



SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

SKRIVELSE

2015-11-02 NV-05266-13

Att utvärdera effekterna av bekämpning av översvämningsmyggor

Redovisning av ett regeringsuppdrag

Förord

Regeringen gav i juni 2013 Naturvårdsverket i uppdrag att utvärdera effekterna av bekämpning av översvämningsmyggor med det biologiska bekämpningsmedlet VectoBac G, som bland annat består av Bti.

Uppdraget har skett i samråd med Länsstyrelsen i Gävleborgs län och efter samråd med Socialstyrelsen (numera Folkhälsomyndigheten), Statens jordbruksverk, Statens veterinärmedicinska anstalt, Skogsstyrelsen, Havs- och vattenmyndigheten och Kemikalieinspektionen.,

Arbetet har genomförts av Cecilia Lindblad, Björn Persson, Johan Abenius, Yvonne Lundell, Kerstin Backman Hannerz (bitr.projektledare) och Elisabeth Öhman (projektledare) samtliga Naturvårdsverket samt av Anders Johansson, Länsstyrelsen i Gävleborgs län.

Naturvårdsverket november 2015



Björn Risinger, Generaldirektör

Innehåll

FÖRORD	2
INNEHÅLL	3
SAMMANFATTNING	5
INLEDNING	7
Uppdraget	7
Genomförande	7
BAKGRUND	9
Myggproblemets orsaker	9
Myggbekämpning	10
Bti som bekämpningsmedel	10
Villkor för bekämpning med Bti	11
EFFEKTER AV BEKÄMPNING AV ÖVERSVÄMNINGSMYGGOR MED BTI (VECTOBAC G)	13
Målorganismer	13
Resistens	14
Direkta effekter på icke-målorganismer	15
Effekter på ekosystem	15
Studie av de indirekta effekterna av Bti-behandling på olika nivåer i ett ekosystem	16
Övergödning	20
Husdjur och boskap	21
Lokalbefolkning	22
Hälsoeffekter av myggproblematiken	23
Privatekonomiska konsekvenser för lokalbefolkningen	25
Betalningsvilja hos lokalbefolkningen för insatser som minskar myggförekomst - Ett sätt att värdera myggproblemets kostnader	25
Tidigare rapporter och studier	26
Studie av påverkan på friluftsliv, naturturism och utomhusidrott i Nedre Dalälvsområdet	27
SLUTSATSER OCH DISKUSSION	33
REFERENSER	36
BILAGA 1	38

Biologisk bekämpning av mygg med <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> : en förstudie om effekter på målorganismer, icke-målorganismer och människor, rapport EVIEM	38
BILAGA 2	39
Kvantifiering av ekosystemeffekter av Bti-användning i Nedre Dalälven, rapport SLU	39
BILAGA 3	40
Effekter av bekämpning av översvämningsmyggor – Hur påverkas friluftslivet, rapport SLU	40

Sammanfattning

Naturvårdsverket har fått i uppdrag att utvärdera effekterna av bekämpning av översvämningsmyggor med det biologiska bekämpningsmedlet Vecto-Bac G, som bland annat består av Bti.

Översvämningsmyggor orsakar stora problem i vissa områden, främst i Mellansverige. Mest uppmärksammat är situationen i Nedre Dalälvsområdet. Området är naturskönt, med mycket höga naturvärden och relativt stor andel skyddad natur.

Myggproblemets omfattning varierar från år till år. När problemen är som störst är situationen mycket besvärlig för människor och djur, vilket medför kraftiga inskränkningar i det dagliga livet för de boende i området, men även för besöksnäringen som är mycket viktig för bygden. Sedan 2002 har man vid höga tätheter av larver av översvämningsmygg, med hjälp av helikopter, spridit bekämpningsmedlet Bti över vissa områden, bland annat i Nedre Dalälven

I den kunskapssammanställning som Naturvårdsverket har uppdragit åt Mistras råd för evidensbaserad miljövard (EviEM) att göra, konstateras bland annat att den potentiella effektiviteten hos Bti har undersökts noggrant i många studier och att dödligheten hos larver av stickmygg och knott är mycket hög under laboratorieförhållanden. Däremot har ett relativt stort antal studier av hur effektiva Bti-behandlingar är i större skala och under naturliga förhållanden visat varierande resultat. Direkta effekter på icke-målorganismer har studerats i relativt stor omfattning och den största gruppen av icke-målorganismer som är mottagliga för Bti är olika fjädermygg-larver.

Trots ett flertal studier har några säkra indikationer på resistens mot Bti inte kunnat visas hos stickmyggor ute i naturen, men förekomst av mekanismer som kan leda till resistensutveckling har konstaterats hos uppodlade populationer. Risken för resistensutveckling mot Bti hos stickmyggor av släktet *Aedes* (bland annat översvämningsmyggor) utgör en av flera orsaker till att medlet inte kan ersätta andra insatser långsiktigt i områden med myggproblem.

Mot bakgrund av hur toxiciteten hos Bti fungerar anses en väl avvägd användning av Bti inte ha några direkta effekter på fåglar, fiskar och däggdjur, inklusive boskap och husdjur. Däremot är kunskapen om effekter på andra taxonomiska grupper samt på näringsväven bristfällig.

I kunskapssammanställningen konstateras att det finns relativt lite forskning om hur myggen påverkar människors välbefinnande, friluftsliv och turism.

De studier som genomförts visar dock att många boende upplever stora besvär, främst i form av stress och oro till följd av de obehag som myggen ger upphov till och att tillgången till utomhusrekreation begränsas. Inom ramen för detta uppdrag initierades en forskningsstudie om hur friluftsliv, naturturism och utomhusidrott i Nedre Dalälvsområdet påverkas av massförekomst av översvämningsmyggor och myggbekämpning. Denna studie, som genomfördes av Lindhagen m.fl. på SLU, Institutionen för skogens produkter, visar att i princip alla friluftslivsaktiviteter, all utomhusidrott och all naturturism i Nedre Dalälvsområdet hämmas kraftigt då det blir mycket översvämningsmyggor. Detta gäller särskilt de många friluftslivsaktiviteter som är platsbundna och antingen begränsas kraftigt eller inte kan utföras alls då det är mycket översvämningsmyggor.

Inom detta uppdrag har även en studie genomförts av McKie m.fl. på SLU, Institutionen för vatten och miljö, med det övergripande syftet att utreda om upprepade behandlingar med Bti (Vectobac G) har indirekta effekter på näringsväven i ekosystemet samt om behandlingarna leder till lokala eutrofieringseffekter. Sammantaget visar resultaten från denna studie på ett antal tydliga skillnader i isotopsammansättningen hos vanligt förekommande djur i näringsväven mellan områden som i över tio år har behandlats med bekämpningsmedlet Bti och kontrollområden längs Nedre Dalälven. Skillnaderna uppträder redan hos marklevande organismer på låga trofiska nivåer, nämligen hos hornkvalster och maskar som livnär sig på bakterier och ruttande organiskt material. Detta tyder enligt McKie m.fl. (2015) på att upprepade behandlingar med majsbunden Bti förändrar näringsvävens bas i dessa ekosystem. Skillnader finns även hos predatoriska spindlar och skalbaggar. Den observerade högre anrikningen av N-isotopen i näringsväven i behandlade områden visar att näringsväven i dessa områden är något mer komplext än i kontrollområden som aldrig behandlats med majsbunden Bti. Detta kan enligt McKie m.fl. (2015) bero på den upprepade tillförseln av majsbunden Bti, samt de stora mängder döda mygglarver som blir kvar efter behandling.

Denna korta studie har begränsats till provtagning av marklevande organismer. Hur andra delar av näringsväven påverkats av Bti-behandling har inte studerats. Naturvårdsverket kan därför i dagsläget inte dra några slutsatser om vilka konsekvenser detta kan få för ekosystemet på lång sikt och bedömer att det finns behov av att genomföra ytterligare studier avseende långtidseffekter i näringsväv. Därför bör kontrollprogrammet för bekämpning med Bti utformas så att eventuella effekter på ekosystemet kan påvisas.

Inledning

Uppdraget

Naturvårdsverket har fått i uppdrag att i samråd med Länsstyrelsen i Gävleborgs län och efter samråd med Socialstyrelsen (numera Folkhälsomyndigheten), Statens jordbruksverk, Statens veterinärmedicinska anstalt, Skogsstyrelsen, Havs- och vattenmyndigheten och Kemikalieinspektionen, utvärdera effekterna av bekämpning av översvämningsmyggor med det biologiska bekämpningsmedlet VectoBac G. Vectobac är en granulär form av bakterien *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*). Uppdraget innebär att utvärdera bekämpningens såväl kortsiktiga som långsiktiga effekter på:

- målorganismer
- biologisk mångfald, inklusive skyddade naturtyper och arter
- lokalbefolkning
- husdjur och boskap
- friluftsliv
- turism.

Naturvårdsverket ska även utreda risken för och följder av dels att målorganismerna blir resistent mot bekämpningsmedlet, dels att bekämpningen leder till övergödning. Myndigheten ska vidare utreda eventuella kumulativa effekter av att bekämpning upprepas under flera år.

Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (Miljödepartementet) senast den 2 november 2015.

Genomförande

Naturvårdsverket har genomfört uppdraget i samråd med Länsstyrelsen i Gävleborgs län och efter samråd med Socialstyrelsen (numera Folkhälsomyndigheten), Statens jordbruksverk, Statens veterinärmedicinska anstalt, Skogsstyrelsen, Havs- och vattenmyndigheten och Kemikalieinspektionen.

Uppdraget inleddes med en förstudie – en sammanställning av kunskapen inom området. Kunskapsöversikten utfördes av Mistras råd för evidensbaserad miljövard (EviEM). Förstudien lämnades till Miljödepartementet den 20 februari 2014. I sammanställningen konstateras att det finns många studier av olika aspekter av Bti och det har även gjorts en hel del litteratursammanställningar i ämnet. Det finns därmed en relativt stor samlad kunskap inom ämnet och många erfarenheter att ta lärdom av. Trots detta finns det vissa kunskapsluckor som gäller framförallt frågor angående indirekta effekter på icke-målorganismer genom förändringar i näringsväven. Även frågan om Bti indirekt kan orsaka eutrofiering är studerad i mycket liten omfattning.

Det konstateras även att studier av effekten av myggförekomster på bland annat människors välbefinnande, friluftsliv och turism i stor utsträckning saknas. Resultatet av förstudien har sedan legat till grund för det fortsatta arbetet med uppdraget.

För att få bättre underlag vad gäller effekter på ekosystemnivå gav Naturvårdsverket McKie och Goedkoop på SLU, Institutionen för vatten och miljö, i uppdrag att utreda om upprepade behandlingar med Bti har indirekta effekter på olika nivåer i ekosystemen samt om behandlingarna leder till lokala eutrofieringseffekter.

