictus*. Foto: Anders Lidström/SVA

SVA:s rapportserie nr 123

ISSN 1654-7098

Dnr. SVA 2024/199

SVAKOM272

© 2025 SVA. Den här publikationen är öppet licensierad via CC BY 4.0. 

Du får fritt använda materialet med hänvisning till källan. Läs mer på <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Den här publikationen citeras "Övervintring av ägg från invasiva stickmyggor i Sverige. SVA:s rapportserie nr 123. SVA, 2022"

Statens veterinärmedicinska anstalt, SVA, är en expertmyndighet som genom diagnostik, forskning och rådgivning stärker Sveriges förmåga att bekämpa djursjukdomar som utgör hot mot kritiska samhällsfunktioner. Friska djur – trygga människor.



Ulls väg 2B, 751 89 Uppsala

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	4
Bakgrund	4
Metoder.....	5
Ägg till projektet.....	5
Inledande försök för att välja kläckmedium	5
Försökslokaler.....	7
Förvaring av ägg under övervintring.....	7
Kläcknings-/överlevnadstest.....	8
Resultat.....	10
Kläckta larver	10
Kläckning i relation till väderdata.....	12
Diskussion och slutsatser	14
Överlevnad hos äggen i relation till vinterklimatet.....	14
Områden med högre risk för etablering - nu och i framtiden.....	15
Tack.....	16
Referenser.....	17
Bilaga 1	19
Lådornas placeringar.....	19
Bilaga 2	21
Background data of the <i>Ae. albopictus</i> colony and the <i>Ae. japonicus</i> eggs collected in the field.....	21
Bilaga 3	22
Prediktioner över den lägsta temperaturen under vintern i tre klimat.	22
Bilaga 4.....	23
Prediktion av antal dagar kallare än -10°C på de platser där övervintringsförsöket utfördes.	23

SAMMANFATTNING

År 2023 gjordes de första bekräftade fynden av asiatisk tigermygga, *Aedes albopictus*, i Sverige (Eklöf *et al.* 2023). Detta visar att invasiva myggar regelbundet transporteras till Sverige, men vi saknar kunskap om huruvida arterna kan etablera sig här permanent. Förmågan att övervintra är en grundläggande faktor för etableringsrisken. I detta projekt undersöktes om äggen från de två mest relevanta invasiva myggarterna i norra Europa, kyrkogårdsmygga, *Aedes japonicus* och asiatisk tigermygga, *Aedes albopictus*, kan överleva en svensk vinter. Syftet var också att fastställa den klimatologiska gränsen för arternas övervintring i Sverige, för att identifiera områden med ökad risk för etablering.

Under senhösten 2024 placerades ägg från båda arterna på fyra platser i södra Sverige, längs en syd-nordlig gradient, för att avgöra hur klimatförhållanden påverkar övervintringsförmågan. Utplacerade ägg kläcktes vid fyra tillfällen under vintern för att testa överlevnadsgraden. Väderdata samlades in från väderstationer samt under en period från loggrar som förvarades tillsammans med äggen, för att bedöma hur klimatvariationer och fördelaktigt mikroklimat hänger ihop med överlevnad. Klimatmodeller användes för att utvärdera vilka delar av Sverige som löper risk att koloniseras under de kommande decennierna.

Resultaten visar att ägg från tigermygga kan överleva vintrar i Skåne. Det verkar också troligt att kyrkogårdsmygga kan övervintra. För den senare arten kan faktorer utöver låga temperaturer – såsom luftfuktighet eller temperaturväxlingar – spela en viktig roll. Vi förväntar oss att dessa arter så småningom kommer att etablera sig i Sverige – framför allt i områden med det mildaste klimatet och frekventa transportförbindelser till kontinenten. Vintervädret i Sverige kan variera mycket från år till år, och detta försök ger en uppfattning om hur ägg skulle klara de förhållanden som råder vintern 2024/2025.

BAKGRUND

Kyrkogårdsmygga och asiatisk tigermygga är två invasiva stickmyggsarter som i snabb takt sprider sig norrut i Europa. Under sommaren 2023 påvisades introduktion av tigermygga till Sverige för första gången (Eklöf *et al.* 2023), samtidigt som populationer finns etablerade i Europa längre norrut än någonsin tidigare (ECDC, 2024). Eftersom myggan är relativt ny i Europa är det svårt att skilja på om dess utbredning är begränsad av klimatfaktorer eller om den inte ännu hunnit spridas till alla lämpliga miljöer. Många studier har försökt modellera förväntad utbredning (Oliveira *et al.* 2021) och inkluderar i vissa fall södra Sverige i förväntat utbredningsområde. Tidigare försök har visat att stammar av asiatisk tigermygga klarar av att övervintra vid norra Tysklands östersjökust, endast ca 130 km från Sveriges sydligaste kust (Tippelt *et al.* 2019).

I tempererade områden kan tigermyggan övervintra via äggdiapaus, som en färdigutvecklad förstastadielarv inuti ägget. Dessa är större och innehåller 30% mer fett, än motsvarande larver som ej är i diapaus (Reynolds *et al.* 2012). Ägg i diapaus har högre tolerans mot låga temperaturer än ägg som inte är förberedda för övervintring (Hanson *et al.* 1994, Thomas *et al.* 2012, Tippelt *et al.* 2020). Ägg från populationer i tempererade områden tål dessutom en lägre temperatur än ägg från tropiska områden (Thomas *et al.* 2012, Tippelt *et al.* 2019, Tippelt *et al.* 2020). Kyrkogårdsmyggan har en nordligare utbredning i sitt ursprungsområde och är mer anpassad till övervintring på nordliga latituder än tigermyggan (Kaufman *et al.* 2014). Kyrkogårdsmyggan finns över stora delar av Tyskland ända upp till Östersjökusten och är på många ställen den vanligaste stickmyggan (Kampen, *pers. komm.*)

METODER

Ägg till projektet

Äggen som använts till försöken skickades av Dr. Helge Kampen vid Friedrich-Loeffler-institutet, Tyskland. Äggen av kyrkogårdsmygga härstammade från vilda populationer i Tyskland, och samlades in genom att ägglägningsfällor placerades ut vid kända lokaler (Bilaga 2). Spatlar med ägg skickades sedan till SVA och mottogs 8/11. Tigermyggorna kommer från en labbstam med ursprung från en tysk population, hanterades enligt Thomas *et al.* (2012) för att producera diapaus-anpassade ägg (Bilaga 2). Ägg lagda på filterpapper sändes från laboratoriet i Tyskland till SVA och mottogs 8/11.

Efter att äggen ankommit SVA förvarades de ännu fuktiga emballagen med ägg förslutna i plast, i rumstemperatur på labbet för att motverka uttorkning (Tippelt *et al.* 2020). I en tidigare studie visade det sig att ägg av amerikansk trädhålsmygga, *Aedes triseriatus*, som förvarades på fuktat men inte vattendränkt tyg, inneslutna i plast, var viabla i upp till 23 månader, så länge tyget inte torkade ut helt. (Novak *et al.* 1978). Amerikansk trädhålsmygga har en ekologi som liknar både tigermygga och kyrkogårdsmygga, det är rimligt att anta att äggen av dessa arter också kan överleva längre perioder om förhållandena är rätt, tåligheten hos dessa myggarters ägg är välkänd, och är en av orsakerna till att de har kunnat spridas över världen och bli invasiva arter.

Alla kläckningstesten utfördes enligt Tippelt *et al.* (2020), vid $+25\pm 1$ °C anpassat för stammar med tempererat ursprung. För att mer efterlikna den nordiska ljusregimen med längre dagar och kortare nätter under sommarhalvåret, ändrades dock fotoperioden från 12:12 (L:D) till 14:10 (L:D). Kläckning utfördes i ett värmeskåp med inre dimensioner; höjd 65,5 cm, djup; 51,5 cm och bredd 49 cm. Utrymmet delas upp i två plan av en hylla på mitten. Båda plan belyses av två LED-lister med ljusstyrkan 216 lumen vardera.

Inledande försök för att välja kläckmedium

För att avgöra vilket kläckmedium som optimerar kläckning av viabla ägg, testades olika kläckmedium initialt på ägg som inte övervintrats.

Kranvatten som fått stå (Tippelt *et al.* 2020), en infusion av visset gräs (Christophers, 1960) som legat i kranvatten i minst två dagar, samt näringsbuljong (0,1% spädning av Oxoid/ CM0001) (Novak *et al.* 1978) användes. För att testa varje medium användes 100 ägg av varje art, uppdelat i samlingar om 50 ägg. Ägg som var hela och utan inbuktningar plockades ut till försöket med hjälp av en pensel, och placerades på en bit filterpapper.

