Vindanpassade skyddsavstånd för fläktsprutor i fruktodling

Wind related buffer zones for orchard sprayers

Johan Nilsson, Sven Axel Svensson, Eskil Nilsson,
Anna-Mia Eriksson & Jan-Eric Englund

Slutrapport till Jordbruksverket

SLU Alnarp
Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Horticultural Technology

Rapport 2006:4
Report

ISSN 1652-1552

I denna serie publiceras rapporter från Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik vid SLU Alnarp.

This is a publication from the Department of Horticultural Technology at the Swedish University of Agricultural Sciences in Alnarp.

En lista på publicerade rapporter i serien finns på www.lt.slu.se.

The issues in this series of publications are listed at www.lt.slu.se.

Johan Nilsson är forskningsassistent vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik.

Sven Axel Svensson är försöksledare vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik.

Eskil Nilsson är rådgivare på Visavi God Lantmannased AB, Vellinge.

Anna-Mia Eriksson är forskningsassistent vid Institutionen för landskaps- och trädgårds-teknik.

Jan-Eric Englund är universitetslektor i statistik vid Enheten för statistik i Alnarp.

SLU
P.O. Box 66
SE-230 53 ALNARP
SWEDEN
Phone: +46 40 415000 (operator)
www.lt.slu.se

Förord

Sverige är känt för att ha tydliga regler och hjälpmedel, så att sprutföraren kan bestämma ett rimligt vindanpassat skyddsavstånd till känsliga objekt i samband med kemisk bekämpning. Dessa hjälpmedel eller beslutsstöd har hittills varit utformade endast för lantbrukssprutor. I fruktodling används fläktsprutor för de flesta bekämpningssituationerna. Det svenska regelverket för fläktsprutor är diffust och man saknar t ex hjälpmedel för att beräkna vindanpassade skyddsavstånd i aktuella situationer.

Tillsammans med Visavi God Lantmannased AB presenterade institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik år 2004 en rapport: ”Vindanpassade skyddsavstånd för fläktsprutor i fruktodling – kunskapsöversikt”. Detta projekt gav en beskrivning av hur man hanterade fruktodlingens vindavdrift i Tyskland, Storbritannien och Danmark och bildade ett beslutsunderlag för vilka grundprinciper som skulle gälla i Sverige.

Föreliggande rapport har syftet att redovisa ett grundmaterial, från vilket det går att utforma ett hjälpmedel (”Hjälpreda”), så att även fruktodlare kan beräkna och tillämpa ett rimligt vindanpassat skyddsavstånd. Grundmaterialet skall vara utformat så att Hjälpredan kan utformas enligt samma princip som för jordbruket.

Jordbruksverket har finansierat arbetet, som bedrivits som ett samarbetsprojekt mellan Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik och Visavi God Lantmannased AB. Det hade varit svårt att genomföra projektet utan ett starkt stöd och engagemang från dels Biologisches Bundesanstalt, BBA, Fachgruppe Anwendungstechnik, i Braunschweig, Tyskland, under ledning av Prof. Dr.-Ing. Heinz Ganzelmeier, dels Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum i Bad Kreuznach, Tyskland, under ledning av Dr. Heribert Koch. Ett stort tack riktas till kollegerna vid dessa institutioner.

Vi har fått stor hjälp av Dr. Peter Walklate från dåvarande Silsoe Research Institute, Bedford, Storbritannien, med att förstå modelleringsarbetet och också med aspekterna på läskydd. Vår kollega Peter Kryger Jensen från Dansk Jordbrugsforskning, Flakkebjerg, Danmark, har deltagit i våra referensgruppmöten och bidragit med uppskattade synpunkter i arbetet.

Både detta och det tidigare projektet har följts av en referensgrupp med representanter från Jordbruksverket och Kemikalieinspektionen. Naturvårdsverket har också erbjudits möjlighet att följa projekten.

Alnarp i maj 2006

Håkan Schroeder
Prefekt

Sammanfattning

Vid spridning av växtskyddsmedel ska sprutföraren enligt svensk lagstiftning vidta nödvändiga åtgärder för att begränsa spridning utanför avsett spridningsområden. ”Hjälpredan” är ett hjälpmedel som ger vägledning om hur vindavdrift från lantbrukets bomsprutor kan begränsas, men är inte anpassad för att användas för fruktodlingens fläktsprutor. Projektets syfte har varit att utarbeta ett grundmaterial från vilket man kan utforma ett hjälpmedel (”Hjälpreda”) för fläktsprutor i fruktodling.

Projektets genomförande har delats in i fyra delprojekt: Del I: Modell för vindavdrift; Del II: Klassificering av Schaumann fläktspruta; Del III: Vindförhållande i fruktodling; samt Del IV: Lähäckars inverkan på vindavdrift.

Del I: Ett viktigt verktyg för att begränsa vindavdriften är tillgång till en modell som beskriver vindavdriftens fördelning utanför det avsedda spridningsområdet . I projektet har en sådan modell skapats genom att använda multipel linjär regression på försöksdata från BBA:s gedigna databas över avdriftsmätningar på fläktsprutor. De variabler som har studerats i modellen är avdrift i % av utspridd dos, avstånd från spridningsområdet, temperatur samt vindhastighet. Avsikten har varit att utnyttja BBA:s klassificeringssystem för avdriftsreducerande utrustning, tillsammans med modellen, för att ta hänsyn till olika spridningsteknik.

Resultatet redovisas uppdelat för tidig och sen odlingssäsong. Modeller för 20 m resp. 100 m fältbredd finns redovisat. För ökad säkerhetsmarginal redovisas modeller baserat på 90:e percentilen av BBA:s mätvärden, istället för normalfallets medianvärden. Genom att bestämma en gräns för hur hög avdrift som accepteras, kan man med hjälp av modellerna beräkna lämpliga skyddsavstånd. BBA:s dataunderlag visade svagt samband mellan vindavdrift och temperatur, vilket gör att det är bättre att inte ta med temperatur som en ingående parameter i en framtida ”Hjälpreda för fläktsprutor”.

Del II: Schaumann är det absolut vanligaste sprutmärket i svensk fruktodling. Schaumannsprutan ingår inte i BBA:s lista över avdriftsreducerande utrustning eftersom den inte tidigare blivit testad vid BBA. För att i praktiken kunna anpassa spridningstekniken som ett verktyg för minskning av vindavdriften var syftet med del II att klassificera Schaumannsprutan enligt BBA:s system samt försöka finna inställningar som ger bättre avdriftsreducerande klassning.

Fyra olika inställningar testades vid BBA i Tyskland: Schaumann originalspridare, gul ATR-spridare, injektorspridare samt injektorspridare med reducerat fläktvarvtal. ATR gav högst vindavdrift, tätt följd av Schaumann original. Injektorspridarna gav betydligt mindre vindavdrift än de andra spridarna, framför allt på längre avstånd från spridningsområdet. Reducerat fläktvarvtal i kombination med injektorspridare gav inte lägre vindavdrift än med fullt varvtal, tvärt om något högre vilket är svårt att förklara. Ingen inställning uppfyllde kraven för att klassificeras som 50 % avdriftsreducerande.

Del III: För att beräkningarna av vindanpassade skyddsavstånd ska bli pålitliga, krävs det att vindhastighet och vindriktning mäts på ett genomtänkt och systematiskt sätt. Fruktträd och lähäckar påverkar starkt och skapar andra vindförhållanden i odlingen, jämfört med fritt fält. Syftet med Del III i projektet var att studera vindförhållanden i fruktodling samt hur och var sprutföraren bör mäta vindhastighet och vindriktning.

Under 2004 och 2005 studerades vindförhållanden i två olika fruktodlingar. Första säsongen mättes vindhastigheten på fritt fält och på olika avstånd från en lähäck i fruktodlingen. Under andra säsongen studerades hur vindhastigheten förändras i odlingen under säsongen, samt skillnaden i vindhastighet med respektive utan lähäck. Vindhastigheten på 4 meters höjd var betydligt lägre i odlingen än på fritt fält. Skillnaden var större senare på säsongen när

fruktträdens lövverk blev tätare. Resultatet från detta projekt kunde tyvärr inte visa hur mycket en lähäck kan sänka vindhastigheten ytterligare. Sprutföraren bör mäta vindhastigheten på 4 meters höjd mitt i odlingen.

Del IV: Lähäckar är vanligt förekommande i svensk fruktodling och det finns förväntningar på att dessa skall kunna reducera skyddsavstånden. Det är därför angeläget att utreda vilken inverkan man kan påräkna i beräkningen av skyddsavstånden. Sammanställningen har gjorts genom en litteraturstudie.

Tidigare litteraturstudier inom området konstaterar att det saknas kunskap om turbulens kring lähäckar samt hur lähäckar bör karakteriseras ur vindavdriftssynpunkt. Detta gör det svårt att bedöma häckens avdriftsreducerande förmåga. Samtidigt finns det flera forskningsresultat som visar på betydande avdriftsreduktion, upp mot 90 %, vid närvaro av lähäckar. Holländska försök fokuserar på avdrift som hamnar i ett fiktivt vattendrag strax efter lähäcken, vilket gör det svårt att direkt överföra dessa resultat till svenska förutsättningar. Forskare i Storbritannien har studerat lähäckars avdriftsreducerande potential med flera olika angreppssätt, både med teoretiska beräkningar, med vindtunnelstudier och med fältstudier. Fältstudierna visar svag avdriftsreduktion tidigt på säsongen och att lähäcken kan göra att vindavdriftens flyttas längre ifrån spridningsområdet. Eftersom vindhastigheten i odlingen föreslås bli en faktor som påverkar skyddsavståndet, kommer lähäckarnas effekt i den svenska ”Hjälpredan” att inkluderas. Författarna öppnar för att ständigt gröna lähäckar kan vara en möjlighet att minska vindavdriften under tidig odlingssäsong.

Denna rapport ger underlag för flera olika sätt att utforma en framtida hjälpreda. I slutet ges exempel på hur utformningen kan göras. Ett förslag är att använda fördelningsmodellen som är baserad på medianvärden, där vindhastighet i fruktodlingen och sprutans avdriftsreducerande klassning avgör skyddsavståndet.

Summary

According to Swedish legislation, the sprayer operator should take necessary measures to avoid drift outside the treated field. The “Helper for boom sprayers” is a guide to help the operator reduce drift from boom sprayers, but is not suitable for orchard sprayers. The objective of this project was to create a basis of knowledge for design of a “Helper for orchard sprayers”.

The project has been carried out in four parts: Part I: Drift model; Part II: Classification of Schaumann orchard sprayer; Part III: Wind situations in orchards; and Part IV: Windbreak influence on drift

Part I: A reliable model for drift distribution outside the orchard is an important tool in drift mitigation. In this project, a distribution model has been created with multiple linear regression and data from BBA’s solid database of drift measurements on orchard sprayers. Parameters studied for the model are drift as percent of applied dose, distance from the sprayed area, prevailing temperature and wind speed. It was the aim that BBA’s classification system for drift reducing equipment should be used together with the model to consider different application techniques.

The results are divided into early and late growth stage. In addition, different models used for field width of 20 m and 100 m are presented. A model based on the 90th percentile of BBA’s drift values is presented. Using the 90th percentile values, instead of the common median values, produces greater safety margins for the buffer zones. By stipulating a drift limit, a proper safety distance (width of buffer zone) can be determined by use of the model. The BBA data set showed a low correlation between drift and temperature, and the temperature variable will be excluded from a future “helper” for orchard sprayers.

Part II: The ‘Schaumann’ sprayer is the most common sprayer make used in Swedish fruit production. This sprayer has not been tested by BBA and thus, is not included in the German classification system for drift reducing equipment. The objective of part II was to classify the Schaumann sprayer according to the BBA regulations, and by that in this way make it possible to use BBA drift reduction settings. Eventually, it was also the aim to determine settings for the Schaumann sprayer to reduce drift.

Four different configurations of the Schaumann sprayer were studied by BBA in Germany; Schaumann original (1,5/0,9), remodeled version (ATR yellow), remodeled version with injection nozzle (AVI yellow) and remodeled version with injection nozzle (AVI yellow) with reduced fan rpm. ATR resulted in the highest wind drift, closely followed by Schaumann original. Injector nozzle settings resulted in much lower wind drift, especially at longer downwind distances. Reduction of fan rpm was expected to reduce drift, but, on the contrary, showed some increase in drift, which is difficult to explain. None of the settings fulfilled the standards for the 50 % drift reduction class.

Part III: Input parameters of wind velocity and wind direction must be established in a careful and systematic way, to reliably calculate wind related buffer zones. Fruit trees and wind-shelter hedges have a strong influence on wind conditions and even create different flow patterns in the orchard, compared to open fields. The objective of Part III was to study wind conditions in orchards and to determine how and where the spray operator should measure wind speed and direction.

During the seasons 2004 and 2005, wind conditions were studied in two different orchards. In the first season wind speed was measured in an open field and inside the orchard at different distances from the wind shelter. During the second season the wind conditions were studied as

the vegetation changed, and in positions sheltered and not sheltered by the hedge. Wind speeds registered at 4 m height was considerably lower inside the orchards, compared to open field. The difference increased during vegetation development. However, the measurements do not allow separating fruit tree influence from wind-shelter hedges influence. Spray operator should measure wind speed at 4 m height within the orchard.

Part IV: Wind-shelter hedges are common around Swedish orchards and there were expectations that these hedges should reduce drift buffer zone distances. Thus, it is important to study what reduction we could anticipate. The study was made as a literature study.

Earlier studies on this subject pointed out that there was a lack of knowledge on turbulence within wind shelter hedges and how hedges should be characterized from point of drift reduction. This makes it difficult to estimate the drift reduction potential. At the same time, there are research results showing a considerable influence from hedges; drift reductions up to 90 % are reported. Dutch drift research focus on drift risks for waterways, close to the orchard border (behind the hedge). These results are difficult to transfer to Swedish conditions. British researchers have studied the potential shelter effect from different several points of view: theoretical calculations, wind tunnel studies, as well as field measurements. Field studies found that hedges produced only a weak drift reduction before blossom and that the shelter hedge could result in the drift moving further away from the source. As wind velocity within the orchard is suggested to be a parameter for drift calculations, effect of hedges will be included in the “Helper for orchard sprayers”. Authors also suggest that evergreen trees for hedges could be a possible way of drift reduction before blossom.

This report gives basis for several ways of designing a future “Helper” for calculating drift buffer zone distance for orchard sprayers. Examples are given in the end of the report. One main suggestion is to use the distribution model (median values) as a base for calculating the buffer zone distance, supplemented with wind velocity inside the orchard and the existing BBA drift reduction rating as the two influencing factors.

Innehållsförteckning

INLEDNING 1
BAKGRUND 1
SYFTE 2
METOD 2
DEL I: MODELL FÖR VINDAVDRIFT 2
Bakgrund 2
Tyskland 2
Nederländerna 5
Storbritannien 6
USA 7
Svensk hjälpreda för bomsprutor 8
Diskussion om tidigare gjorda avdriftsmätningar 9
Syfte 10
Metod 10
Resultat 11
Tidig odlingssäsong 11
Sen odlingssäsong 14
Diskussion 15
DEL II: KLASSIFICERING AV SCHAUMANN FLÄKTSPRUTA 18
Bakgrund 18
Syfte 19
Metod 19
Resultat 22
Diskussion 23
DEL III: VINDFÖRHÅLLANDE I FRUKTODLING 24
Bakgrund 24
Vind på fritt fält och över grödan 24
Lähäckars påverkan på vindhastigheten 25
Vindmätningar i samband med avdriftsmätningar 26
Syfte 27
Material och metod 27
Vindmätningar 2004 27
Vindmätningar 2005 29
Resultat 31

Solnäs 2004 31
Glorias äppelgård 2005 32
Diskussion 33
Slutsats 34
DEL IV: LÄHÄCKARS INVERKAN PÅ VINDAVDRIFT 35
Inledning 35
Syfte 35
Litteraturstudie 35
Diskussion 41
SAMMANFATTANDE DISKUSSION 42
REFERENSER 45
Tryckta referenser 45
Internetreferenser 48
Personliga meddelanden 48
BILAGA 1 49
BILAGA 2 53
BILAGA 3 55

Inledning

Kemiska bekämpningsmedel används i fruktodling för att säkerställa skördens kvalitet och kvantitet till en rimlig kostnad. Så länge de kemiska preparaten hamnar på avsedd plats, i rätt mängd, kan riskerna för den omgivande miljön begränsas. Användningen är också ett tillfälle där människan aktivt sprider miljögifter i naturen. På fel plats kan preparaten göra stor skada och nedbrytningen försvåras. En spridningsväg motsvaras av den del av sprutvätskan som följer med vinden och hamnar utanför avsett spridningsområde.

Bakgrund

De delar av sprutvätskan (droppar, fasta partiklar eller ånga) som inte avsätts på det behandlade fältet benämns avdrift. Förångning av sprutvätska sker både från det besprutade fältet och från droppar som driver med vinden. Denna form av avdrift kan transporteras mycket långa sträckor, och kommer inte att avsättas i det behandlade fältets närhet (Hagenvall, 1990). Avdrift på grund av förångning kommer inte att behandlas vidare i denna rapport. Istället koncentreras arbetet på avdrift i form av droppar (och eventuellt fasta partiklar) som avsätts på mark, växter, vattendrag, människor, djur och byggnader i vindriktningen från det behandlade fältet.

Vinden har stor inverkan både på antalet avdriftsdroppar och vilken storlek som lättast driver i väg med vinden. Därigenom blir vindavdriften starkt positivt korrelerad till vindhastigheten (Arvidsson, 1997). Flera avdriftsstudier, både i fält och i vindtunnel, visar på ett approximativt linjärt förhållande mellan vindavdrift och vindhastighet (Maybank *et al.*, 1978; Gilbert & Bell, 1988; Western *et al.*, 1989; Hobson *et al.*, 1990).

I miljöbalken (1998), 14 kap §18, står följande: *”Ett kemiskt eller biologiskt bekämpningsmedel skall spridas på ett sådant sätt att människors hälsa inte skadas eller människor vållas annan olägenhet och att miljöpåverkan blir så liten som möjligt. Åtgärder skall vidtas för att motverka att medlet sprids utanför avsett spridningsområde.”* I tillhörande föreskrift (SNFS 1997:2) och allmänna råd (Naturvårdsverket, 1997) finns angivet att sprutföraren ska ta hänsyn till på platsen rådande temperatur och vindförhållanden, spridningsområdets utbredning i vindriktningen samt omgivningens känslighet för medlet.

För att hjälpa föraren av en lantbrukssprutа att undvika spridning utanför avsett spridningsområde finns det sedan 1998 ett hjälpmedel, ”Hjälpredan” (Säkert Växtskydd, 1998). Med hjälp av detta tabellverk kan föraren bestämma lämplig bredd på obesprutad del vid fältkanten i aktuell vindriktning. ”Hjälpredan” omarbetades och kom ut i ny upplaga 2004 (Säkert Växtskydd, 2004). Arvidsson & Ljungström (1998) ger bakomliggande fakta och beskrivning av hur ”hjälpredan” är utformad. Den avdriftsmodell som använts är framtagen genom multipel linjär regression på data från vindavdriftsmätningar vid SLU. I den nya upplagan är denna modell kompletterad med data från BBA (Biologische Bundesanstalt, Tyskland), gällande avdriftsreducerande utrustning.

För särskilt känsliga områden är ”Hjälpredans” angivna riktvärden för skyddsavstånd beräknade så att maximalt 1 % av preparatets högsta dos hamnar utanför spridningsområdet. Särskilt känsliga områden kan vara sjöar och vattendrag, tomter, lekplatser och skolor, växthus, ekologiska odlingar etc. Även för övriga områden ska skyddsavstånd användas. Riktvärdena är då beräknade så att maximalt 4 % av preparatets högsta dos hamnar utanför spridningsområdet (Arvidsson & Ljungström, 1998). Det angivna riktvärdet för skyddsavstånd är oberoende av preparat.

Nuvarande ”Hjälpreda” är avsedd för lantbrukets bomsprutor och får inte användas för fläktsprutor i fruktodling eftersom spridningsteknik och odling skiljer sig avsevärt från varandra. Något liknande hjälpmedel för fruktodlingens fläktsprutor finns inte (Svensson *et al.*, 2004). Samtidigt bedöms vindavdriften från en fläktspruta vara ca 10 gånger större, än för en bomspruta under liknande förhållanden (Ganzelmeier *et al.*, 1995).

I andra länder i Europa (Tyskland och Storbritannien) finns bestämmelser som gör det möjligt för odlaren att beräkna ett vindanpassat skyddsavstånd i fruktodling. Dessa bestämmelser bygger på preparatets toxicitet, men varken vindriktning, vindhastighet eller temperatur ingår. Dessa faktorer är viktiga i den svenska ”hjälpredan” för bomsprutor. Att använda dessa länders bestämmelser som underlag för kommande svenska bestämmelser anses därför inte lämpligt (Svensson *et al.*, 2004).

Syfte

Projektets syfte var att utarbeta ett grundmaterial från vilket man kan utforma ett hjälpmedel (”Hjälpreda”) för fläktsprutor i fruktodling. Härigenom skall det vara möjligt för fruktodlare att, baserat på vissa ingångsdata, kunna beräkna och tillämpa ett rimligt vindanpassat skyddsavstånd för att minimera miljöpåverkan. Hjälpmedlet förväntas också underlätta att lämpliga åtgärder kan sättas in för att motverka att bekämpningsmedel sprids utanför avsett spridningsområde.

Metod

Projektets genomförande har delats in i fyra delprojekt:

Del I: Modell för vindavdrift

Del II: Klassificering av Schaumann fläktspruta

Del III: Vindförhållande i fruktodling

Del IV: Lähäckars inverkan på vindavdrift

Metod för genomförande redovisas för varje del i projektet.

Del I: Modell för vindavdrift

Bakgrund

För att bedöma risken för vindavdrift och för att kvantifiera mängden bekämpningsmedel som riskerar att lämna spridningsområdet som vindavdrift, krävs någon form av modell. Utformning av denna modell kan göras på två principiellt skilda sätt. Ett sätt är att, baserat på matematiska och fysikaliska beräkningsmetoder, tillsammans med datorkraft, utföra simuleringar av spridningsförloppet (Hobson *et al.*, 1990; Xu *et al.*, 1998; SMHI, www). Ett annat är att utifrån resultat från fältförsök där vindavdriften uppmätts göra statistiska analyser för att finna en passande funktion (Arvidsson, 1997; Kaul *et al*., 2004a; Kaul *et al*., 2005) . En kombination av båda kan också göras (Kaul *et al*., 2004a; Walklate, pers.medd., 2004).

Tyskland

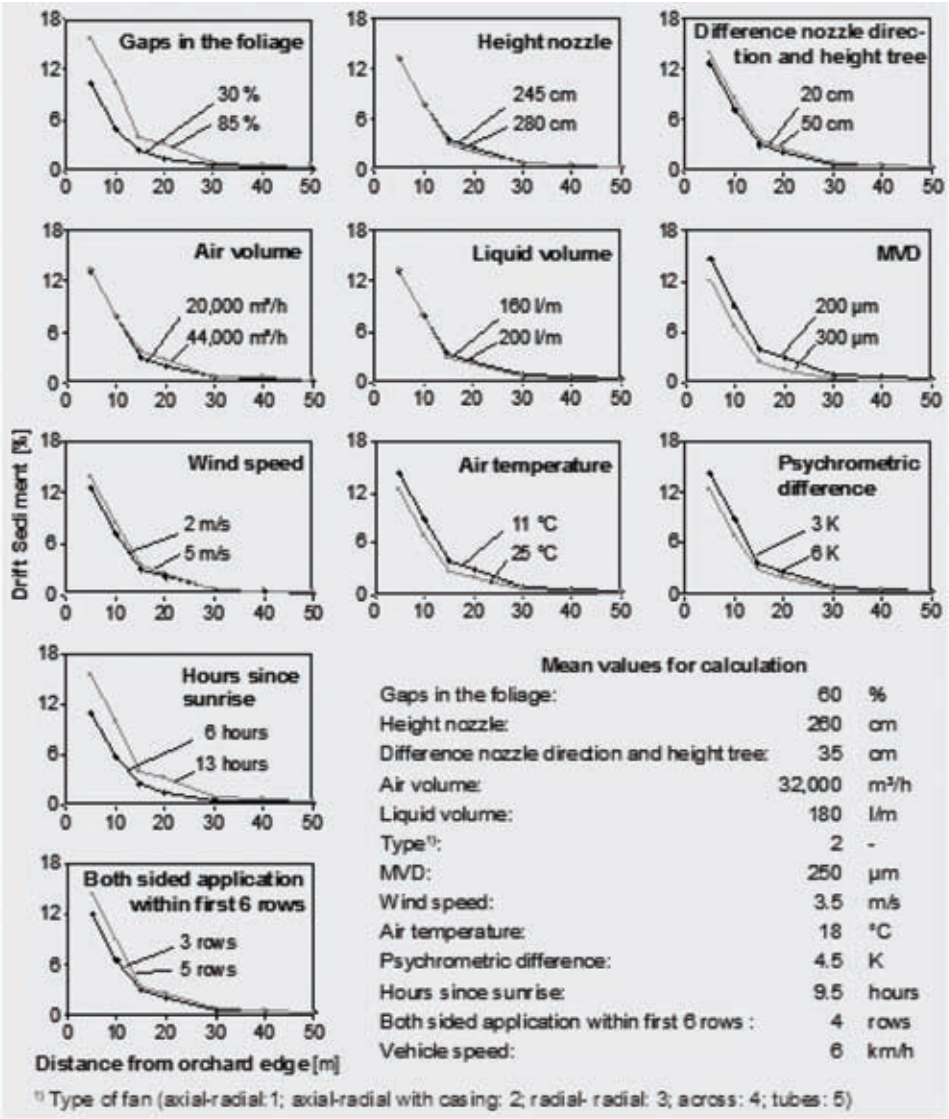
På Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) i Braunschweig, Tyskland, har man sedan länge utfört vindavdriftsmätningar från olika sprutor och under olika förhållanden. Ganzelmeier *et al.* (1995) redovisar resultaten från totalt 119 avdriftsförsök, varav 61 är gjorda med fläktspruta i fruktodling. Från varje försök finns också angivet väderleksförhållande (vindhastighet, vindriktning, luftfuktighet och temperatur), fruktträdens

utvecklingsstadium och spridningsutrustningens prestanda och inställning (tryck, munstycken, modellbeteckning, fläkttyp etc.). Ganzelmeier (2000) redovisar ytterligare 10 kompletta avdriftsmätningar i fruktodling. Tillsammans utgör dessa underlag för BBA:s avdriftsvärden för registrering av bekämpningsmedel samt gränsvärden för klassificering av spridningsutrustning. Utöver ovanstående utför BBA avdriftsmätningar på uppdrag av tillverkare av spridningsutrustning, med syfte att klassificera utrustningen enligt BBA:s klassificeringssystem. Detaljerade data från dessa mätningar tillhör dock respektive företag och det är endast placeringen i klassningssystemet som är allmänt tillgänglig.

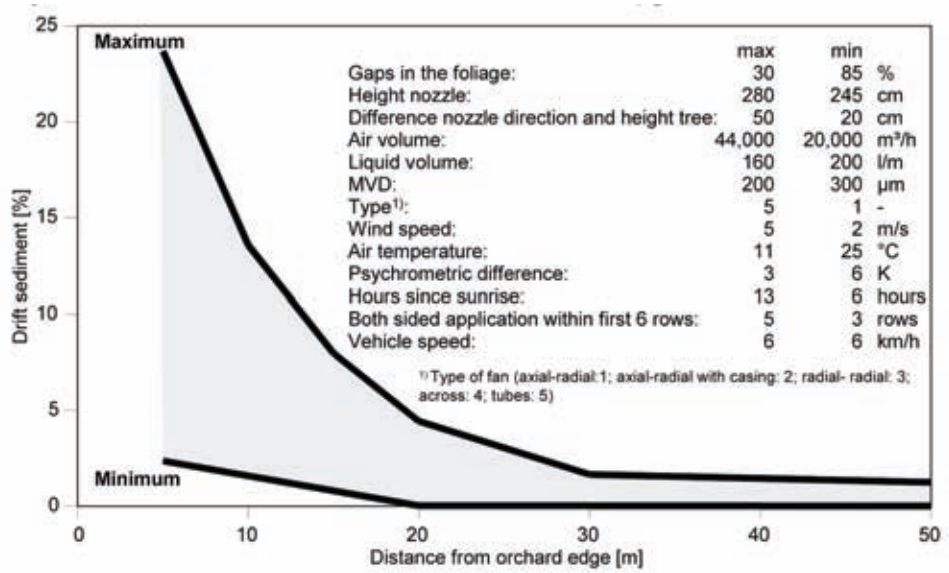
BBA:s avdriftsförsök i fruktodling har utförts genom att köra sex drag med sprutan vinkelrätt mot vindriktningen. Första draget i den yttersta raden kördes med endast halva sprutans arbetsbredd (endast sprutning mot fruktträden), övriga med full arbetsbredd. Området närmast odlingen i vindriktningen bestod av gräsmark. På olika avstånd från odlingen placerades ett antal låga glasskålar (s.k. petriskålar), sedimenterad avdrift samlades upp. Skålarna analyserades med avseende på det spårämne som använts vid spridningen (Ganzelmeier *et al.*, 1995).

