

Pollenverbreitung und Abstandsisolierung von Forstsamenplantagen¹⁾

Von ENAR ANDERSSON, Stockholm

(Eingegangen am 22. 4. 1955)

Einkreuzungen in den Forstsamenplantagen bilden die Gefahr, auf die wir bei der Anlage solcher Plantagen die nötige Rücksicht nehmen müssen. Von grundlegender Bedeutung für die Tragbarkeit der Plantagenidee ist die Beschaffenheit und Produktion der Samen in den Plantagen. Von besonders großer Bedeutung für die Samenbeschaffenheit ist die genetische Konstitution der Samen. Die Größe dieser Qualitätskomponente (Genotyp) wird — in einer vollständig isolierten Samenplantage, und wenn wir von einer eventuellen plasmatischen Vererbung absehen — vom praktischen Wert der Genkombinationen bestimmt, die die in die Plantage eingehenden Bäume imstande sind zu realisieren. Hierbei werden solche Anlagenkombinationen erstrebzt, die im Zusammenhang mit der Umwelt den Zuwachs und die Holzqualität der Bäume bestimmen. Falls Einkreuzungen in den Plantagen vor sich gehen, die in der Praxis nicht ganz verhindert werden können, wird der Plantagesamen nicht nur von seinem Genotyp, sondern auch von dem fremden Pollenlieferant beeinflußt. Einkreuzungen sind in erster Linie von umliegenden Natur- oder Kulturbeständen gleicher Holzart denkbar (durch Nahpollen). In zweiter Linie kann man sich denken, daß eine gewisse Einkreuzung durch art-eigene Pollen von entfernt gelegenen Pollenquellen (durch Fernpollen) zustande kommen kann, und in dritter Linie von Beständen, Baumgruppen und Bäumen einer anderen Holzart, die sich mit der oder den in der Plantage befindlichen Holzarten kreuzen (durch *artfremde Pollen*).

Die andere Qualitätskomponente (Samenentwicklung und Keimfähigkeit) wird ebenfalls von der genetischen Struktur des Samens beeinflußt, obgleich das Milieu einen starken Einfluß sowohl auf die Samenreife als auch auf die Samenproduktion ausübt.

Einsammlungsorte, Blüh- und Witterungsverhältnisse

Die Beobachtungen beschränken sich auf — in Schalen oder auf horizontal oder vertikal gestellten Objekträger — aufgefangene Nahpollen (die in geringer Entfernung von der Verbreitungsquelle registrierten Pollenfrequenzen) von Kiefer und Fichte.

Die Untersuchungen über die Pollenverbreitung sind 1953 und 1954 auf neun Stellen für Kiefer und drei Stellen für Fichte durchgeführt worden.

In diese Zusammenfassung sind nur die Stellen aufgenommen worden, von denen Verbreitungsdaten für die Pollen in den Tabellen 1 und 2 angeführt werden.

A. K i e f e r

1. Klevaberget: Die Untersuchungslinie wurde in Windrichtung ausgesteckt (großes Flachland). Bestandesgröße ca. 200 ha und Breite (in Richtung der Fanglinien) ca. 1200 m. Höhe der Verbreitungsquellen über den Observationsstationen 10 bis 25 m. Durchforsteter, älterer Kiefernbestand (unbedeutender Anteil von Fichte und Laubholz). Ab 23. Mai 1953 Sprühregen. Verbreitungsbedingungen im übrigen gut, außer am 24. Mai, wo es am Vormittag regnete. Die Tagesmitteltemperaturen betrugen für den 23., 24., 25. und 26. Mai +13,1, +13,2, +11,4 und +12,3° C. Männliche Blüte gut. Die maximale Blüte trat am 25. und 26. Mai ein.

¹⁾ Originalarbeit zum gleichen Thema „*Pollenspridning och avståndsisolering av skogsfröplantager*“ siehe Norrl. Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1955, (I) 35–100. — Meddel. f. Statens Skogsforskningsinstitut. Serien uppsatser Nr. 35. (Schwedisch mit englischer Zusammenfassung.)