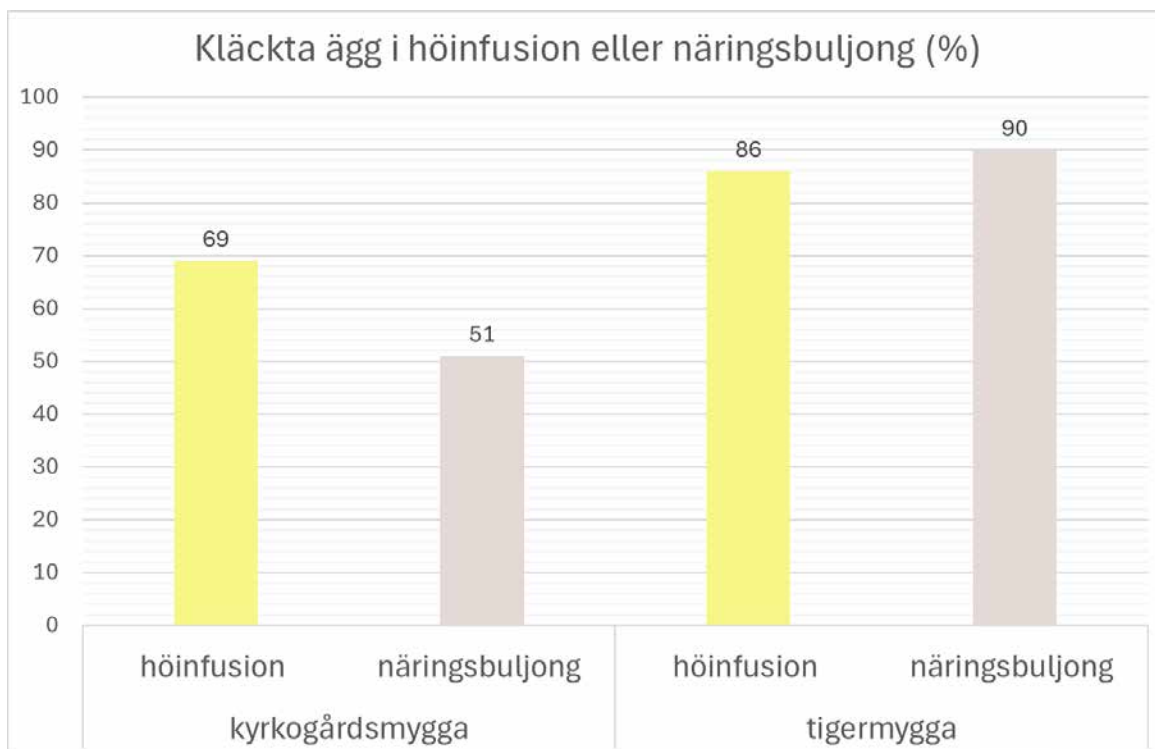
Filterpapperet med 50 ägg stoppades sedan ner i ca 150 ml vatten, höinfusion eller näringsbuljong. Äggen som lades i enbart kranvatten tilläts kläcka i två veckor innan de togs upp och torkades. Äggen som lades i höinfusion eller näringslösning låg i mediet i 5 dagar innan de togs upp och torkades. Efter att äggen legat i sitt kläckmedium lyftes filterpapperet med ägg upp. Vätska från behållaren filtrerades genom filterpapper och lösa okläckta ägg fästes åter på det ursprungliga filterpapperet. Äggen och pappret fick torka och placerades sedan i sitt torra kläckkärl som förslöts. Äggen förvarades på detta sätt i en vecka i värmeskåpet. Här-efter fylldes nytt respektive kläckmedium på, för att ge ägg som inte kläckts under den första blötläggningen möjlighet att kläckas. Äggen fick sedan ligga i mediet i 3 dagar.

Resultat och slutsatser av kläckmedium-test

När vatten användes som kläckmedium var kläckningsprocessen långsam och oförutsägbar. Larver av kyrkogårdsmygga kläcktes oregelbundet under hela tiden som äggen låg i vatten, och kläckningsgraden uppnådde 72% innan försöket avslutades. Endast 3 ägg av tigermygga kläcktes i rent kranvatten i det här försöket. När höinfusion och näringsbuljong användes skedde kläckning kort tid efter att äggen lades i blöt. Enligt Clements (1992) är en fallande syrehalt i kläckmediet gynnsam för kläckning av ägg av gulafebernmygga, *Aedes aegypti*. Att syre förbrukas är ett resultat av den mikrobiologiska aktiviteten i medierna. Kläckningen i infusionen och buljongen minskade markant efter dag två, och försöket avbröts efter fem dagar. Äggen hanterades därefter på samma sätt som de som placerats i enbart vatten. Vid den andra placeringen i kläckmedium kläcktes endast enstaka larver. Den totala andelen kläckta ägg uppgick för kyrkogårdsmygga till 69% i höinfusion, och 51% i näringsbuljong. För tigermygga gav höinfusionen 86% kläckning och näringsbuljongen 90% kläckning.

Även om den procentuella kläckningsgraden är ungefär densamma för ägg av kyrkogårdsmygga som placeras i vatten som i höinfusion, är det senare mediet mer direktverkande och kläckningen därmed mer förutsägbar. Testet på de 200 ägg av kyrkogårdsmygga som behandlades med höinfusion, alternativt näringsbuljong, skulle kunna tyda på att höinfusionen är lite mer effektiv för kläckning av denna art.

När det gäller ägg av tigermygga visar försöken att vatten som fått stå inte ger en tillräcklig förändring i sjunkande syrenivå, för att inducera kläckning hos ägg i diapaus. Däremot fungerar både höinfusion och näringsbuljong mycket bra, och i detta fall gav näringsbuljongen en något högre kläckningsgrad på 90%, jämfört med 86%. Resultaten från försöken med olika kläckmedium resulterade i att höinfusion användes för de efterföljande kläckningstesten av övervintrade ägg av kyrkogårdsmygga, medan äggen av tigermygga placerades i näringsbuljong för att bedöma överlevnad genom kläckning. (Fig. 1).

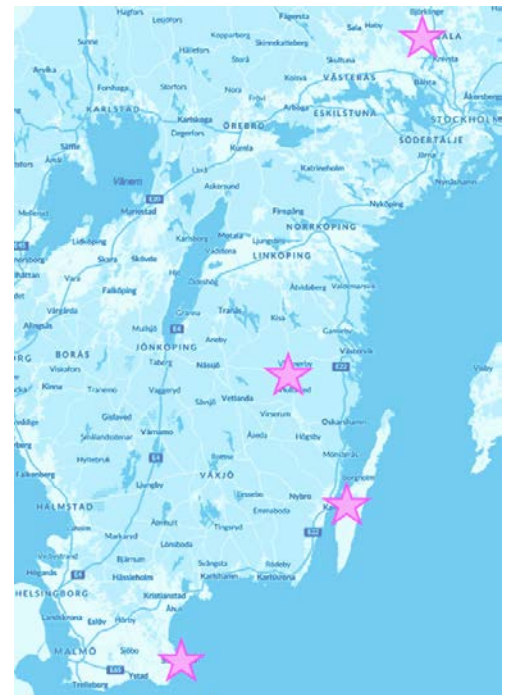


Figur 1. Totala andelen kläckta ägg i höinfusion samt näringslösning.

Försökslokaler

Fyra platser i södra Sverige ingick i försöket (GPS-punkter i Bilaga 1). Simrishamn -Skåne, Färjestaden -Öland, Vimmerby -Småland och Uppsala i Uppland som nordligaste punkt (Fig. 2). Platserna valdes ut eftersom dessa lokaler motsvarar varmare till kallare vinterklimat från sydligaste punkten och norrut. Platserna uppvisar stigande lägsta-temperaturer under vintern och ökat antal frostdagar (Eklöf *et al.* 2023).

Försökslokalerna var belägna i privata trädgårdar samt innergårdar tillhörande SVA. Vid varje försökslokal valdes två lämpliga platser ut där en plastbox innehållande ägg från de båda invasiva arterna, placerades. Platsen där varje box placerades valdes ut eftersom den ansågs motsvara en sådan miljö som arterna helst väljer för att lägga ägg. Detta är gynnsamma mikroklimat med ett skyddat läge, till exempel under buskar eller bland skyddande föremål (Fig. 3).



Figur 2. De fyra lokalerna i försöket.