Inom ramen för detta regeringsuppdrag har Naturvårdsverket även initierat ett forskningsuppdrag som fokuserat på hur friluftsliv, naturturism och utomhusidrott i Nedre Dalälvsområdet påverkas av massförekomst av över-
svämningsmyggor och myggbekämpning. Studien har genomförts av Lindhagen, Hultåker och Bergqvist på Institutionen för skogens produkter vid SLU under 2015.

Bakgrund

Stickmyggor orsakar stora problem i vissa områden, främst i Mellansverige. Mest uppmärksammas är situationen i Nedre Dalälvsområdet. Ett relativt glesbefolkat och bitvis svårtillgängligt område i gränslandet mellan fyra län – Gävleborg, Uppsala, Dalarna och Västmanland. Området är naturskönt, med mycket höga naturvärden och relativt stor andel skyddad natur. Här finns såväl Färnebofjärdens nationalpark som flera naturreservat.

Myggproblemets omfattning varierar från år till år. När problemen är som störst är situationen mycket besvärlig för människor och djur, vilket medför kraftiga inskränkningar i det dagliga livet för de boende i området, men även för besöksnäringen som är mycket viktig för bygden.

De stickmyggor som orsakar flest problem för befolkningen i Nedre Dalälvsområdet är den grupp som kallas översvämningsmyggor (framförallt *Aedes sticticus*). Utmärkande för dessa är att de har en mycket snabbare utveckling än andra arter med masskläckning av äggen.

Översvämningsmyggor lägger sina ägg på översvämningsmarker där de kan ligga livskraftiga i flera år. För att äggen sedan ska kläckas krävs en period av torka, följt av en översvämning, samt att vattentemperaturen inte understiger 8-10 °C (Schäfer och Lundström 2009).

Myggproblemets orsaker

Det finns teorier om myggproblemets orsaker i områdena vid Nedre Dalälven. I rapporten "Mygg och Bti i Nedre Dalälvsområde" (Nilsson, Renöfält, 2009) framstår tre faktorer som särskilt viktiga - översvämningar, vattnets temperatur och vattnets näringshalt.

Områdena vid Nedre Dalälven kännetecknas av flera större fjärdar med mellanliggande forssträckor. De omgivande markerna till dessa fjärdar utgörs ofta av flacka skogbeväxta områden, men här finns även stora gräsdominerade arealer av madmarkstyp – så kallade älvängar. Dessa älvängar sköttes, många av dem långt in på 1900-talet, genom slåtter eller i vissa fall bete. När sedan djurens foder kunde införskaffas på lättare och billigare sätt övergavs älvängarna. Trots att flera decennier gått har endast marginell igenväxning med träd och buskar ägt rum, varför de fortfarande domineras av gräsarter och ofta högvuxna sådana med kraftig tuvbildning som följd. Dalälven reglerades på 1950-talet. Flödena innan dess kännetecknades av en hög och varaktig vårfloed, följd av låga, stabila sommarflöden och senare högre flöden igen under hösten. Dessa flödesregimer har delvis satts ur spel genom regleringen. Idag förekommer troligen tätare högflödespulser sammanlagt, när vattentemperaturen är mer gynnsam för myggkläckning.

Om dessa högvattenperioder inträffar sommartid skapar de förutsättningar för utveckling av översvämningsmyggor. Tillfällena med hög vattenföring och följande översvämning kan inträffa flera gånger under loppet av en växtsäsong.

Sannolikt har såväl vattenregleringen som den uteblivna hävden betydelse för ökningen av översvämningsmyggorna. De tuviga älvängarna medför att vatten stannar kvar i ojämnheter när älvvattnet drar sig tillbaka. Här kan uppvärmningen av vattnet gå fort och den skyddade miljön passar utmärkt för mygglarvernas utveckling.

En landskapsstrategi, med länsstyrelsen i Gävleborg som huvudman, som inriktade sig på hanterandet av massförekomsten av översvämningsmygg slutredovisades 2013. Detta arbete, som utfördes i nära samarbete med ortsbefolkningen kring Nedre Dalälven, kom fram till att man vid sidan av fortsatt Bti-bekämpning ska fokusera på hävd av älvängar och modifierad vattenreglering. I strategin presenterades forskning från SLU (Östman och Wengström, 2013), som visar att återupptagen hävd på älvängar, genom slätter eller bete, kan minska mygglarv förekomsterna med 70 procent vilket tydliggör hävdens betydelse för förekomsten av översvämningsmyggor i området. Utöver nämnda förklaringar till ökningen av myggor kan även andra orsaker spela in. Klimatförändringar kan exempelvis ha betydelse.

Myggbekämpning

Bti som bekämpningsmedel

Sedan 2002 har det pågått biologisk bekämpning av översvämningsmyggor i Nedre Dalälvsområdet. Vid höga tätheter av mygglarver har man med hjälp av helikopter spridit bekämpningsmedlet VectoBac G med den verksamma beståndsdelen Bti. VectoBac G är ett granulat baserat på majs. Den aktiva beståndsdelen är *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti). Bti utgörs av bakterier som dödar mygglarverna i översvämningsområden genom att angripa deras tarmepitel. 2010 godkände Kemikalieinspektionen medlet för bekämpning av larver från översvämningsmyggor. Bti-baserade produkter har använts på alla kontinenter, och totalt i över 25 länder (Boisvert, 2007).

Bti anses i allmänhet vara både effektivt och målspecifikt. Specificiteten har förklarats av hur de giftiga substanserna i Bti verkar, vilket kan beskrivas som en flerstegsprocess (Ramírez-Lepe och Ramírez-Suero, 2012). De giftiga egenskaperna hos Bti har sitt ursprung i de mycket små kristaller som produceras när Bti bildar sporer. Kristallerna och deras beståndsdelar är inerta protoxiner som inte i sig är biologiskt aktiva. De kan däremot bli aktiverade när de äts upp av mygglarver, och verknings sättet kan beskrivas enligt följande: (i) Mygglarven sväljer kristaller (ii) Upplösning av kristallerna i larvens basiska tarmkanal (pH>10) (iii) Proteolytisk aktivering

(spjälkning) av lösta proteiner (iv) Toxinerna binds tillreceptorer på cellmembran i tarmkanalen (v) Toxinerna tränger igenom membran (vi) Toxinerna bildar porer i cellmembranen och orsakar en osmotisk obalans vilket leder till att cellerna sväller (vii) Mellantarmen blir paralyserad och insekten slutar att äta. De flesta mygglarverna dör inom några timmar efter förtäring av kristallerna. Bti har ingen effekt på myggäggs, puppor eller myggor.

Eftersom Bti är den mest vedertagna benämningen kommer vi i denna rapport att använda den benämningen när vi avser den biologiska bekämpningen med VectoBac G.

Villkor för bekämpning med Bti

För att bekämpning med Bti ska kunna utföras måste en rad villkor uppfyllas. En eventuell bekämpning anmäls i förväg till tillsynsmyndigheten, den aktuella kommunens miljö- och hälsoskyddskontor alternativt länsstyrelsen.

Naturvårdsverket prövar ansökningar om myggbekämpning med luftfartyg. Naturvårdsverket övertog prövningen av ansökan om bekämpning av larver av översvämningsmygg från Kemikalieinspektionen vid årsskiftet 2011/2012.

Flygbekämpning och skyddade områden

Flygbekämpning med bekämpningsmedel är förbjuden i Sverige enligt 14 kapitlet 7 § miljöbalken. Om man vill bekämpa larver av översvämningsmygg med bekämpningsmedel från luftfartyg, så ska en ansökan lämnas till Naturvårdsverket. För bekämpning som på ett betydande sätt kan påverka miljön i ett Natura 2000-område krävs tillstånd av länsstyrelsen eller Naturvårdsverket, och i vissa fall även tillåtelse från regeringen, enligt 7 kap. miljöbalken. Frågan om så kallade Natura 2000-tillstånd prövas normalt av länsstyrelsen, men om medlet ska spridas från helikopter prövas frågan av Naturvårdsverket. Vidare kan det krävas dispens från länsstyrelsen från förbud i artskyddsförordningen (2007:845) samt naturreservats- och nationalparksföreskrifter.

Naturvårdsverket prövar ansökan och gör en bedömning av om tillstånd kan ges för spridning av bekämpningsmedlet i Natura 2000-områden (7 kap. 27-28 §§ MB). I de fall som Naturvårdsverket inte kan utesluta att en bekämpning kan skada de livsmiljöer eller störa de arter som ska skyddas, kan frågan komma att prövas av regeringen. Kommer regeringen i sin prövning fram till att tillstånd kan ges, är det Naturvårdsverket som fattar beslut om tillståndet (7 kap. 29 b § MB).

Innehåll i en ansökan

För att kunna pröva en ansökan om bekämpning av larver av översvämningsmygg behöver Naturvårdsverket till exempel veta var området ligger,

hur stort det är, om det är skyddat enligt 7 kap. miljöbalken, hur många människor som berörs och hur många stickmyggor som fångats under ett dygn. Om en sökande planerar att påbörja bekämpning den 1 maj och ett Natura 2000-område berörs, så bör ansökan skickas in till Naturvårdsverket i oktober året innan.

Uppföljningsprogram

För att undersöka eventuell inverkan av betydelse för Natura 2000-områdena har regeringen ställt som villkor att en noggrann uppföljning ska ske efter genomförd bekämpning. Vissa preciserade data över icke-målorganismer, målorganismer och några miljövariabler ska därför följas upp, dokumenteras och rapporteras till Naturvårdsverket och tillsynsmyndigheterna.

Effekter av bekämpning av översvämningsmyggor med Bti (VectoBac G)

Bti-baserade insekticider har använts sedan 1980-talet i många länder och på alla kontinenter. Utifrån den kunskapssammanställning (se Bilaga 1) som EviEM har genomfört inom ramen för detta uppdrag kan konstateras att det finns många studier av olika aspekter av Bti och det har även gjorts en hel del litteratursammanställningar i ämnet. Det finns därmed en relativt stor samlad kunskap inom ämnet och många erfarenheter att ta lärdom av. Trots detta finns det vissa kunskapsluckor och det gäller framförallt frågor angående indirekta effekter på icke-målorganismer genom förändringar i näringsväven. Även frågan om Bti indirekt kan orsaka eutrofiering har studerats i mycket liten omfattning och studier av effekten av myggförekomster på bland annat människors välbefinnande, friluftsliv och turism saknas i stor utsträckning.