2. Kumla: Die Untersuchungslinie wurde in Windrichtung ausgesteckt (großes Flachland). Bestandesgröße ca. 90 ha und Breite in Windrichtung ca. 900 m. Höhe der Verbreitungsquelle über den Observationsstationen 2 bis 15 m. Relativ geschlossener Mischbestand von Kiefer (60%), Fichte (25%) und Birke (15%). Wetter am 2. Juni 1954 schön — obgleich etwas wolkig — starker Wind (8,1 m/sec.). Tagesmitteltemperatur + 14,6° C. Männliche Blüte gut (nicht reichlich).

3. Ragunda: Das Gebiet wurde als Plantagefeld vorgeschlagen. Männliche Blüte bei Kiefer weniger gut. Große Höhenunterschiede (bis 250 m) zwischen der Plantagefläche und den umliegenden Kiefernwäldern. Wetter schlecht — ein bis mehrere Regenschauer per Tag. Die Mitteltemperaturen zwischen dem 8. und 14. Juni 1954 verliefen folgendermaßen: +7,9, +10,3, +12,9, +14,4, +12,3, +8,3 und +9,4° C. Windrichtung nach dem 9. Juni fast ausschließlich Südwest.

B. F i c h t e

4. Bredänge: 3 km nordwestl. Tierps Kirche. Zwei Untersuchungslinien wurden in verschiedenen Richtungen ausgelegt. Kein Höhenunterschied zwischen der Verbreitungsquelle und Einsammlungsstationen. Bestandesgröße ca. 20 ha. Breite in Fanglinienrichtung ca. 400 m. Männliche Blüte

Tabelle 1. Kiefer. Gefundene Pollenhäufigkeiten bei der Pollenquelle und in verschiedenen Abständen von derselben

Ab- stand in Metern	Klevaberget 24.-25.5.53 Windstärke 4,8 m/sec.		Klevaberget 25.-26.5.53 Windstärke 5,5 m/sec.		Kumla 26.54 Windstärke 8,1 m/sec.	Ragunda 8.-14.6.54
	Anzahl Pollenkörner pro cm ² und Stunde					
Bestand Be- stands- grenze	268,1	74,8	270,5	48,9		
216,9	74,9	263,2	49,0			
100	94,5	59,2	162,3	33,5		
200	45,2	46,9	159,6	19,1		
300	33,0	49,3	242,9	18,7		
400	50,7	50,7	227,8	22,7		
500	37,4	47,3	261,6	15,1		
600	46,7	39,4	243,3	21,6		
700	34,2	57,6	—	12,0		
800	28,7	51,8	203,9	12,3		
900	31,4	33,7	—	18,2		
1000	16,1	36,9	178,6	14,3		
1100	11,8	36,6	—	16,8		
1200	39,9	30,9	180,9	15,5		
1300	27,0	24,6	—	19,1		
1400	36,5	38,4	199,0	13,4		
1500	30,3	33,7	—	14,5		
1600	42,0	28,1	143,9	—		
1700	30,2	37,1	—	13,4		
1800	34,5	31,5	198,0	11,3		
1900	29,7	25,3	—	14,1		
2000	28,1	18,7	160,9	13,4		
2100	32,9	38,3	—	12,2		
2200	30,8	42,5	188,5	13,3		
2300	32,3	15,9	—	14,4		
2400	22,1	33,7	187,8	12,0		
2500	18,1	16,1	—	—		
2600	34,1	33,0	186,9	—		
2700	34,8	37,0	—	—		
2800	38,1	16,8	179,8	—		
2900	34,4	44,6	—	—		
3000	29,9	39,3	181,4	—		
3200	—	—	175,7	—		
3400	—	—	149,7	—		

sehr reichlich. Die Tagesmitteltemperaturen für den 26. bis 30. Mai 1954 erreichten +17,4, +17,7, +16,8, +17,1, +17,5° C. Wetter schön — im allgemeinen wolkenlos.