Förvaring av ägg under övervintring

För varje art plockades 200 ägg ut till varje låda. Äggens viabilitet inspekterades individuellt, endast uppenbart hela ägg, med jämn yta utan inbuktningar, inkluderades i försöket. Äggen delades upp i 4 samlingar om 50 ägg, en för varje kläckningstillfälle, vilka placerades i en påse av filterpapper försluten med ett gem, vilket samtidigt förankrade påsen i kanten på en öppen plastkopp. Varje plastkopp innehöll härigenom fyra påsar med ägg. På de två lokalerna i Uppsala placerades äggen direkt på små ark av filterpapper, men eftersom äggen hade en tendens att falla av, användes filterpapperspåsar till de resterande proven. Plastkopparna med ägg förvarades under försökets hela gång, i dubbla plastboxar. Plastboxarna försågs med ett meshnät i metall på motsatta sidor för ventilation. Förutom då ägg plockas ut, var båda plastboxar försedda med lock. I den innersta plastboxen, tillsammans med äggkopparna, följde en logger klimatet (Fig. 4). Två boxar per plats, innehållande 200 ägg av varje art, placerades ut utomhus under november. Totalt sattes 1600 ägg av varje art ut.



Figur 3. Placering av box i Skåne.



Figur 4. Utformning av övervintringsbox.

Kläcknings-/överlevnadstest

Utplacering på de fyra lokalerna försökte samordnas, men skedde av logistiska skäl ej vid samma datum, utan enligt följande; Uppsala; 10/11, Småland; 13/11, Öland; 13/11, Skåne; 18/11. Det första kläckningstestet kom att ske efter intagning i slutet av december, och därefter ca var femte vecka. Sista kläckningstestet ägde rum efter intagning i mitten av april (*Tabell 1*).

Vid varje kläckstillfälle, då ägg plockas från provplatserna togs en filterpåse med ägg per art och låda. I de fall då äggen inte genast kunde tas till labb och läggas i kläckmedium, förvarades äggen tillsammans med en fuktig pappers- eller bomullstuss, för att förhindra uttorkning. Proceduren herefter följer Tippet *et al.* (2020), med skillnaden att kläckmedium byttes ut och kläcktid vid översvämningarna justeras. För att mer efterlikna den nordiska ljusregimen med längre dagar och kortare nätter under våren då äggen normalt skulle kläckas, ändras ljusregimen från 12:12 (L:D) till 14:10 (L:D), vilket motsvarar hur länge solen är uppe i Skåne i mitten av april. Kläckning utförs i ett värmeskap med inre dimensioner; höjd 65,5 cm, djup; 51,5 cm och bredd 49 cm. Utrymmet delas upp i två plan av en hylla på mitten. Båda plan belyses av två LED-skenor på 216 lumen vardera.

Äggen blötlades genom att filterpapperspåsen öppnas upp och lades i en behållare med medium. Antalet larver som kläcks räknades varje dag under försökets gång. Av logistiska skäl tilläts äggen kläcka i 12 dagar innan vattnet avlägsnades ur behållaren. Filterpapperen fick därefter torka i en vecka. Vattnet i behållaren silas genom filterpapper och okläckta ägg som lossnat fästes åter på filterpapperet med en pensel. Efter en veckas torkning sänks filterpapperet med äggen åter i kläckmedium under 6 dagar, för att inducera kläckning hos ägg som inte kläckts under det första tillfället, exempel från tredje kläckningstillfället visas (*Tabell 2*).

Första kläcktestet

Ägg placerade i Småland, på Öland och i Skåne plockades in den 28/12 2024 och äggen placerade i Uppsala togs in den 8/1 2025. Den 9/1 fylldes kläckmedium på i kärnen, och dessa placerades sedan i värmeskåpet. Äggen fick kläcka i 12 dagar, till och med den 21/1, då sista larvräkningen gjordes. Därefter avlägsnades kläckmedium från kärnen. Filterpapper samt ägg fick torka upp och stå torra i 7 dagar, varefter kläckmedium åter fylldes på i kärnen och äggen tilläts kläcka i 6 dagar.

Andra kläcktestet

Äggen hämtades in den 30/1-31/1 och placerades i kläckmedium den 3e februari. Proceduren följde den ovan beskrivna, med 12 dagars kläckning, 7 dagars torka och ytterligare 6 dagar i medium.

Tredje kläcktestet

Äggen hämtades in den 5/3-7/3 och placerades i kläckmedium den 11/3. Samma förfarande som ovan följde.

Fjärde kläcktestet

Ägg i Uppsala togs in 22/4. Ägg i Skåne, på Öland och i Småland togs in 18/4. Filterpapperet med ägg placerades i kläckmedium den 22/4, och hanterades därefter enligt tidigare kläckningar. Den 17e maj avslutades försöket.

Tabell 1. Datum för utsättning och intagningar av ägg.

	utsättning av ägg	intagning 1	intagning 2	intagning 3	intagning 4
Uppsala	10-nov	08-jan	29-jan	06-mar	22-apr
Småland	13-nov	28-dec	30-jan	06-mar	18-apr
Öland	13-nov	28-dec	30-jan	06-mar	18-apr
Skåne	18-nov	28-dec	29-jan	05-mar	18-apr

Tabell 2. Schema vid kläckning av ägg, exempel från tredje kläckningsförsöket.

			Äggen fick 12 dagar på sig att kläcka larver innan de torkades												Äggen fick 6 dagar på sig att kläcka larver							
			i medium+												torkning	i medium+						
kyrogårdsmygga	tot antal kläckta	% / plats	11-mar	12-mar	13-mar	14-mar	15-mar	16-mar	17-mar	18-mar	19-mar	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	30-mar	31-mar	01-apr	02-apr	03-apr	04-apr	05-apr
Uppsala låda 1	1	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uppsala låda 2	15		12	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Småland låda 1	31	53	30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Småland låda 2	22		13	1	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Öland låda 1	22	45	18	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Öland låda 2	23		20	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skåne låda 1	2	22	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skåne låda 2	20		6	0	0	0	3	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
tigermygga																						
Uppsala låda 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uppsala låda 2	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Småland låda 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Småland låda 2	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Öland låda 1	9	11	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Öland låda 2	2		0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skåne låda 1	25	55	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skåne låda 2	30		0	29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RESULTAT

