

Prøvetagning af skadedyr Planlægning og bedømmelse i forbindelse med integreret bekæmpelse

*Sampling pest insects
Design and evaluation in connection with integrated pest management*

Mikael Münster-Swendsen¹⁾

Resumé

I forbindelse med integreret bekæmpelse samt et evt. monitoringsprogram er den statistiske sikkerhed ved de resultater, som prøvetagninger eller fældefangster af skadedyr giver, af afgørende betydning. Design af prøveudtagningerne – dvs. antal og størrelse af prøverne og dermed også størrelsen af de kritiske middelværdier – bør derfor baseres på en analyse af spredning-middeltal forhold. Da et større prøveudtagningsprogram altid er underlagt en begrænsning i person-time forbrug, må dette tillige indgå i en analyse, hvor målet er at finde den plan, der giver størst sikkerhed under de givne forudsætninger.

Fangst i fælder viser oftest store dag-til-dag og fælde-til-fælde variationer. Dette nødvendiggør en transformation af de rå felddata til logaritmiske værdier, før middeltal beregnes, og videre analyser foretages.

Nøgleord: Skadedyr, prøveudtagning, overvågning, statistik, sikkerhed.

Summary

Pest insect sampling – design and evaluation by integrated pest control programme.

The degree of success in a monitoring programme largely follows the degree of accuracy in the pest population estimates. These estimates usually contribute with great uncertainty to the eventual decision model. Since the samplings have to take place frequently and at many locations, they are heavily constrained by resource requirements. Therefore, the design of sampling, i.e. number and size of units, should be selected through an analysis including both mean and variance relations, critical levels and specified resource requirements. The paper shows such an analysis using data on the carrot fly (*Psila rosae*) caught on sticky traps.

The yield of traps is a result of both activity, density and trap-efficiency. Thus, certain traps and days usually provide much higher yields than others. Logic and statistical reasons are given for a logarithmic transformation of field data prior to calculation of mean values, further analysis and to evaluation of the results.

Key words: Pest insects, sampling, monitoring, statistics, confidence.

¹⁾ Adresse: Institut for Populationsbiologi, Københavns Universitet, Universitetsparken 15, 2100 København Ø.

Indledning

Et af de nærmeste mål inden for praktisk integreret bekæmpelse af skadedyr er at reducere bekæmpelserne til de tidspunkter og steder, hvor undladelse ville føre til et uacceptabelt skadeniveau, evt. defineret som den økonomiske skadetærskels overskridelse. En opfyldelse af dette formål vil i de fleste tilfælde kræve direkte eller indirekte mål af skadedyrenes populationstæthed. Disse mål, opnået gennem prøvetagninger (herunder fældefangster), må i næste trin sammenholdes med oplysninger om f.eks. vejforhold, jordbund og tidligere fangster og sammen med disse udgøre en prognose, hvis udsagn gælder forventet skadedyrtæthed og skadeniveau i den kommende periode. På basis heraf kan beslutningen om evt. bekæmpelse tages. I en mere enkel form kan prøvetagnings- eller monitoringsresultaterne udgøre det direkte beslutningsgrundlag, idet de sammenholdes med et eksisterende erfaringsmateriale. Uanset hvor primitiv eller avanceret prognose- og beslutningskomplekset er i det enkelte tilfælde, afhænger succesen i høj grad af monitoringsresultaternes statistiske sikkerhed – og dermed deres troværdighed. Således vil en ringe præcision medføre en ringe reduktion i bekæmpelser. Den manglende sikkerhed i beslutningsgrundlaget erstattes af bekæmpelser – for en sikkerheds skyld.