I de tyska bestämmelserna för att minska riskerna för vindavdrift är skyddsavståndet oberoende av vindriktning, vindhastighet och temperatur. Skyddsavståndet beror istället på preparat, vegetation inom skyddszonen och spridningsutrustning (Svensson *et al.*, 2004). För oklassificerad utrustning använder man sig av en modell som är baserad på 90:e percentilen av 41 avdriftsmätningar (tidig odlingssäsong) för att beräkna lämpligt skyddsavstånd. Ur samma datamaterial har man använt medianvärdena för att skapa *grundvärden* för vindavdrift. För utrustning som ska klassificeras görs avdriftsmätningar enligt ovanstående beskrivning. Om utrustningen inom området 3 – 50 meter från spridningsområdet ger minst 50 % lägre vindavdrift än grundvärdena, klassas utrustningen som 50 % avdriftsreducerande. Klasser finns även för 75 % resp. 90 % avdriftsreduktion (BBA, 2003). För klassificerad utrustning beräknas skyddsavstånden från avdriftsmodeller som är 50, 75 resp. 90 % lägre än modellen för en oklassificerad spruta. En lista över klassificerad utrustning finns på BBA:s hemsida (BBA, www). För att klassningen ska gälla krävs det att sprutans inställning görs enligt BBA:s anvisningar (BBA 3, www).

Redan 1990 började arbetet med att ta fram en teoretisk modell för vindavdrift i Tyskland (PeDriMo). Beräkningarna gav kunskap om hur olika faktorer påverkar avdriften, men massberäkningar gjorda utifrån resultatet stämde inte med vad som uppmättes i verkligheten. Modellen är numera istället baserad på multipel linjär regression av resultat från 163 vindavdriftsmätningar som finns vid BBA (fruktodling). Modellen redovisar väntevärdet (genomsnittet) för sedimenterad vindavdrift på olika avstånd från spridningsområdet (Figur 1 och Figur 2) (Ganzelmeier & Kaul, 2005). Modellen som används idag tillhör således typen ”statistisk analys av fältförsök”.



Figur 1. Resultat från variation av enskilda parametrar i PeDriMo (Kaul *et al.*, 2004b)



Figur 2. Parametrar som går att variera och vilket intervall som är möjligt i avdriftsmodellen PeDriMo. Diagrammet visar modellens min- och maxvärden (Ganzelmeier & Kaul, 2005).

Nederländerna

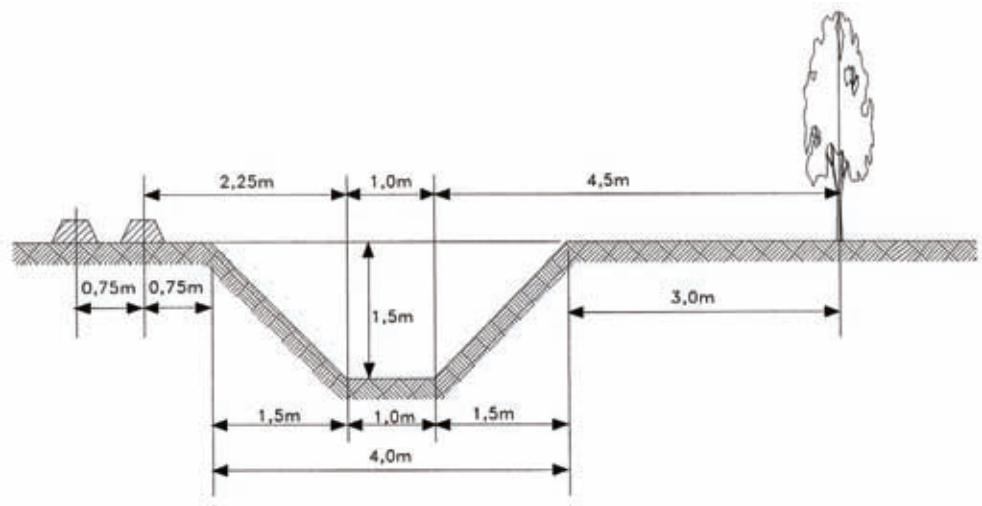
Grunden i de holländska vindavdriftsmodellerna kallas IDEFICS; ett simuleringsprogram som bygger på teoretiska beräkningar och successiv beräkning. Programmet har kalibrerats och validerats med resultat från fältförsök. Modellen har gjorts med avseende på bomsprutor med konventionell sprutteknik och modellen visar hur sedimenterad avdrift fördelas på olika avstånd från spridningsområdet (Holtermann *et al.*, 1997).

I Nederländerna beskriver man en referenssituation för besprutning av olika grödor. I fokus är skydd av en tänkt närliggande kanal. Man inför som skydd en odlingsfri (icke besprutad) zon mellan (för fruktodling) sista trädraden och kanalslänten / kanten på vattendraget. Dessa skyddszoner kan för enskilda bekämpningsmedel ökas i samband med registreringen om toxiciteten är hög. Man skiljer också på grödor som är intensivt sprutade eller ej, med ett större skyddsavstånd för de intensivt sprutade.

För att bedöma hur t ex skyddsavstånd, lähäckar och luftassistans påverkar avdriften har ett stort antal mätningar gjorts. Referenssituation och -utrustning för fruktodling är en fläktspruta med tvärströmsfläkt som används i en fruktodling med bladverket i sent utvecklingsstadium och vid en vindhastighet på 3 m/s. Denna situation har i fältförsök resulterat i en avdrift på 6,8 % av inom spridningsområdet applicerad dos på ett avstånd av 4,5-5,5 m från sista trädraden. Detta avstånd symboliserar vattenytan på ett dike intill fruktodlingen (Zande *et al.*, 2000).

Det odlingsfria (obesprutade) skyddsavståndet för fruktodlingens referenssituation har varit 3 m (illustreras i figur 3). Olika tekniska insatser har renodlats och medför reduktion av skyddsavståndet. De senast angivna rekommendationerna (från 2003 och framåt) skiljer sig från detta värde, eftersom man anger 6 m odlingsfri zon i grundläget (ingen avdriftsreducering), och ett avstånd på 1,5 m i de situationer där man gör insatser för avdriftsreduktion. Exempel på insatser: fånggröda, reflektorskärm, tunnelspruta, etc. Åtgärden att spruta i riktning från vattendraget för den första raden medger ett skyddsavstånd på 3 m (MVW, www; CIW, www).

Avståndet kan minskas om man kan visa att avdriften reduceras ytterligare. Varken dosnivå eller vindhastighet ingår i bedömningarna av skyddsavstånd. Försök med tunnelspruta resulterade i 85 % mindre vindavdrift till vattenytan, jämfört med ovanstående tvärströms-spruta (Huijsmans *et al.*, 1993).



Figur 3. Skiss över den situation som ligger till grund för Nederländernas bedömning av vindavdriften. Sedimenterad avdrift som hamnar på den en meter breda remsan i mitten av diket används för jämförelser mellan olika typer av utrustning och spridningsförhållanden (Zande *et al.*, 2000)

Storbritannien

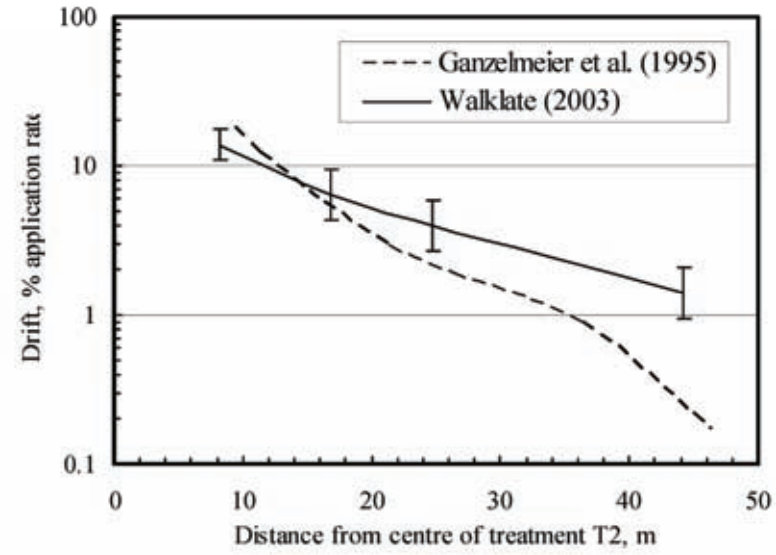
Föregående rapport inom projektet (Svensson *et al.*, 2004) redovisar hur man i Storbritannien hanterar risken för vindavdrift. Systemet kan kort förklaras genom att det för varje preparat finns angivet ett skyddsavstånd som kan minskas med LERAP-systemet (PSD, www). Skyddsavståndet har beräknats utifrån information om preparatets ekotoxiska egenskaper samt en avdriftsfördelningsmodell som baserats på BBA:s data (Walklate, 2003).

Flera forskningsprojekt har studerat hur olika faktorer påverkar avsättning, avrinning och vindavdrift vid användning av fläktspruta i fruktodling. Här redovisas endast delar av resultatet. Vätskemängden som används vid besprutning påverkade inte andelen avsättning och andelen vindavdrift, med undantag för sprutning med höga vätskemängder på små träd där avrinning ökade förlusterna. Däremot hade vätskemängden stor inverkan på den totala avsättningen och täckningen vilket innebär bättre möjlighet för lyckat bekämpningsresultat. Slutsatsen blir att vätskemängden i de flesta fall kan ökas för att få bättre effekt, utan att öka risken för vindavdrift (Cross *et al.*, 2001a).

Faktorn duschkvalitet har studerats med olika droppstorleksnivåer, med VMD-värden från 156 μm till 237 μm. Denna studie visade att duschkvaliteten hade stor inverkan på mängden vindavdrift, men att avsättning och vätskefördelning i bladverket inte påverkades nämnvärt. Forskargruppen bedömde att det krävs kompletterande studier av biologisk effekt för att få en klar bild av hur duschkvalitet påverkar bekämpningsresultat och förluster (Cross *et al.*, 2001b).

Fläktsprutans luftflöde är ytterligare en faktor som har studerats av de engelska forskarna. Luftflöden från 4,1 m^3/s till 11,3 m^3/s (ca 15 000 – 41 000 m^3/h) har studerats. Genom att sänka luftflödet ökade avsättningen i de yttre delarna av bladverket närmast sprutan, medan avsättningen minskade längre ifrån sprutan. Sprutans luftflöde hade stor inverkan på vindavdriften. Medelnivån (7,5 m^3/s) gav begränsad avdriftsreduktion (<50 %) medan den lägsta nivån (4,1 m^3/s) resulterade i en avdriftsreduktion på 55 – 93 %, jämfört med det högsta luftflödet (11,3 m^3/s). Slutsatsen blev att en sänkning av luftflödet kan vara ett effektivt sätt att minska vindavdriften utan att avsättningen påverkas på ett avgörande sätt. Däremot kan låga luftflöden leda till att sprutplymen blir mer känslig för yttre påverkan t ex vindbyar (Cross *et al.*, 2003).

Tidigare vindavdriftsmätningar visar att den största delen avdrift kommer från sprutning av de i vindriktningen sista trädraderna i odlingen. Därför har ett forskningsprojekt i Storbritannien syftat till att studera hur olika strategier vid sprutning av de sju sista raderna kan användas som avdriftsreducerande åtgärd. Avdriftsmätningarna gjordes på liknande sätt som vid BBA och resultaten har jämförts med data från Ganzelmeier *et al.* (1995) (se Figur 4). Genom att undvika besprutning av den sista trädraden (motsvarar ett skyddsavstånd på 6,4 m) erhölls en avdriftsreduktion på mellan 25 – 50 %, jämfört med besprutning av hela odlingen. Om två rader lämnades obesprutade (motsvarar ett skyddsavstånd på 10,4 m) reducerades avdriften med 50-75 %. För att undvika underdosering och sjukdomsangrepp på de träd som hamnar i skyddszonen utvärderades ytterligare en strategi som bygger på att sprutning sker i varannan körgång för de sju yttersta raderna. Vid nästa spruttillfälle byter sprutföraren rader och sprutar i de körgångar som lämnades vid föregående sprutning. Denna metod resulterade i avdriftsreduktion på 50 – 75 % (Walklate, 2003).



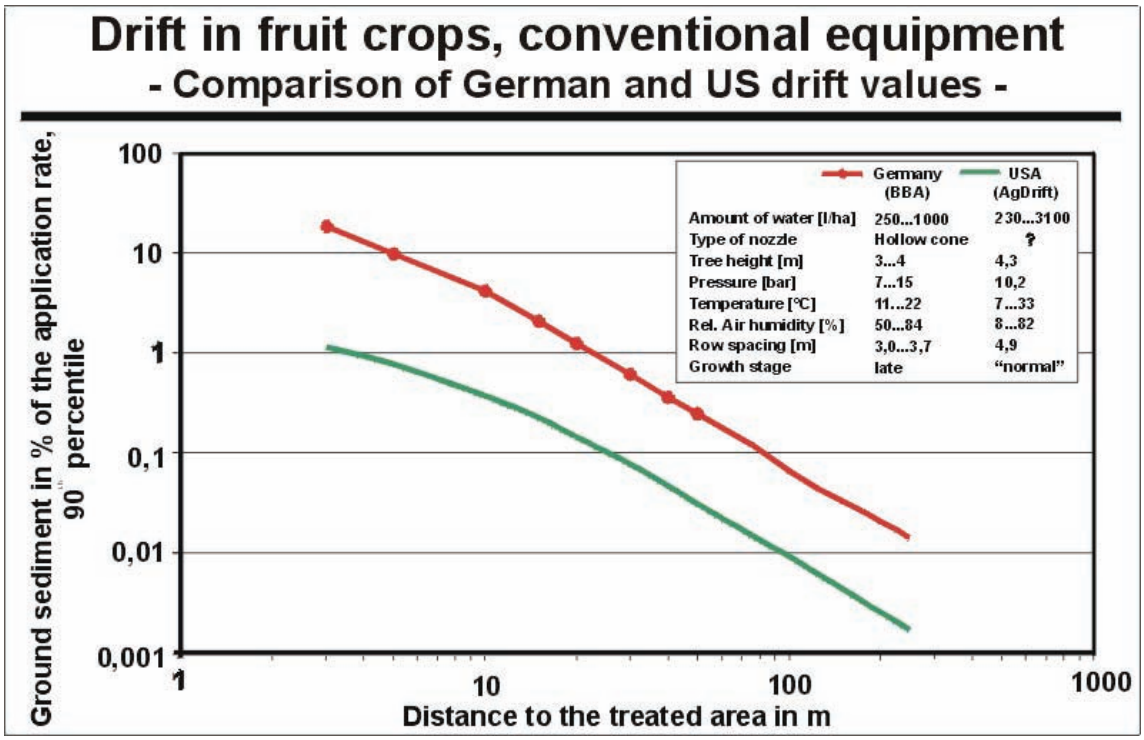
Figur 4. Jämförelse mellan vindavdriftsförsök från Tyskland och Storbritannien (Walklate, 2005).

USA

”Spray Drift Task Force” (SDTF) är ett konsortium av ca 40 kemiföretag som bildades 1990 för att förse EPA (Environmental Protection Agency) med data för att bedöma risker som uppkommer från vindavdrift vid användande av växtskyddsmedel. Fram till 1997 hade över 300 besprutningar i 10 fältförsök gjorts för att studera vindavdriften från olika grödor, olika appliceringstekniker vid olika utvecklingsstadium för grödan. Avdriftsmätningar i fruktodling utfördes med sex trädrader och avdriften samlades upp med absorberande material på fem olika avstånd från 7,5 m till 180 m från yttersta sprutdraget. Flera mätningar är gjorda i grödor som inte odlas i Sverige, t ex apelsin, pekannöt och mandel. Resultatet visar att vindavdriften från bekämpning både i äpple och i vindruvor påverkas starkt av grödans utvecklingsstadium. För äppleträd i tidigt utvecklingsstadium var avdriften vid fältkanten 22 gånger högre än för äppleträd med fullt lövverk. För vindruvor var avdriften vid fältkanten 4 gånger högre för nyetablerad odling än för äldre. Äpple i tidigt stadium var också den enda gröda där man kunde se hur ökad vindhastighet även ökade vindavdriften (Anonym, 1997).

AgDrift och DropKick är två Windows-baserade program som i USA används för att bedöma risken för vindavdrift. AgDrift bygger på teoretiska modeller som verifierats med fältexperiment från t ex SDTF. Ingångsdata i modellen är t ex duschkvalitet, grödans egenskaper, appliceringsteknik, temperatur, luftfuktighet och vindhastighet. DropKick är ett verktyg för att simulera droppbildning och visar hur olika tillsatser och preparatblandningar påverkar duschkvaliteten och därmed vindavdriften. Modellen bygger på linjär regression av data från laboratorieexperiment. DropKick har på senare tid inkluderats i programmet AgDrift. Programmet används för att simulera avdriftens fördelning och utifrån detta kan myndigheterna arbeta för att minska risken för vindavdrift genom att ange lämpliga skyddsavstånd för olika preparat i olika situationer (Hewitt, 2000). I Figur 5 visas jämförelse mellan AgDrift och mätningar vid BBA.

I USA används dessa modeller och denna kunskap om avdrift på olika sätt i olika delstater och av olika tillverkare av bekämpningsmedel. I vissa fall rekommenderas ett fixt skyddsavstånd och i andra fall varierar det med appliceringstekniken (t ex större för flygbesprutning än för lantbrukspruta, som i sin tur fordrar ett större skyddsavstånd än ryggspruta) (Derksen, pers.medd., 2005).

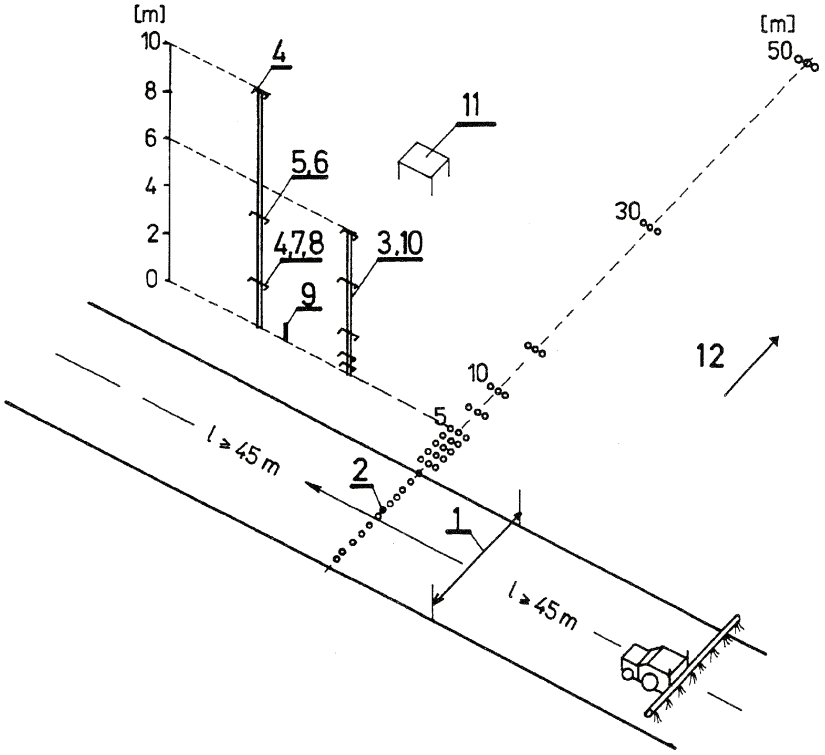


Figur 5. Jämförelse mellan avdriftsvärden för fläktsprutor i fruktodling från Tyskland (BBA) och USA (Ganzelmeier, 2000).

Svensk hjälpreda för bomsprutor

Arvidsson (1997) genomförde en studie om 132 avdriftsmätningar vid olika väderleksförhållande och med olika spridningsutrustning. Både sedimenterad och luftburen avdrift mättes i försöket. Resultatet användes för att med hjälp av multipel linjär regression skapa en modell där relevanta väderleks- och teknikfaktorer ingår. Spridningstekniken har beskrivits med faktorerna bomhöjd och andel droppar mindre än 100 µm. Arvidssons resultat har använts för att konstruera ett tabellverk för bomsprutor, en ”Hjälpreda”, som föreslår ett lämpligt skyddsavstånd beroende på temperatur, vindhastighet, bomhöjd, duschkvalitet och dosnivå.

I den nyare upplagan av ”hjälpreda” (Säkert växtskydd, 2004) kan även BBA:s klassificeringssystem för spridningsutrustning användas för att ta hänsyn till spridningstekniken.



1 working width 12 m
2 static samplers
3 isokinetic samplers
4 thermocouple
5 anemometer
6 wind direction indicator
7 thermometer
8 hygrometer
9 anemometer on the sprayer boom level
10 static samplers
11 control and registration unit
12 wind direction
(temperature was also measured at the ground level 1993)

Figur 6. Försöksuppställning som användes av Arvidsson (1997).

Avdriften mättes i försöken bara från ett sprutdrag (Figur 6). För att få inverkan från fältets utbredning i vindriktningen ackumulerades modellen genom att parallellförflytta avdriftskurvan matematiskt i önskat antal sprutdrag. Arbetsbredden på försökssprutan var 12 m (Arvidsson & Ljungström, 1998). För att utifrån modellen bestämma ett lämpligt skyddsavstånd, bestämdes gränsvärden för hur mycket som får hamna utanför spridningsområdet. För områden där sprutföraren bör hålla ”särskild hänsyn” (ex. vattendrag, bostäder, områden med biologisk mångfald, känsliga grödor) sattes gränsen till 1 % av för preparatet angiven högsta dosering. För övriga områden (”allmän hänsyn”) var motsvarande gräns 4 %.

Eftersom det i studien endast ingick bomsprutor, finns inget underlag för fläktsprutor i fruktodling.

Diskussion om tidigare gjorda avdriftsmätningar

Ovanstående avdriftsmätningar är utförda på delvis olika sätt och med olika förutsättningar. Detta gör det svårt att sammanställa data från olika försök. BBA har stort underlag av systematiska mätningar med noggrann dokumentation av inverkande faktorer och har utfört mätningarna under förhållanden som kan liknas vid dem som uppkommer i svenska fruktodlingar. Detta gör det lämpligt att använda data från BBA.

Med hänsyn till appliceringsteknikens inverkan på vindavdriften är det för bomsprutor främst bomhöjd och droppstorlek som inverkar, medan det för fläktsprutor beror på betydligt fler faktorer som t ex luftriktning, luftflöde och lufthastighet. Fullständig beskrivning av

luftflödets egenskaper är dessutom mycket komplicerat och svårt att få in i en matematisk modell, något som t ex illustreras i Figur 1. Ett sätt att ta hänsyn till sprutteknikken är att använda BBA:s klassificeringssystem för spridningsutrustning. Detta utgår ifrån BBA:s data, vilket är ytterligare en anledning till att använda deras vindavdriftsmätningar till den svenska modellen.

Syfte

Syftet med delprojektet var att, genom att använda data från tidigare vindavdriftsmätningar, skapa en modell som gör det möjligt att uppskatta och förutsäga vindavdriften från fläktsprutor i fruktodlingar och därmed göra det möjligt för sprutförare att tillämpa ett lämpligt skyddsavstånd och minska risken för skador orsakade av vindavdrift. Modellen ska om möjligt utformas på liknande sätt och med samma ingående parametrar som den befintliga ”Hjälpredan” för bomsprutor.

Metod

I detta delprojekt har inga egna avdriftsmätningar gjorts. Istället användes data från BBA, Tyskland. Data som använts är framtagna både på tidigt och sent utvecklingsstadium för fruktträden. Arbetet med att ta fram en modell har dock fokuserat på tidig odlingssäsong, eftersom det är då avdriften är som störst. Samtidigt är det under denna tidsperiod som många bekämpningar utförs. Totalt fanns resultat från 41 försök från tidig säsong samt 30 försök från sen säsong tillgängliga vid BBA. Detta är samma försöksserie som ligger till grund för BBA:s gränsvärden för registrering av produkter och klassificering av spridningsutrustning. Från varje försök har avdriftens medianvärde på varje avstånd använts vid beräkningarna. Beräkningar har även gjorts med 90:e percentilen från varje avstånd. Mätvärden på avstånd kortare än 3 m har dock inte använts eftersom provtagningen på så korta avstånd blir osäker. Även nollvärden och eventuellt negativa värden har sorterats bort från datamaterialet. Värdena är redovisade som % av inom spridningsområdet utspridd mängd. En sammanställning av dataunderlaget finns i Bilaga 1.

Ett statistikprogram (MINITAB) användes för att, genom linjär regression, skapa en matematisk modell för vindavdrift. Endast faktorer som kan komma att ingå i en blivande hjälpreda ingick i modellen (ex. vindhastighet, spridningsteknik, temperatur). Logaritmen av samtliga faktorer användes i modellen för att erhålla linjära relationer (på liknande sätt som har gjorts av Ganzelmeier *et al.*(1995) och Arvidsson (1997)).

Precis som vid BBA (Ganzelmeier, 2000) användes två linjära funktioner för att beskriva modellen, en för 3 – 10 meter och en för 15 – 100 meter från spridningsområdet. Detta gjordes genom att lägga till två variabler till datamängden; en där avståndet 3 – 10 hade värdet 1 och resterade värdet 0 (variabeln kallas k låga), den andra tvärtom (k höga).

Eftersom spridningstekniken för fläktsprutor är betydligt svårare att beskriva än för bomsprutor, ingår i modellen inte någon faktor som påverkas av tekniken. Istället utgår modellen från att beskriva vindavdriften från en standardspruta med en rimlig variation av duschkvalitet och med en inställning som är anpassad till odlingen. Sprutor som skall undersökas med avseende på avdriftsreduktion undersöks enligt samma principer och jämförs med resultatet från standardsprutan. Genom att anpassa sprutan enligt någon av BBA:s avdriftsreducerande klasser för spridningsutrustning, kan sprutteknikken påverka modellen.

Genom att bestämma ett gränsvärde för hur stor mängd bekämpningsmedel som får hamna utanför spridningsområdet kan ett lämpligt skyddsavstånd räknas fram. Detta görs genom att beräkna det avstånd där modellen ger samma avdrift som den gräns man har bestämt sig för. De gränsvärden som har använts i tidigare ”hjälpreda” för bomsprutor är 1 % av högst

angivna dos för ”särskild hänsyn” resp. 4 % av högst angivna dos för ”allmän hänsyn”. Detta innebär att skyddsavståndet avläses vid 1 % resp. 4 % för en spruta som inte är klassad som avdriftsreducerande och då den högst angivna dosen används. Om en lägre dos eller bättre avdriftsreducerande utrustning används kommer gränsen där skyddsavståndet avläses att ökas enligt nedan (ekv.1).

$$\text{Gräns för avläsning} = \text{Gränsvärde} * \frac{1}{\text{Andel av högsta dos}} * \frac{1}{1 - \text{Avdriftsreducerande klassning}}$$

(ekv. 1)

Gräns för avläsning är det värde på y-axeln som är utgångspunkt för avläsning av lämpligt skyddsavstånd (exempelvis i Figur 7 nedan).

Gränsvärde är den högsta acceptabla dos av bekämpningsmedel som får hamna utanför spridningsområdet, angivit som % av på preparatets etikett högsta angivna doseringen per ytenhet.

Andel av högsta dos hänvisar till den på preparatets etikett högsta angivna doseringen.

Avdriftsreducerande klassning hänvisar till BBA:s klassificeringssystem för avdriftsreducerande utrustning.

Resultat

Faktorer som är valda för regressionen är betecknade enligt Tabell 1.

Tabell 1. Beteckningar för variabler som ingår i regressionsanalysen

Naturliga logaritmen för avdrift	ln(drift)
Naturliga logaritmen av avstånd 3-10 m	låga
Naturliga logaritmen avstånd 15-100 m	höga
Extra binär variabel för avstånd 3-10 m	k låga
Extra binär variabel för avstånd 15-100 m	k höga
Naturliga logaritmen för temperatur	ln(temp)
Naturliga logaritmen för vindhastighet	ln(vind)

Det innebär att vi söker koefficienterna i ekvationen:

$$\ln(drift) = c_1 * k\ låga + c_2 * låga + c_5 * \ln(temp) + c_6 * \ln(vind) \qquad \textbf{(ekv. 2)}$$

för avstånd 3 – 10 meter och:

$$\ln(drift) = c_3 * k\ höga + c_4 * höga + c_5 * \ln(temp) + c_6 * \ln(vind) \qquad \textbf{(ekv. 3)}$$

för avstånd 15 – 100 meter.

Tidig odlingssäsong

Tidig och sen odlingssäsong hänvisar till grödans utvecklingsstadium. Denna definition är något osäker och oprecis. Faktorn man vill beskriva är hur bladverket har utvecklats och hur det därigenom 1) dämpar luftströmmen och 2) fångar upp dropparna. I brist på bättre definition används ”före”, respektive ”efter blom” som gängse beteckningar. Den första regressionen är gjord på medianvärden från tidig odlingssäsong och innefattar samtliga variabler enligt Tabell 1. Ett urval av resultatet från första regressionen finns i Tabell 2. Fullständigt resultat från regressionerna finns i Bilaga 2.