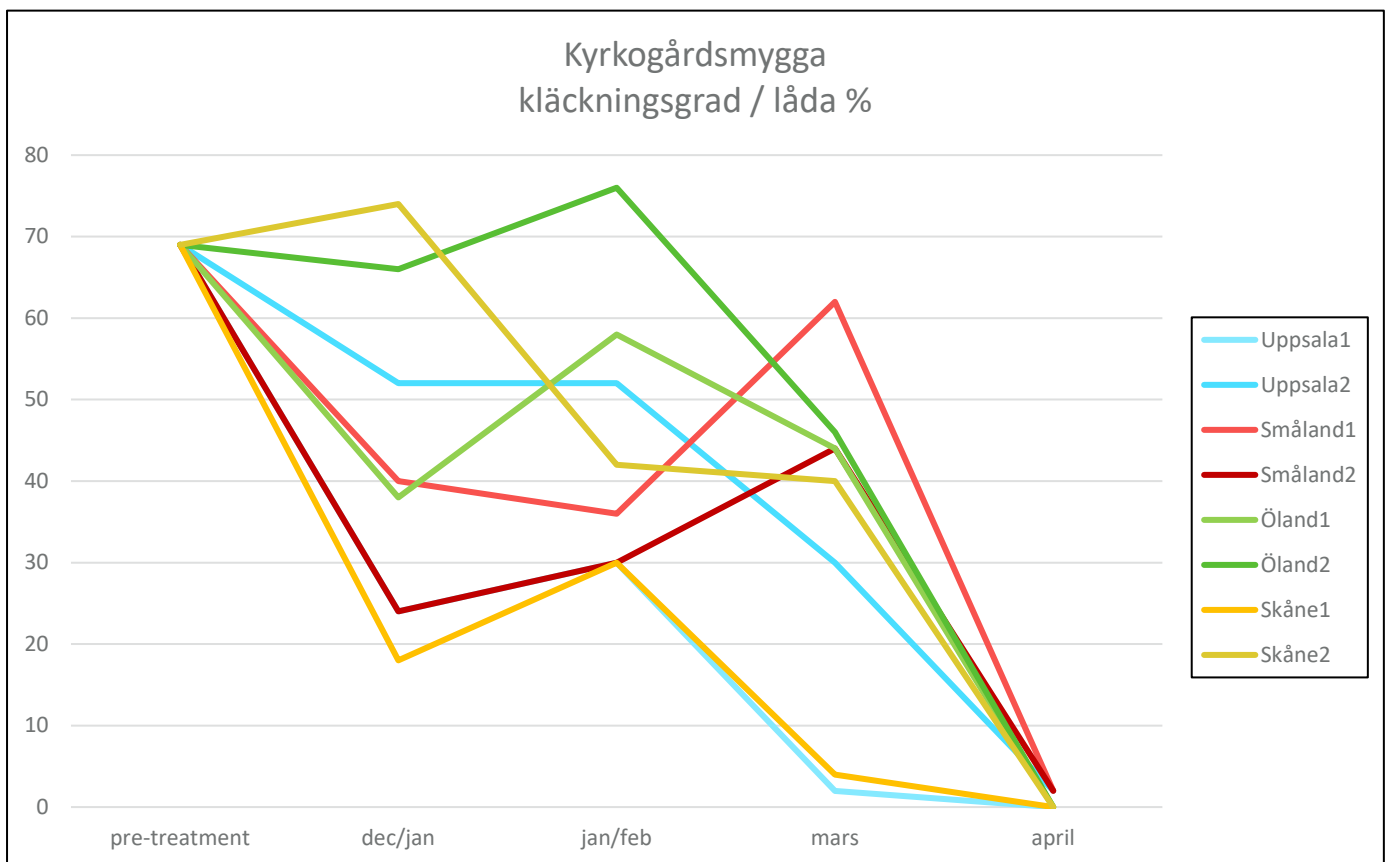
Kläckta larver

Kyrkogårdsmygga

Fram till och med mars överlevde ägg av kyrkogårdsmygga bra på alla testplatser. Vid testet i mars kläckte 53% av äggen i Småland (låda 1; 62% och låda 2; 44%). På Öland kläcktes totalt 45% (låda 1; 44% och låda 2; 46%). 16 % kläcktes i Uppsala (låda 1; 2% och låda 2; 30%), och i Skåne kläcktes 22% (låda 1; 4% och låda 2; 40%). Både i Uppsala och i Skåne visade en av lådorna alltså betydligt högre kläckningsgrad, och variationen vid de olika tillfällena var genomgående ganska stor. Vid det 4:e och sista testet kläcktes endast en larv i tre av lådorna, Uppsala låda 2, samt i de båda smålandslådorna. Inga ägg kläcktes på Öland och i Skåne. (Tabell 3 och Fig. 5)

Tabell 3. Andel kläckta ägg (%) av kyrkogårdsmygga i de olika försöklådorna.

KYRKOGÅRDSMYGGA antal kläckta i % av 50 ägg/box	Uppsala1	Uppsala2	Småland1	Småland	Öland1	Öland2	Skåne1	Skåne2
före försöksstart	69	69	69	69	69	69	69	69
kläckning 1 (dec/jan)	24	52	40	24	38	66	18	74
kläckning 2 (jan/feb)	30	52	36	30	58	76	30	42
kläckning 3 (mars)	2	30	62	44	44	46	4	40
kläckning 4 (april)	0	2	2	2	0	0	0	0



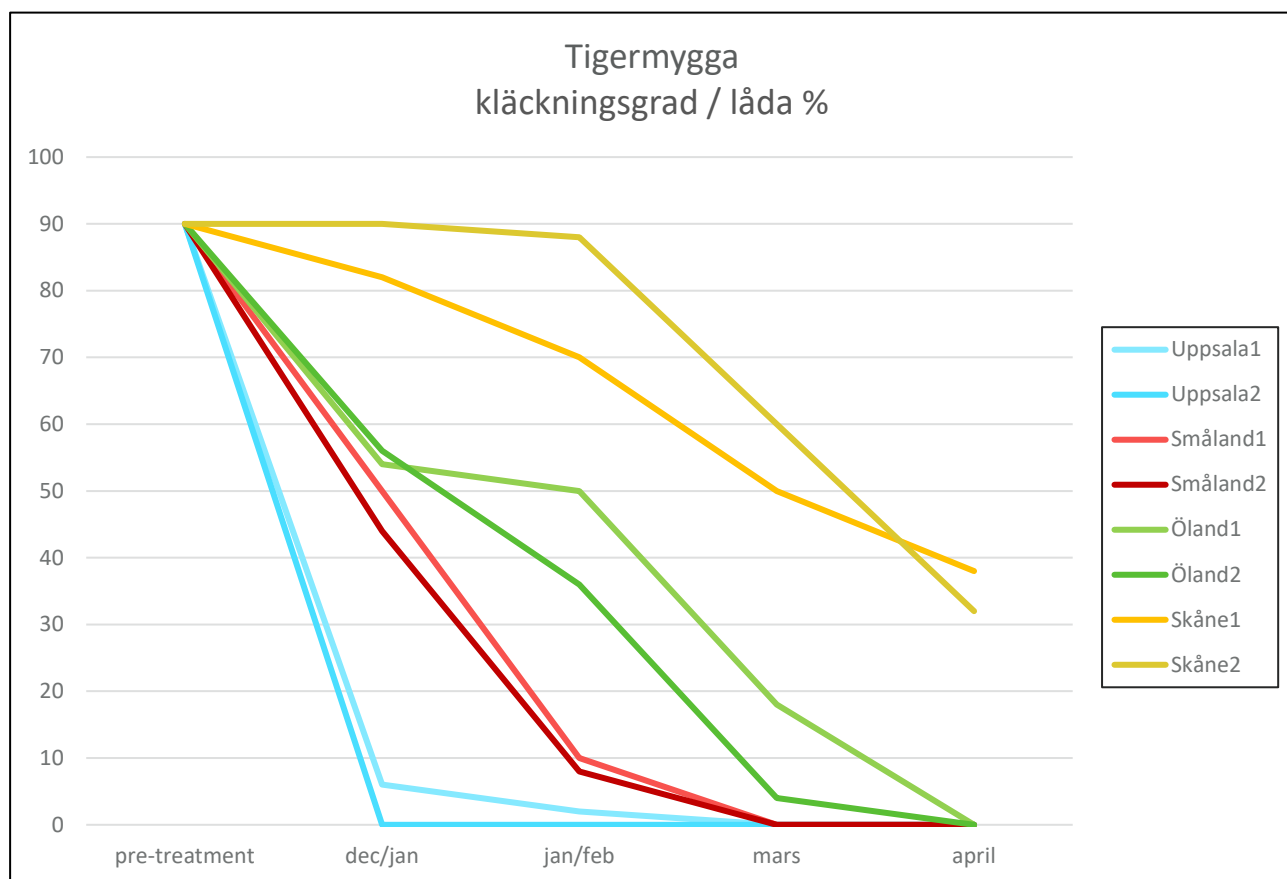
Figur 5. Kläckningsgrad per låda, kyrkogårdsmygga.

Tigermygga

När det gäller tigermyggan, kläcktes ägg i Uppsala och i Småland, fram till och med försökskläckning 2. På Öland kläcktes ägg även vid 3:e testkläckningen, och endast i Skåne överlevde ägg igenom hela vintern och fram till sista kläckningen i april. Vid den sista kläckningen kläckte 38% i låda 1, och 32% i låda 2. En statistisk analys av resultaten visar att Skåneproverna i ett Fishers exakta test skiljer sig med p-värden $<0,01$ från övriga lokaler vid alla tidpunkter. (Tabell 4 och Fig. 6) Det innebär att överlevnaden vid alla tidpunkter var signifikant högre i Skåne än på de andra platserna.

Tabell 4. Andel kläckta ägg av tigermygga.

TIGERMYGGA antal kläckta i % av 50 ägg/box	Uppsala1	Uppsala2	Småland1	Småland2	Öland1	Öland2	Skåne1	Skåne2
före försöksstart	90	90	90	90	90	90	90	90
kläckning 1 (dec/jan)	6	0	50	44	54	56	82	90
kläckning 2 (jan/feb)	2	0	10	8	50	36	70	88
kläckning 3 (mars)	0	0	0	0	18	4	50	60
kläckning 4 (april)	0	0	0	0	0	0	38	32



Figur 6. Kläckta ägg av tigermygga, %per plats.