5. *Torslunda*: bei Tierps Kirche. Bestandesgröße ca. 20 ha. Kein Höhenunterschied zwischen der Verbreitungsquelle und den Einsammlungsstationen. Blüh- und Wetterverhältnisse siehe Bredänge.

6. *Yfre*: 6 km südl. von Tierps Kirche. Die Untersuchungslinien wurden in Windrichtung ausgesteckt. Höhe der Verbreitungsquelle über den Observationsstationen 1 bis 10. Großes Fichtenwaldgebiet. Blüten- und Wetterverhältnisse siehe Bredänge.

Bei den Einsammlungsplätzen wurden Windstärke und Windrichtung gemessen und mit Hilfe des Windmessers, Kompaß, Windfahne, Indikierungsgerät und Kronograph angegeben.

Methodik

In den vorliegenden Untersuchungen wurden die Pollenfrequenzen nach der *Fallmethode* („The Gravity Method“ im Gegensatz zur *Saugmethode*, „The Volumetric Method“) bestimmt. Hierbei wurden bei den Beobachtungen vor allem Objektträger verwendet. Auf einigen Linien wurden niedrige Petrischalen mit einem Durchmesser von 75 mm aufgestellt. Der Schalenboden wurde ebenso wie die Objektträger mit einer Schicht gleicher Teile von Glycerin und fließendem Paraffinöl bestrichen. Die Objektträger und Schalen wurden bei den Observationsstationen auf niedrige Holzklötze gestellt, die direkt auf der Erde lagen. Zum Vergleich mit den horizontal aufgestellten Objektträgern wurde auf einigen Linien eine Serie mit vertikal befestigten Objektträgern ausgelegt. Beide Glasserien (horizontale wie vertikale) wurden bei diesem Vergleich 70 cm über die Erde auf Pfählen aufgeleimt. Fanggläser und Schalen wurden — in den für die Pollenquellen ausgewählten Beständen — in Bestandslücken, an Bestandessändern und außerdem gewöhnlich in 100 Meter Abstand

Tabelle 2. *Fichte*. Gefundene Pollenhäufigkeiten bei der Pollenquelle und in verschiedenen Abständen von derselben

Abstand in Metern	<i>Yfre</i> 28.5.54 Windstille	<i>Yfre</i> 29.5.54 Windstärke 4,0 m/sec.	<i>Torslunda</i> 29.5.54 Windstärke 4,0 m/sec.	<i>Bredänge</i> 29.5.54 Windstärke 4,0 m/sec.
	Anzahl Pollenkörner pro cm ² und Stunde			
Bestand Be- stands- grenze	298,5	463,0	767,7	243,5
	271,7	1113,9	842,6	248,2
100	119,8	950,7	475,3	209,0
200	90,4	685,8	408,1	146,6
300	58,1	489,9	363,7	74,9
400	57,4	715,8	219,4	107,4
500	46,2	750,0	190,9	105,8
600	55,0	444,6	199,5	103,5
700	51,9	472,3	202,8	108,0
800	—	—	203,7	106,4
900	37,2	407,4	191,2	101,6
1000	—	—	184,6	90,5
1100	29,4	375,7	177,1	71,1
1200	—	—	184,4	—
1300	50,9	398,3	218,0	—
1400	—	—	203,7	—
1500	44,7	402,1	166,5	69,9
1600	—	—	171,0	75,2
1700	40,4	548,4	167,3	68,5
1800	—	—	173,9	68,6
1900	31,1	668,1	—	65,2
2000	—	—	—	71,2
2100	38,0	370,3	—	65,8
2200	—	—	—	68,6
2300	41,3	620,9	—	63,5
2400	—	—	—	50,7
2500	41,8	518,3	—	52,9

voneinander längs der Untersuchungslinie ausgelegt. Zwischen dem Ausstellen der Gläser und Schalen und ihrem Einsammeln lag in der Regel ein Zeitraum von 24 Stunden. Die Objektträger wurden bei der Einsammlung mit Tape bedeckt.