Tabell 2. Resultat från första regressionen, medianvärden från tidig odlingssäsong

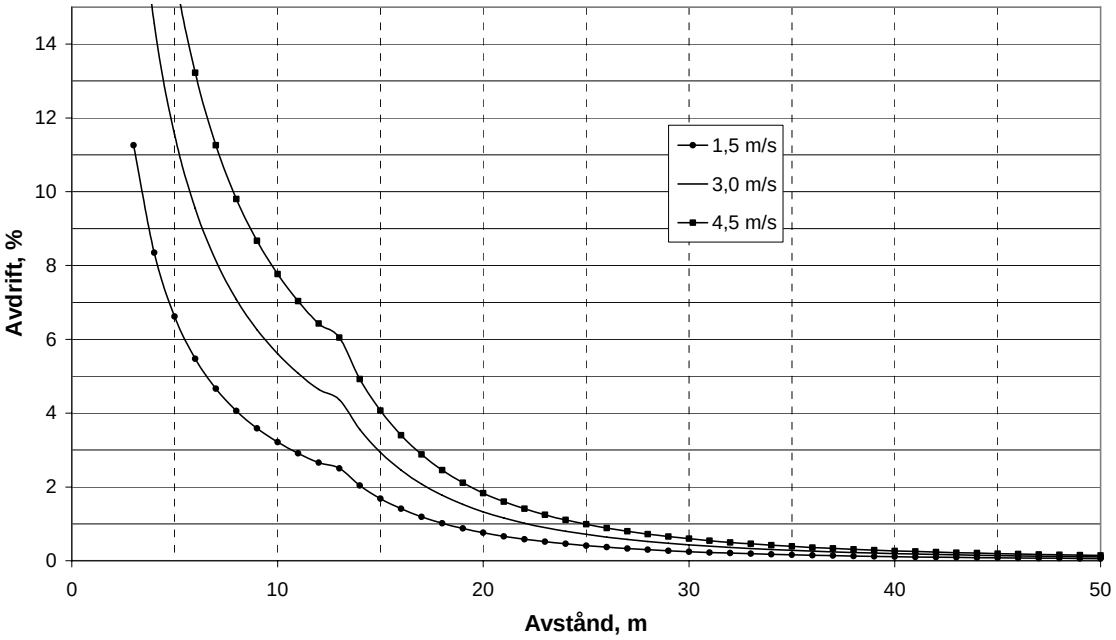
Variabel	Koefficient
låga	-0,9932
höga	-2,64178
k låga	3,8608
k höga	8,0575
ln(temp)	-0,31243
ln(vind)	0,77032

Resultatet i Tabell 2 visar på ett negativt samband mellan temperatur och vindavdrift (eftersom koefficienten är negativ). Detta innebär att en ökad temperatur kommer ge ett mindre skyddsavstånd i en framtida hjälpreda. Fortsatta regressioner har gjorts utan variabeln ln(temp) för att undersöka möjligheten att utforma en hjälpreda där temperaturen inte är en ingående variabel.

Tabell 3. Resultat från andra regressionen, medianvärden från tidig odlingssäsong

Variabel	Koefficient
låga	-1,0404
höga	-2,76862
k låga	3,2388
k höga	7,6937
ln(vind)	0,80249

En visualisering av resultatet finns i Figur 7.



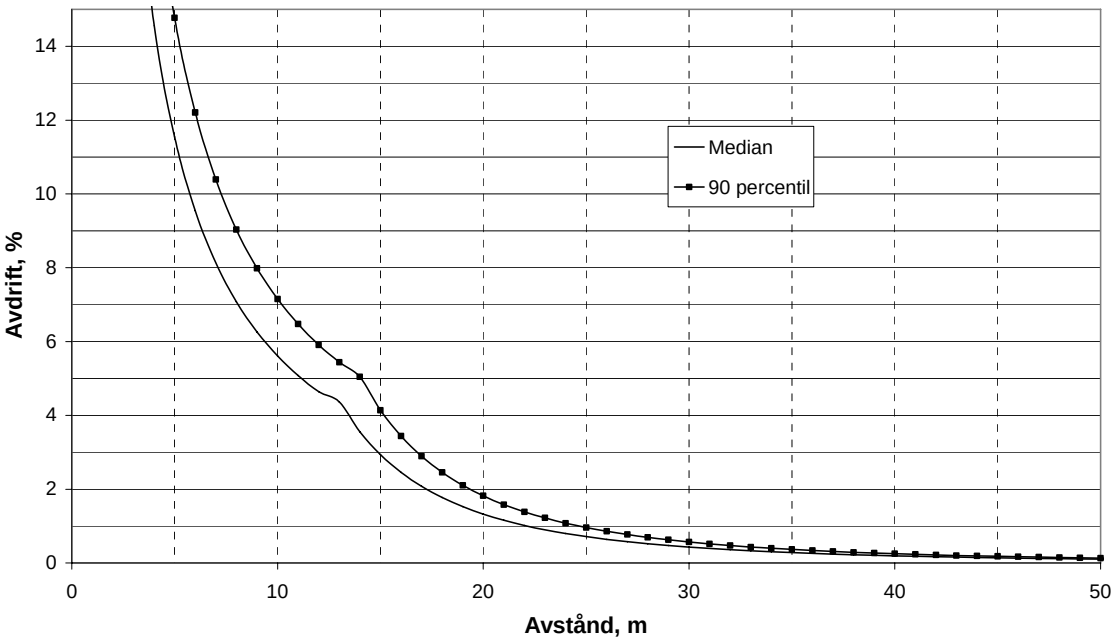
Figur 7. Modell från andra regressionen vid tre olika vindhastigheter.

Skyddsavståndet beräknas genom att bestämma en gräns (ekv.1) på y-axeln, följa detta värde till kurvan, för att sedan läsa av lämpligt skyddsavstånd på x-axeln. Värden för olika gränser finns i Tabell 4.

Tabell 4. Exempel på gräns för bestämning av skyddsavstånd, dvs gräns för avläsning i diagram. Tabellens värden anger vilket värde på y-axeln (avdrift i %) som blir utgångspunkt vid bestämning av skyddsavstånd

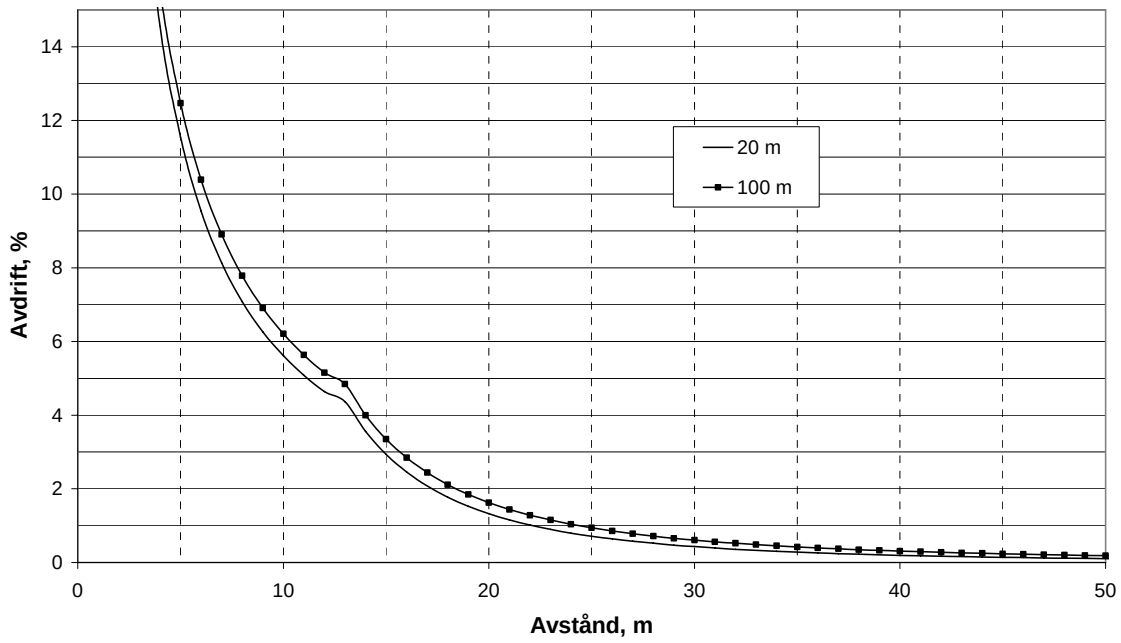
Gräns i %		Avdriftsreducerande klassning			
Gränsvärde	Dosandel	0	50 %	75 %	90 %
1 % Särskild hänsyn	0,25	4	8	16	40
	0,50	2	4	8	20
	1	1	2	4	10
4 % Allmän hänsyn	0,25	16	32	64	160
	0,50	8	16	32	80
	1	4	8	16	40

För ökad säkerhetsmarginal gjordes även regression på 90:e percentilen (P_{90}) från varje avstånd i varje avdriftsmätning (Figur 8). P_{90} innebär att 90 % av observationerna ligger under angivet värde, medan högst 10 % ligger över (med denna definition är medianvärdet detsamma som P_{50}).



Figur 8. Modellen för vindavdrift förändras om 90:e percentilen från varje försök används vid regression istället för medianvärden. Exemplet visar vindavdrift vid vindhastigheten 3 m/s.

Eftersom datamaterialet till modellen är framtaget med en fältbredd på 20 m, gäller modellen under samma förutsättningar. Enligt samma beräkningssätt som har använts av Arvidsson & Ljungström (1998), kan skyddsavstånd beräknas för ökad fältbredd. I Figur 9 finns exempel på hur mycket skyddsavstånden behöver ökas om fältbredden istället är 100 m.



Figur 9. Modellen kan förändras till att simulera vindavdrift från ett fält som är 100 m i vindriktningen. Grundmodellen, som är framtagen för 20 m, finns med för jämförelse. Båda kurvorna gäller för vindhastigheten 3 m/s.

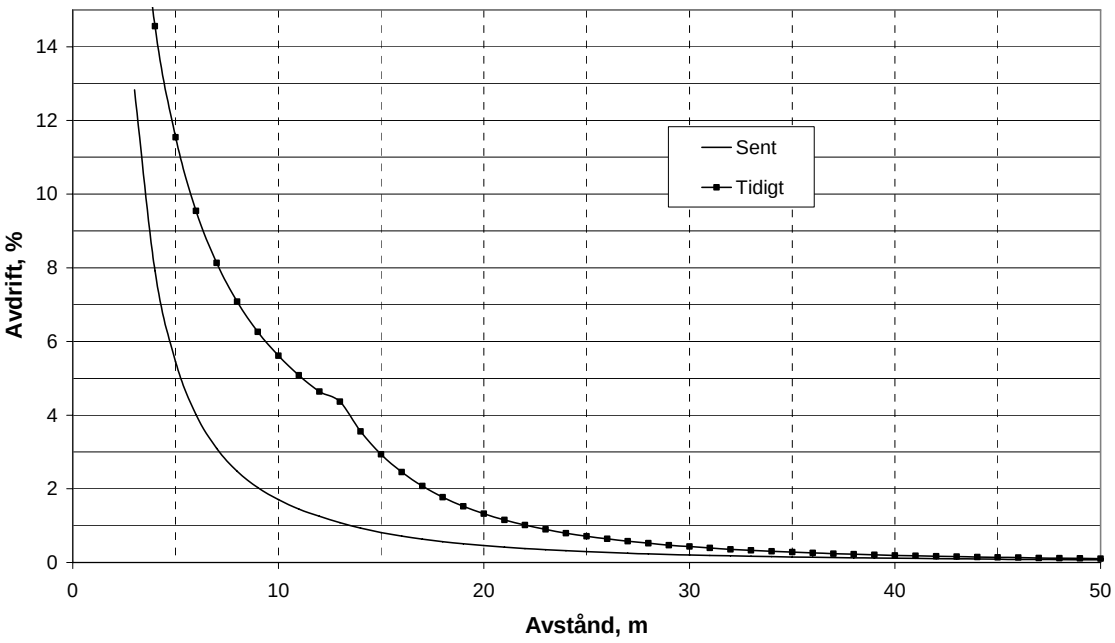
Sen odlingssäsong

En modell för sen odlingssäsong har tagits fram på samma sätt som för tidig odlingssäsong (Tabell 5 och Figur 10). Även i detta datamaterial har temperaturen endast svag inverkan på vindavdriften, vilket stödjer tidigare överväganden om att utesluta variabeln ln(temp) från regressionen.

Regression P_{90} har även gjorts på datamaterialet från sen odlingssäsong. Resultatet visas i Bilaga 2.

Tabell 5. Resultat från regression med medianvärden, sen odlingssäsong

Variabel	Koefficient
låga	-1,6765
höga	-1,9892
k låga	3,9025
k höga	4,6903
ln(vind)	0,44701



Figur 10. Resultat från regression med medianvärden från sen odlingssäsong. För jämförelse visas även motsvarande kurva från tidig odlingssäsong. Kurvorna gäller för vindhastigheten 3 m/s.

Diskussion

En modell framtagen med hjälp av linjär regression blir i allmänhet bättre av ett större dataunderlag. Datamaterialet från BBA skulle kunna utökas t ex genom att lägga till de mätningar på Schaumann som vi själva beställde från Tyskland (se Del II). Tanken har dock varit att använda BBA:s klassificeringssystem för sprutor för att beskriva spridningstekniken och därför ansågs det mer korrekt att använda samma dataunderlag som BBA har gjort vid utformningen av detta klassificeringssystem. Modellen är av samma anledning uppdelad i två linjära funktioner, vilket gör att kurvorna får ett ”knä” mellan 10 och 15 m från spridningsområdet. Denna form är inte särskilt verklighetstrogen, men det har troligtvis ingen praktisk betydelse för avsedd tillämpning.

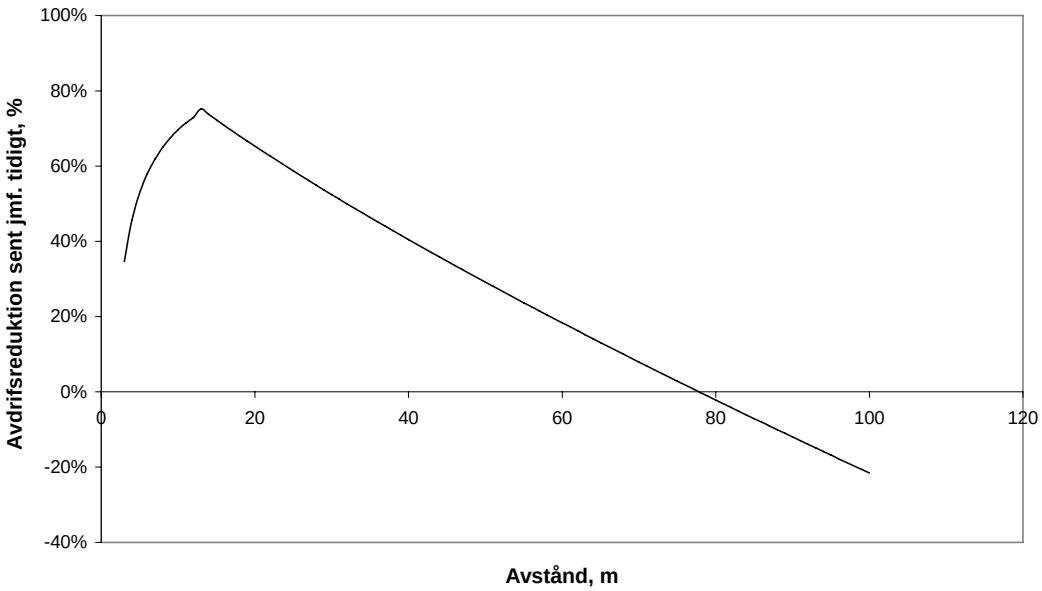
I de 41 försök som använts som underlag till den tidiga modellen har BBA försökt att efterlikna en standardspruta. Droppstorleken från spridarna har i 36 försök varit mellan 78 – 92 μm (VMD). I fem försök har dock en grövre duschkvalitet använts, med droppstorleken 320 – 330 μm (VMD), vilket enligt teorin borde påverka försöksresultatet väsentligt. Slutsatsen blir att det är svårt att definiera vad en standardspruta är, eftersom olika duschkvaliteter har använts.

I den svenska hjälpredan för bomsprutor ingår temperaturen som en påverkande faktor som sprutföraren måste ta hänsyn till vid beräknande av skyddsavstånd. Temperaturen har i hjälpredan en positiv inverkan på vindavdriften, dvs. om temperaturen ökar kommer vindavdriften och därmed skyddsavståndet att öka. Den första regressionen för fläktsprutor (Tabell 2) visade att temperaturen får en svagt negativ inverkan på vindavdriften. Detta kan bero på att temperaturen påverkar avdriften indirekt, dvs. det är egentligen avdunstningshastighet (temperatur och luftfuktighet) och turbulens (temperaturgradient i vertikalled) som påverkar vindavdriften. Dessa faktorer skulle kunna tas med i modellen, men eftersom det i praktiken är omöjligt för sprutföraren att mäta detta i fält anses detta inte vara en bra lösning. Dessutom finns det inget mått på turbulens i BBA:s datamaterial, vilket gör att vi inte kan ta hänsyn till detta.

Att ha med temperaturen med negativ inverkan innebär ett pedagogiskt problem, då den är positiv i hjälpredan för bomsprutor. Eftersom teorin stödjer ett positivt samband med temperaturen, är det troligt att andra faktorer har så mycket större inverkan. För fläktsprutor kan man misstänka att luftströmmens karaktär och interaktion med bladverket är dominerande faktorer som mycket väl kan maskera temperaturens inflytande. Temperaturens inverkan var dessutom relativt svag och temperaturen har därför inte tagits med i efterföljande regressioner. Förslaget är alltså att inte ha temperatur som en variabel i hjälpreda för fläktsprutor i fruktodling.

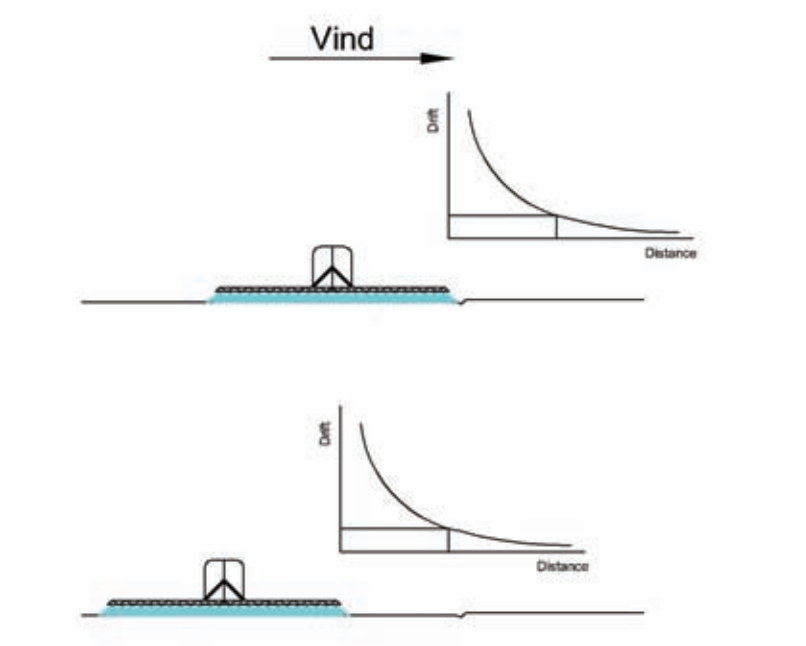
För att få en modell som bäst skattar avdriften bör medianvärden (eller medelvärden) användas som underlag. En modell byggd på medianvärden kommer dock att underskatta avdriften i ca 50 % av fallen (och överskatta avdriften lika ofta). För att öka säkerheten kan därför 90:e percentilen (P_{90}) användas istället. För BBA:s gränsvärden för registrering av bekämpningsmedel används 90:e percentilen som underlag (BBA 2, www). Det är viktigt att observera att BBA inte tar hänsyn till vindhastigheten i sin modell.

En analys av BBA:s gränsvärden för tidig resp. sen odlingssäsong (förhållandet mellan vindavdriften för de båda perioderna) visar att förhållandet är beroende av avståndet och syns tydligt i Figur 11. Därför kan inte odlingssäsong läggas in som en extra variabel i regressionen och datamaterialet slås ihop till att ingå i en regressionsanalys. Istället har en enskild regression gjorts för sen odlingssäsong, men samma variabler har använts för denna modell. Man bör beakta att det i verkligheten inte innebär är en skarp gräns precis vid blomningen, utan risken för vindavdrift övergår glidande från den tidiga till den sena modellen i takt med att träden får tätare bladverk.



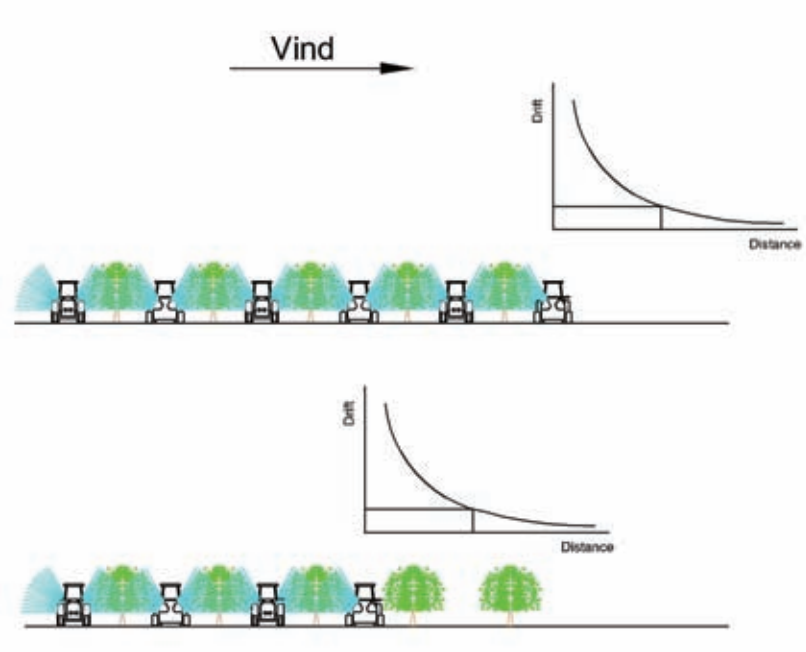
Figur 11. Diagrammet visar den avdriftsreduktion som erhålls vid sen odlingssäsong jämfört med avdrift vid tidig odlingssäsong, dvs 1-(avdrift sent/avdrift tidigt). Reduktionen är olika för olika avstånd från spridningsområdet.

Införande av skyddsavstånd innebär att sprutan och avdriften flyttas in i fältet för att begränsa mängden bekämpningsmedel som hamnar utanför fältkanten. För bomsprutor stämmer troligtvis denna teori väl med verkligheten, eftersom vegetationen på fältet har varit lik den vegetation som vid försöket har funnits på det närliggande område där vindavdriften hamnat (Figur 12).



Figur 12. Införande av skyddsavstånd för bomsprutor.

Om skyddsavstånd tillämpas enligt samma teori även för fläktsprutor i fruktodling innebär detta att fruktträd hamnar i området närmast i vindriktningen, dvs. där avdriften hamnar (Figur 13). I en verklig situation är det troligt att träden då fångar upp avdrift bättre än endast gräsmark, vilket skulle innebära att modellen överskattar den verkliga vindavdriften. Detta eftersom det vid de bakomliggande försöken endast har funnits gräsmark där vindavdriften uppmätts. Samma problem uppstår om man utifrån modellen vill ackumulera fler sprutdrag för att simulera större fältbredder, vilket innebär att sådan ackumulation bör undvikas i detta fall. Den ökning av skyddsavståndet som blir aktuell om man trots detta gör en ackumulering till 100 meters fältbredd är måttlig, samtidigt som modellen blir mer komplicerad att kommunicera och att arbeta med.



Figur 13. Införande av skyddsavstånd för fläktsprutor i fruktodling.

Del II: Klassificering av Schaumann fläktspruta

Bakgrund

De flesta fläktsprutor som används i svensk fruktodling är av märket Schaumann. Grundprincipen för den vanligaste modellen utvecklades under 1950 – 60-talet i Danmark och konstruerades för att kunna ge tillräcklig effekt i 5 m höga körsbärsplanteringar. Det finns vissa tekniska lösningar som skiljer sig från andra vanliga sprutor och som bör kommenteras.

Fläkten utgörs av en kraftigt dimensionerad axialfläkt. Den drivs genom kilremmar från en central axel genom sprutan och saknar både växel och frånkoppling. Det finns ett luftutlopp på varje sida (Figur 14). Vidden på luftutloppet kan inte ändras, däremot kan hela utloppet vridas. I utloppet sitter 7 st spridare på ett ramprör.

Spridarna är av principen virvelkammare med en kammare där tryckluft tillsätts och bidrar till att dropparna bildas. Tryckluften kommer från en kompressor. Tanken är att ett konstant tryck på lufttillsatsen skall bibehålla en konstant droppstorlek, medan vätsketrycket skall kunna ändras för att styra flödet – utan att påverka droppstorleken. Schaumanns spridarkropp är unik, vilket innebär att andra spridare som finns på marknaden inte kan användas. Materialet för svirveln (som bildar ”kammaren”) är mässing, medan hålbrickan är av rostfritt stål. Det finns två normalt använda storlekskombinationer svirvel-hålbricka. Enskilda spridare kan stängas av, genom att hålbrickan skruvas av och ersätts med en sk blindbricka. Pumpen är en enkel centrifugalpump med ett maximalt tryck i praktisk drift på 5 bar.

För att bl a bättre kunna uppfylla de krav som ställs för att en spruta ska bli godkänd vid funktionstest, har en ombyggnadslösning utvecklats av företaget Bifo Produkter i Helsingborg. Ny pump av kolv-membrantyp monteras och drivs av traktorns hydraulik. Därigenom separeras drivningen av pump och fläkt, vilket betyder att fläktens varvtal kan ändras utan att vätsketrycket äventyras. I stället för de ursprungliga Schaumannspridarna i luftutloppet, har det monterats fem spridare just framför luftutloppet. Respektive spridare sitter på en karusell med enkel avstängning och droppskydd. Karusellens fäste passar standard virvelkammarspridare, t ex ATR-spridare.

Modellen för vindavdrift i Del I bygger på att spridningstekniken klassificeras enligt BBA:s klassificeringssystem. Någon vindavdriftsprovning med sprutfabrikatet Schaumann har inte utförts vid BBA tidigare, och därför finns inte heller denna utrustning med i listan över klassificerad utrustning (BBA, www).

BBA medger i sitt regelverk att sprutor med axialfläkt, under vissa omständigheter, kan klassificeras för reducerad vindavdrift. Schaumannsprutan är en axialfläktspruta, vilket borde göra det möjligt att klassificera sprutan enligt BBA:s system. I samtliga fall förutsättes att sprutan uppfyller de preciserade inställningskrav som anges på BBA:s hemsida (BBA, www) och som finns översatta i Bilaga 3. Vår uppfattning är att Schaumannsprutan inte uppfyller dessa krav. Motiven är framför allt att styrplåtar saknas och den vertikala vidden på luftströmmen därigenom inte kan justeras. Dessutom kan enskilda spridare inte vinklas för bättre träffsäkerhet. Om svenska bestämmelser byggs direkt på BBA:s klassificeringssystem, blir det svårt för svenska fruktodlare att minska det beräknade skyddsavståndet genom att förändra sprutans inställning.

Skulle man däremot kunna visa att vissa inställningar på Schaumannsprutan gör det möjligt att reducera vindavdriften i förhållande till BBA:s standard (BBA, 2003), kan svenska odlare minska de beräknade skyddsavstånden genom förbättrad sprutteknik, utan att nödvändigtvis köpa en ny spruta.

Figur 14. På Schaumannsprutan är det möjligt att vrida luftutloppen, men det saknas var för sig justerbara övre och undre begränsningsplåtar. Spridarna kan stängas av, men riktningen kan inte ändras i förhållande till luftutloppet.

Syfte

Syftet med del II av projektet var att undersöka Schaumann fläktspruta enligt BBA:s klassificering, samt att, om möjligt, finna några få inställningar av sprutan som möjliggör bättre avdriftsreducerande klassning.

Metod

En Schaumann fläktspruta av typen DG 1000 (tillverkningsår 1969) byggdes om av Folke Persson, Bifo Produkter, för att kunna användas dels med Schaumann originalspridare (inre luftassistans), placerade inuti luftutloppet, dels med standardsortimentet av hydrauliska spridare, placerade framför luftutloppet/luftströmmen. Ombyggnaden innefattade också byte till hydrauliskt driven pump, vilket innebar att sprutan kunde köras med reducerat fläktvarv, utan att pumpkapaciteten påverkades.

Med standardspridare avses modellerna ATR och AVI (fabrikat Albuz). ATR är en virvelkammarspridare med keramisk insats och den helt dominerande spridartypen för fläktsprutor i både frukt- och vinodling i Europa. Spridaren AVI är en spaltspridare med injektorfunktion, vilket ger större droppar och som enligt tyska erfarenheter gett reducerad avdrift och kunnat godkännas som avdriftsreducerande.

Sprutan skickades för mätning av vindavdriften till Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum, Bad Kreuznach, Mainz, Tyskland, en delstatlig institution som utför mätningar åt BBA. Dr Heribert Koch, med lång erfarenhet inom området, svarade för mätningarna. Noggrann beskrivning av hur försök och godkännande utfördes finns beskrivet i BBA:s riktlinjer (BBA, 2003; Ganzelmeier *et al.*, 1992).

Den första omgången av mätningar gjordes på sensommaren 2004. Sprutan kördes med tre olika spridare (Tabell 7). Inställningen av luftflöde och luftriktning var samma under alla försöken. Resultaten visade att ingen av dessa inställningar innebar att sprutan kunde placeras in i någon av BBA:s vindavdriftsreducerande klasser. Efter diskussion med forskare på den tyska försöksstationen gjordes 2005 ytterligare ett försök, då med reducerat varvtal på fläkten.