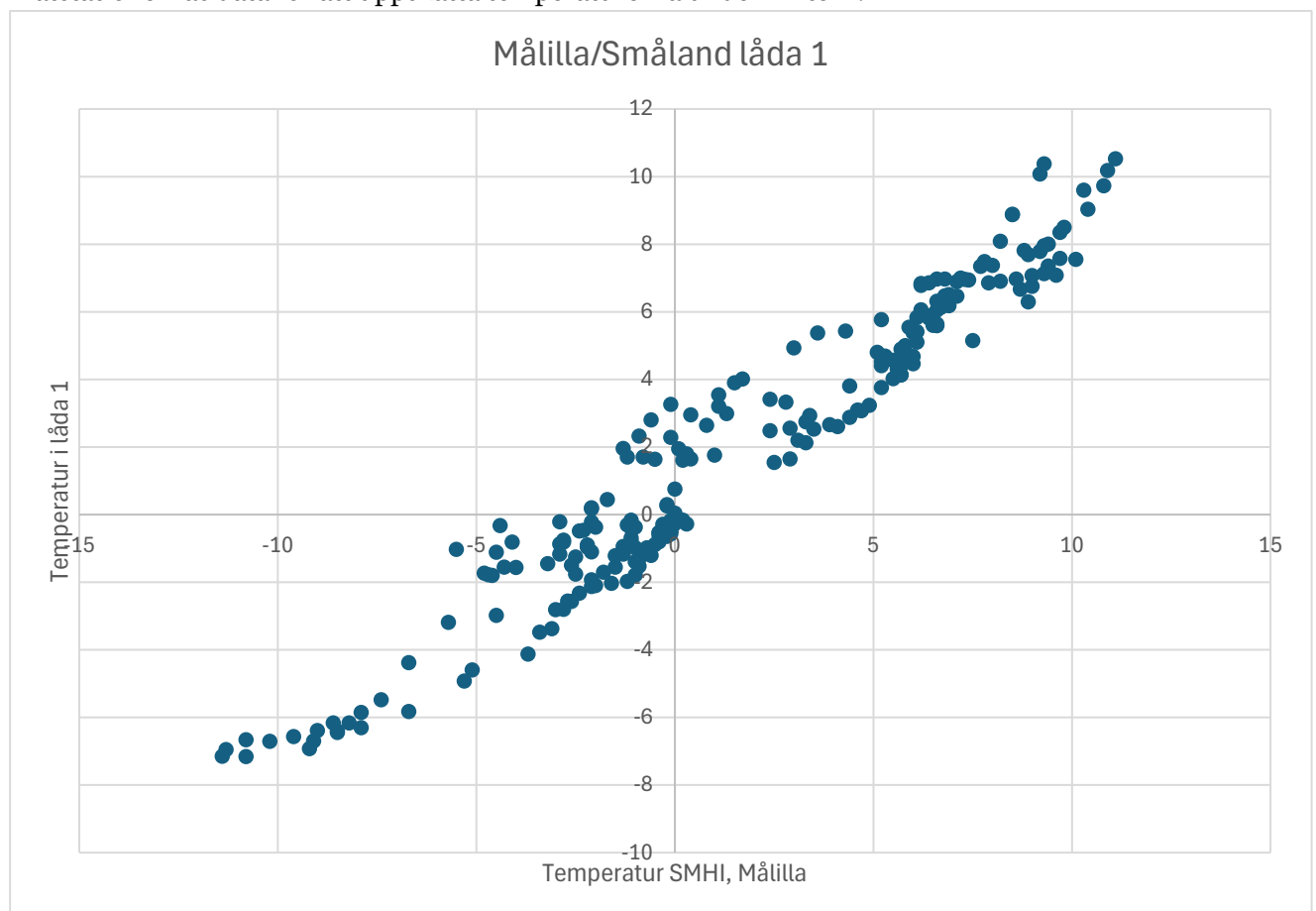
Kläckning i relation till väderdata

Tålighet för låga temperaturer

Acklimatisering till kallare väder gör att ägg bättre tål låga temperaturer (Hanson *et al.* 1994). Från att äggen sattes ut i mitten av november, dröjde det i Uppsala 9 dagar innan uppmätt temperatur vid närmaste väderstation understeg -5°C . I Småland dröjde det 6 dagar, på Öland 9 dagar och i Skåne 4 dagar.

Eftersom tidigare studier har visat att tigermyggor av tempererat ursprung klarar av -10 grader i 20 dagar, samt fluktuerande temperaturer (där den lägsta temperaturen är -10°C) i 30 dagar (Tippelt *et al.* 2020) men endast klarar -12 i en timme (Thomas *et al.* 2012), samt inte överlever att bli utsatta för -15°C (Tippelt *et al.* 2020), sattes -10°C som en gräns att särskilt uppmärksamma.

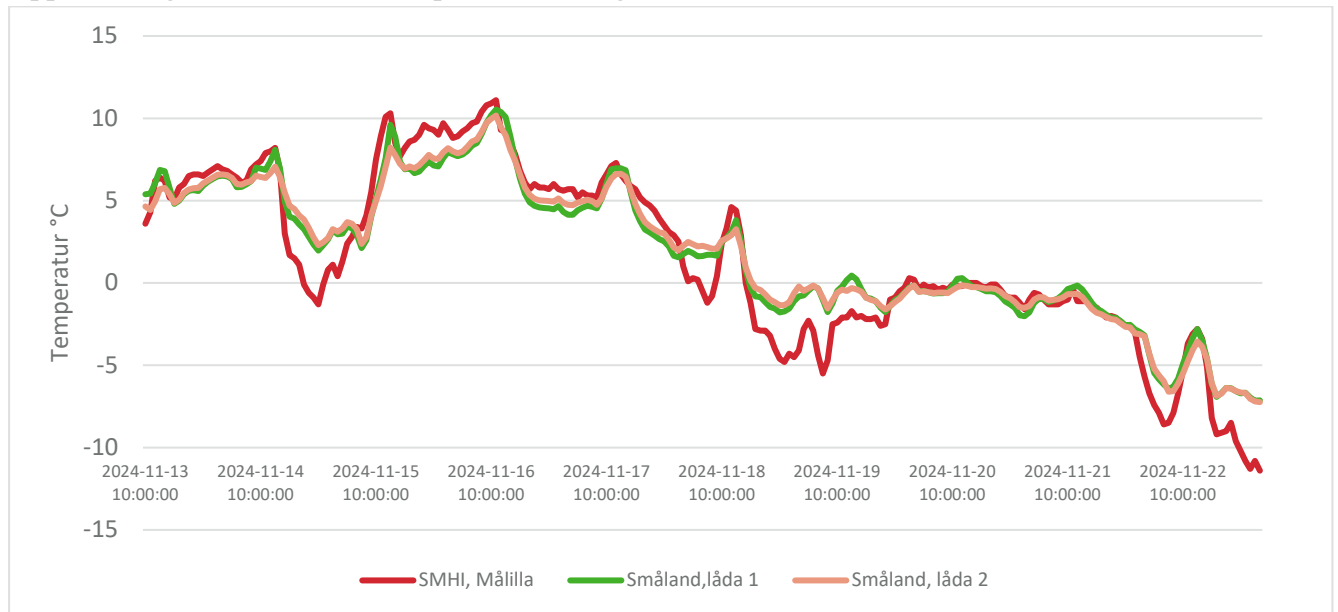
På grund av ett misstag i inställningarna samlade loggrarna som placerades i boxarna endast in temperaturdata under 11 dygn. Under dessa dygn kunde uppmätt temperatur i boxarna jämföras mot data från närmaste väderstation. Det visar att lådorna och var de placerats, ger ett skyddande mikroklimat där temperaturen inte faller lika lågt i boxen som i stationens data. När temperaturerna plottas mot varandra syns detta som en J-form (fig. 7), där temperaturen i lådan inte blir lika låg som i datat från SMHI:s station (exempel från Småland) (fig. 8). Mätvärdena skiljer sig dock inte mer från varandra än att vi anser att man kan använda mätstationernas data för att uppskatta temperaturerna under vintern.



Figur 7. Korrelation mellan temperatur i SMHI:s mätstation och temperaturloggning i låda. Exempel från Småland, låda 1

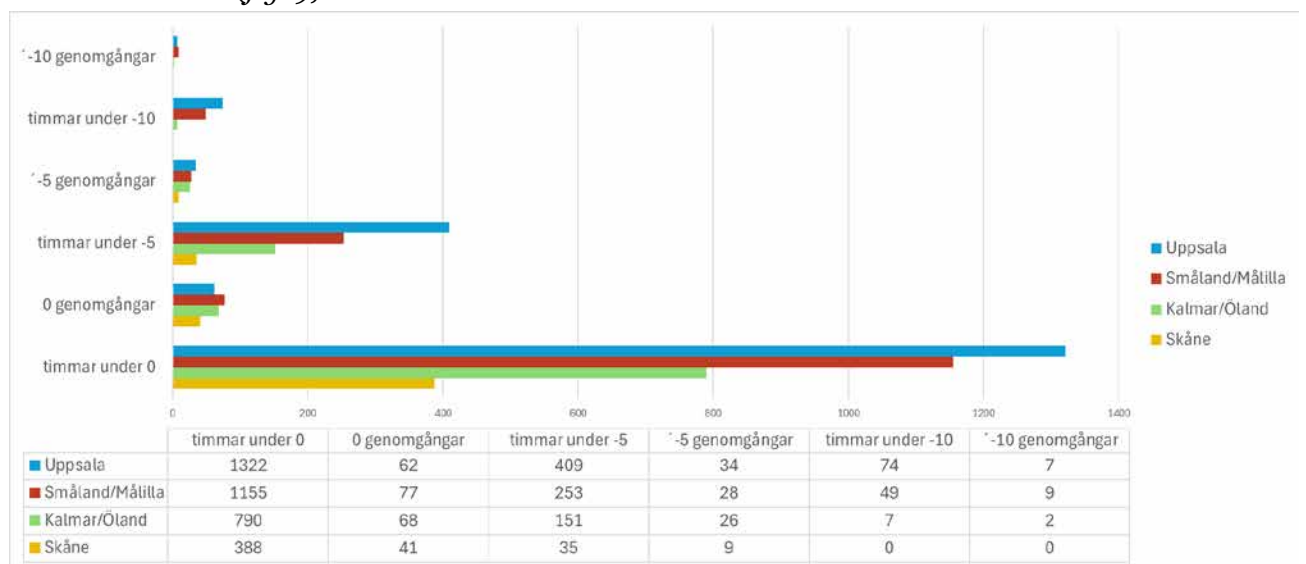
Temperaturer under -10 och varaktighet.