Det svage led i kæden præger helheden

Som nævnt består beslutningsgrundlaget ofte af flere målinger, hvis resultater sammenholdes. Hvis et enkelt led i denne kæde af mål er behæftet med en betydelig usikkerhed, opvejes dette ikke af de øvrige måls eventuelle høje præcision. Det kan ses af følgende eksempel:

Fire mål indgår i en simpel beslutningsmodel. A, B og C er grundige mål med høj præcision, idet sikkerhedsgrænserne, bestemt ved $t \cdot s/\sqrt{n}$ (forkortelsernes betydning fremgår af tabel 1), udgør henholdsvis 5%, 2% og 7% af middeltallene. Det sidste mål, D, giver imidlertid kun en sikkerhed på 30% af middeltallet. Sikkerheden på slutproduktet af de fire mål kan da groft beregnes som $\sqrt{(5^2 + 2^2 + 7^2 + 30^2)} = 31,2\%$. Havde man i stedet fordelt sine anstrengelser, så sikkerheden var lige stor ved alle mål, ville slutresultatet i stedet være blevet f.eks.

$$\sqrt{(10^2 + 10^2 + 10^2 + 10^2)} = 20,0\%.$$

Imidlertid skyldes den ringe sikkerhed ofte for få og små prøver. Det kan hænge sammen med, at der er tale om prøvetagninger, der skal foretages ofte og på mange lokaliteter, og derfor er underlagt ressourcebegrænsninger. Dette vil gælde for et monitoringsprogram, men netop derfor er det vigtigt at designe prøvetagningerne, således at både statistisk sikkerhed – altså troværdighed – og ressourceforbrug indgår i et maksimeringsoverslag.

Tabel 1. Beregning af de kritiske middeltals relative usikkerhed ved tre forskellige strategier m.h.t. størrelse og antal af prøver (fangster af *Psila rosae* på gule limplader), og under iagttagelse af samme ressourcebegrænsning.

Den laveste relative usikkerhed angiver den bedste strategi. Se teksten for antagelser om ressourceforbrug. *Analysis of the relative accuracy by three alternative sampling strategies. Number of hours (t) required for all treatments of 20 traps, distributed on four nearby localities, is estimated as a function of trap size in advance. Hence, a fixed resource constraint results in the ultimate number (n) of each trap-size per locality. In this case, the best strategy is 5 traps of double size per locality*

Pladestørrelse (cm ²)	Relativt ressourceforbrug	Antal (n) plader v. ens forbrug	Kritisk middeltal (\bar{x})	Spredning s	Students t-værdi $t_{(0,05)}$	Relativ usikkerhed $s \cdot t/\sqrt{n} \cdot \bar{x}$
20 × 20	5 t	6	3.5	2.5	2.57	0.749
28 × 28	6½ t	5	7.0	3.7	2.78	0.656
40 × 40	10 t	3	14.0	4.6	4.30	0.816

Sikkerhed, prøveantal og -størrelse samt ressourceforbrug

Til illustration af dette forhold benyttes her nogle aktuelle data for gulerodsfluen, *Psila rosae*, fanget på gule limplader, hvoraf der på hver lokalitet udsættes 5 plader à 20 × 20 cm. Fra Schweiz angives det, at fangster på 3,5 dyr pr. plade pr. uge udgør et kritisk niveau (*H. Philipsen*, pers. kom.).

En gennemgang af fangsttal samt spredningen af disse, viser f.eks., at en række ugefangster, rækkende fra 2,6 til 8,2 pr. plade i gennemsnit, hverken er signifikant over eller under 3,5 pr. plade, grundet den store statistiske usikkerhed. Endvidere er spredningen ca. 2,2, når middeltallet er 2,5, dvs. at S.E. (middeltallets middelfejl) for de 5 prøver er ca. 1,0. Det betyder, at gentagne prøvetagninger ved denne populationstæthed vil give meget varierende middeltal. Således forventes 68% af tilfældene at give middeltal inden for $2,5 \pm 1,0$ (1,5 – 3,5 dyr pr. plade), mens halvdelen af resten, altså 17% eller ca. $\frac{1}{6}$, vil give mere end 3,5 pr. plade, selv om det sande mid-

deltal var 2,5 pr. plade. Problemet er her, at middeltallet er dårligt bestemt ved kun 5 prøver, og at det kritiske middeltal ligger temmelig lavt med denne type og størrelse af fælde.