För att ta fram ny kunskap om hur bekämpningen kan påverka den biologiska mångfalden krävs normalt studier och systematiskt insamlade data över decennier, vilket inte har varit möjligt att genomföra inom ramen för detta uppdrag. Kumulativa effekter av att bekämpning upprepas under flera år skulle kunna påvisas först efter en längre tid i långtidsstudier. En utredning av näringsvävar i behandlade och obehandlade områden har dock kunnat genomföras av McKie m.fl. (2015) vid Institutionen för vatten och miljö vid SLU och har bidragit med nya insikter om bekämpningsmedlets effekter i näringsväven (se Bilaga 2).

Naturvårdsverket här även uppdragit åt Lindhagen m.fl. vid Institutionen för skogens produkter vid SLU att genomföra en studie av hur friluftsliv och naturturism i Nedre Dalälvsområdet påverkas av massförekomst av översvämningsmyggor och myggbekämpning (se Bilaga 3).

I detta kapitel redovisas kunskapsläget när det gäller effekter av bekämpning med Bti. Det baseras huvudsakligen på EviEM:s rapport och de referenser som anges samt de två forskningsstudier som har genomförts inom ramen för detta uppdrag.

Målorganismer

I uppdraget till Naturvårdsverket skriver regeringen att det är osäkert vilken effekt bekämpningen har på målorganismer (översvämningsmygg). Osäkerheten gäller framför allt långsiktiga effekter samt effekter på landskapsnivå. Det är väl etablerat att den potentiella effektiviteten hos Bti-baserade produkter för bekämpning av mygglarver är hög. EviEM:s kunskapssammanställning visar att Bti har visat sig vara effektivt för att döda mygglarver

både i laboratorieexperiment och inom väl avgränsade kläckningsområden ute i naturen. Resultaten i studier som mätte effektiviteten på samhällsnivå var dock mer blandade. Dessa studier gav inte något entydigt stöd för att Bti, när det användes som enda bekämpningsmedel, gav signifikanta minskningar i entomologiska index. En orsak till detta skulle dock kunna vara att de som utförde studierna kan ha misslyckats med att identifiera och behandla alla potentiella kläckningsplatser.

Svårigheterna vid behandling med Bti i stor skala ligger i att identifiera alla kläckningsplatser inom målområdet och att genomföra behandlingen vid rätt tidpunkt under myggornas utvecklingscykel. Varje framgångsrik behandling med Bti har en kortvarig effekt eftersom stora mängder okläckta ägg av översvämningsmyggor kan finnas i marken i de översvämnade områdena. Okläckta ägg kan överleva i många år och myggorna är endast åtkomliga för Bti-metoden i det kortvariga larvstadiet som föregår kläckningen. Dessutom kan ett kontinuerligt inflöde av befruktade honor av översvämningsmygg från obehandlade områden utanför målområdet förväntas ske. För att minska sådana effekter kan målområdet för behandlingen utökas vilket dock leder till ökade kostnader och logistiska svårigheter, till exempel avseende synkronisering av insatser. Av dessa skäl riskerar behandling med Bti som enda åtgärd för att minska myggförekomst att vara ett evighetsprojekt så länge kläckningsområdena är lämpliga för massutveckling av dessa myggor.

Resistens

När samma typ av aktivt ämne används flera år i rad för att bekämpa en skadeinsekt är risken stor att insektspopulationen utvecklar resistens mot ämnet. De individer som bär på en mutation som gör dem okänsliga för ämnet i fråga överlever bekämpningen, fortplantar sig och sprider resistensegenskapen vidare i populationen.

För att utveckla resistens mot Bti behöver en myggas matsmältningsorgan förändras i någon av de egenskaper som gör den mottaglig för ämnet, det vill säga (i) den basiska magtrakt som krävs för att lösa upp *Bti*-kristallerna, (ii) de enzymer som krävs för att aktivera protoxinerna, eller (iii) de receptorer som krävs för att binda toxinerna till cellmembranen (Lacey, 2007). *Bti*-kristallerna innehåller fyra olika protoxiner (Cry4Aa, Cry4Ba, Cry11Aa och Cyt1Aa) som interagerar med flera olika receptorer på tarmkanalens cellmembran hos stickmyggorna.

EviEM:s kunskapssammanställning visar att det trots många undersökningar endast är ett fåtal studier som indikerar att resistens mot Bti har kunnat påvisas i naturen. De studier som rapporterat sådan resistensutveckling har dessutom ifrågasatts bland annat på grund av brister i de metoder som använts.

Även om bevisen för utveckling av resistens mot Bti hos myggor i fält verkar vara ganska svaga, har det visats att resistens mot enskilda protoxiner

kan utvecklas i laboratorieförsök vilket indikerar att förutsättningar för resistens hos stickmygg mot Bti finns. Strax efter EviEM:s kunskapssammanställning 2014 har en ny rapport publicerats av Stalinski m.fl.(2014) som påvisar förekomsten av mekanismer som kan underlätta resistensutveckling hos *Aedes*-myggor, i korthet att resistens kan utvecklas samtidigt mot flera av de protoxiner som är verksamma i Bti.

Sammanfattningsvis anser Naturvårdsverket att risken för resistensutveckling mot Bti hos stickmyggor av släktet *Aedes* (bl.a. översvämningsmyggor) utgör en av flera orsaker till att medlet inte kan ersätta andra insatser långsiktigt i områden med myggproblem.

Direkta effekter på icke-målorganismer

Det finns ett stort antal studier som utvärderat direkta effekter av Bti-bekämpning på icke-målorganismer, det vill säga direkt toxisk effekt på icke-målorganismer. Den största gruppen av icke-målorganismer som visats vara känsliga för direkt påverkan av Bti består av olika chironomider (fjärdermyggor) (Boisvert och Boisvert 2000).

I EviEM:s kunskapssammanställning konstateras att mot bakgrund av hur toxiciteten hos Bti fungerar anses en väl avvägd användning av Bti inte ha några direkta effekter på fåglar, fiskar och däggdjur, inklusive boskap och husdjur. Bti-kristallerna fungerar genom att de upplöses när de hamnar i mygglarvernas basiska magtarmkanal och där omvandlas de till ett toxin som förstör magtarmkanalens celler och är därmed dödlig för mygglarven.

Effekter på ekosystem

Ett ekosystem är komplext, där djur, växter, svampar och mikroorganismer lever inom ett område och samverkar med omgivande miljö. Alla organismer i ett ekosystem ingår i en näringsväv som är sammansatt av ett flertal näringskedjor med producenter i botten och toppkonsumenter i toppen av väven. Genom att studera en näringsväv kan man påvisa hur olika ämnen (exempelvis näringsämnen och gifter) sprids och omvandlas i ekosystemet. I gränzonen mellan land och vatten kopplas de olika miljöerna samman bland annat genom att organismerna ingår i näringsvävar som kan nyttja energi och näring från båda miljöerna.

Utglesning eller avlägsnande av en viss art från en miljö kan orsaka negativa eller positiva effekter på andra arter, vilket i sin tur kan påverka till exempel artrikedomen eller artdominans i hela ekosystemet. EviEM:s kunskapssammanställning visar att det finns mycket få studier som undersökt komplexa effekter eller indirekta effekter på icke-målorganismer till följd av föränd-

ringar i näringsväven. Framför allt saknas det långtidsstudier på ekosystemnivå.

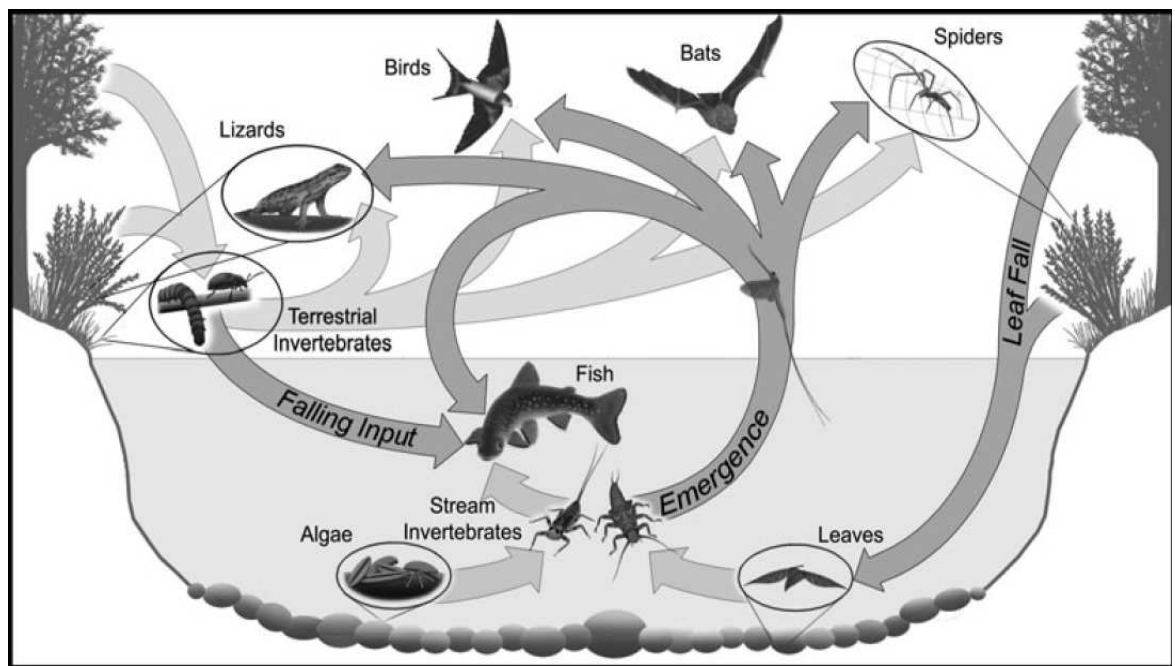
Studie av de indirekta effekterna av Bti-behandling på olika nivåer i ett ekosystem

För att få bättre underlag vad gäller effekter på ekosystemnivå gav Naturvårdsverket forskare vid SLU, Institutionen för vatten och miljö, i uppdrag att utreda följande frågor närmare:

Hur stora är de indirekta effekterna av Bti-behandling på olika nivåer i ett ekosystem?

Leder behandling med Bti till lokala eutrofieringseffekter?