Uppsala var generellt den kallaste platsen som ingick i försöket, med flest timmar under -5°C och -10°C.



Figur 8. Jämförelse av uppmätt temperatur vid SMHI:s station i Målilla och de två loggrar som placerades i smålandslådorna.

Den sista köldperioden i Uppsala inträffade under några dagar i februari då vinterns kallaste temperatur -13,3°C uppmättes. I Småland fanns närmaste mätstation i Målilla. Här uppmättes vid ett tillfälle -17,4 °C som var den kallaste temperaturen under försöket, men antal timmar under -5 och -10 var inte lika många som i Uppsala. I Kalmar (närmaste mätstationen till lådorna på Öland) var det vid två tillfällen, under sammanlagt 7 timmar -10°C eller kallare. Som kallast blev det -13,9°C. I Skillinge, som var väderstationen närmast Simrishamn, uppmättes aldrig en temperatur på -10°C eller kallare. Som kallast i blev det -7,9°C på mätstationen i Skåne. (fig. 9)



Figur 9. Diagram över hur länge temperaturen varit under 0°C, -5°C och -10°C och antal gånger temperaturen gått under dessa nivåer på SMHI:s stationer närmast provplatserna.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Överlevnad hos äggen i relation till vinterklimatet

Reuss (*et al.* 2018) undersökte köldtålighet hos ägg av kyrkogårdsmygga. Kläckningsframgången hos äggen minskade drastiskt efter att de utsatts för 0°C samt efter att de utsattes för -5°C. Försöket gav kläckningsframgång på 0% efter två dagar, då äggen utsattes för en konstant temperatur på -9°C. Dock kläckte författarna endast äggen i avjoniserat vatten, samt gav äggen tre dagar på sig att kläckas, vilket skulle kunna göra att man missat att se kläckning hos ännu viabla ägg. I vår studie verkar kläckning av kyrkogårdsmygga i rent vatten vara en utdragen process som kan pågå i många dagar. Även då ägg av kyrkogårdsmygga kläcks i medium där syrehalten sjunker fort till följd av bakteriell aktivitet, verkar äggen kläcka i vågor, med en tidig kläckvåg, följt av vågor av högre kläckning dagar senare.

För kyrkogårdsmyggan fanns det i vår studie inte en tydlig koppling mellan överlevnaden och hur kallt det varit. Överlevnaden minskade under försökets gång, men verkar inte korrelera på samma sätt med temperaturer som för äggen från tigermygga i försöket. Ägg av kyrkogårdsmygga kläcktes fortfarande vid försökets slut, men dock i mycket lågt antal. Förvånande var att det var i Uppsala och i Småland, som visat de kallaste temperaturerna under vintern, som enstaka ägg kläcktes även i slutet av försöket. Äggen av kyrkogårdsmygga uppvisade mycket dålig kondition vid inspektion efter att de förvarats i boxarna utomhus. Majoriteten av äggen såg skruppna och uttorkade ut, medan äggen av tigermygga såg fina och släta ut. Även de ägg som sparats i rumstemperatur visade låg kläckningsgrad då de provkläcktes senare under vintern. Det är möjligt att kyrkogårdsmyggans ägg är mer känsliga för långa torrperioder jämfört med ägg av tigermygga. Det är alltså svårt att dra några slutsatser angående kyrkogårdsmyggans potential att övervintra i Sverige utifrån detta försök, men det kan vara så att köld bara är en faktor av flera. Med tanke på hur snabbt kyrkogårdsmyggan spridit sig i Tyskland, och hur långt norrut den etablerat sig, så tror vi fortfarande att den skulle kunna etablera sig i delar av Sverige. Ytterligare försök skulle dock behövas för att undersöka vilka förhållanden som är avgörande för överlevnaden hos kyrkogårdsmyggans ägg.

Hos tigermyggan sågs en tydlig minskning av överlevnaden under försökets gång. Det gick också att se att äggen av tigermygga överlevde en tid även i kallare klimat. På Öland fanns viabla ägg kvar fortfarande i mars. Det är sannolikt att klimatet ganska snart kommer vara tillräckligt milt även i områden liknande det på Öland, för att ägg av tigermyggor skulle kunna överleva vintrar där. Mildast klimat uppvisades i Skåne, som var den enda lokalen där ägg kläcktes även under det sista kläcktestet. I Skåne gick kläckningsgraden för tigermygga från 90% till 35% från första kläckning till sista kläckning, under tidsperioden 146 dagar, som motsvarar knappt 5 månader. Förvaring i sig medför att viabiliteten hos myggägg minskar över tid. Kumari *et al.* (2025), påvisade en nedgång i viabilitet hos ägg av tigermygga, från 58,3% till 13,4% då ägg förvarades i rumstemperatur under 6 månader. Jämfört med detta kan man anse att överlevnaden är ganska god i Skåne, och därmed att förhållandena för äggen är relativt bra för överlevnad. Att en mygghona som lägger ägg hittar en plats som är gynnsam bidrar också till hur väl äggen kommer överleva eller inte.

För att myggorna ska klara övervintringen i miljön krävs troligen ytterligare aspekter som vi inte testat för i detta försök. I försöket är alla ägg kläckta i 25°C. Det är inte säkert att kläckningen hade varit så effektiv under kallare värförhållanden. I försöket har äggen också skyddats från att hamna under vatten under övervintringen vilket troligen hade påverkat överlevnaden. Även på många platser där tigermyggan är etablerad i Europa är populationerna väldigt små under första delen av sommaren (Deblauwe *et al.* 2022). Exakt hur tigermyggan skulle klara sig i södra Sverige är därför svårt att förutse men vårt försök visar tydligt att temperaturen i Skåne inte är begränsande.

I ett försök (Tippelt *et al.* 2020) undersöktes tålighet mot låga temperaturer hos ägg av en tempererad stam av tigermygga. Försöket pågick i 30 dagar. Man såg att både minimumtemperatur och exponeringsperiod

för låga temperaturer, spelar signifikant roll för hur många ägg som kläcks. Äggen klarade en konstant temperatur på -5 °C, samt tolererade -10 °C i upp till 20 dagar. I ett annat temperaturförsök där man undersökte tålighet mot kyla hos ägg av tigermygga (Thomas *et al.* 2012) klarade äggen -12 grader, men endast enstaka timmar. Tippelt *et al.* (2020) testade också hur äggen klarade fluktuerande temperaturer under en period av 30 dagar, då äggen utsattes för fluktuationer som varierade mellan +5 och -10°C, med den lägsta temperaturen varande under 8 timmar. Äggen överlevde under hela försökstiden som pågick i 30 dagar, och kläcktes fortfarande vid försökets slut.

Försöken ovan visar att exponeringsperioden blir mycket viktig vid de lägre temperaturmässiga gränserna för överlevnad. Äggen kan stressas till en viss gräns men vid upprepad exponering för suboptimala förhållanden skadas äggen för mycket och kläckningsgraden minskar. Det är därför viktigt att äggen läggs på en plats med gynnsamt mikroklimat. Vår studie visar att mikroklimatet på en skyddad plats blir en mycket viktig faktor för överlevnad i ett klimat där temperaturen kan sjunka relativt lågt under vintern. Generellt kan vi anta att äggen inte utsattes för de lägsta temperaturerna som redovisas i SMHI:s temperaturdata utan befunnit sig i en miljö som är något varmare. Detta illustrerar vilken skillnad ett skyddande mikroklimat kan göra.

Andra faktorer som kan påverka överlevnaden och som kan vara avgörande på platser vid den klimatologiska gränsen för överlevnad är anpassningar hos äggen för övervintring. Tippelt *et al.* (2020) jämförde också överlevnad hos vanliga ägg med överlevnad hos diapaus-anpassade ägg. Man kunde se en mycket liten ökad tolerans hos äggen i diapaus, när äggen utsattes för de lägsta temperaturerna. Diapausanpassade ägg läggs när moderdjuret utsatts för vissa stimuli, framför allt kortare dagslängd (Urbanski *et al.*, 2010). Honor av invasiva myggor som lägger ägg utomhus i slutet av sommaren, kommer troligen att lägga dessa ägg med bättre förutsättningar för övervintring. Ännu en faktor som gynnar köldtolerans hos övervintrande ägg är köldacklimatisering. Denna kan uppnås genom att äggen utsätts för låga temperaturer över fryspunkten, och har kraftig effekt på graden av kläckning (Hanson *et al.* 1994, Tippelt *et al.* 2019). Ägg som läggs i Sverige under slutet av sommaren kommer troligen att gå igenom en lång period av köldacklimatisering. I vårt försök blev tiden för acklimatisering kort, vilket kan ha påverkat överlevnaden i försöket negativt. Med en längre period av acklimatisering är det möjligt att vi hade sett en högre grad av överlevnad.