Luftflödet vid olika varvtal mättes på en liknande spruta i Sverige, för att bedöma hur mycket varvtalet skulle sänkas (Tabell 6). Mätning av luftflödet genomfördes på liknande sätt som skett i ett examensarbete (Nilsson, 1986).

Lufthastigheten mättes med en vinghjulsanemometer i maskorna på fläktens skyddsgaller på sugsidan. Skyddsgallrets diameter var 720 mm vilket ger omkretsen 2.26 m. Bredden var 248 mm. Gallret omslöt inte hela omkretsen utan det fanns en öppning i botten som var 80 mm bred. Nätet hade 8 rader öppningar med 64 öppningar i varje. Tjockleken på nätets trådar var 3 mm utom för de yttersta i både längd- och tvärled, som var 8 mm. Total öppningsarea var 0,44 m^2.

Tabell 6. Resultat från luftflödesmätningar på Schaumann

Varvtal rpm	*540*	*500*	*450*	*400*	*350*	*300*	*250*
Lufthastighet, m/s	8,01	8,27	7,38	6,37	5,41	4,95	3,97
Luftmängd, m^3/h	12688	13100	11690	10090	8569	7840	6288
Relativ varvtal	100	92,6	83,3	74,1	64,8	55,6	46,3
Relativ luftmängd	100	103,2	92,1	79,5	67,5	61,8	49,6

Utifrån resultatet i Tabell 6 drogs slutsatsen att en halvering av kraftuttagsvarvet skulle ge en halvering av luftflödet från fläkten och att detta kunde vara en lämplig inställning för de slutliga avdriftsmätningarna med Schaumann.

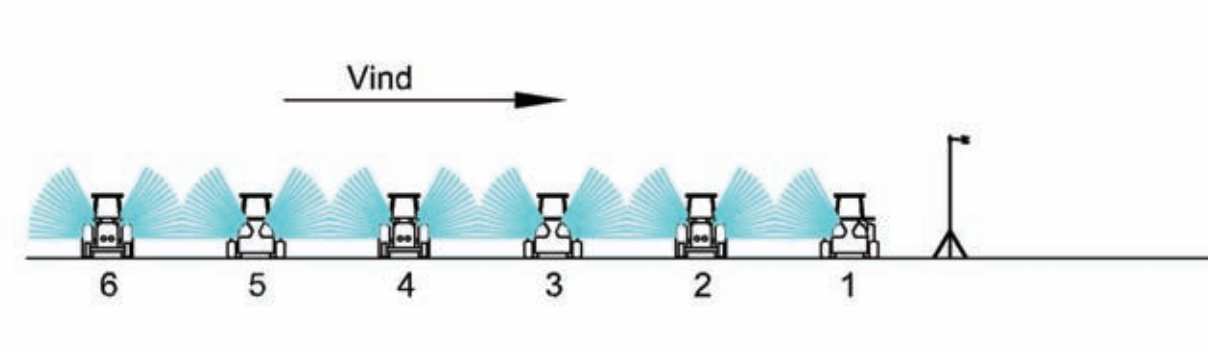
Tabell 7. Schaumannsprutans inställningar vid försöken vid BBA

Inställning nr – försöksår	1- 2004	2 - 2004	3 - 2004	4 - 2005
Spridartyp / -placering	Original / i utlopp	Standard / framför	Standard / framför	Standard / framför
Spridare	Hålbricka 1,5 / svirvel 0,9	ATR gul	AVI 80 02	AVI 80 02
Fläktvarvtal (v/min)	540	540	540	270-300
Vätsketryck (bar)	3,7	10	10	10
Vätskeflöde, spridare (l/min)	0,81	0,97	1,40	1,40
Lufttryck (bar)	5,0	-	-	-
VMD*	97	80	660	660
Antal spridare per sida	6 (undre stängd)	4 (undre stängd)	4 (undre stängd)	4 (undre stängd)
Körhastighet (km/h)	5,6	5,6	5,6	5,0-5,6
Vätskemängd (l/ha)	261	209	300	300-340

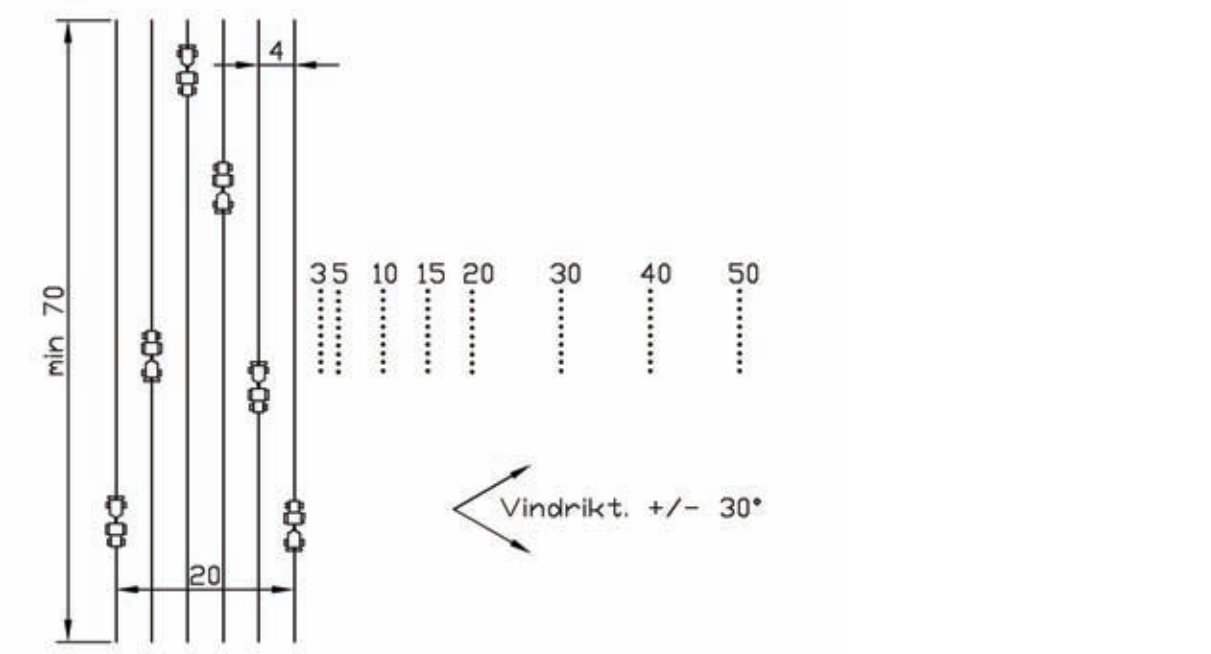
*) Droppstorleksvärdet, uttryckt i VMD [µm], har med ett undantag hämtats från tillverkarnas uppgifter och bygger på mätning med vatten som sprutvätska (Albuz www; Levesque, pers.medd., 2005). I försöket tillsattes vätmedel för att förutsättningarna mer skulle likna verkliga förhållanden. För Schaumann standardspridare fanns endast manuella mätningar från 1981 att tillgå (Tønnesen, 1981) och en mätning med modern mätutrustning pågår för närvarande. Redovisat VMD-värde är preliminärt värde från denna mätning (även här med vatten som sprutvätska).

Storleken Gul för ATR-spridaren valdes för att få referens till andra BBA-mätningar.

Figur 15 och Figur 16 visar hur försöken genomförts. Avdriftsmätningarna gjordes på gräsmark utan fruktträd. Enligt BBA:s riktlinjer sker därför en kompensation som betyder att avdriftsvärdena multiplicerades med 0,5. De avdriftsvärden som erhölls jämfördes med BBA:s grundvärden (se sidan 2) för att beräkna eventuell avdriftsreducerande förmåga.



Figur 15. Vid BBA:s avdriftsmätningar kördes sex sprutdrag, varav det första endast med halv arbetsbredd. Ställningen till höger symboliserar att vindmätaren placerades i vindriktning från det besprutade området. Avståndet mellan det första sprutdraget och vindmätaren var ca 30 meter.



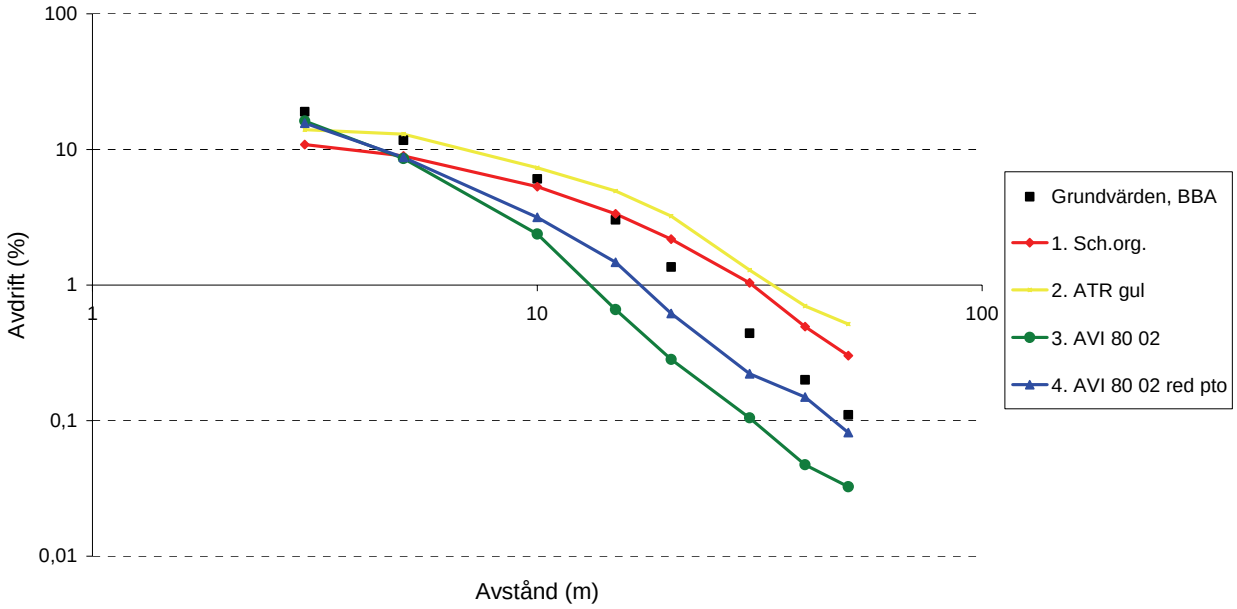
Figur 16. Avdriftsmätning vid BBA. T v körs sprutdragen, t h samlas vindavdriften i tio uppsamlingskärl på varje avstånd, 3-50 m, från första kördraget. Måtten är angivna i meter.

Vindhastighet, vindriktning, temperatur, relativ luftfuktighet och molnighet mättes och dokumenterades kontinuerligt under försökets genomförande. Vind och temperatur mättes på 4 m höjd. Vindhastigheten ska enligt riktlinjerna inte vara mindre än 2 m/s och inte högre än 5 m/s. Vindriktningen ska inte heller avvika mer än 30° från den önskade, dvs. vinkelrät mot kördragen (BBA, 2003; Ganzelmeier *et al.*, 1992). Fyra godkända upprepningar krävdes för varje inställning.

Resultat

Tabell 8. Resultat från avdriftsmätningar på Schaumann. Värdena avser medianvärden av sedimenterad avdrift i % av utsprutad mängd. Reduktion avser minskad avdrift i förhållande till BBA:s grundvärden, som också är medianvärden.

	Avstånd från sprutdrag (m)							
	3	5	10	15	20	30	40	50
Grundvärden, BBA	**18,96**	**11,69**	**6,07**	**3,02**	**1,36**	**0,44**	**0,2**	**0,11**
1. Schaumann orig. i utlopp	10,85	8,96	5,30	3,35	2,18	1,04	0,49	0,30
Reduktion, %	43	23	13	-11	-60	-136	-147	-174
2. ATR gul framför utlopp	14,01	12,98	7,34	4,94	3,22	1,29	0,70	0,51
Reduktion, %	26	-11	-21	-63	-137	-193	-250	-368
3. AVI 80 02 framför utlopp	16,22	8,58	2,38	0,66	0,28	0,10	0,05	0,03
Reduktion, %	14	27	61	78	79	76	76	70
4. AVI 80 02 framför utlopp och reduc.varv.	15,63	8,75	3,15	1,47	0,62	0,22	0,15	0,08
Reduktion, %	18	25	48	51	55	50	25	26



Figur 17. Diagram av avdriftsmätningar med Schaumann.

Fyra godkända försök ligger till grund för resultaten i Figur 17 (se även Tabell 8). Ytterligare mätningar gjordes, men eftersom vindriktning och vindhastighet inte höll sig inom uppsatta gränsvärden har de uteslutits. BBA:s regelverk anger att utrustning kan godkännas som avdriftsreducerande om reduktionen överstiger gränsen för alla de avstånd där mätning har gjorts.

Detta innebär att ingen av de inställningar som genomfördes med Schaumannsprutan klarar kraven för 50 % avdriftsreduktion. Vindavdriften var dock betydligt lägre vid användande av

injektorspridare, jämfört med Schaumann originalspridare och standard virvelkammarspridare (ATR).

Diskussion

Teorin att mindre droppstorlek (VMD) ger mer avdrift verifieras av resultatet. Det förväntades också att inställningen med reducerat varvtal skulle ge mindre vindavdrift än inställningen med normalt varvtal. Resultatet blev det emellertid det omvända. Luftflödesmätningen i Sverige gjordes på en annan spruta och absolutvärdena stämmer inte överens med resultatet från Nilssons examensarbete (1986). Däremot finns inget som talar emot att den relativa förändringen av luftflödet med varvtalet skulle vara drastiskt annorlunda för två sprutor med samma fläktsystem – även om det skulle kunna skilja något. Man kan därför förutsätta att ett halverat kraftuttagsvarvtal ungefärligen halverade luftflödet på den Schaumannspruta som användes för experimentet.

Kan den onormala duschkvaliteten (för båda inställningarna ”mycket grov”) inverka så att vindavdriften blir större för det lägre luftflödet? Det finns knappast någon teori som kan stödja detta.

Dr Koch, ansvarig för mätningarna, kommenterade resultatet med att den rimligaste förklaringen borde sökas i att vindförhållandena har en stor inverkan. Detta gäller inte bara vindhastigheten, utan också turbulens och variationer (Koch, pers. medd., 2006). Av detaljdokumentationen framgår att vindhastigheten var något högre för mätningarna med reducerat varvtal än för normalt varvtal. Vid mätningarna i Tyskland kunde observeras hur plymen med droppar rörde sig i luften och avsatte sig på avstånden 20-50 m. Detta kunde till en del förklaras av att luftströmmen verkade studsa mot marken nära sprutan och därefter röra sig längre bort från sprutdraget. Detta utgör även en ytterligare illustration till svårigheterna att ställa in Schaumannsprutan enligt BBA:s riktlinjer.

Andra slumpmässiga felaktigheter kan ha inverkan, men det är inte troligt, eftersom varje mätvärde bygger på fyra upprepningar med 10 mätpunkter på varje avstånd. Kan någon faktor ha varit felinställd? Det är naturligtvis inte omöjligt, men svårt att tro, eftersom mätpersonalen vid Bad Kreuznach har stor rutin på denna typ av mätningar.

Både inställning nr 1 (Schaumann original) och nr 2 (Ombyggd m ATR Gul) gav betydligt högre avdriftsvärden än BBA:s grundvärden, som skall spegla en genomsnittsbild i Tyskland. Speciellt tydligt är effekten på större avstånd. En anledning har redan diskuterats i del II:s inledande avsnitt, där BBA:s regler om att kunna ställa in sprutan efter odlingens egenskaper redovisas. En viktig punkt är att kunna justera utloppets vidd efter trädens höjd och kronans storlek, dvs var den börjar över marken. Detta sker på tyska sprutor oftast med justerbara styrplåtar i eller vid utloppen. Sådana saknas på Schaumann, där öppningsvinkeln är konstant. Det är därför svårt att anpassa utloppets vertikala vidd efter trädhöjd.

Då det inte finns någon avdriftsklass som är sämre än oklassificerad utrustning hamnar samtliga inställningar i den oklassificerade gruppen enligt BBA:s riktlinjer. Detta hindrar dock inte att Sverige sätter upp en egen klass för utrustning som ger högre avdrift än en s k standardspruta. Ett problem blir då att inte all utrustning kommer att vara testad enligt BBA:s riktlinjer. För utrustning som är sämre än standardsprutan (BBA:s grundvärden) skulle det då vara bättre att förbli oklassificerad. Att placera inställning nr 1 och 2 i en sämre klass skulle innebära orättvisa jämfört med oklassificerad utrustning och är därför ingen bra lösning på problemet. Slutsatsen blir att inställningarna 1 och 2 måste räknas som oklassificerade standardvärden.

Eftersom ingen av inställningarna klarade klassen för 50 % reduktion, hamnar alla i den oklassificerade gruppen, vilket i praktiken skulle innebära att samma skyddsavstånd bör tillämpas oavsett vilken inställning som används. Samtidigt visar resultaten att avdriften från inställning nr 2 ger mer än 10 gånger större avdrift på avstånd mer än 20 meter från sprutdraget, än inställning nr 3. En lösning på detta kan vara att skapa en ny klass som avser utrustning som klarar 25 % reduktion, där inställning 3 och 4 placeras. Man kan förmoda att det kommer att införas en klass på 25 % reduktion i kommande ISO-standarder. Observera att resultaten från dessa inställningar inte klarar 25 % reduktion på 3 meters avstånd, varför skyddsavstånd mindre än 5 meter inte bör användas för dessa inställningar.

Troligtvis finns det även avdriftsmätningar gjorda på annan utrustning och andra fabrikat som också skulle klara kraven för en 25 % klass. Information om sådan utrustning bör man kunna erhålla från tillverkarna inför utformningen av eventuell ny hjälpreda.

Om man vidtar vissa åtgärder, medger BBA:s lista att man kan tillgodoräkna sig en 50 %-ig reduktion av vindavdriften med spridare AVI 80 02. Åtgärderna specificeras noggrant, men kan vara reducerat fläktvarvtal, att stänga av luftströmmen på fem rader närmast och i vindriktning mot det skyddsvärda objektet, att begränsa trycket, etc. I samtliga fall förutsättes att sprutan uppfyller de preciserade inställningskrav som anges av BBA (Bilaga 3).

Sammanfattat finns det än så länge inte tillräckligt underlag för att Schaumannsprutan kan uppfylla BBA:s regelverk på ett sådant sätt att den automatiskt kan ges reduceringsklassning genom byte av spridare. Däremot finns det goda möjligheter att genom enklare ombyggnad, andra inställningar och förfaranden sänka avdriften. En ombyggnad av luftutloppen skulle kunna göras så att utloppsvinkeln blir justerbar och därigenom uppfyller BBA:s krav. Detta måste emellertid då dokumenteras genom samma mätningsförfarande som BBA använder. Att ta fram fler inställningsalternativ ankommer rimligtvis på tillverkare, odlare och på marknaden.

Del III: Vindförhållande i fruktodling

Bakgrund

Vindhastighet och vindriktning har stor inverkan på vindavdriften (se Del I). Därför är det av stor betydelse att dessa faktorer ingår vid beräkning av vindanpassade skyddsavstånd. Odlaren behöver mäta både vindriktning och vindhastighet vid spridningsområdet i samband med spridning för att kunna bedöma vindavdriften. För att beräkningarna av vindanpassade skyddsavstånd ska bli pålitliga, krävs det att vindhastighet och vindriktning mäts på ett genomtänkt och systematiskt sätt. Det är framförallt vindhastigheten som varierar på olika platser i och utanför odlingen. Fruktträd och lähäckar påverkar starkt och skapar andra vindförhållanden i odlingen, i jämförelse med vindhastigheten på fritt fält.

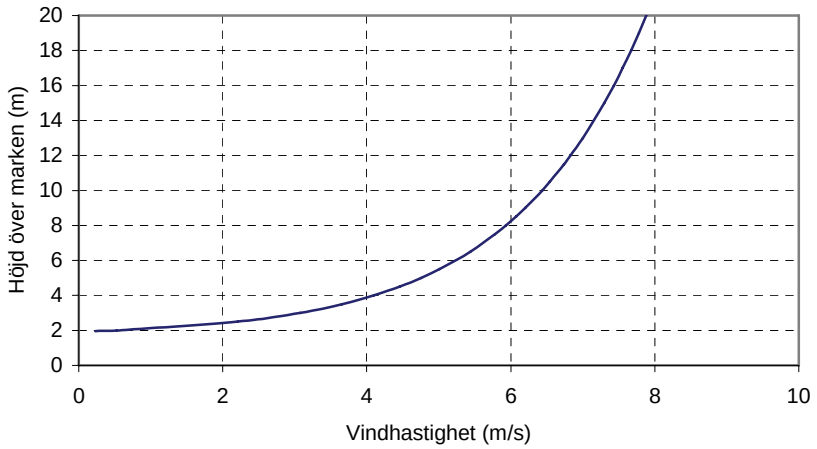
SMHI mäter och redovisar normalt vindhastigheten på 10 meters höjd över marken (SMHI, www). De vindhastigheter som anges i ”Hjälpreda för vindanpassade skyddsavstånd, bomsprutor” (Säkert Växtskydd, 2004) avser mätning på fritt fält, 2 meter över marken.

Vind på fritt fält och över grödan

Vindhastigheten, som betecknas u, beror av höjden över marken (z) och skrivs därför ofta u(z) för att ange vilken höjd som avses. Under stabila förhållanden (vertikal temperaturgradient på ca -1°C/100m) följer vindprofilen den logaritmiska funktionen (se även Figur 18):

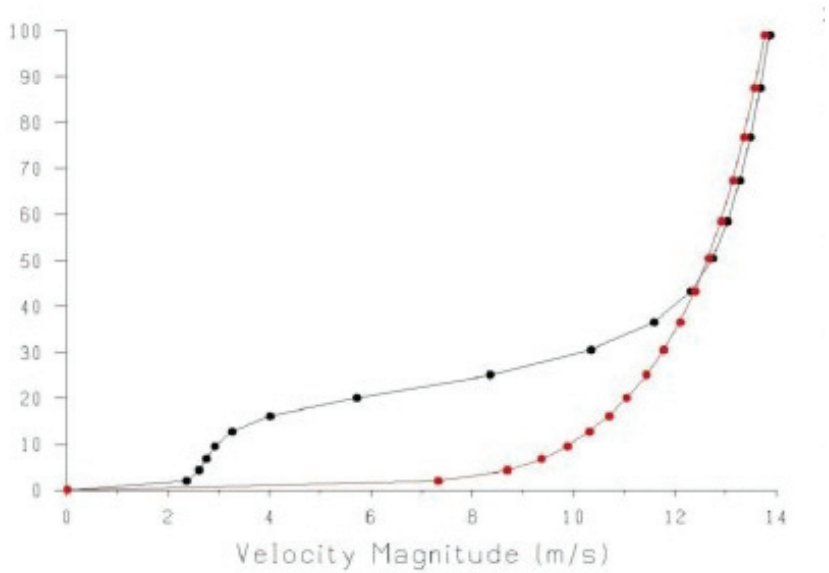
$$u(z) = \frac{u*}{k} \ln\left(\frac{z-d}{z_0}\right) \qquad \textbf{(ekv. 4)}$$

där u* är ”friktionshastigheten”, k är Karman’s konstant (0,41), d är den effektiva marknivån (ungefär 2/3 av grödans höjd) och z_0 är den längd som motsvarar ytans aerodynamiska ojämnhet (ungefär en tiondel av grödans höjd) (Legg, 1983).



Figur 18. Exempel på vindprofil enligt ekv. 4 med en trädhöjd på 2.5 m.

Simuleringar vid SMHI (CFD[1]) visar hur vindprofilen kan se ut i och över en skog där träden har en höjd av 20 m resp. över barmark (Figur 19) (Wern, pers. medd., 2004).



Figur 19. Vindprofil enligt simulering med CFD. Den övre kurvan symboliserar vindförhållanden i och över skog som är 20 m hög och den undre över barmark. Värdeaxeln visar höjd över marken. (Wern, pers. medd., 2004)

Lähäckars påverkan på vindhastigheten

Läeffekten, r, hos en häck definieras som:

[1] CFD betyder Computational Fluid Dynamics och innebär datorstödda beräkningsmodeller inom strömningslära

$$r = \frac{u - u_r}{u} \qquad \textbf{(ekv. 5)}$$

där u är den fria vinden och u_r är den reducerade vindhastigheten.

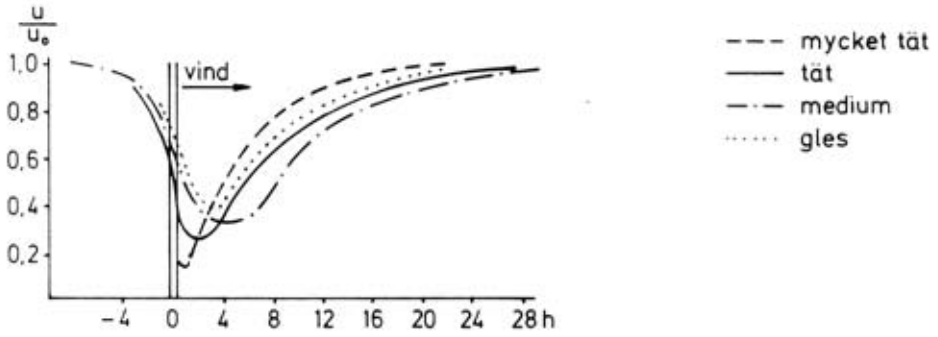
Läområdet eller läzonen är det område där vindhastigheten reduceras p.g.a. lähäcken, ofta beskrivet som området med t ex minst 20 % reduktion (dvs. läeffekten minst 20 %). I höjdled varierar inte läeffekten nämnvärt från marknivån upp till omkring halva häckens höjd. Däröver minskar läeffekten med växande höjd. Läeffekt åstadkoms upp till ca 1,3 * häckens höjd (Albrektsson *et al.*, 1978).

Av de faktorer som påverkar en lähäcks effektivitet är höjden (H) och tätheten mest betydelsefulla. Medan höjden ger läområdets längdutsträckning, är det häckens täthet som bestämmer hur stor vindreduktionen blir och hur den fördelas i läområdet. En tät häck ger stor vindreduktion nära häcken medan reduktionen blir mindre på längre avstånd. Glesare häck ger inte så stark reduktion nära häcken, utan istället en jämnare reduktion över hela läområdet (se Figur 20).

När det gäller plank och skärmar är det enkelt att definiera tätheten genom att ange porositeten (hålprocenten). Den naturliga häcken har däremot en mycket mer komplicerad uppbyggnad, vilket gör det i princip omöjligt att beräkna porositeten. Genom att i vindtunnel studera skärmar med olika porositet och titta på vilken skärm som ger samma egenskaper som häcken kan dock porositeten beräknas. Ett annat sätt att mäta häckens täthet är att mäta ljusgenomsläppligheten (genomsikten). Genomsikten anses vara proportionell mot porositeten men då data saknas kan omvandlingen inte göras utan stor osäkerhet. (Lindholm *et al.*, 1988)

För att en lähäck ska ge en jämn fördelning inom läområdet ska den, enligt Olsen (1979), ha en täthet som, om man står intill häcken, gör att man kan se markens färg på andra sidan men inte se vilken gröda som växer där. Likaså ska man kunna se rörelser på andra sidan häcken utan att i detalj se vad det är som rör sig.

Lähäckens längd antas ha mindre betydelse för läeffekten. Naturligtvis är det dock så att det uppkommer högre vindhastigheter och mer turbulens vid vindskyddets kanter, än vid skyddets mitt. För ett helt tätt vindskydd måste längden uppgå till minst 12*H för att ett helt opåverkat område ska finns bakom vindskyddets mittpunkt. För en genomsläpplig ridå blir relationstalet mindre (Jansson & Wirén, 1975).



Figur 20. Exempel på vindprofiler vid olika täthet på vindskyddet (Nord, 1989).

Vindmätningar i samband med avdriftsmätningar

Vid de avdriftsmätningar som har gjorts vid BBA i Tyskland (se Del I och II), har vindhastighet och vindriktning mätts 4 meter över marken, strax utanför odlingen i vindriktningen. De

avdriftsmätningar som ligger till grund för avdriftsmodellen (se Del I) är utförda på ett försöksfält med fruktträd, medan de senare försöken (se Del II) är gjorda utan träd.

Syfte

Syftet med Del III i projektet var att studera vindförhållanden i fruktodling samt hur och var sprutföraren bör mäta vindhastigheten för att mätningen ska vara användbar i en vindavdriftsmodell. Framförallt mätplats i förhållande till omgivande häckar och fruktträd studerades.