I översvämningsmiljöer är flödet av energi och näring mellan vatten och land viktigt för att upprätthålla ekosystemens funktion. Många terrestra konsumenter är beroende av föda i form av vuxna insekter vars larver har utvecklats i akvatisk miljö, se figur 1. De stora mängderna vuxna insekter som årligen lämnar vattnet utgör en födoresurs för exempelvis fåglar, fladdermöss, spindlar och predatoriska insekter. I tidigare studier har det visats att insekter med akvatiskt ursprung utgjorde 26 procent av det totala årliga energiintaget för ett områdes fågelpopulationer, dock med stora variationer mellan arter och årstider. Andra studier visar att även spindlarna är beroende av insekter med akvatiskt ursprung och utgör en viktig länk mellan de akvatiska och terrestra näringsvävarna. Ovan nämnda exempel illustrerar de mycket komplexa system av energiflöden och ekologiska processer på landskapsnivå, som vi ännu har begränsade kunskaper om.



Figur 1. Översikt över näringsflöden mellan ett vattendrag och omgivande landmiljö. De mörka pilarna indikerar gränsöverskridande transporter mellan akvatisk och terrester miljö. (från Baxter m.fl. 2005)

Vissa arter av framför allt insekter kan periodvis förekomma i mycket höga populationstätheter. När bitande insekter, som myggor och knott, förekommer i sådana mängder kan det få både negativa konsekvenser såsom stressfaktor för värdjur samt sjukdomsspridare och positiva konsekvenser såsom en hög tillgång på föda.

Vuxna stickmyggor utgör under kläckningsperioder en viktig födoresurs för landlevande djur som spindlar, fåglar och fladdermöss. Det är dock inte närmare studerat i vilken omfattning dessa predatorer livnär sig på stickmyggan under de relativt korta kläckningsperioderna och inte heller om effekter av masskläckningarna av översvämningsmyggor har negativa effekter på predatorer, exempelvis genom att de blir bitna och tappade på blod.

Då översvämningsmyggor uppträder i sådana mängder som vid Nedre Dalälven är det troligt att deras predatorer når en mättnadsfas där de inte längre kan utnyttja överskottet av föda. En stor del av myggorna som dör på land blir därför troligtvis en del av den jordbundna näringsväven.

Översvämningsmyggorna vid Nedre Dalälven är en komponent i den jordbundna näringsväven både i Bti-behandlade och obehandlade områden. I obehandlade områden är vuxna myggor utspridda över ett större område till skillnad från behandlade områden där få mygglarver överlever till vuxna individer. I behandlade områden blir de döda mygglarverna kvar på marken,

koncentreras till små fuktiga ytor och bidrar på så sätt till den jordbundna näringsväven.

Upplägg av studien

För att få en uppfattning om eventuella effekter på ekosystem nivå valde McKie m.fl.(2015) att studera om det finns skillnader i näringsväven mellan Bti-behandlade områden och obehandlade områden genom att analysera stabila isotoper.

De stabila isotoperna fungerar som värdefulla spårämnen, som förs vidare inom födoväven när en grupp av organismer konsumerar en annan. Genom att analysera anrikningen (δ) av stabila isotoper för exempelvis kol (^{13}C) och kväve (^{15}N), i olika organismgrupper ges information om hur födoväven är uppbyggd, det vill säga vad olika grupper av organismer äter och hur många trofiska kopplingar det finns mellan organismerna. Det är även möjligt att fastställa om det organiska materialet i primärproduktionen har akvatiskt ursprung eller om det kommer från terrestra källor. Kol från akvatiska primärproducenter skiljer sig från det med terrestert ursprung genom att vara mindre anrikat med den stabila isotopen ^{13}C . Den stabila isotopen ^{15}N anrikas för varje trofisk nivå i näringsväven och visar på om olika arters trofiska nivå och näringsvävens längd skiljer sig mellan områdena. En organisms isotopsignal ger således ett sammanvägt mått på de födoresurser som organismen använder. Detta mått ger en bild av långtidseffekter på näringsvävens tillstånd och struktur. I denna utredning analyserades de stabila isotoperna ^{13}C och ^{15}N för att få kännedom om eventuella förändringar i näringsväven som följd av den långvariga användningen av Bti under tio års tid.

Den Bti-produkt som används i nedra Dalälvsområdet är VectoBac G som består av torkad och finfördelad kultur av bakterien Bti som är fäst vid torkad majs från majsens vedartade kärna med hjälp av majsolja. Bti-produkten består därmed huvudsakligen av majs som är en C4-växt som genom sin avvikande fotosyntes har en avvikande isotopsignal. Kolisotopsignalen $\delta^{13}\text{C}$, det vill säga anrikningen i tusendelar mellan $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ jämfört med internationell standard, är betydligt mindre negativ än den för de andra födoresurserna som man tagit prov på. Detta gör att isotopsignalen för majs-bunden Bti är lätt att spåra i näringsväven. Då den finkorniga majsen som ingår i Bti utgör en förhållandevis labil kolkälla jämfört med dem som normalt konsumeras av marklevande organismer, är det troligt att det lätt konsumeras och assimileras av markorganismerna och därmed påverkar deras isotopsignal mot mindre negativa $\delta^{13}\text{C}$ -värden.

Studien utfördes i Nedre Dalälvsområdet på undersökningslokaler som ligger i och omkring Färnebofjärdens nationalpark. Undersökningslokalerna utgörs av öppna översvämningssängar som påverkas av områdets periodiska översvämningar. Material för analys av stabila isotoper samlades in från fem

obehandlade referensområden och fem områden som tidigare år, från och med 2002, vid upprepade tillfällen har behandlats med Bti. Undersökningen utfördes både på marklevande predatorer, såsom spindlar och skalbaggar, och på nedbrytare, som hoppstjärter, dagmask och hornkvalster.

Metoden att karakterisera ^{13}C -isotoper i översvämningsmyggor och deras födoresurser i vattenpölar, till exempel alger och lövdetritus, gör det möjligt att spåra myggorna i den terrestra näringsväven. En bedömning görs även av myggornas kvalitet som föda för de högre trofiska nivåerna i relation till Bti-behandlingen. McKie m.fl. (2015) kvantifierade också anrikningen av ^{15}N i spindlar för att få en inblick i skillnaderna i näringsvävens längd mellan behandlade områden och kontrollområden.

Resultat och diskussion

Signifikanta förändringar i $\delta^{13}\text{C}$ -värden observerades för flera marklevande organismer i Bti-behandlade områden. Detta gällde både för sådana som står nära näringsvävens bas, till exempel hornkvalster och maskar, men även för organismer på högre trofiska nivåer, såsom predatoriska kärrspindlar och kortvingar (skalbaggar). Även jordprover i behandlade områden hade högre ^{13}C -värden än kontrollområdena, vilket tyder på en generell ökning av $\delta^{13}\text{C}$ -signalen efter många år av upprepad behandling med Bti.

Två faktorer har möjligen bidragit till de observerade skillnaderna i isotopsignalerna mellan behandlade områden och kontrollområden. Dessa är för det första den upprepade appliceringen av majsbunden Bti och för det andra massdöden av mygglarver, vars biomassa finns kvar i vattensamlingarna i stället för att spridas till den omgivande terrängen när myggorna kläcks. Båda dessa faktorer kan bidra till den observerade isotopförändringen i den terrestra näringsväven. Myggorna hade lägre $\delta^{13}\text{C}$ -värden än marklevande hoppstjärter, hornkvalster och maskar. Förutom den direkta effekten av majsbunden Bti på isotopsammansättningen i behandlade områden bidrar även Bti-inducerad massdöd av mygglarver till en högre deposition av kol med lägre $\delta^{13}\text{C}$.

Resultaten visar att Bti-behandlade områden även har högre $\delta^{15}\text{N}$ -värden för hornkvalster och kärrspindlar än kontrollområdena. Dessa förändringar visar att organismer av samma taxonomiska tillhörighet står på en högre trofisk nivå (med högre $\delta^{15}\text{N}$ -värden) i behandlade områden. Detta tyder på att Bti-behandlingar ökar näringsvävens komplexitet, det vill säga att fler eller mindre effektiva fraktioneringar har skett innan kvävet inkorporerats i organismerna. Dessa effekter noterades både på lägre (hornkvalster) och högre trofiska nivåer (kärrspindlar). McKie m.fl. (2015) bedömer det som sannolikt att extra fraktioneringssteg sker vid näringsvävens bas när protozoer och annan mikrofauna, som livnär sig på bakterier och ruttnande organiskt material, bryter ned de mygglarver som dött som följd av Bti-behandlingen.

Resultaten visar vidare att organismsamhällena förskjuts mot högre $\delta^{15}\text{N}$ - och $\delta^{13}\text{C}$ -värden när områdena behandlas med majsbunden Bti. Förändringarna i $\delta^{15}\text{N}$ är mindre tydliga än de för $\delta^{13}\text{C}$. Denna förändring kan vara en följd av den upprepade tillförseln av labilt kol i form av majspartiklar från Bti och möjligen även av döda mygglarver.

Sammanfattningsvis visar resultaten från studien på ett antal tydliga skillnader i isotopsammansättningen hos vanligt förekommande djur i näringsväven mellan områden som har behandlats i över tio år med Bti och kontrollområden längs Nedre Dalälven. Skillnaderna uppträder redan på låga trofiska nivåer, nämligen hos hornkvalster och maskar som livnär sig på bakterier och organiskt material under nedbrytning. Detta tyder på att upprepade behandlingar med Bti förändrar näringsvävens bas i dessa ekosystem. Skillnader finns även hos predatoriska spindlar och skalbaggar. Näringsväven i behandlade områden är något mer komplex än i kontrollområden som aldrig behandlats med majsbunden Bti. McKie m.fl. (2015) anser att dessa skillnader kan bero på den upprepade tillförseln av majsbunden Bti samt de stora mängder döda mygglarver som blir kvar efter behandling. Behandling med Bti tillför stora mängder kol som är förhållandevis rikt på ^{13}C . Behandlingen tycks också leda till snävare nischer för de undersökta organismerna. Inom ramen för forskningsuppdraget har endast provtagning av organismer som lever i och på marken gjorts. Forskarna vid SLU, McKie m.fl. (2015), anser att det är troligt att de skillnader som observerats för spindlar och hornkvalster också kan ske hos andra organismer som direkt eller indirekt livnär sig på översvämningsmyggor, så som grodor och fåglar. Forskarna påpekar också att dessa ringa ekologiska effekter måste vägas mot alla positiva effekter som behandling med Bti har för befolkning och husdjur i området. Lokala effekter av ökad näringstillförsel (genom Bti) i den akvatiska miljön har heller inte undersökts.

Övergödning

I EviEM:s kunskapssammanställning fann man ingen studie där massbalans för näringsämnen beräknats, inte heller har flöden av näringsämnen som en följd av Bti-behandling undersökts. Ett fältförsök påvisade dock att behandling mot knottlarver resulterade i en ökad biomassa av växtplankton.