Områden med högre risk för etablering - nu och i framtiden

Många försök har gjorts för att modellera var tigermyggan skulle kunna etablera sig, utifrån var den redan är etablerad. Oliveira *et al.* (2021) har vägt samman många modeller och visar att framför allt på Skånes västkust är det möjligt för tigermyggan att etablera sig. Detta är också en del av Sverige med mycket transporter från Europa där arten är etablerad. Även i SMHI:s klimatprediktioner är detta en del av Sverige som är mildare än resten av landet. Som vår begränsade data från loggrarna visar, kan det vara stor skillnad i mikroklimat på skyddade ställen, och ett områdes allmänna klimat. Skillnaderna kan bli speciellt stora i urban och periurban miljö där värme från mänskliga aktiviteter kan påverka. I det data som togs fram av SMHI för de platser där vi utförde försöken, syns att antalet dagar med temperaturer under -10°C minskar på alla platser. Redan i perioden 2031-2060 kommer Öland under alla scenarier ha färre så kallade dagar än Simrishamn beräknades ha under 2001-2030. Våra försöksplatser i Småland och Uppsala förväntas inte bli så milda. I de kartor över förväntat kallaste vintertemperatur i olika klimatscenarier syns att även Gotland och delar av väst och östkusten kommer ha milda vintrar. Denna data pekar på att en relativt stor del av södra Sverige kommer ha ett klimat som är gynnsamt för övervintring av tigermyggan (Bilaga 3 och 4).

TACK

Tack till Myndighetsnätverket för klimatanpassning, för finansieringen av projektet.

Tack till Magnus Joelsson på SMHI för klimatdata.

Tack till Helge Kampen och Doreen Werner, vid Institut für Infektionsmedizin, Friedrich-Loeffler-Institut, och Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, i Tyskland, som bidrog med äggen i försöket.

Tack även till Christina och Benny Lindström, Tove och Kristian Ödegården och Ulla och Bengt Falke, för förvaring av äggen i sina trädgårdar under vintern.

Tack till Timo Persson på Naturvårdsverket.

REFERENSER

- Andreadis T., Anderson J., Munstermann L., Wolfe R., Florin D., (2001) Discovery, distribution and abundance of the newly introduced mosquito *Ochlerotatus japonicus* (Diptera: Culicidae) in Connecticut, USA. *J. Med. Entomol.* , 38, 774–779.
- Bova J., Soghigian J., Paulson S., (2019) The Prediapause Stage of *Aedes japonicus japonicus* and the Evolution of Embryonic Diapause in Aedini. *Insects* 2019 Jul 25;10(8):222.
- Christophers, R. (1960) *Aedes aegypti* (L.) The yellow fever mosquito. Its life history, bionomics and structure. Cambridge university press
- Clements, A. (1992) The Biology of Mosquitoes. Volume 1. Chapman & Hall.
- Deblauwe, I., De Wolf, K., De Witte, J. et al. (2022) From a long-distance threat to the invasion front: a review of the invasive *Aedes* mosquito species in Belgium between 2007 and 2020. *Parasites Vectors* 15, 206 . <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05303-w>
- Eklöf D., Lindström A., Lilja T. (2023) Stickmyggor, vektorer i ett förändrat klimat, SVA 2023/320.
- European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority. Mosquito maps [internet]. Stockholm: ECDC; 2024. Available from: <https://ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/surveillance-and-disease-data/mosquito-maps>
- Hanson S. M., Craig G. B. JR. (1994) Cold acclimation, diapause, and geographic origin affect cold hardiness in eggs of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 31: 192-201.
- Kaufman M.G., Fonseca D.M. (2014) Invasion Biology of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae). *Annual Review of Entomology* 59:31-49
- Kumari Y. G., Dalpadado R., Amarasinghe D. (2025) The effect of the egg storage time on the hatching success, morphometrics of larvae, and adult emergence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Volume173, Issue6, Special Issue: Trait Selection in Production Insects, Pages 642-647
- Novak R. J., Shroyer D. A. (1978) Eggs of *Aedes triseriatus* and *Ae. hendersoni*: a method to stimulate optimal hatch. *Mosquito News*, 515-521.
- Oliveira, S., Rocha, J., Sousa, C.A. et al. (2021) Wide and increasing suitability for *Aedes albopictus* in Europe is congruent across distribution models. *Sci Rep* 11, 9916. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89096-5>
- Reuss F., Wieser A., Niamir A., Bálint M., Kuch U., Pfenniger M., Müller R. (2018) Thermal experiments with the Asian bush mosquito (*Aedes japonicus japonicus*) (Diptera: Culicidae) and implications for its distribution in Germany. *Parasites & Vectors* 11:81.
- Reynolds J., Poelchau M., Rahman Z., Armbruster P., Denlinger D. (2012) Transcript profiling reveals mechanisms for lipid conservation during diapause in the mosquito *Aedes albopictus*. *Journal of Insect Physiology* 58: 966-973.

Thomas S. M., Obermayr U., Fischer D., Kreyling J., Beierkuhnlein C. (2012) Low-temperature threshold for egg survival of a post-diapause European aedine strain, *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Parasites & Vectors* 5:100.

Tippelt L., Werner D., Kampen H. (2019) Tolerance of three *Aedes albopictus* strains (Diptera: Culicidae) from different geographical origins towards winter temperatures under field conditions in northern Germany. *PLoS ONE* 14(7)

Tippelt L., Werner D., Kampen H. (2020) Low temperature tolerance of three *Aedes albopictus* strains (Diptera: Culicidae) under constant and fluctuating temperature scenarios. *Parasites & Vectors* 13:587.

Urbanski J.M., Benoit J.B., Michaud M. R., Denlinger D. L., Armbruster P. (2010) The molecular physiology of increased egg desiccation resistance during diapause in the invasive mosquito, *Aedes albopictus*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1694), 2683–2692. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0362>

Bilaga 1

LÅDORNAS PLACERINGAR

Simrishamn, Skåne;

Låda 1

WGS84 DD (lat, long); 55.55643, 14.35289
WGS84 DMS (lat, long); N 55° 33' 23.14", E 14° 21' 10.40"
WGS84 DDM (lat, long); N 55° 33.3857', E 14° 21.1732'
RT90; 6159503.012, 1408349.966
SWEREF99 TM; 6156903.214, 459180.295

Låda 2

WGS84 DD (lat, long); 55.55643, 14.35270
WGS84 DMS (lat, long); N 55° 33' 23.15", E 14° 21' 9.73"
WGS84 DDM (lat, long); N 55° 33.3859', E 14° 21.1621'
RT90; 6159503.503, 1408338.241
SWEREF99 TM; 6156903.568, 459168.572

Torslunda, Öland;

Låda 1

WGS84 DD (lat, long); 56.63491, 16.51701
WGS84 DMS (lat, long); N 56° 38' 5.69", E 16° 31' 1.23"
WGS84 DDM (lat, long); N 56° 38.0948', E 16° 31.0205'
RT90; 6278852.576, 1543678.431
SWEREF99 TM; 6277776.347, 593051.313

Låda 2

WGS84 DD (lat, long); 56.63488, 16.51664
WGS84 DMS (lat, long); N 56° 38' 5.56", E 16° 30' 59.91"
WGS84 DDM (lat, long); N 56° 38.0926', E 16° 30.9984'
RT90; 6278848.235, 1543655.842
SWEREF99 TM; 6277771.742, 593028.784

Vimmerby, Småland;

Låda 1

WGS84 DD (lat, long); 57.55579, 15.84184
WGS84 DMS (lat, long); N 57° 33' 20.84", E 15° 50' 30.64"
WGS84 DDM (lat, long); N 57° 33.3474', E 15° 50.5106'
RT90; 6381177.922, 1502192.985
SWEREF99 TM; 6379568.869, 550374.664

Låda 2

WGS84 DD (lat, long); 57.55590, 15.84175
WGS84 DMS (lat, long); N 57° 33' 21.24", E 15° 50' 30.30"
WGS84 DDM (lat, long); N 57° 33.3541', E 15° 50.5050'
RT90; 6381190.387, 1502187.33
SWEREF99 TM; 6379581.262, 550368.864

Uppsala, SVA;

Låda 1

WGS84 DD (lat, long); 59.82285, 17.65365
WGS84 DMS (lat, long); N 59° 49' 22.26", E 17° 39' 13.14"
WGS84 DDM (lat, long); N 59° 49.3710', E 17° 39.2190'
RT90; 6635150.247, 1603689.615
SWEREF99 TM; 6634661.857, 648778.774