En pilot-prøvetagning, eller som her studiet af eksisterende feltdata, gør det muligt at skitsere spredningen som funktion af middeltal, og dermed også præcisionen, eller den relative usikkerhed ($D = t \cdot s / \sqrt{n} \cdot \bar{x}$) som funktion af både antal prøver og prøvestørrelsen. Fig. 1a viser således, hvordan usikkerheden falder drastisk, når prøveantallet øges fra 5 til 10, men mindre når det øges fra 20 til 30 prøver, og fig. 1b viser, hvorledes man med et konstant antal prøver og i stedet en øgning af prøvestørrelsen (her arealet af limpladerne) kan forbedre sikkerheden, eftersom forholdet imellem spredning og middeltal herved mindskes. En forøgelse af prøveantallet, snarere end størrelsen, synes dog at betale sig bedst ifølge de to kurver, i hvert fald så længe ressource-betragtninger lades ude.

En metode til maksimering af udbyttet af prøvetagningen – i form af øget sikkerhed – gennem

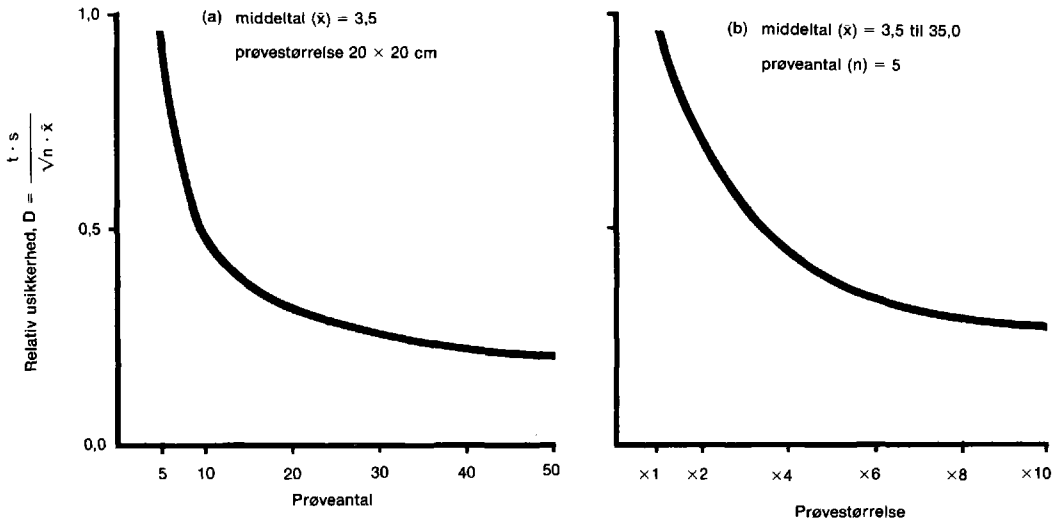


Fig. 1. Relativ usikkerhed (95% C.L.) på det beregnede middeltal, ved fangst af *Psila rosae* på gule limplader, som funktion af prøveantal (a) og prøvestørrelse (b). Udgangsstørrelsen (×1) er 20 × 20 cm, og det dobbelte areal (×2) er derfor 28 × 28 cm, etc. og fangststørrelse antages at være proportional med fældeareal.

Relative accuracy of the estimated mean, as a function of number (a) and size (b) of sample units. The figure is based on data on *Psila rosae* trapped on yellow sticky traps. The traditional trap size (×1) is 20 × 20 cm and the critical mean value 3.5 flies per trap and week.