Ett resultat från den undersökning som McKie m.fl. (2015) genomfört inom ramen för detta uppdrag visar att tillförsel till ekosystemet av en ny resurs i form av majs, som kommer med Bti, tillsammans med en ackumulation av biomassa från mygglarver kan leda till ökad koncentration och omsättning av näring.

Tillförseln av det relativt lätt nedbrytbara organiska materialet från majs, till ett ekosystem som domineras av mer svårnedbrytbart organiskt material, berikar ekosystemet med i första hand kol, men även med kväve och fosfor. Resultaten av isotopanalyserna, visar att marklevande djur lätt assimilerar detta kol och därmed även näringsämnen.

Analyserna visar att majsbunden Bti till 50 procent består av kol (500 g/kg) och innehåller 0,5 procent kväve (5 g/kg). Om Bti appliceras med en dos på 15 kg per hektar, innebär det en tillförsel av lättillgängligt kol som motsvarar cirka 7,5 kg per hektar per behandling. Motsvarande mängd kväve är 75 g per hektar per behandling. Dessa värden blir givetvis dubbelt så stora om behandling sker 2 gånger per år. Efter tio behandlingar har man tillfört 75 kg kol och 0,75 kg kväve per hektar.

När det gäller fosfor (P) ger spridningen av Bti ett tillskott av mellan 0,02 och 0,06 kg P per hektar och år (baserat på fosforhalt på 1,6–3,6 g/kg för majs och en behandling per år). Detta utgör sannolikt inte något övergödningshot för våtmarkerna, då det ligger i samma storleksordning som gällande arealkoefficienter för skogsmark (0,03–0,10 kg P per hektar och år). Lokala effekter av näringsberikning i mygglarvernas habitat kan dock bli påtagliga.

Beräkningarna av näringsberikning från myggbiomassa har varit svårare att göra i denna studie, eftersom data saknas på myggproduktionen per hektar. Enligt analyser innehåller en mygga cirka 0,16 mg kol och 0,04 mg kväve. Skalas dessa siffror upp, baserat på en masskläckning av 192195 honmyggor fångade i myggfällor på en yta av 99 hektar (data för juni-augusti 2000; Schäfer m.fl., 2008), motsvarar myggbiomassan 0,32 g kol per hektar och 0,07 g kväve per hektar. Om dessa myggor i stället är kvar i vattensamlingarna innebär det en berikning med motsvarande mängd kol och kväve i mygglarvernas habitat. Detta är en underskattning då hanmyggor inte är med i beräkningen. Trots viss osäkerhet i beräkningar visar storleksordningen på den konservering av biomassa från mygglarver som sker vid en Bti-behandling. Denna beräkning gäller för en enstaka Bti-behandlingsperiod, men siffrorna skulle kunna skalas upp för upprepade behandlingar.

Husdjur och boskap

Mot bakgrund av hur toxiciteten hos Bti fungerar anses en väl avvägd användning av Bti inte ha några direkta effekter på fåglar, fiskar och däggdjur, inklusive boskap och husdjur (Boisvert och Boisvert, 2000; Lacey, 2007).

Hälsorisker hos däggdjur vid användning av *Bacillus thuringiensis*-baserade insekticider har sammanfattats i en review-artikel av Siegel (2001), som skriver att ett stort antal laboratoriestudier har visat att *Bacillus thuringi-*

ensis (*Bt*) och *Bt*-produkter inte är infekterande. Enstaka undantag har rapporterats hos individer med nedsatt immunförsvar, men underarten *israelensis* har inte konstaterats i något av de fallen. I några laboratoriestudier där extremt höga doser (10^8 colony forming units, cfu) har tilldelats invasivt hos möss har dödlighet inträffat. I andra djurförsök har råttor och får tilldelats 10^{12} respektive 10^{14} cfu med födan eller oralt utan att uppvisa några effekter. Som jämförelse kan nämnas att 10^8 cfu för en mus på viktsbasis motsvarar $\geq 10^{11}$ cfu för en människa, och att den dosen är mer än 1000 gånger högre än vad som har bedömts att en professionell myggbekämpare som arbetar med *Bt*-produkter maximalt utsätts för sammanlagt under en hel säsong.

Den helt övervägande delen av de studier som behandlar myggors effekter på boskap handlar om överföring av vektorburna sjukdomar, vilka är vanliga framför allt i varmare klimat. I Sverige är myggproblemet snarare knutet till det besvär som myggen utgör för boskapen. Myggrika somrar kan det till exempel vara omöjligt att låta djuren vara utomhus i den utsträckning som lagen föreskriver. Hästar måste ofta täckas även under varma somrardagar för att de alls ska kunna vistas utomhus. (Nilsson och Renöfält, 2009)

Distriktsveterinär i Gävleborgs län konstaterar att både får och nötkreatur blir stressade och rastlösa av stor myggförekomst (se Bilaga 2 i rapporten av Nilsson och Renöfält 2009). Får försvarar sig genom att lägga sig ner platt på marken och skaka på huvudet, och på så sätt skydda de mindre pälsbeklädda kroppsdelarna. Detta kan hindra dem från att äta ordentligt. Nötkreatur blir angripna på större delen av kroppen och kan i svåra fall drabbas av blodförlust. De går omkring mycket och försöker gnida av sig insekterna mot träd och buskar. Därigenom kan de få mindre tid för bete. En konsekvens av både blodförlust och för lite mat kan bli att mjölkproduktionen minskar.

Studier om stressrelaterade effekter är betydligt mer sparsamt förekommande än studier av effekter relaterade till överföring av vektorburna sjukdomar. Någon enstaka studie har visat att mjölkproduktionen kan bli lägre hos kor som inte behandlas med myggmedel (Riha m.fl. 1979).

Lokalbefolkning

Myggproblemets omfattning varierar från år till år. När problemen är som störst är situationen mycket besvärlig för de boende i området omkring Nedre Dalälven, med kraftiga inskränkningar i det dagliga livet. Studier visar att många boende upplever det som mycket besvärande när det stora antalet mygg omöjliggör normal utomhusvistelse. Efter en bekämpning blir det avsevärt färre myggor, varför många människor är positivt inställda till spridningen av *Bt*. Men även osäkerheten om ansökan om *Bt*-bekämpning

av myggen kommer att beviljas och om det finns tillgängliga ekonomiska medel för detta kan medföra oro för lokalbefolkningen.

I EviEM:s kunskapssammanställning konstateras att mot bakgrund av hur toxiciteten hos Bti fungerar, anses en väl avvägd användning av Bti inte ha några direkta effekter på människor. Bti-kristallerna fungerar genom att de upplöses när de hamnar i mygglarvernas basiska magtarmkanal och där omvandlas de till ett toxin som förstör magtarmkanalens celler och är dödlig för mygglarven. Såvitt känt har inga allvarligare hälsoeffekter på människor rapporterats under den period *Bt*-preparat har använts. *Bacillus thuringiensis* finns naturligt i jord, vatten och vegetation men anses inte vara en sjukdomsalstrande bakterie (Nilsson och Renöfält, 2009).

Naturvårdsverket har tolkat denna del av uppdraget som bestående dels av att belysa effekter av bekämpningen med Bti och dels av att belysa effekterna på lokalbefolkningen vid massförekomst av mygg. I detta avsnitt redovisas utdrag och slutsatser från ett antal studier som genomförts och som behandlar myggens påverkan på lokalbefolkningen främst i områden vid Nedre Dalälven. Utöver detta kommer lokalbefolkningens syn på massförekomst av mygg och bekämpning med Bti i Nedre Dalälven även till uttryck i kommande avsnitt om turism och friluftsliv eftersom den undersökning som där redovisas till stor del bygger på lokalbefolkningens input.

Hälsoeffekter av myggproblematiken

En hög förekomst av mygg kan påverka hälsan. I detta avsnitt presenteras resultat från tidigare publicerade rapporter och studier relaterade till såväl fysiska som psykiska hälsoaspekter.

Fysisk hälsa

Hög exponering av stickmyggor kan innebära medicinska risker som överkänslighetsreaktioner och spridning av sjukdomar. Ett exempel är Ockelbosjukan som orsakas av ett myggburet virus (Sindbis) och som har sitt centrum i Mellansverige. Ett annat exempel är viruset West Nile som ökar i utbredning och kan komma att uppträda i samma område. Även om det främst drabbar fåglar kan spridning till människor inte uteslutas. (Nilsson och Renöfält, 2009). Hallberg (2013) tar även upp Tularemi (harpest) som kan smitta på olika sätt. Smittspridning via myggbett ger influensaliknande symptom och behandlas med antibiotika.

Det kan även finnas andra risker för människors hälsa. Hallberg (2013) belyser även möjliga hälsoeffekter vid användning av myggmedel avsedda att appliceras på hud. En samlad bedömning är dock att hälsoriskerna är ytterst beskedliga så länge man följer de säkerhetsföreskrifter som hör till.

Psykisk hälsa

Bakgrunden till hälsoproblem orsakade av icke-sjukdomsspridande myggor, är främst stress och oro, till följd både av de obehag myggen ger upphov till och att tillgången till utomhusrekreation begränsas.

Forskningen kring folkhälsoeffekter till följd av massförekomst av stickmyggor är ytterst sparsam. Enligt Hallberg (2013) visar den kunskap som finns tydligt att långa perioder med massförekomst av stickmygg, särskilt översvämningsmygg utgör en mycket påtaglig stressfaktor i omgivningsmiljön, särskilt för dem som bor i området. Hallberg drar också slutsatsen att för de boende och fritidshusägare i Nedre Dalälvsområdet leder den massiva förekomsten av översvämningsmygg till att man hindras från utomhusvistelse och att vara aktiv i sådana miljöer som annars skulle vara av positiv betydelse för den psykologiska återhämtningen. Massförekomsten av översvämningsmygg skapar även en osäkerhet i anknytningen till den plats man för övrigt lärt sig att tycka om vilket innebär en psykisk belastning. Hallberg skriver också att det under perioder med massförekomst av mygg sannolikt föreligger ångest och nedstämdhet i högre grad i Nedre Dalälven jämfört med boende i andra områden med lägre förekomst av mygg.

Mer fördjupade studier av vilka hälsoeffekter som besvär från massförekomst av mygg kan ge saknas. En intressant svensk undersökning är dock ett examensarbete i psykologi (Nordström, 2010) i vilken bland annat miljöpsykologiska metoder används för att belysa situationen vid Nedre Dalälvsområdet. En slutsats i studien är att exponering för översvämningsmygg kan påverka framför allt den psykiska hälsan, bland annat genom att den begränsar möjligheterna att ägna sig åt återhämtande aktiviteter i utomhusmiljöer. Nordström bedömer att konsekvenserna av att inte hitta en hållbar lösning på problemet skulle, utifrån studien, kunna ses som en risk för en långsiktig försämring av psykisk hälsa hos boende i exponerade områden.