Material och metod

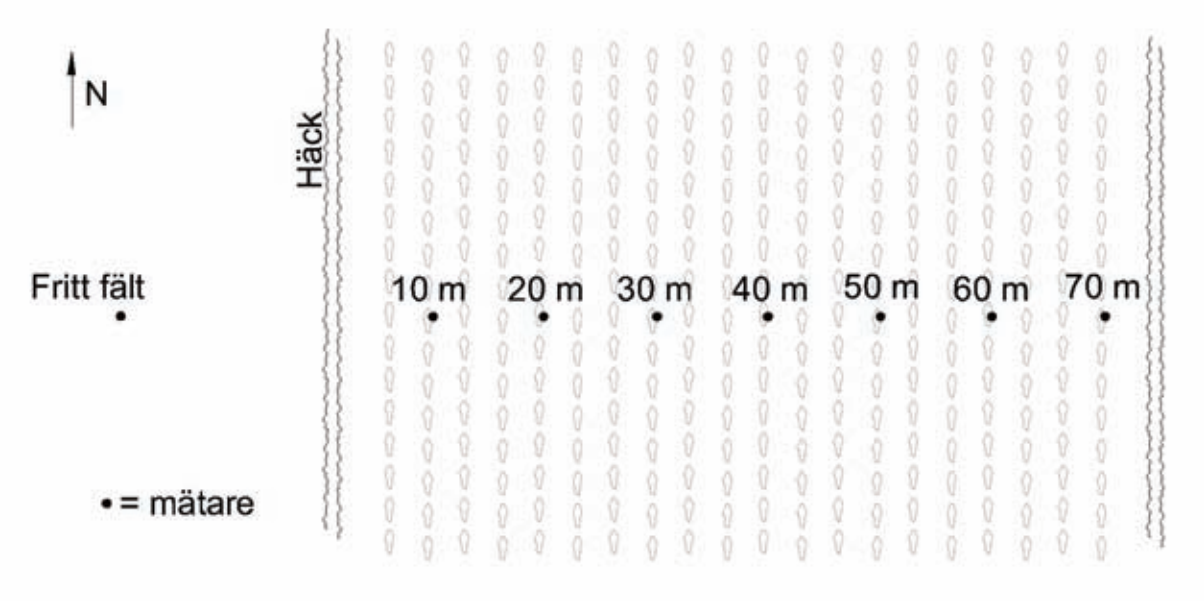
För att bestämma var mätning av vindhastighet bör göras, studerades vindhastighetens variation i fruktodlingar. Mätningar har genomförts hösten 2004 och odlingssäsongen 2005.

Två modeller av anemometrar (vindhastighetsmätare) och vindriktningsgivare har använts vid mätningarna, båda fungerade dock enligt samma princip. En anemometer var av märket Huger från företaget SkyView Systems (Storbritannien). Denna användes tillsammans med tillhörande väderstation, datalogger och programvara. För strömförsörjning användes blyackumulatorer (12 V) samt reservbatterier i väderstation och datalogger. Övriga anemometrar var av märket Davis, modell 7911, från företaget Davis Instruments (USA). För datalagring från dessa givare användes datalogger AAC-2 från företaget Intab (Sverige). Strömförsörjning till dessa givare och loggrar var blyackumulator (12 V) under 2004 och nätanslutning under 2005.

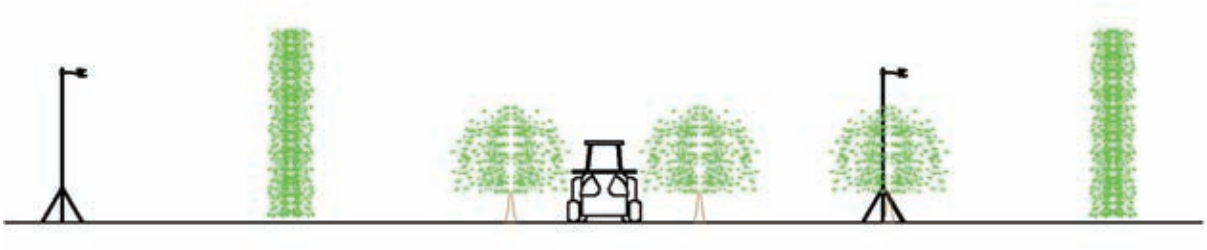
För att kontrollera att samtliga givare gav likvärdiga mätvärden, sattes mätarna upp bredvid varandra på samma höjd (2 meter över marken) under ca en veckas tid hösten 2004. Endast givare med liknande mätvärden har använts i projektet.

Vindmätningar 2004

Under perioden september-oktober 2004 mättes vindhastigheter kring en lähäck på Solnäs gård i Fjelie, Lund (Figur 23). Mätare placerades enligt Figur 21 och Figur 22. På fritt fält fanns två anemometrar monterade, en på 2 meter och en på 4 meter över marken. Dessa mätare var placerade på samma plats under hela mätperioden. Fältets markyta bestod av 15-20 cm hög vetestubb. Två anemometrar fanns tillgängliga för mätning i odlingen. Dessa var placerade på en mätpunkt vardera tills acceptabelt antal mätvärden i önskad vindriktning samlats in och flyttades därefter till nästa punkt. Samtliga mätningar i odlingen är gjorda på 4 meters höjd.



Figur 21. Skiss över fruktodling för vindmätningar under 2004. Mätaren på fritt fält är placerad 21 meter från häck. Skissen visar endast en del av odlingen. Inga hinder, förutom fruktträd och lähäckar, finns inom 125 meter norr eller söder om mätplatserna.



Figur 22. Principskiss över anemometrarnas placering vid vindmätning.

Figur 23. Fruktträd i odlingen på Solnäs hösten 2004, med ca 3800 träd/ha och trädhöjden 2,75 m.

Häckens täthet mättes genom att digitala fotografier togs, med ljus himmel som bakgrund. Färgbilderna, som består av tre färgband (Rött, Blått, Grönt), analyserades med ett bildanalysverktyg i matematikprogrammet Matlab. Efter manuell granskning noterades att skillnader mellan bladverk och bakgrund var tydligast i det blåa bandet. Därför användes endast denna del av färgbilderna vid analysen. Tröskelvärdet bestämdes automatiskt för varje bild med hjälp av Otsu's metod (Otsu, 1979). Resultatet blir häckens genomsikt, som också kallas optisk porositet, och ger ett mått på häckens täthet. Medelvärdet för lähäckens optiska porositet var 38 % (utifrån fyra fotografier som tagits på olika platser på häcken). Lähäckens längd var 250 meter, med höjden 6 meter. Lähäcken bestod av trädslaget al.

Vindriktning och vindhastighet mättes var femte sekund och loggades som 10 minuters medelvärden. Från mätaren på fritt fält, 4 m, gjordes ett urval för värden där vindriktningen var 270º (V) ± 20º och vindhastigheten minst 2 m/s. Urvalet användes för att beräkna läeffekten (ekv.5) för varje mätvärde. Slutligen beräknades läeffekten för samtliga mätvärden.

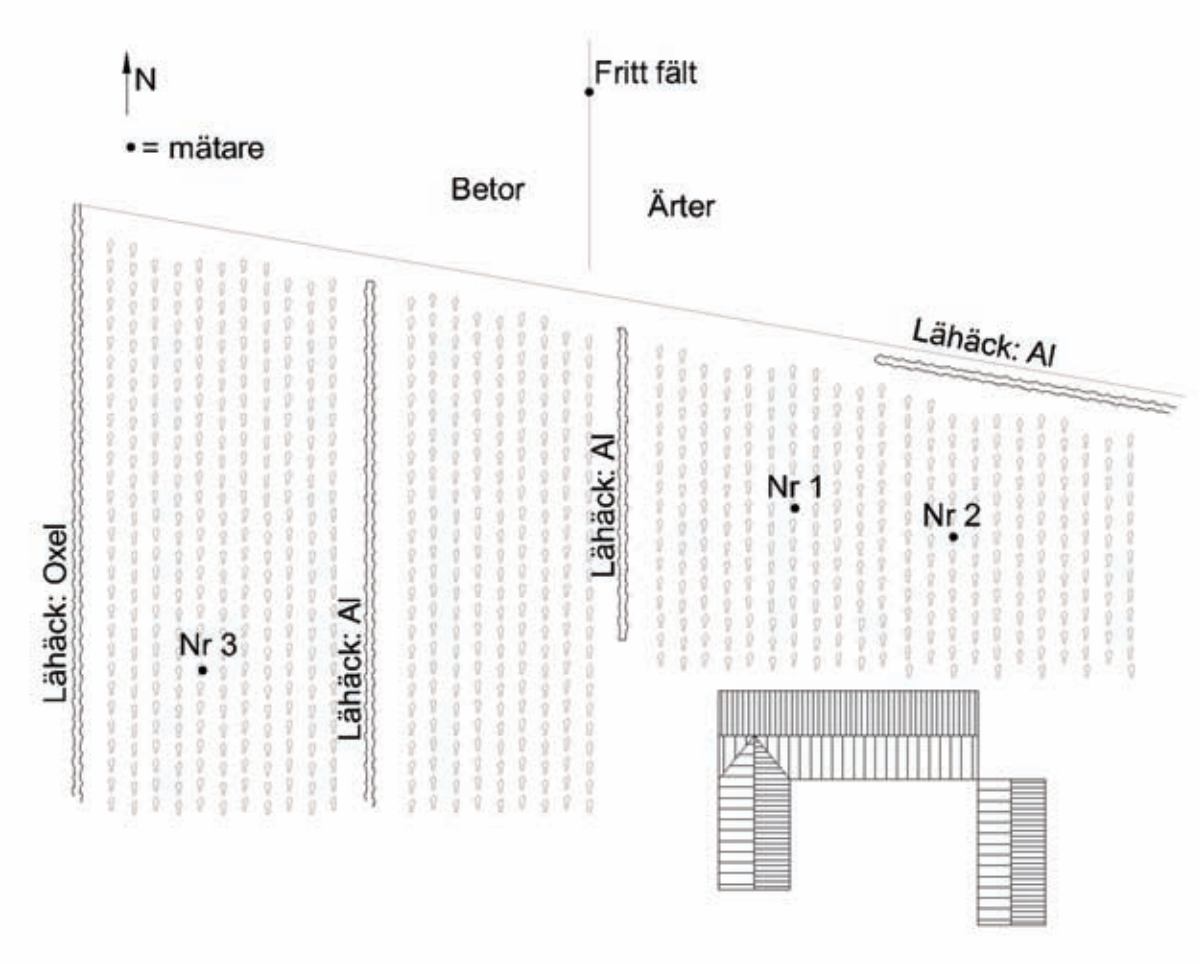
Mätarna på fritt fält användes för att verifiera sambandet mellan vindhastigheter på olika höjd. Eftersom friktionshastigheten u* är okänd beräknades denna utifrån mätvärdet från 4 meters höjd, u(4). Därefter användes Legg's modell (ekv.4) för att skatta vindhastigheten på 2 meters höjd, û(2). Den effektiva marknivån, d, antogs vara 0,13 m och ytans aerodynamiska ojämnhet, z_0, 0,02 m.

$$\hat{u}(2) = u(4)\frac{\ln\left(\frac{2-d}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{4-d}{z_0}\right)} \qquad \textbf{(ekv. 6)}$$

Skattningen jämfördes med det uppmätta värdet, u(2). Residualerna testades i ett dubbelsidigt t-test med nollhypotesen att det inte är någon skillnad mellan modellens värde och det uppmätta värdet, dvs. û(2)-u(2)=0.

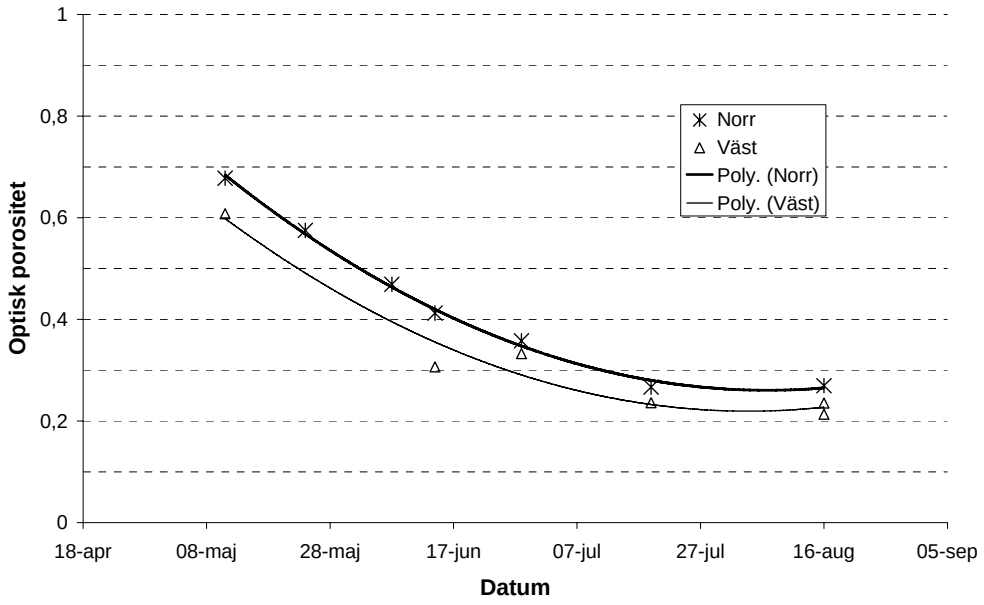
Vindmätningar 2005

Under perioden maj till juli 2005 har vindmätningar utförts på Glorias äppelgård i Stångby, Lund. Mätarna placerades enligt Figur 24, samtliga på 4 meters höjd. Mätning av häckarnas täthet skedde enligt samma metod som under 2004. Häckhöjden för samtliga häckar var 4,5 meter. Beskrivning av fruktträd och lähäckar ges av Figur 25 och Figur 26.



Figur 24. Skiss över vindmätarnas placering i fruktodling i Stångby 2005. Nr 1 och 2 användes för att mäta nordlig vind, utan resp. med lähäck, medan nr 3 användes för att mäta västliga vindar. Pga. tekniska problem erhölls inga mätvärden från nr 3.

Figur 25. Fruktträd på Glorias äppelgård den 16 augusti 2005. Trädens höjd var ca 1,8 meter och antalet träd per ha var ca 5500. En av vindmätarna kan ses i bakgrunden.



Figur 26. Beskrivning av hur läbäckarnas täthet förändras över säsongen. Norr avser häck strax norr om mätare nr 2. Väst avser häck närmast väster om mätare nr 1.

Liksom år 2004 mättes vindriktning och vindhastighet var femte sekund och loggades som 10 minuters medelvärden. Pga. tekniska problem erhölls inga mätvärden från mätare nr 3. Problem med loggern till mätare nr 1 och 2 har gjort att det saknas mätvärden från vissa perioder av säsongen. Från mätaren på fritt fält gjordes ett urval av värden med vindriktning 340º - 20º (N) och vindhastighet minst 2 m/s. Urvalet användes för att beräkna läeffekten (ekv.5) för varje mätvärde.

Resultat

Solnäs 2004

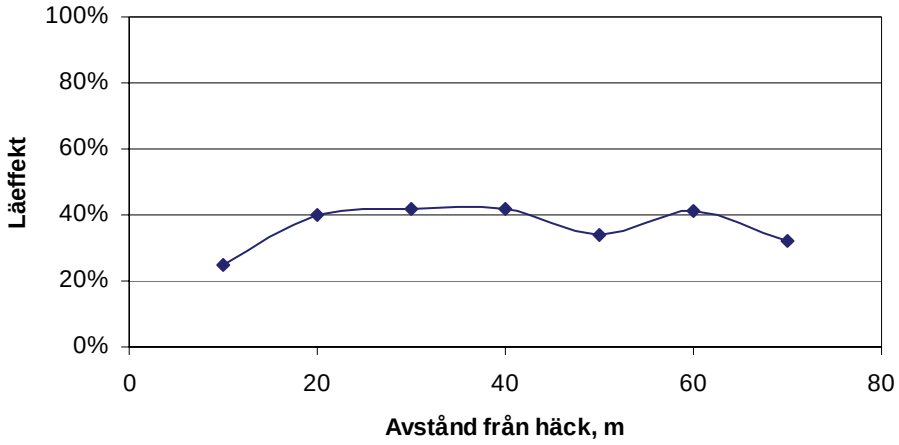
Tabell 9 och Figur 27 visar resultatet från vindmätningar på Solnäs 2004.

Tabell 9. Resultat från vindmätningar på Solnäs 2004 (4 m höjd).

Avstånd från häck (m)	Antal registreringar	Medelhast.* (m/s)	Relativ hast.** (%)	Läeffekt (%)
10 m	163	5,4	75	25
20 m	117	4,6	60	40
30 m	16	5,8	58	42
40 m	163	5,4	58	42
50 m	27	4,0	66	34
60 m	46	5,1	59	41
70 m	28	3,4	68	32

*avser medelvärdet av vindhastigheter större än 2 m/s på fritt fält.

**i förhållande till vindhastighet på fritt fält



Figur 27. Beräknad läeffekt vid olika avstånd från lähäck på Solnäs 2004.

Mätningarna på fritt fält gjordes på två höjder. Dessa värden användes för att verifiera Legg's modell för vindhastighet på olika höjd (ekv.4). Tabell 10 visar resultat från t-test.

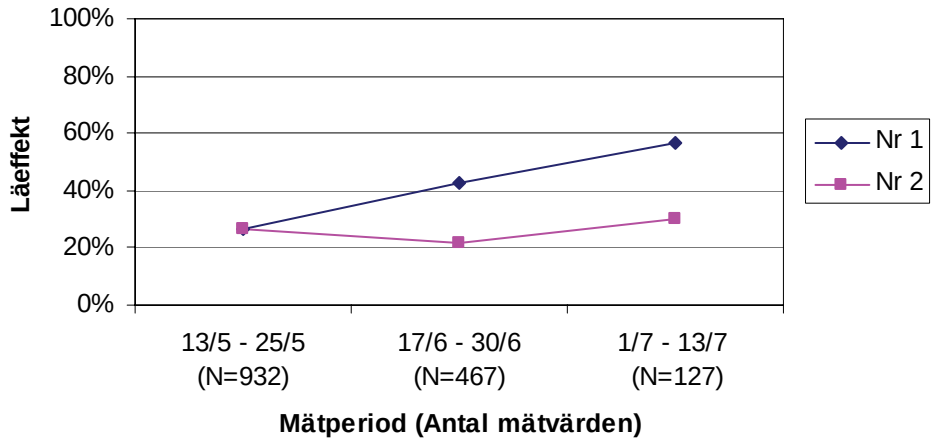
Tabell 10. Analys av skillnad mellan modell (ekv.4) och mätvärden. Resultat från t-test

Antal mätvärden, N	278
Medelvärde	-0,021
95 % konfidensintervall	(-0,086; 0,043)
P-värde	0,514

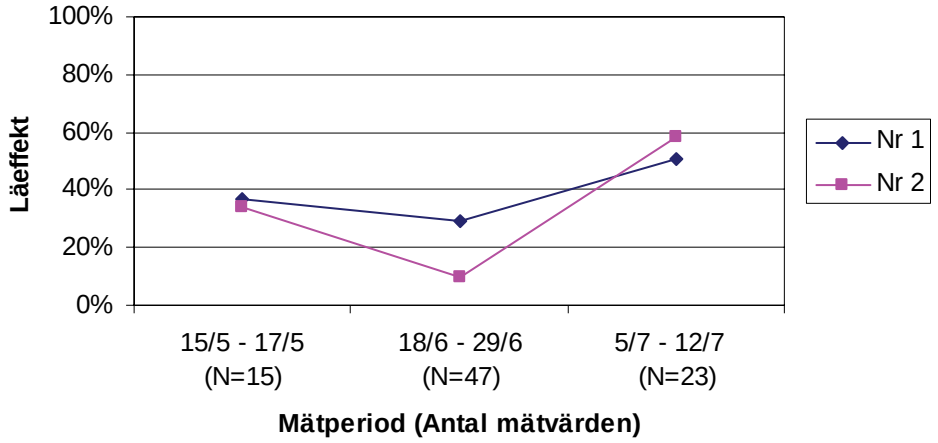
Eftersom konfidensintervallet täcker värdet 0 (noll) finns det inget stöd för att modellen ger ett systematiskt fel vid skattning av vindhastigheten, dvs Legg's modell uppfylls.

Glorias äppelgård 2005

Eftersom det fanns lähäckar både längs den nordliga och den västliga kanten på odlingen har både västliga (Figur 28) och nordliga vindar (Figur 29) använts i resultatet. Till västlig vind räknas alla mätvärden från 250º till 290º, för nordlig vind 340º till 20º. Läeffekten ökar senare på säsongen när fruktträd och häck har tätare bladverk.



Figur 28. Läeffekt vid västlig vind (250º-290º). Mätarnas placering enligt Figur 24.



Figur 29. Läeffekt vid nordlig vind (340º-20º). Mätarnas placering enligt Figur 24.

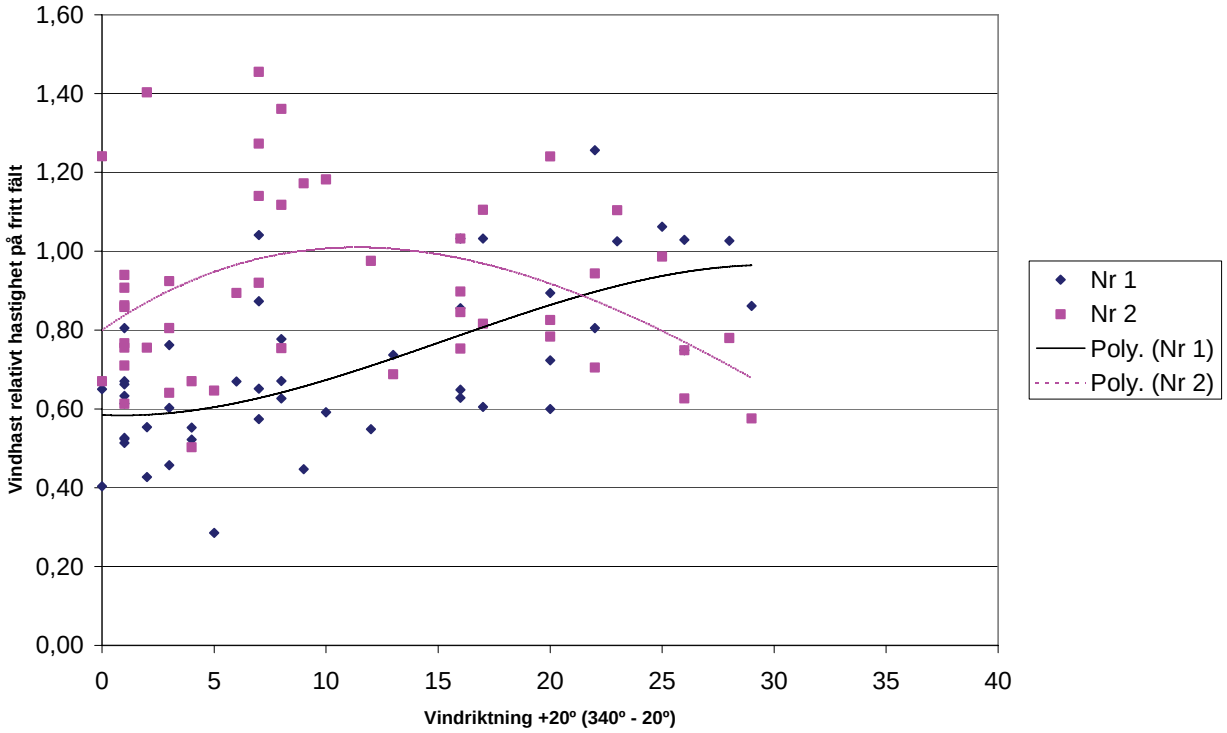
Tvärtemot teorin visar Figur 29 att vindhastigheten var signifikant högre vid mätare Nr 2 (med lähäck) än vid Nr 1 (utan lähäck) under perioden 18/6 – 29/6. För övriga perioder fanns inga signifikanta skillnader.

Diskussion

Mätningarna under hösten 2004 ger en bild av hur vindhastigheten varierar beroende på avståndet från häcken (Figur 27). Eftersom mätning inte har skett samtidigt på alla mätpunkter kan variationen i läeffekt även bero på andra faktorer, t ex vindhastighet samt fruktträdens och häckens förändring över tiden. Det är dock klart att vindhastigheten på 4 meters höjd är betydligt lägre i en fruktodling än för samma höjd på fritt fält, samt att vindförhållandena är annorlunda vid fältkanterna jämfört med mitt i odlingen.

Vindmätningar på 2 resp. 4 m höjd följer modellen från Legg (1983)(ekv.4). Med information om vindhastigheten på ett givet avstånd från marken kan denna modell användas för att beräkna vindhastigheten på olika avstånd från markytan.

Under 2005 mättes vindhastigheten under en stor del av odlingssäsongen, vilket gör det möjligt att studera hur vindförhållanden förändras när träd och häckar får ett tätare lövverk. Mätvärdena i Figur 28 och Figur 29 är fördelade i tre grupper; maj, juni och juli. Mätvärden för västliga vindar (Figur 28) kan liknas vid försöket från 2004, dock med endast två mätpunkter (14 meter resp. 32 meter från häck). Mätvärden för nordliga vindar (Figur 29) visar vindhastigheten utan respektive bakom lähäck. Här är det anmärkningsvärt att vindhastigheten under juni månad är högre bakom lähäck än utan. Figur 30 visar hur den relativa vindhastigheten förändras beroende på vindriktning. Vid riktningen 340º - 0º är vindhastigheten vid Nr 2 högre än vid Nr 1, medan det är tvärt om när vinden vänder mot 0º - 20º.



Figur 30. Mätvärden för nordliga vindar >2 m/s under juni 2005, samt trendlinjer (andragradspolynom) för hur den relativa vindhastigheten förändras med ändrad vindriktning.

Förklaringen till det anmärkningsvärda resultatet i Figur 29 kan alltså vara att mätare Nr 2 har varit placerad för nära lähäckens västra ände eller att andra faktorer har gjort att vindhastigheten har blivit högre vid Nr 2 än vid Nr 1. Från vindmätningarna 2005 är det därför svårt att dra några slutsatser om hur en lähäck påverkar vindhastigheten i en fruktodling. Precis som vid försöket 2004 är det klart att vindhastigheten är betydligt lägre i fruktodlingen än på fritt fält.

Slutsats

Att lähäckar minskar vindhastigheten är ingen nyhet, inte heller att fruktträden (som en slags mindre ”skog”) i sig minskar vindhastigheten. Däremot har varit svårt att mäta och dokumentera den inbördes relationen mellan dessa två faktorer. Vi kan därför inte presentera resultat som pekar på hur mycket ytterligare vindhastigheten sänks med lähäckar.

Vindmätningar gjorda i fruktodling visar att vindhastigheten på 4 meters höjd är betydligt lägre i fruktodlingen än för samma höjd på fritt fält, och skillnaden ökar senare på odlingssäsongen. Om sprutföraren ska mäta vindhastigheten i fruktodlingen innan sprutning är det viktigt att välja mätplats med omsorg, eftersom vindhastigheten varierar beroende avstånd till fältkanter och häckar. Mätning mitt i odlingen kan antas vara lämpligt.

Med vindhastigheten som en faktor i beräkningen av vindanpassat skyddsavstånd, blir skyddsavståndet automatiskt kortare än vad det skulle bli på helt öppet fält. Detta är oberoende av om det är lähäcken eller fruktträden som svarar för minskningen av vindhastigheten.

Mer ingående studier krävs för att tydliggöra hur lähäckar påverkar fruktodlingens vindförhållanden, som i sin tur har stark inverkan på vindavdriften. Det är också uppenbart att en stor svårighet ligger i att karaktärisera och föreskriva en lähäck med god verkan. Detta framgår också tydligt av de detaljerade beskrivningarna av ”godkända” lähäckar i det brittiska materialet (PSD, www).

Del IV: Lähäckars inverkan på vindavdrift

Inledning

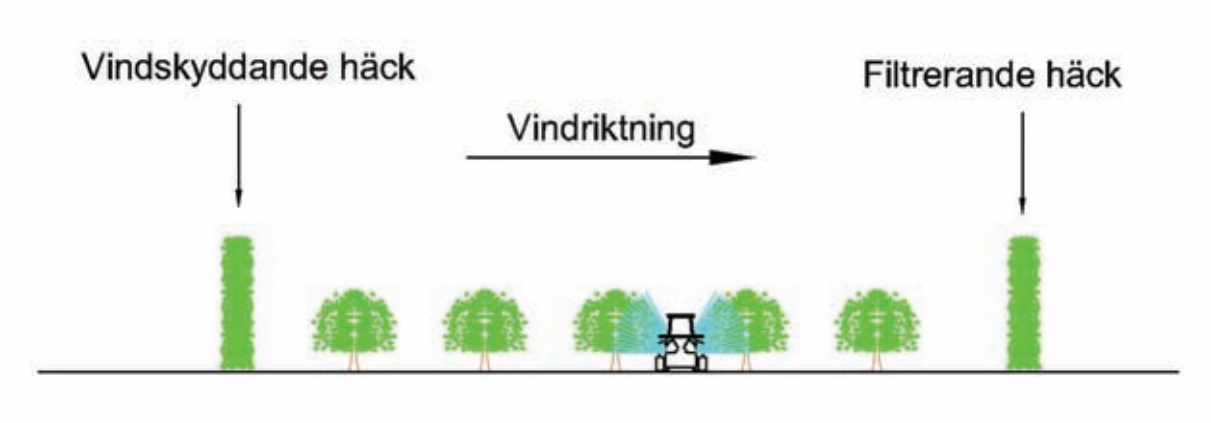
Förutom den minskning av vindhastigheten som kan erhållas av häckar i fruktodling, kan häckar samla upp (filtrera bort) vindavdrift från kemisk bekämpning i odlingen. Forskare på flera håll i världen har studerat lähäckars avdriftsreducerande förmåga och försökt att beskriva vilka egenskaper hos häckarna som påverkar effekten. Lähäckar är vanligt förekommande i svensk fruktodling och det finns förväntningar på att dessa skall kunna reducera skyddsavstånden. Det är därför angeläget att utreda vilken inverkan man kan påräkna i beräkningen av skyddsavstånden.