Låda 2

WGS84 DD (lat, long); 59.82236, 17.65287
WGS84 DMS (lat, long); N 59° 49' 20.51", E 17° 39' 10.33"
WGS84 DDM (lat, long); N 59° 49.3418', E 17° 39.1721'
RT90; 6635094.842, 1603647.273
SWEREF99 TM; 6634605.956, 648737.121

Bilaga 2

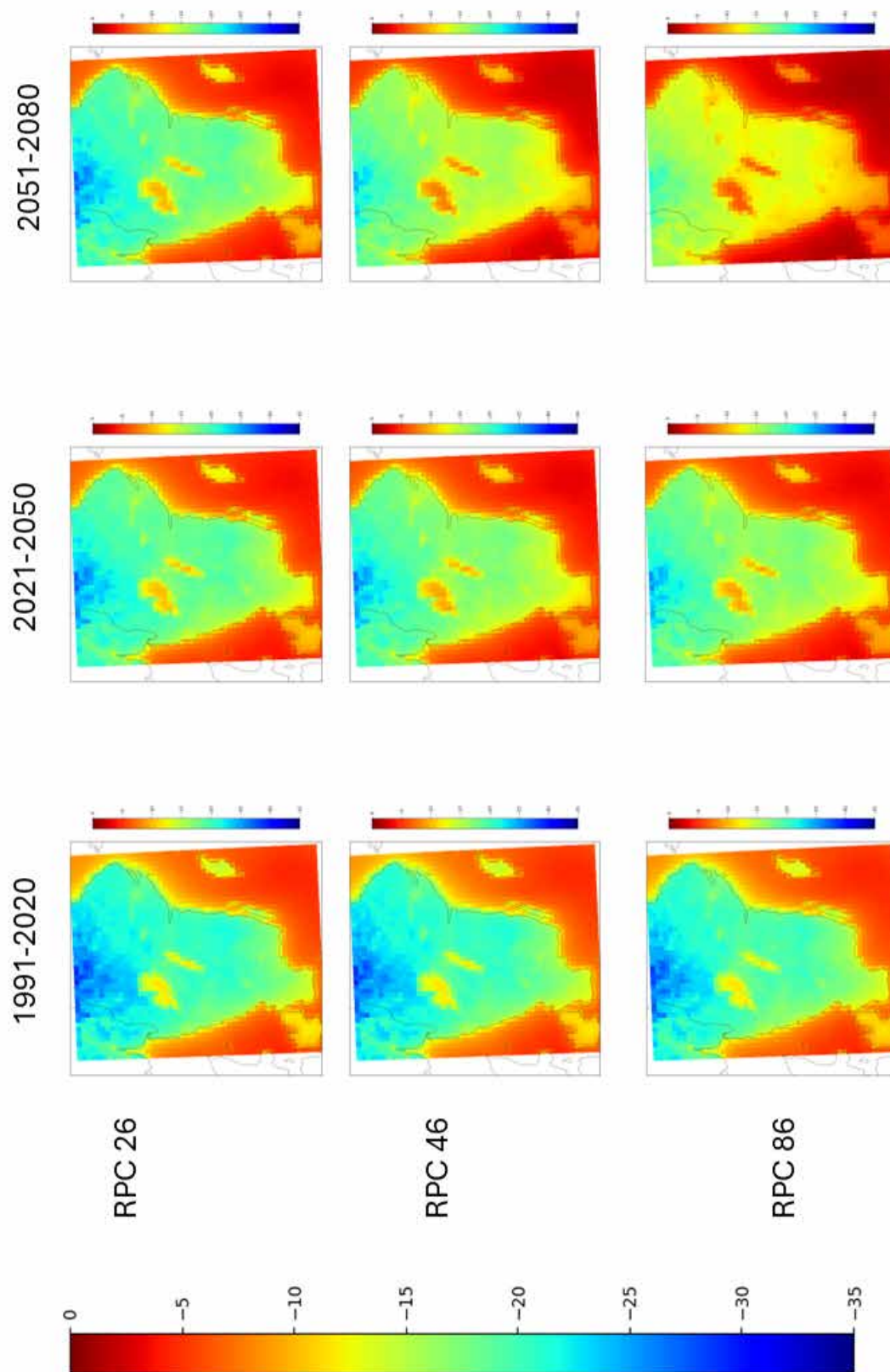
BACKGROUND DATA OF THE *AE. ALBOPICTUS* COLONY AND THE *AE. JAPONICUS* EGGS COLLECTED IN THE FIELD

Aedes albopictus: origin Freiburg, cemetery of Bergacker district (47°58'54.5"N 7°53'13.9"E); collected as larvae in summers 2014 and 2015. Adults developing from the larvae collected in 2015 were added to the 2014 colony. Since then, the colony was kept in insectary at ca. 25 °C, ca. 70% RH and an 11 h light: 11-hour darkness-cycle with 1 hour each of simulated dusk and dawn in between (slowly increasing/decreasing light intensity). The eggs sent had been diapause conditioned. For that, the larvae of the previous generation were kept at 21°C, ca. 70% RH and 8 hours light:16 hours darkness immediately after hatching until adult emergence. Adults (females) of that generation were fed on blood (swine) as is routinely done in our insectary (by a Hemotek blood feeding device; blood warmed to 37°C) and continued to be kept at 21°C and 8 hours light:16 hours darkness. The eggs produced by them are those sent to SVA.

Aedes japonicus: Ovitrap with masonite plates were exposed 01 Sept 2024 in the forest cemetery Troisdorf (50°49'19.0"N 7°10'14.5"E). They were checked on 17 Sept 2024, and plates with eggs were collected. Plates without eggs were left until 04 Oct 2024. On that day, all traps and masonite plates were collected, independent from whether eggs had been attached or not. All plates were checked for eggs before sending. Only plates with eggs attached were sent (some plates with only a few eggs, some with quite a number of eggs). Until sending, the plates were wrapped in moistened filter paper and stored outdoors. The Troisdorf cemetery has a considerable *Ae. japonicus* population density. Larvae have been found there from 2012 onwards on every visit, usually twice a year. For the last 3-4 years, *Ae. japonicus* larvae could be found in every second flower vase (estimated) with water (probably rainwater) but no flowers.

Bilaga 3

PREDIKTIONER ÖVER DEN LÄGSTA TEMPERATUREN UNDER VINTERN I TRE KLIMAT.



Bilaga 4

PREDIKTION AV ANTAL DAGAR KALLARE ÄN -10°C PÅ DE PLATSER DÄR ÖVERVINT-RINGSFÖRSÖKET UTFÖRDES.

		1971-2000	1981-2010	1991-2020	2001-2030	2011-2040	2021-2050	2031-2060	2041-2070	2051-2080	2061-2090	2071-2100
Uppsala	rcp26	29.8	25.6	22.9	20.7	18.2	16.1	14.5	14.5	15.5	15.2	15.5
	rcp45	29.4	25.6	23.2	20.8	17.2	15.2	13.0	12.0	11.1	9.4	8.6
	rcp85	29.1	25.6	23.2	20.1	16.0	13.4	10.8	9.0	6.5	4.2	2.6

Torslunda		1971-2000	1981-2010	1991-2020	2001-2030	2011-2040	2021-2050	2031-2060	2041-2070	2051-2080	2061-2090	2071-2100
	rcp26	9.1	7.5	6.4	5.8	4.8	4.3	3.6	3.7	3.9	3.8	3.8
	rcp45	9.4	7.5	6.5	5.8	4.6	4.0	3.1	2.8	2.5	2.1	1.8
	rcp85	9.3	7.5	6.5	5.6	4.2	3.3	2.4	1.9	1.3	0.7	0.4

Sjmrishamn		1971-2000	1981-2010	1991-2020	2001-2030	2011-2040	2021-2050	2031-2060	2041-2070	2051-2080	2061-2090	2071-2100
	rcp26	5.6	4.6	3.9	3.6	2.9	2.6	2.2	2.2	2.4	2.3	2.2
	rcp45	5.8	4.6	4.0	3.7	2.9	2.6	1.9	1.7	1.4	1.2	1.0
	rcp85	5.9	4.6	3.9	3.5	2.5	2.0	1.3	1.1	0.7	0.4	0.2

Hoegeroedja		1971-2000	1981-2010	1991-2020	2001-2030	2011-2040	2021-2050	2031-2060	2041-2070	2051-2080	2061-2090	2071-2100
	rcp26	25.6	22.4	20.5	19.2	17.0	15.3	14.2	14.0	14.6	14.3	14.9
	rcp45	25.3	22.4	20.6	19.1	16.0	13.9	11.8	11.0	10.3	8.8	8.2
	rcp85	25.5	22.4	20.3	18.2	14.8	12.8	10.3	8.9	6.5	4.4	2.7