Nilsson och Renöfält (2009) ger en sammanfattande redogörelse för vilka effekter massförekomsten av stickmygg har på människan och samhället. Till de effekter som tas upp hör exempelvis att utomhusverksamhet vid daghem, skolor och idrottsföreningar blir lidande, att en majoritet av de närboende känner vanmakt och desperation inför myggförekomsten, den inskränker deras rörelsefrihet och gör deras sociala liv fattigare. Att flytta från orten ses som orealistiskt eftersom man bedömer att det inte går att sälja hus till ett rimligt pris. En ytterligare stressfaktor är osäkerhet om kommande sommar kommer att bli myggrik och om det kommer att finnas resurser och tillstånd för bekämpning.

I en studie (Ojala, Lidskog 2013) genomfördes en enkätundersökning bland boende runt sjön Björken i Sunne kommun, Värmland. Syftet var att under-

söka hur de boende upplever myggsituationen i området och hur de ser på den åtgärd – restaurering av strandmarkerna och hävd med betande nötkreatur – som genomförts i området för att minska myggförekomsten. Befolkningens attityder till myggbekämpning med Bti undersöktes också. Av studien framkom bland annat att de respondenter som varit aktiva i arbetet med att få igång restaureringsåtgärderna var mindre positivt inställda till Bti än de som inte varit engagerade i frågan.

Privatekonomiska konsekvenser för lokalbefolkningen

Under förberedelsearbetet inför 2014 års fastighetstaxering gjorde Skatteverket en utvärdering av situationen vid Nedre Dalälven. På grund av det låga antalet försäljningar i området ombads en värderare med god lokalkännedom att bedöma fastighetsvärdena i området. Resultatet av denna utvärdering visade en betydande sänkning av fastigheternas taxeringsvärden. Riktvärdet för en normaltomt för friliggande småhus sänktes från 120 000 kronor till 80 000 kronor. Även om förekomsten av myggor inte pekades ut som orsak till de lägre fastighetsvärdena, är detta den främsta anledningen till minskningen säger Skatteverket i en muntlig uppgift till Eviems kunskapssammanställning (2014).

Betalningsvilja hos lokalbefolkningen för insatser som minskar myggförekomst - ett sätt att värdera myggproblemets kostnader

Det har inte ingått i Naturvårdsverkets uppdrag att göra en samhällsekonomisk analys av myggproblemets kostnader men en studie som genomförts av betalningsviljan hos lokalbefolkningen för insatser som minskar förekomsten av mygg kan vara av intresse i detta sammanhang.

En ekonomisk värdering av ett tänkt myggbekämpningsprogram för Nedre Dalälvsområdet (Soutokorva m.fl. 2013) har genomförts, som ett inslag i en samhällsekonomisk analys av myggproblemets kostnader. I analysen ingår en så kallad scenariovärderingsstudie i vilken man använder en enkät som innehåller frågor bland annat om den upplevda myggsituationen, olika alternativa åtgärder och vad de kan leda till samt vad de olika åtgärderna är värda för den enskilde respondenten. Åtgärdspaketet som respondenterna hade att ta ställning till skulle innebära en kraftig reducering både av den totala mängden stickmyggor och andelen översvämningsmyggor.

Resultatet från undersökningen talar för att den ekonomiska nyttan av kraftigt minskad förekomst av översvämningsmygg vid Nedre Dalälven är mycket stor. Den sammanlagda betalningsviljan från allmänheten i de fyra län som angränsar till Nedre Dalälven skattas till att ligga i intervallet 252-481 miljoner kronor per år för att uppnå det scenario som skulle värderas. Författarnas slutsats är att skattningen kan tolkas som kostnaden för samhället av att myggförekomsten idag är högre än acceptabelt.

Turism och friluftsliv

Naturvårdsverket belyser inom ramen för denna del av uppdraget de effekter som myggförekomsten kan ha på turismen och friluftslivet kring Nedre Dalälven samt hur dessa kan påverkas av bekämpningen med Bti.

I detta avsnitt kommer turism och friluftsliv att redovisas tillsammans. Det finns goda skäl för detta. En stor del av turismen kring Nedre Dalälven är knuten till friluftaktiviteter som bedrivs av både lokalbefolkning och turister. Många friluftaktiviteter är naturturism om man gör dem tillräckligt långt från hemmet. Gränsen är svår att dra och frågorna har istället koncentrerats till aktiviteterna.

Tidigare rapporter och studier

Det finns inte mycket forskning om hur friluftsliv och/eller turism påverkas i områden med massförekomst av mygg. För svenska förhållanden finns dock en tidsseriestudie (Soutukorva m.fl. 2013) som undersökt om det går att finna kopplingar mellan turistnäringens omfattning och myggförekomst. Studien indikerade att antalet besök och turistekonomiska effekter av resande i Nedre Dalälvsområdet som helhet inte påverkas negativt av översvämningsmyggen. Däremot pekar man på möjligheten att antalet besök skulle kunna vara högre om förekomsten av översvämningsmygg var lägre. Även om statistiken i vissa fall är osäker menar Soutukorva m.fl.(2013) att inget tyder på att antalet gästnätter på hotell, vandrarhem och campingplatser påverkats nämnvärt av kraftiga förekomster av översvämningsmygg. Tvärtom indikerar statistiken att antalet gästnätter år 2012, ett år med mycket stora förekomster av översvämningsmygg, var större än sommaren 2011, som var myggfattig.

Som komplement till tidsseriestudien gjordes i samma projekt en mindre intervjustudie med representanter för turistnäringen i Nedre Dalälven. Den visar en något annorlunda bild av hur turistnäringen påverkas av höga förekomster av översvämningsmygg under sommarmånaderna. Intervjupersonerna upplever att de i hög grad påverkas av myggen. De menar att deras verksamheters ekonomi försämras på grund av myggen medan Soutukorva m.fl. (2013) menar att det generellt sett är svårt för intervjupersonerna att presentera siffror som faktiskt styrker att det är just myggen som har haft en negativ effekt på företagets prestationer. Författarna påpekar dock att det trots bristen på hårda data självklart finns skäl att lyssna på individuella verksamhetsidkares erfarenheter av myggens påverkan även om turistnäringen som helhet inte tycks påverkas negativt.

Länsstyrelsen Gävleborg gör bedömningen att möjligheterna att starta företag som livnär sig på turistverksamhet försvåras av myggproblematiken, i sin redovisning av arbetet med regeringsuppdraget att långsiktigt begränsa problemet med massförekomst av stickmygg i Nedre Dalälven (2013). Vi-

dare menar man att massförekomsten av översvämningsmygg även kan innebära att andra småföretag som sysslar med olika typer av service åt de närboende får svårt att klara sig då turismen periodvis överger regionen.

Studie av påverkan på friluftsliv, naturturism och utomhusidrott i Nedre Dalälvsområdet

Inom ramen för detta regeringsuppdrag har Naturvårdsverket initierat ett forskningsuppdrag som fokuserat på hur friluftsliv, naturturism och utomhusidrott i Nedre Dalälvsområdet påverkas av massförekomst av översvämningsmyggor och myggbekämpning. Studien har genomförts av Lindhagen m.fl. på Institutionen för skogens produkter vid SLU under 2015.

Frågeställningar och upplägg

De två huvudsakliga frågeställningar som belyses i utredningen är:

- Hur påverkas friluftsliv, utomhusidrott och naturturism av översvämningsmyggor i Nedre Dalälvsområdet?
- Hur påverkas friluftsliv, utomhusidrott och naturturism av bekämpning av översvämningsmyggor i Nedre Dalälvsområdet?

Dessa båda frågor har problematiserats genom att de delats upp på olika aktiviteter och genom att försöka beskriva vilka aspekter som är viktiga respektive mindre viktiga för olika intressenter.

Projektet har genomförts med en mix av metoder för att belysa frågeställningarna såväl kvantitativt som kvalitativt:

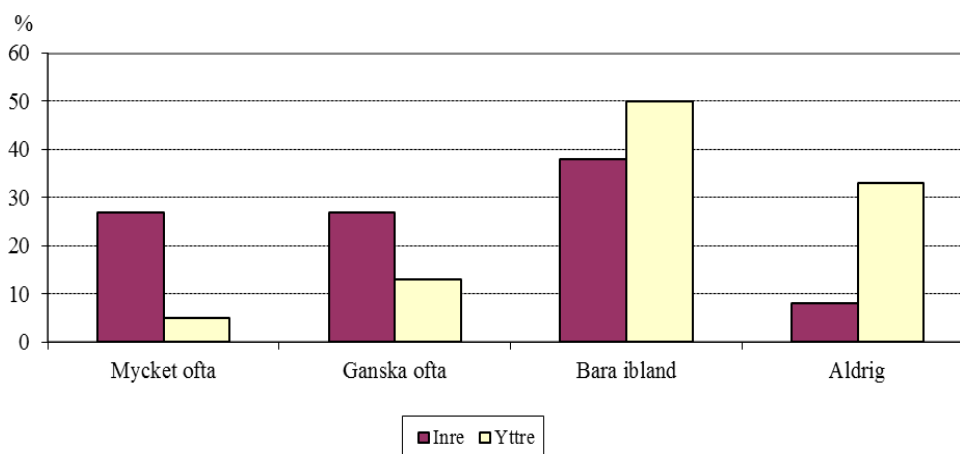
- Kvalitativa intervjuer med representanter för näringsidkare, föreningar och privatpersoner respektive stugägare i närområdet.
- Kvantitativ telefonenkät till 400 slumpmässigt utvalda respondenter i syfte att få en bild av allmänhetens besvär av myggor och attityder till bekämpning av myggor samt påverkan på utomhusvistelser av myggförekomst. Cirka hälften av respondenterna valdes i ett inre område, som omfattar områdena kring de mätpunkter där man uppmäter höga nivåer av mygg och där Naturvårdsverket har gett tillstånd och dispenser för myggbekämpning, och hälften ur ett yttre område, som omfattar övriga delar av de sju kommuner där bekämpning sker.
- Workshop med företrädare för olika intressenter med koppling till friluftsliv, utomhusidrott och naturturism i Nedre Dalälvsområdet.

Resultat och diskussion

En del av den kvantitativa intervjustudien handlade om *besvär av mygg*. Sammantaget visar resultaten att besvär av mygg är mycket vanligare i det inre området än i det yttre och att besvär av mygg förekommer oftare för familjer med små barn som är sex år eller yngre än för andra hushåll, med eller utan barn.

I det inre området är det 54 procent som besväras av mygg mycket ofta eller ganska ofta, jämfört med 18 procent i det yttre området (Figur 2). Att besväras av mygg där man bor är också vanligare i familjer med barn som är sex år eller yngre.