Syfte

Syftet med detta delprojekt var att sammanställa befintlig kunskap kring lähäckars förmåga att minska vindavdrift från fruktodling, samt ge förslag på hur man i modellen för vindavdrift kan ta hänsyn till lähäckar. Sammanställningen har gjorts genom litteraturstudie.

Litteraturstudie

Det är viktigt att åter påminna om att en lähäcks potentiella möjlighet att minska vindavdriften består av två fenomen, nämligen dels läeffekt, dels filtrering (Figur 31). I de flesta fall som diskuteras nedan skiljer man inte på de båda delarna.

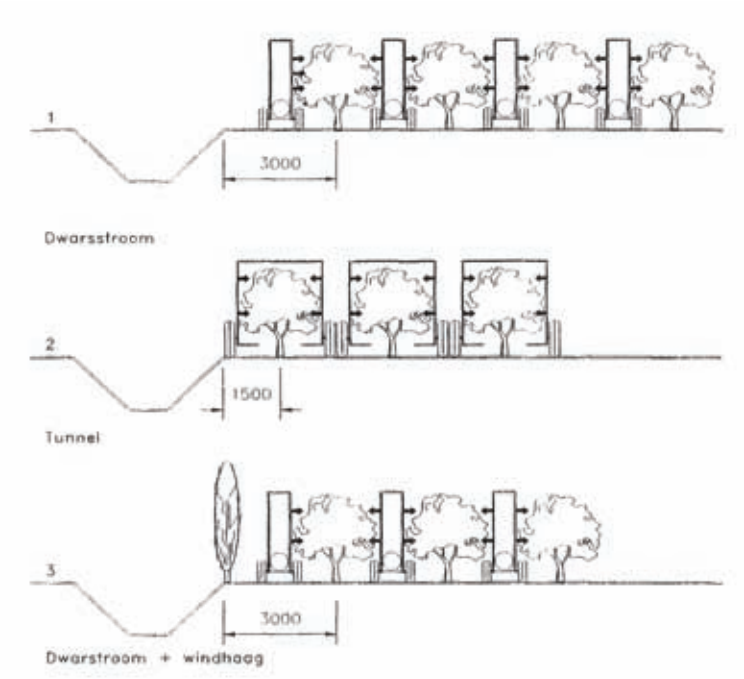


Figur 31. Lähäckar intill odlingen har potential att minska vindavdriften på två sätt: dels genom att ge lä i odlingen och dels genom att fånga upp partiklar.

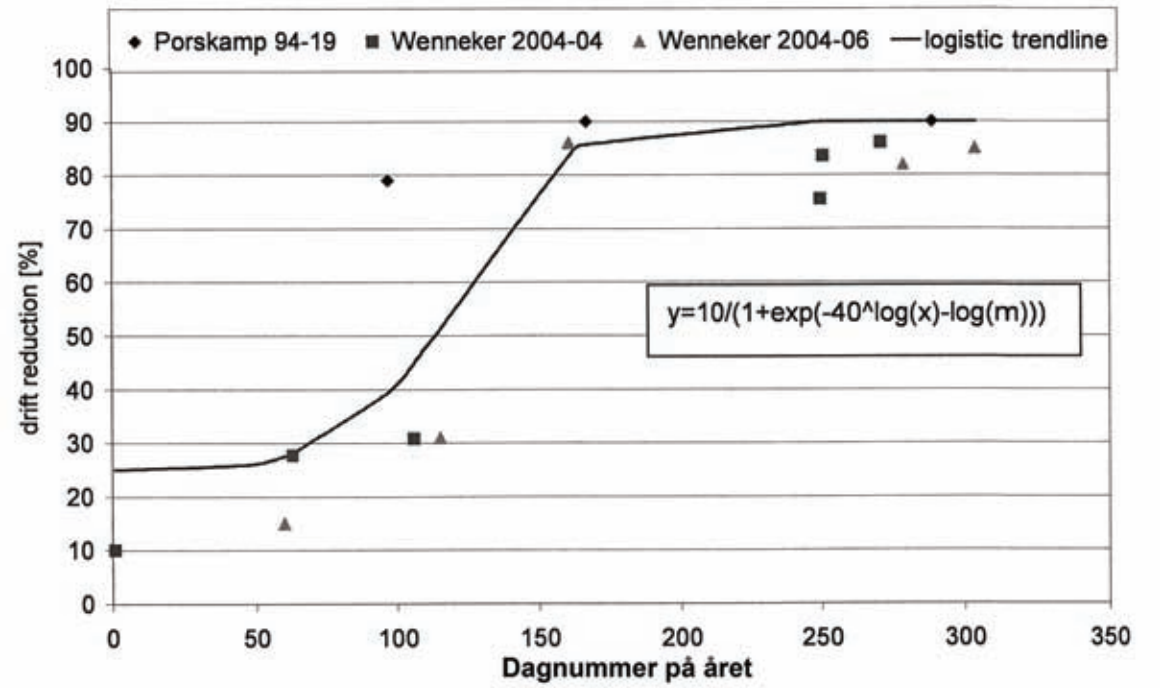
Ucar & Hall (2001) har gjort en gedigen sammanställning av forskning kring lähäckars avdriftsreducerande förmåga. De konstaterar att naturliga barriärer (som lähäckar) kan ha stor potential att minska vindavdriften då vissa undersökningar redovisar en avdriftsreduktion på upp till 80-90 %. Läeffekt och påverkan på gröda och skörd är forskningsområden som är väl undersökta och dokumenterade. Faktorer som är speciellt viktiga för minskning av risken för vindavdrift, som t ex turbulens och porositet, har däremot varit mycket svåra att studera. I dagsläget finns inga standardiserade forskningsmetoder för att utvärdera eller klassificera lähäckar och därför är det svårt att i förväg bedöma en lähäcks avdriftsreducerande effekt.

I ett försök att minska risken för vindavdrift i svenska fruktodlingar samlade Juhlin (2001) information från bl a holländsk rådgivning inom området. Bakomliggande material har sammanställts av Zande *et al.* (2004), som redovisar 15 år av holländsk forskning kring

vindavdrift i fruktodling. Lähäckarnas avdriftsreducerande förmåga mäts genom att studera hur mycket avdrift som hamnar på vattendragets yta med resp. utan närvaro av lähäck (Figur 32). Man bör notera att mätområdet begränsas till en del av ett fiktivt vattendrag nära fältkanten. Hur vindavdriften fördelas längre från spridningsområdet ingår inte i bedömningen. Figur 33 visar en sammanställning av holländska försök som studerat lähäckars avdriftsreducerande förmåga.



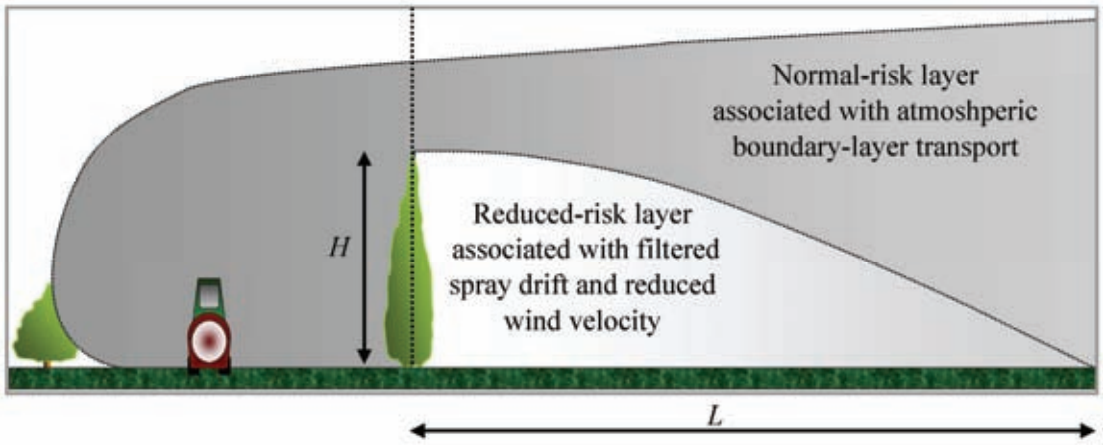
Figur 32. Scenarier för bedömning av olika appliceringsteknikers förmåga att reducera vindavdrift i Nederländerna. Bedömningen görs utifrån hur mycket avdrift som hamnar mitt i vattendraget. Övre: Tvärströmsspruta. Mitten: Tunnelspruta. Undre: Tvärströmsspruta och lähäck utmed vattendraget (Zande *et al.*, 2004).



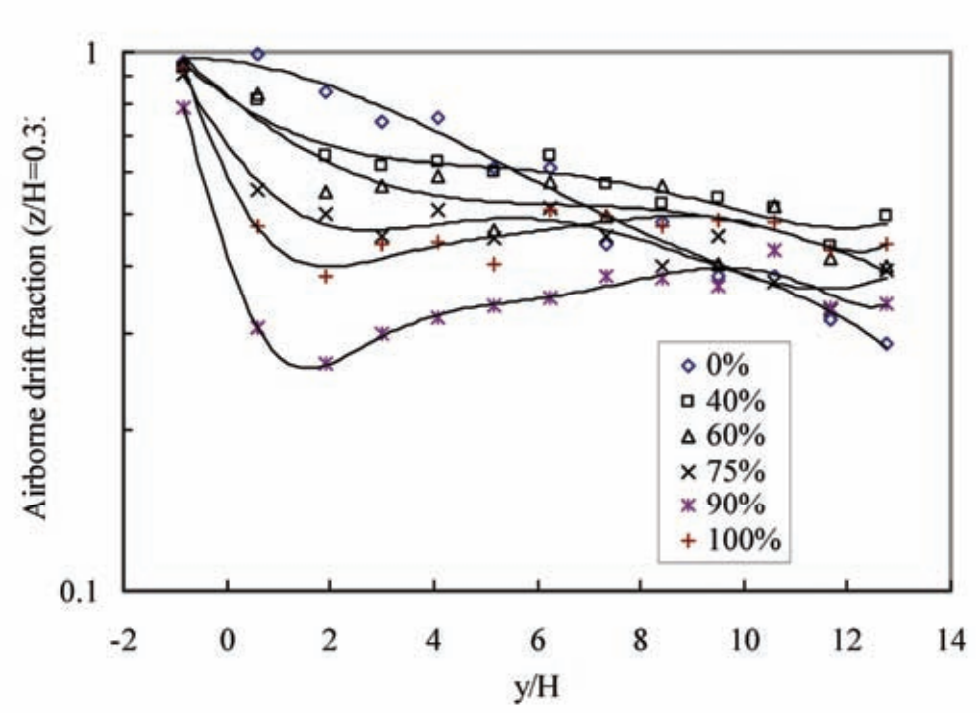
Figur 33. Sammanställning av holländska mätningar av lähäckars avdriftsreducerande förmåga och hur reduktionen förändras under odlingssäsongen (Zande *et al.*, 2004).

Vid riskbedömning för registrering av preparat i Nederländerna används 70 % och 90 % avdriftsreducerande förmåga från lähäckar före resp. efter den 1:a maj (dag nr 121), vilket motsvarar tidig resp. sen odlingssäsong (Zande *et al.*, 2004).

Från Storbritannien redovisar Walklate (2005) flera års studier av lähäckars avdrifts-reducerande förmåga. Syftet har varit att utvärdera lähäckar som en strategi att minska risken för vindavdrift och hur detta kan införas i det engelska systemet LERAP (se sidan 6). Rapportens första del bygger på teoretiska beräkningar utifrån fysikaliska samband och visar att en lähäck kan minska risken för avdrift inom ett begränsat område från häcken. Bortom detta område beräknas risken för avdrift inte påverkas av lähäcken (Figur 34). Beräkningarna visar också att häckens höjd och täthet är parametrar som är avgörande för den avdriftsreducerande förmågan. Mätningar i vindtunnel bekräftar till viss del resultatet från de teoretiska beräkningarna, men visar också att avdrift från sprutan tenderar att lyfta över häcken och därmed öka mängden drivande droppar på längre avstånd från häcken (Figur 35).



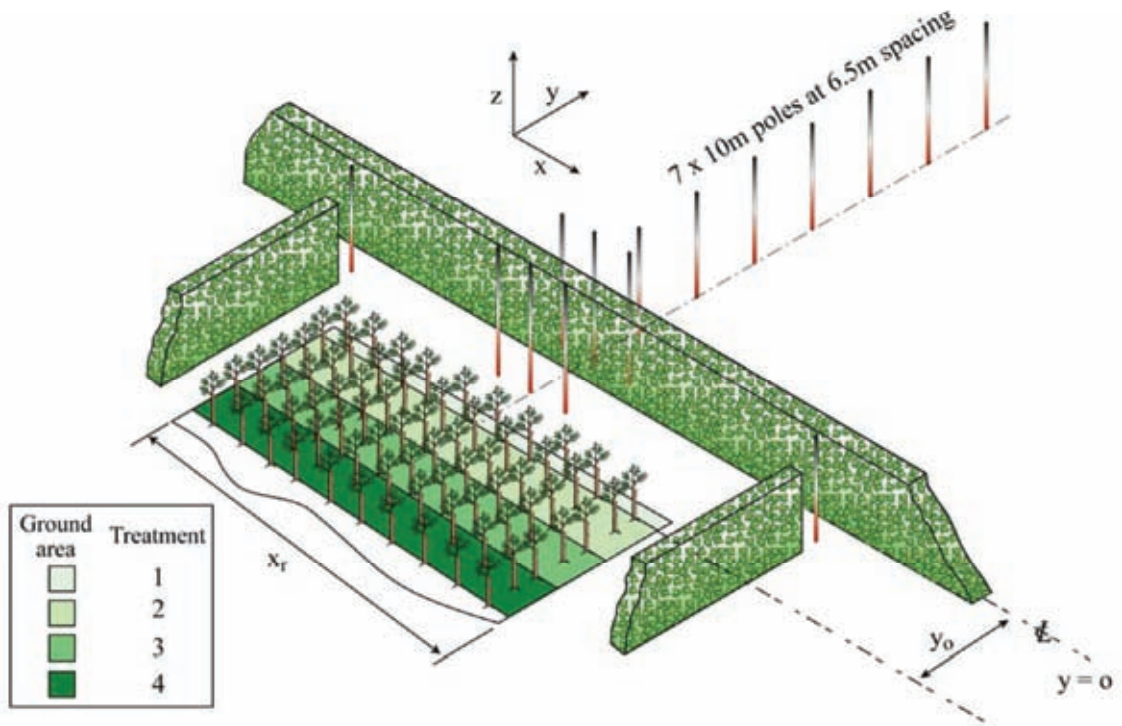
Figur 34. Skiss baserad på teoretiska beräkningar för hur en häck kan reducera vindavdrift från fruktodling (Walklate, 2005)



Figur 35. Resultat från avdriftsmätningar i vindtunnel där avdriftsreducerande förmåga hos vindskydd med olika täthet har studerats (Walklate, 2005). Tätheten anges som optisk blockering vilket är det samma som 1 - genomsikten.

Under tre odlingssäsonger har totalt nio fältförsök genomförts för att validera resultaten från de teoretiska beräkningarna och från mätningarna i vindtunnel. Mätningar har skett på olika försöksplatser, med olika typer av lähäckar och vid olika tidpunkter. Utöver försöksplatsernas häckar har ytterligare lähäckar studerats med avseende på utveckling under vegetations-säsongen. De naturliga vindskyddens täthet varierar mycket under odlingssäsongen, i vissa fall från 50 % till 94 % optisk blockering, vilket också innebär att de avdriftsreducerande egenskaperna varierar betydligt. Lähäckarna hade under vintern beskurits från marken och en meter upp för att undvika att kall luft samlas och hålls kvar i fruktodlingen med frostskador som följd. Detta resulterade i en optisk blockering på ca 20 %.

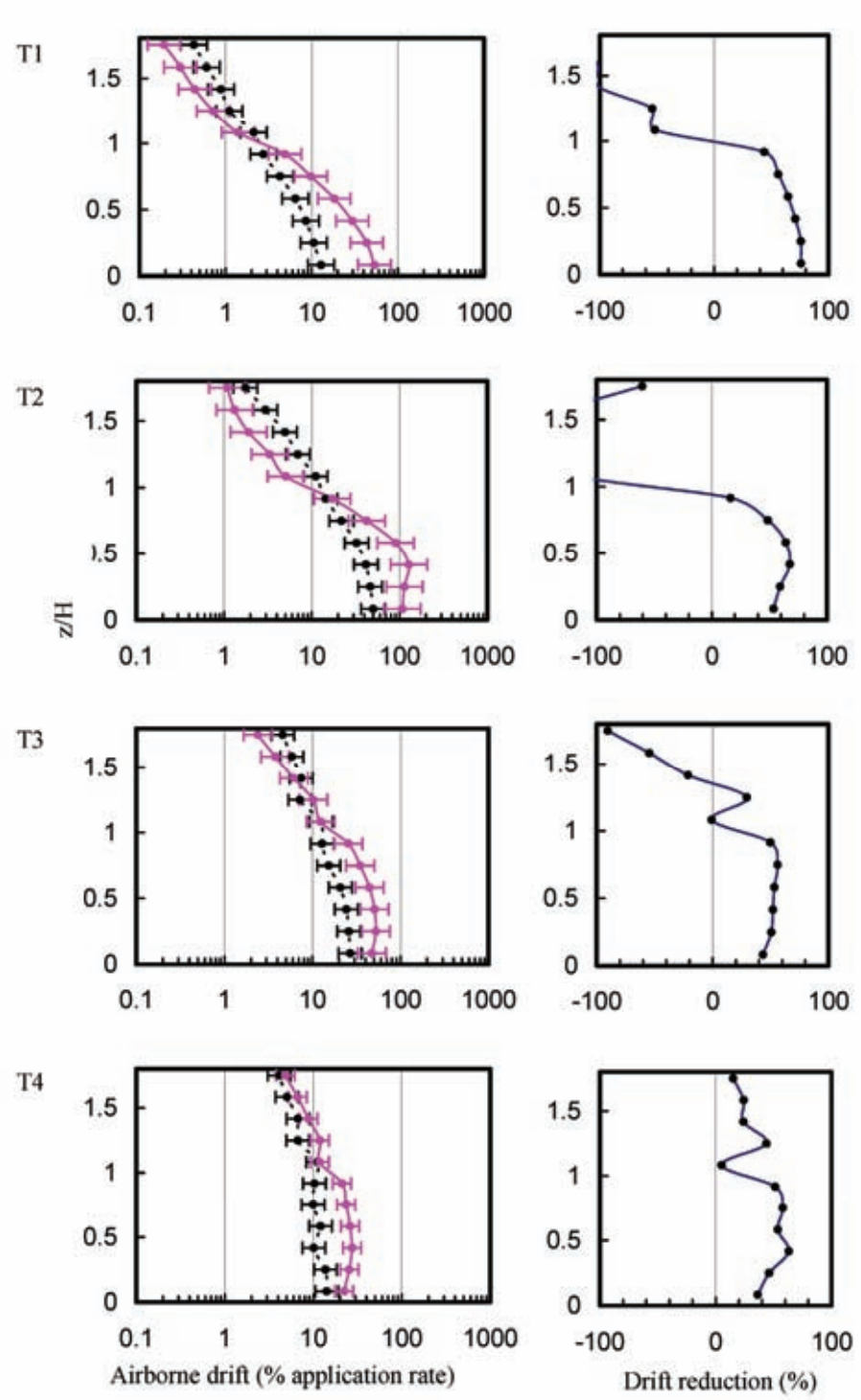
Lähäckarnas avdriftsreducerande förmåga har bedömts utifrån två olika metoder. Den första bygger på att luftburen avdrift mäts på olika höjd strax före och strax efter häcken i vindriktningen. På så sätt kan häckens filtrerande förmåga beräknas. Den andra bygger på att mäta avdriften på olika avstånd från häcken, och jämföra dessa värden med de värden som erhållits från tidigare mätningar utan lähäck. Figur 36 visar försöksuppställningen som använts.



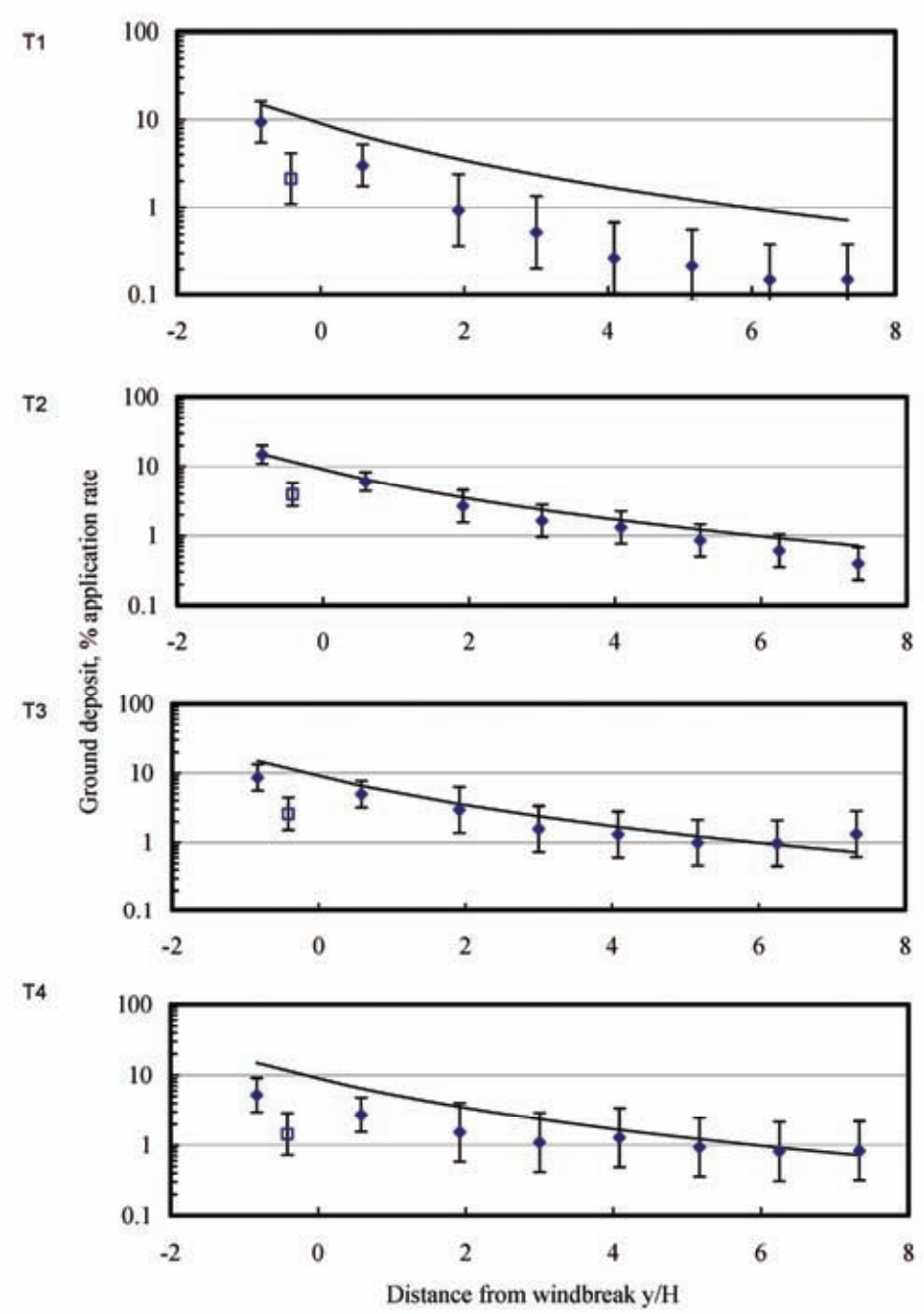
Figur 36. Skiss över försöksuppställning som använts av Walklate (2005). Avdriften har mätts från besprutning av fyra olika områden. T1: första sprutdraget med endast halv arbetsbredd. T2: sprutning i mellan rad 1 & 2, samt 2 & 3. T3: sprutning mellan 3 & 4, samt 4 & 5. T4: sprutning mellan 5 & 6, samt 6 & 7.

Den första metoden för att bedöma avdriftsreducerande förmåga visar att en lähäck i tidigt utvecklingsstadium kan minska vindavdriften med 38-75 %, respektive 50-95 % i sent utvecklingsstadium. Mätmetoden tar dock inte hänsyn till lähäckens effekter över ett större område. I Figur 37 kan man se en tendens till ökad vindavdrift ovanför häckens topp.

Resultatet från den andra mätmetoden visar ingen större avdriftsreducerande effekt, men istället en ökning av vindavdriften på större avstånd från häcken (Figur 38). Slutsatsen i Walklate (2005) är att lähäckar, uppbyggda av lövbärande trädarter, ger ett svagt skydd mot vindavdrift under odlingssäsongen, men att skyddet möjligtvis kan förbättras genom att använda ständigt gröna lähäckar uppbyggda av exempelvis gran.



Figur 37. Lähäckars avdriftsreduktion i tidigt utvecklingsstadium enligt första metoden där luftburen avdrift mätts på olika höjd, före och efter häcken (Walklate, 2005). T1 – T4 anger avdrift från sprutning av olika områden i fruktodlingen (se Figur 36).



Figur 38. Lähäckars avdriftsreduktion i tidigt utvecklingsstadium enligt andra metoden där sedimenterad avdrift mätts på olika avstånd från häcken, för att jämföras med tidigare mätningar utan läh äck (Walklate, 2005). T1 – T4 anger avdrift från sprutning av olika områden i fruktodlingen (se Figur 36).

Diskussion

Tidigare litteraturstudier visar att det finns kunskapsluckor när det gäller användning av naturliga barriärer för att minska risken för vindavdrift. Svårigheten ligger dels i huvudfrågan om hur stor reduktion av vindavdriften som kan uppnås, men kanske främst i att finna metoder för att beskriva läh äckarna på ett lämpligt sätt. En objektiv och robust metod för att beskriva lähäckar är viktigt för att i praktiken kunna dra nytta av lähäckars avdrifts-reducerande förmåga.

Vid de holländska bedömningarna av lähäckars avdriftsreducerande förmåga tar man endast hänsyn till området direkt bakom häcken, dvs. där man förväntar sig att det kan finnas ett

vattendrag. I det tidigare svenska arbetet med att ta fram hjälpredan har inriktningen varit att spridning inte får ske till omgivningen, där man för särskild hänsyn har satt gränsen till 1 % av högsta dos respektive 4 % för allmän hänsyn. Med utgångspunkt från detta resonemang bör man alltså inte enbart ta hänsyn till området bakom häcken, utan se på avdriften ur ett större perspektiv. Därmed blir det också svårt att använda de holländska rekommendationerna.

De engelska vindavdriftsförsöken tar hänsyn till hur avdriften fördelas på olika avstånd från lähäcken. Resultaten visar att lähäcken kan reducera vindavdrift, men att reduktionen är olika för olika avstånd från häcken. Dessutom visar studierna att lähäcken kan göra att drivande droppar lyfts över häcken och förflyttas längre för att landa längre från häcken. Det är rimligt att anta att karaktären på sprutans luftström inverkar. Slutsatsen blir att det inte går att ange en allmän reduktionsfaktor för en lähäck och att reduktionen är måttlig tidigt på säsongen när lähäcken är gles. De engelska forskarna har inte studerat lähäckar uppbyggda av trädarter som är gröna året om, vilket skulle kunna vara en möjlighet till ökat skydd tidigt på odlingssäsongen.

Lähäckar kring fruktodlingen kommer att påverka vindhastigheten i odlingen och därmed minska vindavdriften. I de studier som finns redovisade ovan har vindmätningar i odlingen inte utförts i samband med avdriftsmätning. Om man i en framtida hjälpreda för fruktodling vill att vindhastighet ska vara en ingående variabel, måste sambandet mellan vindhastighet i odlingen och hur stor vindavdriften blir med lähäck klargöras.

I dagsläget finns ingen bra metod att beskriva lähäckar för vindavdriftsreducerande ändamål. Underlaget för hur stor reduktion som kan förväntas är inte tillräckligt, speciellt om hur den avdriftsreducerande förmågan samverkar med andra variabler som förväntas ingå i en framtida hjälpreda. Tillgänglig forskning tyder på att lähäckar reducerar vindavdriften, men det finns inget underlag för att bedöma hur stor reduktionen blir och vid vilka tillfällen den går att räkna med. Det är inte heller klarlagt hur stor filtrerande verkan en lähäck har.

Sammanfattande diskussion

Rapportens underlag lämnar flera möjligheter till hur en eventuell hjälpreda kan utformas. Här redovisas ett förslag:

- Modellen baseras på medianvärden från BBA. Alla modeller innefattar osäkerhet. Den modell som stämmer bäst med verkligheten är den som är baserad på medianvärden, samtidigt som medianmodellen lika ofta underskattar som överskattar.
- Olika modeller används för tidig resp. sen odlingssäsong.
- Temperaturen blir ingen inverkande faktor i modellen. Datamaterialet från BBA visade på ett svagt samband mellan temperatur och vindavdrift. Dessutom blir modellen enklare att använda om färre variabler ingår.
- Vindhastighet mäts på den plats i odlingen där man förväntar sig högst mätvärden. Höjd för mätning ska vara 4 m eller minst 1,25 meter över trädtopparna.
- Klassning av spridningsutrustning görs enligt BBA:s klassificeringssystem eller annan jämförbar metod, exempelvis tillgängliga internationella standarder.
- De klasser som används är oklassad utrustning (0%), därefter 25 %, 50 %, 75 % samt 90 % avdriftsreducerande. Anpassning kan göras efterhand som standarder utvecklas och flera klasser tillkommer.