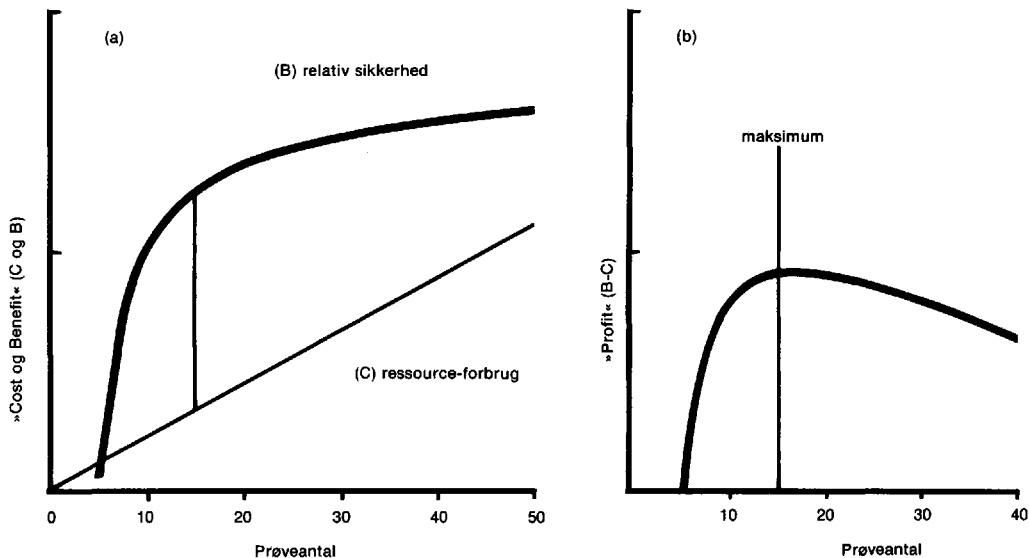


Fig. 2. Princippet for simpel »cost-benefit« analyse af statistisk sikkerhed og ressourceforbrug som funktion af prøveantal. Der forudsættes fangster af *Psila rosae* på gule limplader à 20 × 20 cm ved den kritiske middelværdi, 3,5 dyr pr. plade, og et ressourceforbrug (person-timer), der er proportionalt med antallet af prøver (a). Hældningen er tilfældig valgt, eftersom Y-aksen har arbitrære og uangivne enheder, og den viste position af maksimal-udbyttet (b) er et resultat af den valgte hældning.

Principle of a simple cost-benefit analysis of accuracy (B) and resource requirements (C) as a function of number of traps. The yields are assumed to be at the critical mean value. The slope of C is randomly selected, since B and C are in fact not sharing a common scale here, and the position of the optimal solution in (b) is a result of the selected slope.

øgning af prøveantal og dermed af ressourceforbrug, kan illustreres som en alm. »cost-benefit«-skitse (fig. 2). Her er kurven over relativ usikkerhed (fig. 1a) vendt, så den viser sikkerhed som funktion af prøveantallet, og ressourceomkostningerne (persontimer) er forudsat proportionale med antal prøver (fig. 2a). Afstanden imellem de to grafer udtrykker udbyttet (profiteringen) ved stigende prøveantal, hvilket viser sig at have et maksimum (fig. 2b). Kender man reelt stigningen i ressourceforbrug, og ønsker man at maksimere forholdet imellem ressourceforbrug (omkostninger) og sikkerhed (troværdighed), kan det mest hensigtsmæssige prøveantal aflæses på en figur af denne type.

Følgende konstruerede eksempel viser en anden situation, hvor man ved beregning finder frem til den bedste strategi mht. prøveantal og

-størrelse, under hensyntagen til en begrænset arbejdsressource:

Prøvetagningsarbejdet består i 1) vask og smøring af limplader, 2) udskiftning af plader i felten og 3) identifikation og optælling af dyr på pladerne. Især pkt. 3 påvirkes af pladestørrelsen, men ikke proportionalt hermed. Således skønnedes det, at arbejdet med at passe 20 plader fordelt på fire nære lokaliteter (5 på hver) ville koste 5 persontimer for den nuværende pladestørrelse (20 × 20 cm) og 6,5 timer for dobbelt pladestørrelse (28 × 28 cm), men 10 timer for 4-dobbelt pladestørrelse (40 × 40 cm). Hvis en realistisk bedømmelse af antal persontimer til rådighed betinger, at der højst kan anvendes 6,5 timer pr. uge på disse prøvetagninger, betyder dette, at der kan behandles 6 plader pr. lokalitet for normal pladestørrelse, eller 5 plader pr. lokalitet for dobbelt

størrelse (28 × 28 cm), eller 3 plader af 4-dobbelt størrelse. Tabel 1 viser herefter beregningssekvens og resulterende relative usikkerhed for de tre muligheder, og hvis forudsætningerne er korrekte, ses det, at anvendelsen af 5 plader af størrelsen (28 × 28 cm) pr. lokalitet er den bedste løsning.