Hur ofta besväras du och din familj av mygg där ni bor?



Figur 2

I de kvalitativa intervjuerna och i samband med workshopen understryks det faktum att friluftsliv, utomhusidrott och naturturism kraftigt förhindras på de platser och vid de tillfällen då det är mycket översvämningsmyggor. Dessa tillfällen inträffar regelmässigt om det sommartid är översvämningsmyggor och man samtidigt inte genomför eller misslyckas med myggbekämpningen med Bti.

De aktiviteter som är platsbundna och inte kan bedrivas på någon annan plats drabbas hårt. Exempel på detta är trädgårdsarbete, vardagsmotion nära hemmet och lek på skolgård på marker inom översvämningsmyggans utbredningsområde.

Andra aktiviteter som är mindre platsbundna såsom svampplockning och motionslöpning kan man resa till och bedriva utanför det värsta området för översvämningsmyggorna. Myggorna är relativt lokala och reser man 1-2 mil

kan det göra stor skillnad. För grupper i samhället som barn eller äldre som har liten möjlighet att själva göra denna förflyttning blir läget särskilt svårt.

Barnens situation belystes även med en fråga i den kvantitativa enkäten som handlar om hur ofta man undviker att låta barn vara utomhus på sommaren på grund av att det är för mycket mygg. Intervjupersonerna kunde svara med alternativen mycket ofta, ganska ofta, bara ibland eller aldrig. I det inre området är det 16 procent som mycket ofta eller ganska ofta undviker att låta barn vara utomhus på sommaren för att det är för mycket mygg jämfört med 4 procent i det yttre området. Det är vanligare i familjer med barn som är sex år eller yngre, jämfört med familjer med äldre barn.

I den kvantitativa telefonintervjun ställdes även frågor om vissa utomhusaktiviteter. De sju uppräknade aktiviteterna var: strövat i skog och mark, rott, åkt båt eller paddlat kanot, badat utomhus i sjö, hav eller annat vattendrag, arbetat i trädgården, tältat eller övernattat i naturen, idrottat utomhus, fritidsfiskat.

Så gott som alla hade vid något tillfälle de senaste 12 månaderna gjort åtminstone en av de uppräknade utomhusaktiviteterna vid minst ett tillfälle. Ungefär hälften (55 procent) hade gjort minst en av aktiviteterna vid minst ett tillfälle i området kring Nedre Dalälven.

Av alla intervjupersoner är det 30 procent som under de senaste 12 månaderna, på grund av risken för myggangrepp, har undvikit att göra någon av aktiviteterna i området kring Nedre Dalälven. Det är vanligare bland dem som bor i det inre området (60 procent), men även bland dem som bor i det yttre området är det drygt en fjärdedel (27 procent) som någon gång under de senaste 12 månaderna har undvikit någon av aktiviteterna i området kring Nedre Dalälven.

I de kvalitativa intervjuerna och i samband med workshopen framkom även att de näringsidkare som deltagit i studien ser mycket stora problem med den stora myggförekomsten som uppstår vissa år och att de när det blir mycket översvämningsmygg får stora besvär i den verksamhet de bedriver inom till exempel camping eller fiskekortsförsäljning.

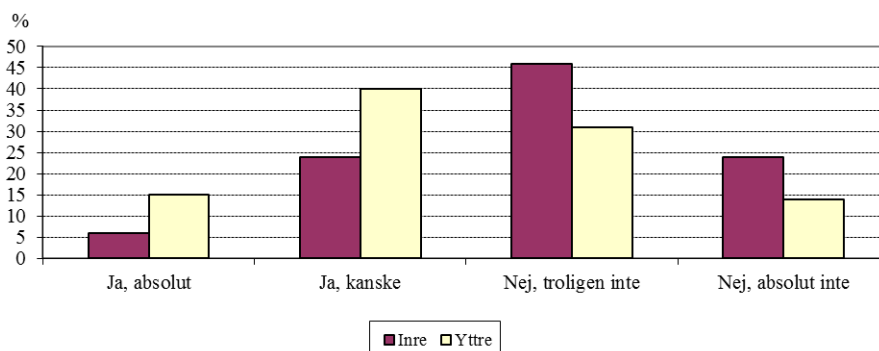
Både friluftsutövare och entreprenörer inom naturturismbranschen belyser problematiken med att ha ett rykte om sig att ofta ha mycket mygg. Detta leder med stor sannolikhet till att människor från det yttre området eller boende längre bort drar sig för att resa till Nedre Dalälvsområdet. Man ser även i sin verksamhet en tröghet i detta, som innebär att ett år med mycket mygg leder till minskat friluftsliv genomfört av personer som reser in till området i flera år efter ett år då många fått sin upplevelse försämrad eller helt förstörd av en mygginvasion. Detta är ett mönster som finns på andra

ställen där naturturism bedrivs där exempelvis dåligt väder en säsong påverkar bokningarna den nästkommande säsongen.

Ett antal frågor i den kvantitativa telefonenkäten behandlade *bekämpningen av myggor*. De som bor i det inre området tror att riskerna med bekämpningen för naturen och för människor är mindre än vad de som bor i det yttre området tror.

En fråga löd: Finns det några risker för *naturen* med myggbekämpningen? Intervjupersonen kunde svara med alternativen 'Ja, absolut', 'Ja, kanske', 'Nej, troligen inte' eller 'Nej, absolut inte'. Det är sammanlagt 70 procent i det inre området som svarar med alternativen 'Nej, absolut inte' eller 'Nej, troligen inte' (Figur 3).

Man har under de senaste åren bekämpat mygg i stor skala kring Nedre Dalälven? Vad tror du? Finns det några risker för naturen med myggbekämpningen?

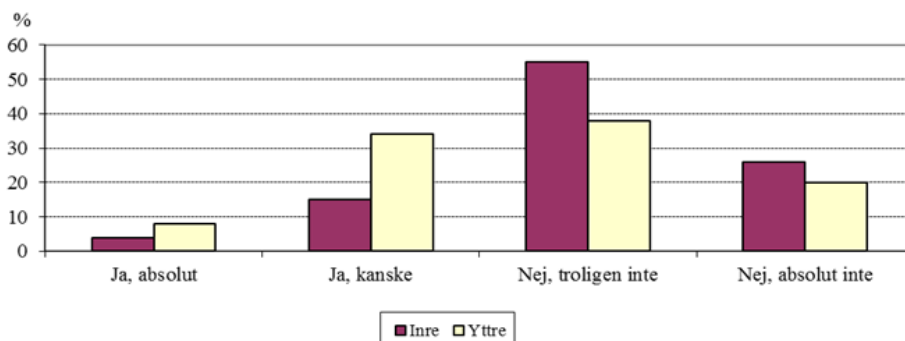


Figur 3

Det är färre i det yttre området (45 procent) som svarar 'Nej, absolut inte' eller 'Nej, troligen inte'. Det finns också en skillnad mellan kvinnor och män sådan att männen tror att riskerna är mindre än kvinnorna samt en åldersskillnad sådan att de äldre intervjupersonerna tror att riskerna är mindre än de yngre.

Ungefär fyra femtedelar (81 procent) av dem som bor i det inre området svarar att de absolut eller troligen inte tror att det finns några risker för människor med myggbekämpningen jämfört med knappt tre femtedelar (58 procent) i det yttre området (Figur 4). Det finns inga tydliga skillnader mellan kvinnor och män eller olika åldersgrupper vad gäller risker för människor.

Man har under de senaste åren bekämpat mygg i stor skala kring Nedre Dalälven? Vad tror du? Finns det några risker för människor med myggbekämpningen?



Figur 4

Rädslan för Bti-bekämpningen är alltså större i det yttre området vilket skulle kunna förklaras på två sätt. För det första är det troligt att de som bor i det inre området är bättre pålästa om Bti:s verkningar och därför känner sig tryggare och säkrare på att bekämpningens verkningar är väl undersökta och under kontroll. Den andra förklaringen skulle kunna vara att de som bor i det inre området känner ett större behov av bekämpningen och därför tenderar att bortse från riskerna. Vi har i det kvalitativa materialet, i diskussionerna från workshopen och i de fria svaren i den kvantitativa studien tydliga belägg för att man är bättre informerad i det inre området. Den senare förklaringen kan dock ändå vara en bidragande orsak till skillnaden i figur 3 och 4. Det är mycket tydligt att många boende i det inre området är mycket angelägna att mängden översvämningsmygg begränsas.

Forskningsuppdragets slutsatser i sammandrag

- I princip alla friluftslivsaktiviteter, all utomhusidrott och all naturturism i Nedre Dalälvsområdet hämmas kraftigt då det blir mycket översvämningsmyggor. Detta gäller särskilt de många friluftaktiviteter som är platsbundna och som antingen inte kan utföras alls eller begränsas kraftigt då det är mycket översvämningsmyggor. Ska man under myggsäsong kunna bedriva ett meningsfullt friluftsliv, under år där det med dagens vattenreglering blir översvämningar, måste översvämningsmyggen begränsas.
- Bland de flesta närboende är förtroendet störst för den mest beprövade metoden att begränsa översvämningsmyggor, spridning av Bti från helikopter. Detta beror på att de flesta tycker att den fungerar väl och ger avsedd effekt – färre översvämningsmyggor. Av andra föreslagna metoder tror man att en reglering av vattenflödena så att man slipper översvämningar de tider då översvämningsmyggans larver växer till kan hjälpa. Här är man dock mer skeptisk till att detta

är genomförbart och många anser att bekämpning med Bti ändå kommer behövas.

- Det finns bland en del närboende och bland lite fler av dem som bor på avstånd en oro för att bekämpningen med Bti kan skada framförallt naturmiljön, men att det även på sikt kan vara skadligt för människor.
- Många närboende tycker att en eventuell och i deras ögon liten risk med att sprida Bti är värd att ta eftersom problemet med översvämningssmyggen är så stort.
- Det finns närboende som upplever bekämpning med Bti som verkningslös eller åtminstone inte tillräcklig och som därför förespråkar alternativa metoder, framförallt vattenreglering. Denna grupp förefaller vara i minoritet.

Slutsatser och diskussion

I den kunskapssammanställning som EviEM genomfört inom detta uppdrag konstateras bland annat att den potentiella effektiviteten hos Bti har undersökts noggrant i många studier, och dödligheten hos larver av stickmygg och knott är mycket hög under laboratorieförhållanden. Ett relativt stort antal studier av hur effektiva Bti-behandlingar är i större skala och under naturliga förhållanden visar dock varierande resultat. Värt att notera är att dessa studier har gjorts i delar av världen med varmare klimat än Sveriges (målgrupperna har varit stickmyggor som sprider denguefeber) vilket kan påverka studiernas relevans för svenska förhållanden. Direkta effekter på icke-målorganismer har studerats i relativt stor utsträckning och den största gruppen av icke-målorganismer som är mottagliga för Bti är olika fjädermygglarver.