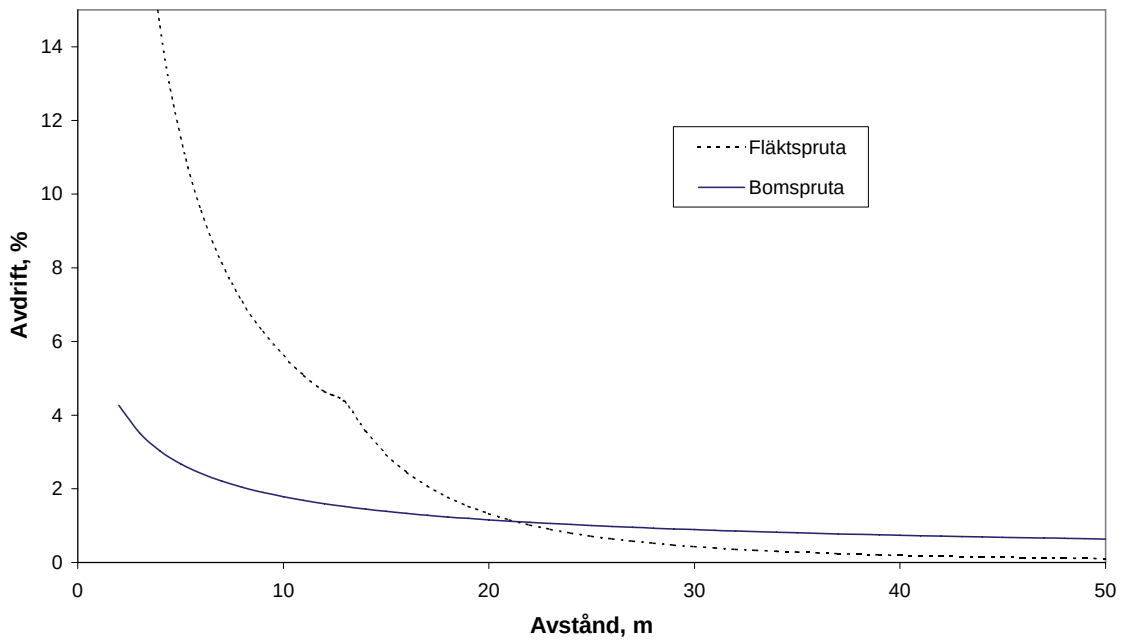
- En Schaumannspruta, ombyggd så att den uppfyller BBA:s uttryckliga inställningsanvisningar (Bilaga 3), kan förses med spridare och annan utrustning, som gör det möjligt att uppfylla BBA:s avdriftsklassningar.
- Förekomst av lähäck påverkar inte modellen för beräkning av skyddsavstånd. Däremot kommer vindhastigheten i odlingen att minska på grund av lähäckar runt odlingen, och därmed ge kortare skyddsavstånd.
- Grundmodellen är baserad på en fältbredd på 20 m.

Exempel på förändringar i ovanstående utformning kan vara:

- P_{90} (90:e percentilen) kan användas som underlag till modellen för att öka säkerhetsmarginalerna.
- Fältbredden som används vid utformning av modellen kan ökas till 100 m för att stämma överens med nuvarande hjälpreda för bomsprutor.
- Schaumann med injektormunstycken, enligt de inställningar som använts i Del II, kan hamna i 25 %-klassen, med minimiskyddsvstånd på 5 m.
- Klassificering av utrustning kan för närvarande endast göras i klasserna 0, 50 %, 75 % och 90 %. Detta för att stämma överens med nuvarande hjälpreda för bomsprutor och nuvarande klassificeringssystem hos BBA.
- Avdriftsreduktion vid förekomst av lähäckar.

Omräkning till en fältbredd på 100 m är möjlig, men tvivelaktig ur vetenskaplig synpunkt. Dessutom påverkas inte skyddsavstånden särskilt mycket, samtidigt som modellen blir mer komplicerad. Dessutom innebär det komplikationer för klassificeringssystemet om detta görs. Vissa klassningar som BBA har gjort bygger på att sprutan ska ha en inställning de yttre tre raderna, för att sedan ställa om sprutan och köra resten av fältet med en annan inställning. Om man matematiskt parallellförflyttar sprutdrag till en fältbredd av 100 m (sidan 17) borde även inställningsanvisningarna följa med, dvs. att sprutan ställs om enligt samma inställning som för de yttre raderna vid sprutning av rad 7, 8 och 9 för att sedan ställas om igen osv. Detta går visserligen att lösa genom att ignorera denna teoretiska detalj och köra med en inställning på resten av fältet. Det innebär dock att säkerhetsmarginalen blir sämre än förväntat, men inte sämre än att räkna med fältbredden 20 m.

Tidigare i denna rapport har nämnts att vindavdriften blir betydligt större från en fläktspruta jämfört med en bomspruta. Vid en närmare granskning av de modeller och gränsvärden som presenteras i denna rapport finner man att det blir sällsynt med skyddsavstånd upp mot 50 m för fläktsprutor, något som förekommer vid flera situationer i hjälpredan för bomsprutor. Detta beror till stor del på den generalisering som har gjorts vid framtagande av avdriftsmodellerna. I dubbellogaritmiskt diagram följer Arvidssons modell en linjär funktion, och för fläktsprutornas modell en funktion bestående av två räta linjer. Eftersom avdriften från fläktsprutan är betydligt högre på korta avstånd kommer lutningen bli betydligt större, vilket också innebär att den avtar snabbt för stora avstånd. Fenomenet tydliggörs med exemplet i Figur 39.



Figur 39. Jämförelse mellan vindavdriftsmodeller för bomspruta resp. fläktspruta. Data för bomspruta är hämtat från Arvidsson & Ljungström (1998), baserat på vindhastigheten 3 m/s, temperaturen 15 ºC, bomhöjd 40 cm, duschkvalitet medium och fältbredd 96 m. Data för fläktspruta är hämtat från Del I i denna rapport, baserat på medianvärden vid vindhastigheten 3 m/s, tidig odlingssäsong.

Efter flera års erfarenhet av vindavdriftsmätningar i fruktodling, gör BBA idag mätningarna på fritt fält utan fruktträd. För att göra resultatet jämförbart med tidigare gjorda mätningar med träd multipliceras samtliga avdriftsvärden med 0,5. Det finns skäl att tro att träden inte bara påverkar mängden avdrift utan också hur avdriften fördelas, vilket innebär att BBA:s metod inte är helt självklar att acceptera. Mätning av vindhastighet som tidigare gjorts i lä av en fruktodling sker således numera på fritt fält, vilket också påverkar resultatet. Avdriftsmätningar som idag görs utan fruktodling berör bara klassificering av utrustning och påverkar därmed inte modellen som presenteras i denna rapport.

Referenser

Tryckta referenser

Albrektsson, L., Alemo, J., Landgren, B. & Svensson, S.A. 1978. *Vindskydd för växthus*. Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik, Specialmeddelande 73, Trädgård.

Anonym. 1997. *Summary of airblast application studies*. Spray Drift Task Force, USA.

Arvidsson, T. 1997. *Spray drift as influenced by meteorological and technical factors*. ACTA agraria 71.

Arvidsson, T. & Ljungström, K. 1998. *A Swedish concept to determine buffer zones against wind drift from pesticide sprayers*. Stockholm: Naturvårdsverket

BBA. 2003. *Verfahren zur Eintragung von Pflanzenschutzgeräten in den Abschnitt „Abdrift“ des Verzeichnisses “Verlustmindernde Geräte“*. Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenschutzgeräten 1 - 2.3.3, Teil VII. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Cross, J.V., Walklate, P.J., Murray, R.A. & Richardson, G.M. 2003. *Spray deposits and losses in different sized trees from axial fan orchard sprayer: 3. Effects of air volumetric flow rate.* Crop Protection 22 (2003) p. 381-394

Cross, J.V., Walklate, P.J., Murray, R.A. & Richardson, G.M. 2001a. *Spray deposits and losses in different sized trees from axial fan orchard sprayer: 1. Effects of spray liquid flow rate*. Crop Protection 20 (2001) p. 13-30

Cross, J.V., Walklate, P.J., Murray, R.A. & Richardson, G.M. 2001b. *Spray deposits and losses in different sized trees from axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality*. Crop Protection 20 (2001) p. 333-343

Ganzelmeier, H. 2000. *Drift studies and drift reducing sprayers – a German approach*. Presentation at the ASAE Annual International Meeting 9-12 July 2000 Wisconsin, paper no. 001024.

Ganzelmeier, H., Bäcker, G., Eichhorn, K.W., Ipach, R., Kersting, E., Koch, H., Ripke, F.O. & Schmidt, K. 1992. *Messung der direkten Abtrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland*, Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten 2-1.1. Teil VII. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft http://www.bba.de/ap/ap_geraete/rili/rl2_1_1.pdf

Ganzelmeier, H. & Kaul, P. 2005. *Drift Model „PeDriMo“ in Orchard Spraying – First Design.* 8th Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing. Barcelona, Spain.

Ganzelmeier, H., Rautmann, D., Spangenberg, R., Streloke, M., Herrman, M., Wenzelburger, H-J. & Walter, H-F. 1995. *Studies on the spray drift of plant protection products*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 305.

Gilbert, A.J. & Bell, G.J. 1988. *Evaluation of the drift hazards arising from pesticide spray applications*. Aspects of Applied Biology, 17: 363-376 cit. Arvidsson, T. 1997. *Spray drift as influenced by meteorological and technical factors*. ACTA agraria 71.

Hagenvall, H. 1990. *Droppar på drift – vindavdrift vid besprutning*. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 389. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet

Hewitt, A.J. 2000. Spray drift modelling, labelling and management in the US. Aspects of Applied Biology 57, pp. 11-19

Hobson, P.A., Miller, P.C.H., Walklate, P.J., Tuck, C.R. & Western, N. 1990. *Spray drift from hydraulic nozzles: The use of a computer simulation model to examine factors influencing drift.* AgEng, Berlin. AFRC Engineering, Wrest Park, Silsoe, Bedford MK45 4HS, UK. pp. 1-11 cit. Arvidsson, T. 1997. *Spray drift as influenced by meteorological and technical factors*. ACTA agraria 71.

Holtermann, H.J., Zande, J.C. van de., Porskamp, H.A.J. & Huijsmans, J.F.M. 1997. *Modelling spray drift from boom sprayers*. Computer and Electronics in Agriculture 19:1-22.

Huijsmans, J.F.M., Porskamp, H.A.J. & Heijne, B. 1993. *Orchard tunnel sprayers with reduced emission to the environment. Results of deposition and emission of new types of orchard sprayers*. Proceedings ANPP-BCPC. Second International Symposium on Pesticides Application, Strasbourg, 22-24 September 1993, BCPC, Vol. 1/2, pp. 297-304 cit. Zande, J.C. van de, Porskamp, H.J.A., Michielsen, J.M.G.P, Holterman, H.J. & Huijsmans, J.F.M. 2000. *Classification of spray applications for driftability, to protect surface water.* Aspects of Applied Biology 57, pp. 57-65

Jansson, T. & Wirén, B. 1975. *Modellstudie i vindtunnel av läbildningen bakom olika kombinationer av schematiserade häckar och trädbälten*. KTH, AERO rapport BA9, institutionen för flygteknik cit. Lindholm, G., Kristensson, E. & Nilsson, K. 1988. *Växter som vindskydd – en studie av läplanteringars uppbyggnad och täthet*. Stad & Land nr 62

Juhlin, P. 2001. *Begränsning av vindavdrift i fruktodling.* Statens Jordbruksverk, Jönköping

Kaul, P., Gebauer, S., Moll, E., Neukampf, R. & Wygoda, J. 2004a. *German Drift Model for Field, Orchard and Aircraft*. Washington State University. Proceedings of the International Conference on Pestcide Application for Drift Management, Oct 27-29, 2004, Hawaii, USA.

Kaul, P., Gebauer, S., Moll, E. & Neukampf, R. 2004b. *German Regulations - Drift Modelling* (Invited presentation). Proceedings of the International Conference on Pesticide Application for Drift Management, Oct 27-29, 2004, Hawaii, USA.

Legg, B.J. 1983. *Micrometeorology and the influence of local variations of environment on plant growth and herbicide performance*. Aspects of Applied Biology 4, p. 15-31

Lindholm, G., Kristensson, E. & Nilsson, K. 1988. *Växter som vindskydd – en studie av läplanteringars uppbyggnad och täthet*. Stad & Land nr 62

Maybank, J., Yoshida, K. & Grover, R. 1978. *Spray drift from agricultural pesticide applications*. Journal of the Air Pollution Control Association, 28(10): 1009-1014 cit. Arvidsson, T. 1997. *Spray drift as influenced by meteorological and technical factors*. ACTA agraria 71.

Miljöbalken. 1998. *Svensk författningssamling nr 1998:808*. Miljödepartementet, Stockholm

Naturvårdsverket. 1997. *Spridning av kemiska bekämpningsmedel –Tillämpning av Naturvårdsverkets föreskrifter om spridning av kemiska bekämpningsmedel*. Allmänna råd 97:3.

Nilsson, A. 1986. *Undersökning av luftflödet hos tre fruktodlingssprutor*. Examensarbete, Institutionen för lantmästar- och trädgårdsteknikerutbildningen, Sveriges Lantbruksuniversitet

Nord, M. 1989. *Läeffekter av vegetationsridåer – vindmätning i full skala*. Forskningsrapport TN:11. Statens institut för byggforskning

Olesen, F. 1979. *Læplantning: dyrkningssikkerhed, klimaforbedring, landskabspleje*. Köpenhamn. ISBN 87-7026-198-9 cit. Lindholm, G., Kristensson, E. & Nilsson, K. 1988.

Växter som vindskydd – en studie av läplanteringars uppbyggnad och täthet. Stad & Land nr 62

Otsu, N. 1979. *A threshold selection method from gray-level histograms.* IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 9, no. 1

Porskamp, H.A.J., Michielsen, J.M.G.P. & Huijsmans, J.F.M. 1994. *The reduction of the drift of pesticides in fruit growing by wind-break*. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, IMAG-DLO Report 94-29, Wageningen. (in Dutch with English summary) cit. Zande, J.C. van de, Michielsen, J.M.G.P., Stallinga, H., Wenneker, M. & Heijne, B. 2004 *Hedgerow filtration and barrier vegetation*. Proccedings International Conference Pesticide Application and Drift Management, Hawaii, 27-29/10 2004

SNFS 1997:2. *Statens naturvårdsverks föreskrifter om spridning av kemiska bekämpningsmedel.* Statens naturvårdsverk

Svensson, S.A., Eriksson, A-M. & Nilsson, E. 2004. *Vindanpassade skyddsavstånd för fläktsprutor i fruktodling – kunskapsöversikt.* Rapport 2004:1. Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU.

Säkert Växtskydd. 1998. *Hjälpreda för bestämning av vindanpassat skyddsavstånd.* Säkert Växtskydd, Stockholm

Säkert Växtskydd. 2004. *Hjälpreda för bestämning av vindanpassat skyddsavstånd vid användning av lantbrukssprutа med bom.* Säkert Växtskydd, Stockholm.

Tønnesen, A. 1981. *Undersøgelse af ULV-sprøjteteknik.* Beretning nr 8. Statens Jordbrugstekniske forsøg, Bygholm, Danmark

Ucar, T. & Hall, F.R. 2001. *Windbreaks as a pesticide drift mitigation stategy: a review.* Pest Management Science 57, pp. 663-675

Zande, J.C. van de, Porskamp, H.J.A., Michielsen, J.M.G.P, Holterman, H.J. & Huijsmans, J.F.M. 2000. *Classification of spray applications for driftability, to protect surface water.* Aspects of Applied Biology 57, pp. 57-65

Zande, J.C. van de, Michielsen, J.M.G.P., Stallinga, H., Wenneker, M. & Heijne, B. 2004 *Hedgerow filtration and barrier vegetation*. Proccedings International Conference Pesticide Application and Drift Management, Hawaii, 27-29/10 2004

Walklate, P.J. 2005. *The characterisation of windbreaks for the reduction of drift during orchard and hop spraying.* Defra CSG 15 Project Report PA1723

Walklate, P. J. 2003 *Evaluate the environmental impact of different end row spraying practices in orchard crops.* Defra CSG 15 Project Report PA1730

Wenneker, M., Heijne, B. & Zande, J.C. van de. 2004. *Emissiebeperking door combinatie van windhaag en het éénzijdig bespuiten van de laaste appelbomenrij*. PRO-fruit Rapport 2004-04, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) – sector fruit, 2004. cit. Zande, J.C. van de, Michielsen, J.M.G.P., Stallinga, H., Wenneker, M. & Heijne, B. 2004 *Hedgerow filtration and barrier vegetation*. Proccedings International Conference Pesticide Application and Drift Management, Hawaii, 27-29/10 2004

Wenneker, M. 2004. *Windhagen*, Rapport 2004-06. cit. Zande, J.C. van de, Michielsen, J.M.G.P., Stallinga, H., Wenneker, M. & Heijne, B. 2004 *Hedgerow filtration and barrier vegetation*. Proccedings International Conference Pesticide Application and Drift Management, Hawaii, 27-29/10 2004

Western, N.M., Hislop, E.C., Herrington, P.J. & Jones, E.I. 1989. *Comparative drift measurements for BCPC reference hydraulic nozzles and for an Airtec twin-fluid nozzle under controlled conditions*. Broghton crop protection conference – Weeds, 6B-6: 641-648 cit. Arvidsson, T. 1997. *Spray drift as influenced by meteorological and technical factors*. ACTA agraria 71.

Xu, Z.G., Walklate, P.J., Rigby, S.G. & Richardson, G.M. 1998. *Stochastic modelling of turbulent spray dispersion in the near-field of orchard sprayers*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 74-76, pp. 295-304

Internetreferenser

Albuz. Albuz ATR Hollow cone nozzle ”Clips”. 2005-11-10. http://www.albuz.saint-gobain.com/anglais/pdf/ATR_a.pdf

BBA. Verzeichnis Verlustmindernde Geräte. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 2005-10-26. http://www.bba.de/ap/ap_geraete/verlustmind/verlustmind.pdf

BBA 2. Aktuelle Abdriftseckwerte. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 2005-11-16. http://www.bba.de/ap/ap_geraete/abtrift/abtrift.xls

BBA 3. Einstellung und Handhabung von Sprühgeräten im Obstbau. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 2005-11-29. http://www.bba.de/ap/ap_geraete/forschg/einstellung/einst_obst.pdf

CIW. Beoordelingsmethodiek. Commissie Integraal Waterbeheer. 2006-05-24. http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/riza/ciw/Bibliotheek/Documenten/Werkgroep_4/CIW_Beoordelingsmetho-diek_emissiebeperkende_maatregelen_Lozingenbesluit_open_teelt_en_veehouderij.pdf

MVW. Lozingenbesluit Open Teelt en Veehouderij (LOTV). Ministrerie van Verkeer en Waterstaat. 2006-05-24. http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/riza/wateremissies/Thema/Lozingenbesluit_Open_Teelt_en_Veehouderij/index.html

PSD. LERAP for Broadcast air-assisted sprayers. Pesticides Safety Directorate. 2004-10-05 http://www.pesticides.gov.uk/uploadedfiles/Web_Assets/PSD/LERAP_Orchard(1).pdf

SMHI. CFD – vad är det? Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. 2005-10-17 http://www.smhi.se

Personliga meddelanden

Derksen, Richard. USDA-ARS-ATRU, Wooster Ohio. 2005

Koch, Heribert. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum, Bad Kreuznach, Tyskland. Heribert.Koch@dlr.rlp.de. 2006-05-30

Levesque, Patrick. Saint-Gobain. Patrick.Levesque@saint-gobain.com. 2005-12-02

Walklate, Peter J. Silsoe Research Institute. peter.walklate@bbsrc.ac.uk. 2004-12-21

Wern, Lennart. SMHI. lennart.wern@smhi.se. 2004-08-16

Bilaga 1

Medianvärden från BBA:s avdriftsmätningar, tidig odlingsäsong

#	Trial no.	Nozzle	Flow	P	VMD	Speed	Width	Temp	Rh	W.dir.	W.speed	Drift (%) at distance (m), median											
			l/min	bar	µm	km/h	m	C	%	°	m/s	3	4	5	7,5	10	15	20	30	40	50	75	100
1	Heft 305, 225	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	16	49	15	1,5	15,680	12,080	8,965	3,790	2,175	0,580	0,290	0,065	0,030	0,030		
2	Heft 305, 226	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	16	49	11	1,3	14,400	9,660	7,770	3,340	2,920	0,840	0,400	0,120	0,070	0,020		
3	Heft 305, 227	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	17	48	-9	1,3	13,640	10,660	6,860	3,435	1,945	0,740	0,270	0,085	0,035	0,020		
4	Heft 305, 228	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	17	44	-21	1,1	15,980	12,250	9,545	4,250	2,700	0,800	0,310	0,100	0,020	0,010		
5	Heft 305, 229	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	17	45	-30	0,7	3,900	2,400	1,400	0,600	0,300	0,200	0,100	0,100	0,000	0,000		
6	Heft 305, 230	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	9	49	-32	4	15,400	12,500	8,400	5,200	3,650	1,800	0,900	0,300	0,100	0,000		
7	Heft 305, 231	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	10	42	-33	5,3	13,150	11,600	7,780	4,950	3,300	1,800	1,300	0,400	0,100	0,000		
8	Heft 305, 232	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	11	39	-33	6,4	16,900	14,500	10,550	8,100	6,250	3,400	2,500	0,800	0,300	0,150		
9	Heft 305, 233	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	10	41	-32	5,6	17,000	15,700	11,750	7,250	4,900	2,600	1,700	0,550	0,100	0,000		
10	Heft 305, 234	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	10	39	-25	5,5	16,100	14,400	8,700	6,400	4,350	2,000	1,400	0,500	0,200	0,100		
11	Heft 305, 235	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	7	48	-7	4,5	10,100	13,800	13,200	8,550	5,700	2,700	2,100	0,800	0,300	0,150		
12	Heft 305, 236	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	9	39	-22	3,8	15,200	13,700	10,650	7,400	4,500	2,300	1,700	1,450	0,250	0,100		
13	Heft 305, 237	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	8	36	2	3,5	17,100	13,600	12,150	7,450	4,750	2,400	1,500	0,600	0,200	0,100		
14	Heft 305, 238	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	8	44	0	3,2	13,100	13,400	9,150	6,350	3,850	2,000	0,900	0,350	0,100	0,100		
15	Heft 305, 239	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	8	42	-2	2,9	11,300	9,300	7,400	5,450	3,050	1,500	1,100	0,500	0,150	0,100		
16	Heft 305, 191	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	14	80	10	3,4	16,450	15,100	11,915	10,800	7,115	3,380	2,310	1,105				
17	Heft 305, 192	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	15	75	12	3	15,450	13,000	10,910	9,200	6,820	2,910	2,180	1,430				
18	Heft 305, 193	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	15	74	6	3,6	17,840	14,900	11,925	10,050	8,555	4,370	2,000	0,780				
19	Heft 305, 194	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	15	74	6	3,3	14,870	11,400	9,700	7,950	6,805	2,900	2,180	1,340				
20	Heft 305, 195	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	15	77	15	3,2	19,360	15,600	14,070	11,700	9,230	5,740	4,300	1,765				
21	Heft 305, 196	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	3	85	2	3,2	23,400	18,600	15,300	10,950	7,400	3,900	1,900	1,400				
22	Heft 305, 197	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	4	81	-1	3	20,700	15,200	13,000	10,050	6,750	5,300	3,700	2,100				
23	Heft 305, 198	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	3	90	-28	3,1	25,400	20,900	17,050	12,350	8,450	4,700	2,900	1,400				
24	Heft 305, 199	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	4	90	-30	3	21,800	18,800	15,750	10,550	8,850	3,900	3,100	1,450				
25	Heft 305, 200	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	5	89	-15	2,3	22,300	18,200	15,400	9,700	6,850	3,000	1,800	1,000				
26	Heft 305, 201	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	6	88	-17	2,6	22,400	20,000	14,500	12,050	7,900	5,200	2,900	1,650				
27	Heft 305, 202	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	2	83	-14	2,5	27,330	22,800	19,370	12,350	8,015	3,500	2,700	0,995				
28	Heft 305, 203	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	3	84	-16	2,5	22,200	18,700	17,120	10,950	6,850	2,770	2,230	1,250				
29	Heft 305, 204	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	3	86	-7	2,1	22,330	16,600	13,400	8,750	6,035	2,770	1,970	0,835				
30	Heft 305, 205	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	3	85	-2	2,6	22,600	17,900	16,135	10,100	6,670	2,720	1,730	0,730				
31	Heft 305, 206	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	3	88	-5	2,2	24,200	18,700	15,020	11,050	7,750	4,870	4,030	1,815				
32	MHRG6A0a-FF31SL	ATR yellow	1,03	10	78	6	20	21,6	51	10,67	3,10			24,954		15,014	10,119	4,298	1,866		0,313	0,045	0,030
33	MHRG6A0a-S26SL	ATR yellow	1,03	10	78	6	17	9,0	87	18,17	2,58			10,664		3,861	2,432	1,334	0,538		0,170	0,055	0,014
34	MHRG6A0b-FF35SL	ATR yellow	1,03	10	78	6	20	28,8	54	8,50	3,45			17,060		8,071	3,436	1,539	0,459		0,079	0,042	0,030
35	MIRG6A0b-FF29SL	TD 80 02	1,37	9	330	6	20	28,3	54	10,67	2,82			14,152		2,842	1,013	0,300	0,078		0,033	0,020	0,004
36	QHRG6O0a-FF28SL	ATR yellow	1,03	10	78	6	20	20,1	54	8,83	2,82			29,889		13,316	6,431	3,031	0,954		0,293	0,012	0,016
37	QIRG6O0a-FF28SL	TD 80 02	1,38	9	330	6	20	17,4	66	35,17	3,80			13,002		1,565	0,731	0,326	0,081		0,028	0,014	-0,001
38	TIRG6A0a-FF38SL	TD 80 02	1,37	10	320	6	20	24,6	45	8,00	3,82			27,443		6,143	2,059	1,051	0,345		0,074	0,039	0,022
39	XHRG6O0a-FF31SL	ATR yellow	1,03	9	78	6	20	23,1	60	11,33	3,11			25,786		10,212	5,167	3,047	1,399		0,402	0,143	0,083
40	XIRG6O0a-FF41SL	TD 80 02	1,37	10	320	6	20	19,0	71	11,67	4,08			48,590		12,753	5,095	2,365	0,901		0,232	0,075	0,035
41	XIRG6O0b-FF32SL	TD 80 02	1,37	10	320	6	20	23,2	60	7,33	3,14			13,982		3,610	1,876	0,977	0,420		0,095	0,019	0,010