Behandling og vurdering af fangstdata

Fældefangster som prøvetagning giver særlige problemer, fordi en given fangst er et resultat af både tæthed og aktivitet, og fordi enkelte fælder af forskellige grunde synes at fange bedre end de øvrige. Ved fortolkning af fældefangster fra lysfælder, limplader, feromonfælder, vinduesfælder etc. fås generelt en mere korrekt sammenligning mellem fangster fra forskellige tidspunkter og lokaliteter – og ved sammenligning mellem fangster og en given grænseværdi – dersom middeltal (og øvrige statistik) først beregnes efter en logaritmisk transformation af rådata (Williams, 1937).

For det første gælder det jo om at registrere relative ændringer (eller forskelle), dvs. at en stigning fra 6 til 9 dyr i en fælde skal svare til en stigning fra 14 til 21 i en anden. Vi betragter en multiplikativ process – ikke en additiv. For det andet bør man ikke negligere de små fangster fra de mindre effektive fælder, hvilket man på det nærmeste vil gøre, hvis man sammenligner to måleserier, der hver har én eller to særligt effektive fælder, på basis af de aritmetiske middeltal. I så tilfælde sammenligner man blot fangsterne i de få, meget effektive fælder – og det, man registrerer, er snarest effektivitetsforskellene, ikke skadedyrniveauet, som meningen var. En logaritmisk transformation af de enkelte fangstdata er en korrekt løsning på ovennævnte problemer.

Et eksempel, hvor agerugler, *Agrotis segetum*, blev fanget i feromonfælder af ældre type (Esbjerg & Zethner, 1980) viser denne problematik: Tre fælder på én lokalitet gav 9, 9 og 3 dyr, mens tre fælder på en anden lokalitet gav 2, 29 og 1 dyr.

Hvilken lokalitet har flest dyr? De aritmetiske middeltal er henholdsvis 7,0 og 10,7, hvilken forskel primært afspejler den højeffektive fældes tilstedeværelse (den med 29 dyr). Skævheden i fangster på en lokalitet udjævnes væsentligt ved en logaritmisk transformation, og de nye geometriske middeltal, der tager mere hensyn til samtlige fælder, giver henholdsvis 6,4 og 4,6 dyr pr. fælde, altså et modsat udtryk for lokaliteternes niveau mht. skadedyr. Det sidste resultat skyldes en videnskabelig og logisk korrekt behandling af fangstdata, og på basis heraf bør fangsterne fortolkes.

Konklusion

Et monitoringsprogram som led i integreret bekæmpelse kræver en rimelig pålidelighed og dermed en statistisk sikkerhed ved prøvetagningerne. Det må derfor anbefales at satse på den høje præcision gennem en egentlig analyse af prøveantal og -størrelse sammenholdt med et realistisk ressourceforbrug, som vist ovenfor. Endelig må det anbefales at behandle og vurdere fangster efter en logaritmisk transformation af rådata, især når fangsterne, som det ofte er tilfældet, er meget forskellige fra fælde til fælde. Det sidste problem kan til dels afbødes ved at udvikle fælder, der øger fangsteffektiviteten og mindsker forskellene mellem fælder på samme lokalitet.

Litteratur

- Esbjerg, P. & Zethner, O. (1980): Knopormevarsling baseret på registrering af vejrlig og på fangst af agerugler (*Agrotis segetum*) i feromonfælder. – Nordisk Planteværns Konference 1980, Noresund, Norge, 153–160.
- Williams, C. B. (1937): The use of logarithms in the interpretation of certain entomological problems. – J. Appl. Biol. 24, 404–414.

Manuskript modtaget den 13. maj 1983.