Trots ett flertal studier har några säkra indikationer på resistens mot Bti inte kunnat visas hos stickmyggor ute i naturen, men förekomst av mekanismer som kan leda till resistensutveckling har konstaterats hos uppodlade populationer. Risken för resistensutveckling mot Bti hos stickmyggor av släktet *Aedes* (bland annat översvämningsmyggor) utgör en av flera orsaker till att medlet inte kan ersätta andra insatser långsiktigt i områden med myggproblem.

Mot bakgrund av hur toxiciteten hos Bti fungerar anses en väl avvägd användning av Bti inte ha några direkta effekter på fåglar, fiskar och däggdjur, inklusive boskap och husdjur. Däremot är kunskapen om effekter på andra taxonomiska grupper i ekosystemet bristfällig.

Myggproblemens omfattning varierar från år till år. När problemen är som störst är situationen mycket besvärlig för människor, med kraftiga inskränkningar i det dagliga livet för de boende i området omkring Nedre Dalälven. I sammanställningen konstateras att det finns relativt lite forskning vad gäller hur myggen påverkar människors välbefinnande, friluftsliv och turism.

De studier som genomförts visar dock att många boende upplever stora besvär, främst i form av stress och oro till följd av de obehag som myggen ger upphov till och genom att tillgången till utomhusrekreation begränsas.

Inom ramen för detta uppdrag initierades en forskningsstudie om hur friluftsliv, naturturism och utomhusidrott i Nedre Dalälvsområdet påverkas av massförekomst av översvämningsmyggor och myggbekämpning. Denna studie, som genomfördes av Lindhagen m.fl. (2015) vid Institutionen för skogens produkter vid SLU, visar att i princip alla friluftslivsaktiviteter, all utomhusidrott och all naturturism i Nedre Dalälvsområdet hämmas kraftigt då det blir mycket översvämningsmyggor. Detta gäller särskilt de många

friluftaktiviteter som är platsbundna och som antingen inte kan utföras alls eller begränsas kraftigt då det är mycket översvämningsmyggor.

Kunskapssammanställningen visar vidare att indirekta effekter på icke-målorganismer genom förändringar i näringsväven är mycket sparsamt studerade, liksom huruvida Bti indirekt kan orsaka eutrofiering.

Inom detta uppdrag genomfördes en studie av McKie m.fl. (2015) vid Institutionen för vatten och miljö vid SLU där det övergripande syftet var att utreda om upprepade behandlingar med Bti har indirekta effekter på näringsväven i ekosystemet samt om behandlingarna leder till lokala eutrofieringseffekter. För att ta fram ny kunskap om hur bekämpningen kan påverka den biologiska mångfalden krävs normalt studier och systematiskt insamlade data över decennier, vilket inte har varit möjligt att genomföra inom ramen för detta uppdrag.

Sammantaget visar resultaten från denna studie på ett antal tydliga skillnader i isotopsammansättningen hos vanligt förekommande djur i näringsväven mellan områden som har behandlats i över tio år med bekämpningsmedlet Bti och kontrollområden längs Nedre Dalälven. Skillnaderna uppträder redan på låga trofiska nivåer, det vill säga hos hornkvalster och maskar som livnär sig på bakterier och ruttnande organiskt material. Detta tyder enligt McKie m.fl. (2015) på att upprepade behandlingar med majsbunden Bti förändrar näringsvävens bas i dessa ekosystem.

Skillnader finns även hos predatoriska spindlar och skalbaggar. Näringsväven i behandlade områden är således något mer komplex än i kontrollområden som aldrig behandlats med Bti. Detta beror enligt McKie m.fl. (2015) sannolikt på den upprepade tillförseln av majsbunden Bti, samt de stora mängder döda mygglarver som blir kvar på marken efter behandling.

Studien visar även att tillförsel till ekosystemet av en ny resurs i form av majs, som kommer med Bti, tillsammans med en ackumulation av biomassa från mygglarver kan leda till ökad koncentration och omsättning av näring. Det gäller framförallt kol men även kväve och fosfor.

Denna korta studie har begränsats till provtagning av marklevande organismer, hur andra delar av näringsväven påverkats av Bti behandling har alltså inte studerats. Naturvårdsverket kan därför i dagsläget inte dra några slutsatser om vilka konsekvenser detta kan få för ekosystemet på lång sikt och bedömer att det finns behov av att genomföra ytterligare studier avseende långtidseffekter i näringsväv. Därför bör kontrollprogrammet för bekämpning med Bti utformas så att eventuella effekter på ekosystemet kan påvisas.

Resultatet från studien och den osäkerhet som finns avseende risken för skador på ekosystemnivå innebär att andra myggbegränsningsmetoder behöver testas i större skala. Åtgärder som kan leda till en omställning till grön ekonomi och fler jobb på landsbygden är därvidlag särskilt intressanta. Biomassa från hävdade marker kan t.ex. bidra till långsiktigt lönsam produktion av livsmedel och energi. En studie av hävd på älvängar visar att återupptagen hävd kan minska mygglarvsförekomsten med 70 procent (Östman, Wengström, 2013). Detta tydliggör hävdens betydelse för myggförekomsten i området. Att i enlighet med Länsstyrelsen i Gävleborgs förslag (Lundqvist m.fl., 2013) i rapporten ge möjlighet att i större skala återuppta hävd av älvängar är ett lämpligt sätt att hålla ner myggförekomsten och att minska användningen av Bti. Att även jobba vidare med förslagen om anpassad reglering för att minska antalet sommaröversvämningar är en viktig pusselbit i det långsiktiga arbetet med att förhindra massförekomst av mygg. Särskilt viktigt är detta i ljuset av att fler långtidsstudier behövs.

Referenser

Boisvert, M., 2007. Utilization of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti)-Based Formulations for the Biological Control of Mosquitoes in Canada, in: Côté, J.C., Otvos, I.S., Schwartz, J.L., Vincent, C. (Eds.), 6th Pacific Rim Conference on the Biotechnology of *Bacillus thuringiensis* and its Environmental Impact, Victoria BC, Canada, Oct 30 - Nov 3, 2005., 87-93.

Boisvert, M., Boisvert, J., 2000. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and nontarget organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocontrol Science and Technology* 10, 517-561.

KEMI, 2010a. VectoBac G. Product Assessment Report – Change of condition (F-3422-221-09).

KEMI, 2010b. VectoBac G. Product Assessment Report (F-3422-221-09), Stockholm, Sweden.

Lacey, L.A., 2007. *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23, 133-163.

Land, M., Miljand M., 2014, Biologisk bekämpning av mygg med *Bacillus thuringiensis israelensis*: en förstudie om effekter på målorganismer, icke-målorganismer och människor EviEM.Rapport.

Lindhagen, A., Hultåker, O., Bergkvist, S., 2015, Effekter av bekämpning av översvämningsmyggor – Hur påverkas friluftslivet, Rapport SLU.

Lundqvist, A., C., Widemo, M., Lindquist, I., 2013. Förslag till hur myggproblemet vid Nedre Dalälven kan hanteras på lång sikt. Länsstyrelsen Gävleborg, Rapport 500-8033-13.

McKie, B., Goedkoop, W., 2010. Development of alternative approaches for monitoring the effects of the mosquito control agent Bti on ecosystems of the Dalälven catchment. SLU.

McKie, B., Goedkoop, W., 2015. Kvantifiering av ekosystemeffekter av Bti-användning i Nedre Dalälven, Rapport SLU.

Naturvårdsverket, 2010. Myggproblemen i Nedre Dalälvsområdet 2010 -Så arbetar Naturvårdsverket med frågan. Naturvårdsverket Rapport NV-03659-1017.

Nilsson, C., Renöfält, B., 2009. Mygg och Bti i Nedre Dalälven, Utvärdering av ett vetenskapligt uppföljningsprogram. Naturvårdsverket, Rapport 6305.

Nordström, A., 2010. Upplevelser av boendemiljö och psykisk hälsa hos boende i områden med förekomst av översvänningsmygg, Department of Psychology. Uppsala Universitet.

Ojala, M., Lidskog, R., 2013. Mygg och människor vid sjön Björken: Upplevelser av myggsituationen och attityder till bekämpningsåtgärder. Länsstyrelsen i Gävleborg, Rapport 2013:19.

Ramírez-Lepe, M., Ramírez-Suero, M., 2012. Biological Control of Mosquito Larvae by *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*, in: Perveen, F. (Ed.), *Insecticides - Pest Engineering*. InTech, Rijeka, Croatia, 239-264.

Riha, J., Minar, J., Lamatova, Z., Matouskova, O., 1979. Economic importance of the prevention of losses caused by the blood-sucking diptera in grazing cattle. *Veterinarni Medicina* 24, 275-283.

Schäfer, M., J. Lundström and E. Petersson., (2008). Comparison of mosquito (Diptera: Culicidae) populations by wetland type and year in the lower River Dalälven region, Central Sweden. *Journal of Vector Ecology* 33: 150-157.

Schäfer, M.L., Lundström J.O., (2009) The present distribution and predicted geographic expansion of the floodwater mosquito *Aedes sticticus* in Sweden, *Journal of Vector Ecology* 34: 141-147.

Siegel, J.P., 2001. The mammalian safety of *Bacillus thuringiensis*-based insecticides. *Journal of Invertebrate Pathology* 77, 13-21.

Soutukorva, Å., Johansson, K., Hasselström, L., Cole, S., Remvig, H., Kriström, B., 2013. Samhällsekonomisk analys av myggproblemets kostnader. Länsstyrelsen i Gävleborg, Rapport 2013:16.

Stalinski, R m.fl. *Journal of Invertebrate Pathology* 119 (2014) 50-53.

Östman Ö., Wengström Å., 2013. Hävdens betydelse för mängden översvänningsmyggor i nedre Dalälvsområdet. Institutionen för Ekologi & Genetik/Populations- och naturvårdsbiologi, Uppsala universitet.

Bilaga 1

Biologisk bekämpning av mygg med *Bacillus thuringiensis israelensis*: en förstudie om effekter på målorganismer, icke-målorganismer och människor, rapport EVIEM

Bilaga 2

Kvantifiering av ekosystemeffekter av Bti-användning i Nedre Dalälven, rapport SLU

Bilaga 3

Effekter av bekämpning av översvämnings-
myggor – Hur påverkas friluftslivet, rapport
SLU