Bilaga 1

90:e percentilen från BBA:s avdriftsmätningar, tidig odlingsäsong

#	Trial no.	Nozzle	Flow	P	VMD	Speed	Width	Temp	Rh	W.dir.	W.speed	Drift (%) at distance (m), 90 percentil											
			l/min	bar	µm	km/h	m	C	%	°	m/s	3	4	5	7,5	10	15	20	30	40	50	75	100
1	Heft 305, 225	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	16	49	15	1,5	18,000	14,292	10,244	5,075	2,498	0,906	0,436	0,133	0,050	0,053		
2	Heft 305, 226	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	16	49	11	1,3	17,986	14,180	11,763	6,930	4,755	1,518	0,524	0,183	0,122	0,050		
3	Heft 305, 227	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	17	48	-9	1,3	16,224	13,442	9,288	4,234	2,498	0,890	0,416	0,120	0,070	0,050		
4	Heft 305, 228	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	17	44	-21	1,1	17,185	14,860	11,724	6,030	3,200	0,965	0,491	0,140	0,074	0,040		
5	Heft 305, 229	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	17	45	-30	0,7	5,600	3,080	2,210	0,710	0,400	0,200	0,280	0,100	0,000	0,010		
6	Heft 305, 230	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	9	49	-32	4	20,840	17,300	10,090	6,800	4,280	2,060	1,500	0,400	0,110	0,010		
7	Heft 305, 231	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	10	42	-33	5,3	18,980	13,470	8,940	6,100	4,144	2,530	1,646	0,580	0,200	0,036		
8	Heft 305, 232	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	11	39	-33	6,4	21,740	20,380	15,520	11,130	7,540	4,920	3,180	1,260	0,400	0,200		
9	Heft 305, 233	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	10	41	-32	5,6	23,300	18,280	15,310	8,130	5,610	3,720	2,220	0,720	0,210	0,110		
10	Heft 305, 234	Albuz yellow	0,86	7	84	6,61	20	10	39	-25	5,5	23,100	19,840	12,030	7,920	5,720	2,920	1,760	0,600	0,300	0,200		
11	Heft 305, 235	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	7	48	-7	4,5	12,060	19,980	16,450	11,740	7,530	3,900	2,640	1,210	0,500	0,200		
12	Heft 305, 236	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	9	39	-22	3,8	20,300	16,220	12,750	10,070	6,680	4,120	2,540	2,320	0,410	0,100		
13	Heft 305, 237	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	8	36	2	3,5	23,660	21,120	14,000	8,880	6,320	3,120	2,200	0,700	0,300	0,110		
14	Heft 305, 238	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	8	44	0	3,2	26,460	20,080	14,240	7,840	5,420	2,580	1,540	0,610	0,110	0,100		
15	Heft 305, 239	Albuz yellow	0,86	7	84	6,26	20	8	42	-2	2,9	14,200	11,020	9,680	6,040	4,120	2,580	1,700	0,600	0,300	0,100		
16	Heft 305, 191	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	14	80	10	3,4	20,062	17,280	16,323	12,060	8,746	4,340	2,596	1,269				
17	Heft 305, 192	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	15	75	12	3	19,490	18,780	14,822	12,100	9,201	4,586	3,306	1,656				
18	Heft 305, 193	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	15	74	6	3,6	26,324	22,200	19,718	16,670	14,418	6,624	3,426	1,090				
19	Heft 305, 194	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	15	74	6	3,3	18,176	14,640	12,133	10,980	8,918	3,406	2,720	1,755				
20	Heft 305, 195	Albuz yellow	0,97	9	80	5,7	20	15	77	15	3,2	24,234	19,220	16,958	13,580	11,110	6,846	5,056	3,607				
21	Heft 305, 196	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	3	85	2	3,2	26,920	22,200	18,550	14,540	9,700	5,480	3,040	1,600				
22	Heft 305, 197	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	4	81	-1	3	29,360	22,580	18,910	12,640	10,120	6,300	4,260	2,960				
23	Heft 305, 198	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	3	90	-28	3,1	35,060	22,800	18,260	13,800	9,620	5,500	3,760	1,620				
24	Heft 305, 199	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	4	90	-30	3	23,300	21,200	18,830	12,670	9,740	6,380	3,720	1,620				
25	Heft 305, 200	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	5	89	-15	2,3	26,660	23,340	17,810	11,360	7,310	5,020	2,640	1,410				
26	Heft 305, 201	Albuz yellow	0,92	8	82	6	20	6	88	-17	2,6	27,840	23,120	19,780	14,870	10,420	6,820	4,180	2,060				
27	Heft 305, 202	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	2	83	-14	2,5	30,778	28,160	24,066	15,970	11,707	3,990	3,286	1,280				
28	Heft 305, 203	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	3	84	-16	2,5	30,302	29,860	22,407	11,910	9,030	3,960	3,696	1,847				
29	Heft 305, 204	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	3	86	-7	2,1	30,136	20,720	18,680	10,250	7,213	3,350	2,154	1,076				
30	Heft 305, 205	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	3	85	-2	2,6	29,474	25,500	23,687	15,210	10,827	3,670	2,410	0,837				
31	Heft 305, 206	Albuz yellow	0,57	3	92	6	20	3	88	-5	2,2	31,282	20,620	17,044	13,160	8,673	5,864	4,344	1,940				
32	MHRG6A0a-FF31SL	ATR yellow	1,03	10	78	6	20	21,6	51	10,67	3,10			29,271		20,623	12,659	5,973	2,310		0,403	0,060	0,060
33	MHRG6A0a-S26SL	ATR yellow	1,03	10	78	6	17	9,0	87	18,17	2,58			11,914		4,150	2,821	1,916	0,703		0,219	0,070	0,031
34	MHRG6A0b-FF35SL	ATR yellow	1,03	10	78	6	20	28,8	54	8,50	3,45			20,648		8,928	4,351	2,379	0,816		0,087	0,048	0,032
35	MIRG6A0b-FF29SL	TD 80 02	1,37	9	330	6	20	28,3	54	10,67	2,82			19,136		3,194	1,252	0,704	0,104		0,050	0,023	0,006
36	QHRG6O0a-FF28SL	ATR yellow	1,03	10	78	6	20	20,1	54	8,83	2,82			40,236		15,939	10,874	4,714	1,526		0,337	0,021	0,020
37	QIRG6O0a-FF28SL	TD 80 02	1,38	9	330	6	20	17,4	66	35,17	3,80			14,376		2,459	1,019	0,452	0,116		0,037	0,022	0,003
38	TIRG6A0a-FF38SL	TD 80 02	1,37	10	320	6	20	24,6	45	8,00	3,82			29,445		8,760	2,468	1,305	0,420		0,117	0,043	0,025
39	XHRG6O0a-FF31SL	ATR yellow	1,03	9	78	6	20	23,1	60	11,33	3,11			29,052		12,611	7,624	3,344	1,640		0,479	0,168	0,107
40	XIRG6O0a-FF41SL	TD 80 02	1,37	10	320	6	20	19,0	71	11,67	4,08			53,691		14,566	6,070	3,339	1,165		0,305	0,080	0,056
41	XIRG6O0b-FF32SL	TD 80 02	1,37	10	320	6	20	23,2	60	7,33	3,14			16,192		4,687	2,542	1,355	0,557		0,127	0,022	0,013

Bilaga 1

Medianvärden från BBA:s avdriftsmätningar, sen odlingssäsong

#	Trial no.	Nozzle	P	Rate	Speed	Temp	Rh	W.dir.	W.speed	Drift (%) at distance (m), median							
			bar	l/ha	km/h	C	%	°	m/s	3	4	5	7,5	10	15	20	30
1	Heft 305, 101	Albuz yellow	7	300	6,34	11,3	55	<12	4	7,710	4,360	2,725	1,910	1,625	1,130	0,910	0,500
2	Heft 305, 102	Albuz yellow	7	300	6,34	11,8	54	<15	4,3	7,340	6,100	4,635	2,465	1,555	0,860	0,560	0,285
3	Heft 305, 103	Albuz yellow	7	300	6,34	11,7	51	<20	3,8	3,870	2,830	1,870	1,290	1,030	0,620	0,460	0,285
4	Heft 305, 104	Albuz yellow	7	300	6,34	11,4	54	<20	3,4	3,660	3,565	2,680	1,365	0,950	0,495	0,355	0,210
5	Heft 305, 43	Albuz yellow	10	300	6	19,8	65	-4	2,9	8,370	6,910	5,725	3,990	2,515	1,820	1,040	0,395
6	Heft 305, 44	Albuz yellow	10	300	6	20	64	-12	2,9	6,200	6,060	4,640	3,065	1,895	0,930	0,490	0,235
7	Heft 305, 45	Albuz yellow	10	300	6	21,4	60	7	3,3	5,255	5,055	5,050	3,390	2,730	1,740	1,005	0,310
8	Heft 305, 46	Albuz yellow	10	300	6	22	59	12	3	4,110	3,390	2,835	1,500	1,385	0,270	0,350	0,230
9	Heft 305, 47	Albuz yellow	10	300	6	20,3	54	1	3,1	7,590	5,060	4,440	2,720	2,395	1,390	0,810	0,225
10	Heft 305, 48	Albuz yellow	10	300	6	21,6	85	17	2,3	4,460	3,110	2,590	1,915	1,655	0,930	0,650	0,375
11	Heft 305, 16	Albuz yellow	8	250	6	11,2	78	28	0,75	7,890	5,400	4,270	1,505	0,620	0,330	0,140	0,065
12	Heft 305, 17	Albuz yellow	8	250	6	11,3	77	30	0,75	4,690	3,410	1,295	0,280	0,110	0,060	0,060	0,055
13	Heft 305, 18	P 1,5 CX	8	500	6	12,2	81	0	0,75	10,720	5,450	3,895	1,380	0,360	0,140	0,100	0,085
14	Heft 305, 19	P 1,5 CX	8	500	6	10,9	68	25	0,75	9,680	7,250	1,925	0,260	0,130	0,110	0,100	0,100
15	Heft 305, 20	P 2,0 CX	17	1000	6	14,8	62	25	0,75	5,980	4,720	3,045	0,945	0,375	0,020	0,020	0,015
16	Heft 305, 22	Albuz yellow	8	250	6	15	60	0	0,75	4,570	4,280	3,720	1,990	1,190	0,740	0,270	0,090
17	Heft 305, 23	P 1,5 CX	8	500	6	15,5	60	30	0,75	10,640	4,620	1,340	0,110	0,050	0,040	0,060	0,050
18	Heft 305, 163	Albuz yellow	10	275	5,7	13	71	9	0,12	5,250	4,100	2,700	1,100	0,400	0,230	0,095	0,040
19	Heft 305, 164	Albuz yellow	15	338	5,6	14	70	11	0,41			4,100	2,400	1,100	0,700	0,300	0,070
20	Heft 305, 165	Albuz yellow	15	338	5,5	15	64	37	0,87	14,550	11,200	8,400	4,700	3,200	1,220	0,640	0,110
21	Heft 305, 166	Albuz yellow	10	275	5,9	15	63	18	0,54	10,900	8,650	7,000	5,000	3,700	1,200	0,560	0,090
22	Heft 305, 167	Albuz yellow	10	275	5,5	11	78	48	0,64	3,700	3,800	2,000	0,900	0,700	0,410	0,230	0,070
23	Heft 305, 168	Albuz yellow	15	338	6,2	14	55	25	1,48	11,200	8,550	5,700	2,300	1,900	0,850	0,285	0,050
24	Heft 305, 169	Albuz yellow	15	338	6,3	13	54	18	2,7	11,200	8,350	8,000	4,000	3,000	2,650	1,750	0,640
25	Heft 305, 1	Albuz yellow	10	275	6	12,6	73	30	0,6	10,798	5,312	3,422	0,994	0,773	0,190	0,082	0,015
26	Heft 305, 2	Albuz yellow	15	338	6	13,9	61	20	0,9	22,194	15,414	7,522	3,661	2,355	0,825	0,528	0,178
27	Heft 305, 3	Albuz yellow	15	338	6	13,9	61	23	1,5	11,785	12,995	10,399	6,182	4,121	2,055	0,794	0,292
28	Heft 305, 4	Albuz yellow	10	275	6	14,5	61	17	0,9	17,890	13,409	9,814	4,656	2,894	1,190	0,396	0,142
29	Heft 305, 5	Albuz yellow	15	338	6	12,5	62	30	3,4	19,465	15,572	8,971	5,926	4,780	2,336	1,600	0,676
30	Heft 305, 6	Albuz yellow	10	275	6	13,5	55	24	2,6	22,756	21,022	8,618	4,282	3,198	1,755	1,136	0,596

Bilaga 1

90:e percentilen från BBA:s avdriftsmätningar, sen odlingssäsong

#	Trial no.	Nozzle	P	Rate	Speed	Temp	Rh	W.dir.	W.speed	Drift (%) at distance (m), 90 percentile							
			bar	l/ha	km/h	C	%	°	m/s	3	4	5	7,5	10	15	20	30
1	Heft 305, 101	Albuz yellow	7	300	6,34	11,3	55	<12	4	12,002	8,530	4,633	3,198	2,181	1,406	0,980	0,595
2	Heft 305, 102	Albuz yellow	7	300	6,34	11,8	54	<15	4,3	10,184	6,822	5,393	3,165	2,037	1,038	0,744	0,453
3	Heft 305, 103	Albuz yellow	7	300	6,34	11,7	51	<20	3,8	4,164	3,374	2,531	1,742	1,515	0,682	0,526	0,362
4	Heft 305, 104	Albuz yellow	7	300	6,34	11,4	54	<20	3,4	5,892	4,934	3,232	1,923	1,175	0,616	0,425	0,253
5	Heft 305, 43	Albuz yellow	10	300	6	19,8	65	-4	2,9	12,280	8,288	6,646	5,151	4,130	2,724	1,398	0,841
6	Heft 305, 44	Albuz yellow	10	300	6	20	64	-12	2,9	8,016	8,262	8,837	6,099	2,626	1,074	0,648	0,308
7	Heft 305, 45	Albuz yellow	10	300	6	21,4	60	7	3,3	10,509	9,694	8,480	5,747	4,422	3,123	1,522	0,361
8	Heft 305, 46	Albuz yellow	10	300	6	22	59	12	3	5,976	4,908	4,425	1,983	1,611	0,332	0,594	0,341
9	Heft 305, 47	Albuz yellow	10	300	6	20,3	54	1	3,1	9,714	5,950	4,998	4,435	3,121	1,822	1,172	0,352
10	Heft 305, 48	Albuz yellow	10	300	6	21,6	85	17	2,3	4,848	4,562	3,583	2,831	2,453	1,102	0,814	0,501
11	Heft 305, 16	Albuz yellow	8	250	6	11,2	78	28	0,75	9,602	7,392	5,217	1,605	0,742	0,346	0,156	0,077
12	Heft 305, 17	Albuz yellow	8	250	6	11,3	77	30	0,75	6,610	4,434	2,822	0,352	0,120	0,068	0,076	0,060
13	Heft 305, 18	P 1,5 CX	8	500	6	12,2	81	0	0,75	11,208	5,722	4,430	1,412	0,463	0,148	0,100	0,097
14	Heft 305, 19	P 1,5 CX	8	500	6	10,9	68	25	0,75	9,752	9,266	4,275	0,324	0,140	0,126	0,108	0,100
15	Heft 305, 20	P 2,0 CX	17	1000	6	14,8	62	25	0,75	8,020	5,728	4,363	1,141	0,568	0,020	0,020	0,020
16	Heft 305, 22	Albuz yellow	8	250	6	15	60	0	0,75	6,162	5,008	4,905	2,262	1,988	0,820	0,310	0,117
17	Heft 305, 23	P 1,5 CX	8	500	6	15,5	60	30	0,75	11,288	4,780	2,590	0,142	0,057	0,048	0,068	0,057
18	Heft 305, 163	Albuz yellow	10	275	5,7	13	71	9	0,12	6,360	5,360	3,720	1,100	0,580	0,370	0,135	0,046
19	Heft 305, 164	Albuz yellow	15	338	5,6	14	70	11	0,41			4,580	3,400	2,360	1,180	0,419	0,086
20	Heft 305, 165	Albuz yellow	15	338	5,5	15	64	37	0,87	17,800	14,310	8,580	5,420	4,900	1,370	0,682	0,150
21	Heft 305, 166	Albuz yellow	10	275	5,9	15	63	18	0,54	14,610	11,420	10,640	6,620	4,280	1,410	0,636	0,096
22	Heft 305, 167	Albuz yellow	10	275	5,5	11	78	48	0,64	7,480	6,270	3,340	1,140	0,866	0,529	0,251	0,120
23	Heft 305, 168	Albuz yellow	15	338	6,2	14	55	25	1,48	14,890	10,400	7,720	3,420	3,600	1,490	0,559	0,210
24	Heft 305, 169	Albuz yellow	15	338	6,3	13	54	18	2,7	13,380	8,910	9,400	6,760	3,300	3,150	1,940	0,736
25	Heft 305, 1	Albuz yellow	10	275	6	12,6	73	30	0,6	12,971	5,451	4,241	1,562	1,045	0,472	0,112	0,035
26	Heft 305, 2	Albuz yellow	15	338	6	13,9	61	20	0,9	22,479	16,442	10,318	4,827	3,284	1,444	0,656	0,215
27	Heft 305, 3	Albuz yellow	15	338	6	13,9	61	23	1,5	14,841	13,457	11,047	7,118	4,355	2,317	1,194	0,400
28	Heft 305, 4	Albuz yellow	10	275	6	14,5	61	17	0,9	19,334	16,752	10,302	5,017	3,196	1,348	0,558	0,181
29	Heft 305, 5	Albuz yellow	15	338	6	12,5	62	30	3,4	20,941	19,090	11,742	6,335	5,167	3,109	1,612	0,756
30	Heft 305, 6	Albuz yellow	10	275	6	13,5	55	24	2,6	23,067	22,409	9,984	8,440	3,931	2,169	1,266	0,648

Bilaga 2

Regressionsresultat tidig odlingssäsong, median, inkl. temperatur

```
The regression equation is
ln(drift) = - 0,993 låga - 2,64 höga + 3,86 k låga + 8,06 k höga
            + 0,770 ln(vind) - 0,312 ln(temp)

Predictor       Coef  SE Coef       T      P
Noconstant
låga         -0,9932   0,1116   -8,90  0,000
höga        -2,64178  0,08886  -29,73  0,000
k låga        3,8608   0,2330   16,57  0,000
k höga        8,0575   0,3067   26,27  0,000
ln(vind)     0,77032  0,07608   10,13  0,000
ln(temp)    -0,31243  0,04958   -6,30  0,000

S = 0,635012

Analysis of Variance

Source           DF       SS      MS       F      P
Regression        6  1503,95  250,66  621,61  0,000
Residual Error  346   139,52    0,40
Total           352  1643,47
```

Regressionsresultat tidig odlingssäsong, median

```
The regression equation is
ln(drift) = - 1,04 låga - 2,77 höga + 3,24 k låga + 7,69 k höga + 0,802 ln(vind)

Predictor       Coef  SE Coef       T      P
Noconstant
låga         -1,0404   0,1174   -8,86  0,000
höga        -2,76862  0,09125  -30,34  0,000
k låga        3,2388   0,2226   14,55  0,000
k höga        7,6937   0,3176   24,22  0,000
ln(vind)     0,80249  0,08003   10,03  0,000

S = 0,669489

Analysis of Variance

Source           DF       SS      MS       F      P
Regression        5  1487,94  297,59  663,94  0,000
Residual Error  347   155,53    0,45
Total           352  1643,47
```

Regressionsresultat tidig odlingssäsong, P_{90}

```
The regression equation is
ln(drift) = 3,57 k låga + 8,35 k höga - 1,05 låga - 2,86 höga + 0,737 ln(vind)

Predictor       Coef  SE Coef       T      P
Noconstant
k låga        3,5670   0,2207   16,16  0,000
k höga        8,3457   0,3095   26,97  0,000
låga         -1,0463   0,1167   -8,96  0,000
höga        -2,85627  0,08847  -32,28  0,000
ln(vind)     0,73701  0,07795    9,45  0,000

S = 0,665737

Analysis of Variance
```

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	1696,25	339,25	765,45	0,000
Residual Error	352	156,01	0,44		
Total	357	1852,26			

Regressionsresultat sen odlingssäsong, median

The regression equation is
ln(drift) = 3,90 k låga + 4,69 k höga - 1,68 låga - 1,99 höga + 0,447 ln(vind)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
k låga	3,9025	0,2820	13,84	0,000
k höga	4,6903	0,9546	4,91	0,000
låga	-1,6765	0,1613	-10,40	0,000
höga	-1,9892	0,3131	-6,35	0,000
ln(vind)	0,44701	0,06407	6,98	0,000

S = 0,844599

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	492,059	98,412	137,96	0,000
Residual Error	233	166,210	0,713		
Total	238	658,269			

Regressionsresultat sen odlingssäsong, P_{90}

The regression equation is
ln(drift) = 4,09 k låga + 4,70 k höga - 1,63 låga - 1,91 höga + 0,466 ln(vind)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
k låga	4,0944	0,2808	14,58	0,000
k höga	4,7040	0,9508	4,95	0,000
låga	-1,6308	0,1606	-10,15	0,000
höga	-1,9102	0,3119	-6,13	0,000
ln(vind)	0,46613	0,06382	7,30	0,000

S = 0,841202

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	547,82	109,56	154,83	0,000
Residual Error	233	164,88	0,71		
Total	238	712,69			

Bilaga 3

(Logotype från BBA)

Inställning och handhavande av sprututrustning för fruktodling

På flera ställen i BBA:s lista över utrustning för att reducera vindavdriften, används nedanstående uttryck, förutom specifikationer om spridartyp, tryck, mm:

Im übrigen sind die Geräte entsprechend der BBAEinstell-anleitung für die optimale flüssigkeitsverteilung einzustellen.

Det innebär att man kan tillämpa de detaljerade specifikationerna i BBA:s lista och påräkna en vindavdriftsreduktion **<u>först när</u>** sprutan uppfyller anvisningarna i detta dokument.

Den svenska versionen är fritt översatt från BBA:s tyska text (version maj 2006).

Den optimala vätskefördelningen hos fläktsprutor ställs in med enkla hjälpmedel efter de högsta träden. Anpassning till lägre bladverk görs genom avstängning av parvisa spridare på höger och vänster sida.

1. Hjälpmedel

- Måttstång, 4 m
- Tumstock, 2 m
- Stång för att rikta in spridarna, 2 m
- Markeringstejp
- Långt tygband (”snitsel”) , 2 cm x 2 m
- Två korta tygband, 2 cm x 0,5 m

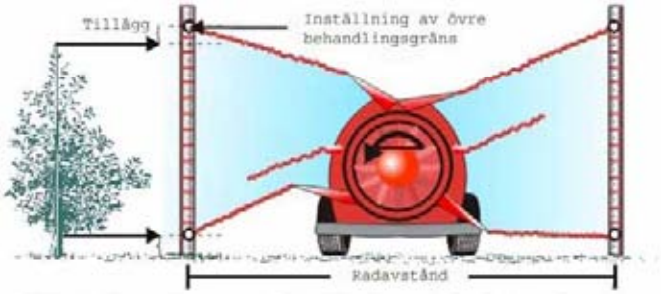
2. Fastställ det maximala behandlingsområdet i höjdled

- Undre behandlingsgräns: Normalt 20 cm över mark eller uppmätt i aktuell odling
- Övre behandlingsgräns: Högsta trädhöjd + tillväxt + 30 cm tillägg

3. Inställning av luftriktningsplåtar [1] (figur 1)

- Ställ upp måttstången och sprutan på en vindskyddad plats (använd aktuellt radavstånd enligt figur 1)
- Markera övre och undre behandlingsgränser på måttstången med markeringstejp
- Rikta in luftflödet symmetriskt [2] mot markeringarna, genom att:
  - Maximalt fläktvarvtal användes
  - Begränsningen för luftströmmen görs synlig genom stång och snitsel [3]
  - Justera luftriktningsplåtarna så att luftströmmens gräns stämmer med markeringen på måttstången [4]

- Markera luftriktningsplåtarnas inställning på sprutan, eller mät och notera t ex vinklar. [5)]



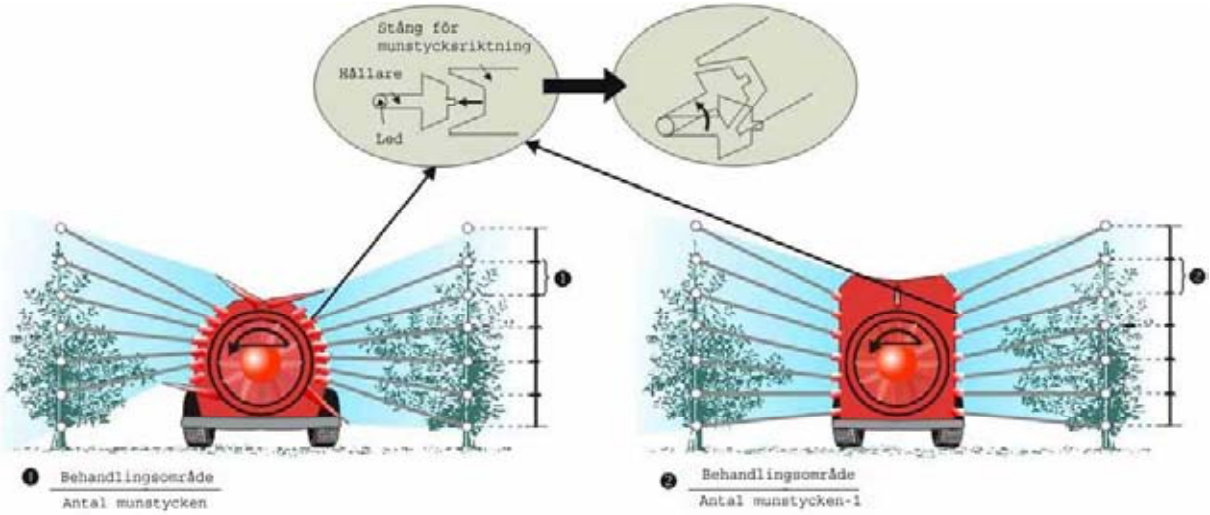
Figur 1: Inställning av luftriktningsplåtarna mot behandlingsgränserna och bestämning av ”vriden luftström”

4. Fastställ vilken slags symmetri sprututrustningen har

- När luftriktningsplåtarna är osymmetriska skall utrustningen räknas som ”vriden luftström” [6)]
- När luftriktningsplåtarna är symmetriska – Kontrollera luftflödets riktning i mitten
  - Fäst korta tygband på mittersta munstycket på både höger och vänster sida
  - Ha fläkten inkopplad
  - Vid osymmetrisk riktning på tygbanden: Utrustningen räknas som ”vriden luftström”.
  - Vid symmetrisk riktning på tygbanden: Utrustningen räknas **ej** som ”vriden luftström”.

5. Inställning av spridarnas riktning [7)] (figur 2a eller 3a)

- Dela in området mellan behandlingsgränserna i lika stora delar på måttstängerna
- Markera delområdena med markeringstejp och notera områdenas storlek
- Rikta spridarna mot markeringarna
  - Sätt stången mot spridarna och använd den som syftkäpp
  - Vid ”vriden luftström”: Rikta in spridarna osymmetriskt (figur 2a)
  - Vid ”ej vriden luftström”: Rikta in spridarna symmetriskt (fgur 3a)
  - Kontrollera vätskeduschen hos de öppna spridarna [8)]
  - Undvik besprutning riktad mot sprutan själv [9)]
- Markera spridarnas riktning på sprutan, alt. mät vinklarna och notera [10)]

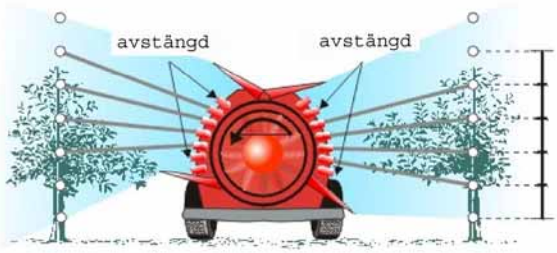


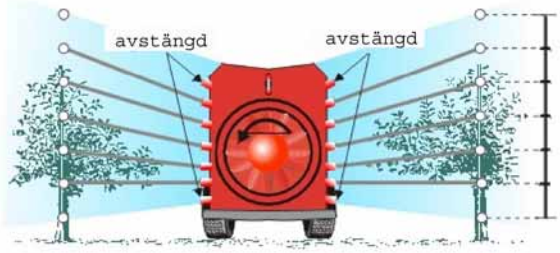
Figur 2a. Inställning av spridarna för utrustning med ”vriden luftström”

Figur 3a. Inställning av spridarna för utrustning utan ”vriden luftström”.

6. Visuell besiktning och inställning för ändrade behandlingsgränser (figur 2b eller 3 b)

- Kör med sprutan vid odlingens högsta träd
- Gör en visuell kontroll av sprutduscharna
- Kör därefter med sprutan vid odlingens lägsta träd
- Stäng spridarna parvis så att spridningsområdet anpassas till den övre och undre gränsen
- Visuell kontroll av sprutduschen





Figur 2b. Anpassning till trädhöjden genom spridaravstängning för utrustning med ”vriden luftström”

Figur 3b. Anpassning till trädhöjden genom spridaravstängning för utrustning utan ”vriden luftström”

7. Kommentarer/förtydliganden

1) Om luftriktningsplåtar saknas och luftströmmen samtidigt är osymmetrisk, så är ingen optimal inställning möjlig. I detta fall måste sprutan kompletteras/byggas om.
   Om den undre luftströmsgränsen hamnar alltför högt, trots en maximalt låg inställning av de undre luftriktningsplåtarna, så kan sprutan inte ställas in korrekt för blad nära marken.
   Om den övre luftströmsgränsen hamnar nedanför den önskade övre behandlingsgränsen, trots en maximalt hög inställning av de övre luftriktningsplåtarna, så kan sprutan inte ställas in korrekt för blad nära toppen.
   Om den övre luftströmsgränsen hamnar ovanför den önskade övre behandlingsgränsen, trots en maximalt låg inställning av de övre luftriktningsplåtarna,

så kommer sprutan ur luftströmssynpunkt att vara alltför högt inställd. Den önskade behandlingshöjden erhålles i så fall genom avstängning av parvisa spridare.

2) Om luftriktningsplåtarna inte kan ändras och behandlingsgränserna genom luftströmmen inte träffas, respektive överskrides, så är en optimal inställning ej möjlig.

3) Fäst tygbandet på stången och håll det mot den aktuella luftriktningsplåten.

4) Börja med den vänstra sidan för vänsterroterande fläktar och vice versa

5) Därmed är begränsningen för sprutan fastlagd.

6) ”Vriden luftström”: Fläktbladens rotation, tillsammans med luftkanalernas utformning, medför att luftströmmen får en rotation, som kan finnas kvar vid utträdet genom luftutloppen. Detta medför att luftströmmen har olika riktning på höger och vänster sida.

7) Inriktningen av spridarna beror på om sprutan (fläkten) ger upphov till ”vriden luftström” eller ej. För utrustningar med ”vriden luftström” balanseras luftriktningens osymmetri med en motriktad osymmetri hos spridarriktningarna. Den motsvarande bilden används som utgångspunkt för vidare inställning. Formeln för att beräkna storleken på måttstångens avsnitt hämtas från denna bild/återgivning.

8) Spridare som vridits ur sitt läge kan bli delvis avstängda, dvs inte ge fullt flöde.

9) Så många spridare som möjligt bör vara öppna. Eventuellt är det nödvändigt att stänga parvisa spridare. Det innebär att ny beräkning av avstånden på måttstången måste göras.

10) Dessa grundinställningar skall inte förändras. Anpassningen till trädhöjden görs uteslutande genom avstängning genom övre eller undre par av spridare.

Den tyska ursprungstexten återfinns på:
http://www.bba.de/ap/ap_geraete/forschg/einstellung/einst_obst.pdf

Författare till den tyska ursprungstexten:

Verfasser:	P. Kaul, Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, Braunschweig
	H. Koch, Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz
	H. Knewitz, Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz
	A. Moje, Obstbauversuchsanstalt, Jork
	K. Schmidt, Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart
	H. Ganzelmeier, Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, Braunschweig