Auf jedem Träger und in jeder Schale sind sämtliche Pollenkörper auf Flächen von 5 cm² (5×1) gezählt worden. Die Pollenfrequenz wurde dann umgerechnet und in der Anzahl gefallener Pollen per cm² und Stunde angegeben. Die angegebenen Frequenzen umfassen sowohl tote wie lebende Pollenkörper.

In *Ragunda* wurden neben der eben beschriebenen Methode während der ganzen Blühperiode Pollen in größeren, mit 200 cm³ fünfprozentigem Formalin gefüllten Schalen eingesammelt.

Pollenverbreitung und Einkreuzung

Für die Forstpflanzenzüchtung ist die Isolierung der Forstsamenplantagen eine aktuelle und bedeutungsvolle Frage. In Schweden ist diese Frage mit der Anlage von Fichten- und Kiefernplantagen verknüpft. Das Land ist waldreich — ca. 65% des gesamten Landareals exklusiv Gebirge macht die Waldfläche aus. Der überwiegende Teil der Waldfläche ist mit Fichte (*Picea Abies*) und Kiefer (*Pinus silvestris*) bewachsen. Vom Holzvorrat über 0 cm in Brusthöhe belaufen sich die Kubikmassen mit Rinde bei Fichte, Kiefer, Birke und übrigen Holzarten auf resp. 807, 747, 231 und 71 Millionen m³. Um die Gefahr der Einkreuzung (durch *Nah-* und *Fernpollen* von umliegenden Beständen) in den Samenplantagen zu erforschen, war die Isolierungsfrage Gegenstand einiger Voruntersuchungen.

Im Hinblick auf die bisher gewonnenen Resultate scheint es problematisch zu sein, in wieweit in Schweden eine vollkommen sichere Isolierung von Kiefern- und Fichtenplantagen allein durch die Abstandisolierung erreicht werden kann. Mehrere Forscher haben festgestellt, daß ein gewisser — anscheinend nicht unwesentlicher — Ferntransport von u. a. Nadelholzpollen stattfinden kann. Dieses ist auch zweifellos richtig.

Obwohl die Verbreitung des Fernpollens, dessen *Befruchtungsfähigkeit* und Frequenzen von Ort zu Ort auch in diesem Zusammenhang von großem Interesse und Bedeutung ist, so ist die Kenntnis der *Frequenz des Nahpollens* in verschiedenem Abstand einer bestimmten Pollenquelle und die *Befruchtungsfähigkeit des Nahpollens* bei verschiedenen Wetterverhältnissen in der Regel von noch größerer Bedeutung für die Beurteilung der Isolierungsfrage. Hier gemachte Pollenflugstudien galten Veränderungen der Frequenz des Nahpollens im Hinblick auf den Verbreitungsabstand.

Die Untersuchungen sind auf 12 Stellen zwischen Helsingborg in Südwästschweden (Nördl. Br. 58°27') und Umeå in Nordschweden (Nördl. Br. 63°49') durchgeführt worden. Im allgemeinen findet man, daß die Verbreitungsstrecken und Frequenzen der Kiefern- und Fichtenpollen auch innerhalb der gleichen Holzart von Blütejahr zu Blütejahr u. a. im Blütegrad variieren. Eine gleiche Variation innerhalb der Arten macht sich stark zwischen den einzelnen Stellen im gleichen Blütejahr bemerkbar. Die Intensität des Pollenregens im und in verschiedenen Abständen vom Bestand oder von einer Pollenquelle wechselt von Tag zu Tag und beruht auf Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung, Windstärke und auf dem Anteil männlicher Blüten, die Pollen entließen. Die Sinkgeschwindigkeit der Pollen im windstillen Raum und die topographischen Verhältnisse sind für die Pollenverbreitung von ebenso großer Bedeutung. Aus den vorliegenden Untersuchungen geht hervor, daß der Pollenregen mit der Entfernung von den Pollenquellen abnimmt, obgleich er bei zunehmender Blühintensität und Bestandesgröße langsamer wird. Geschlossenheitsgrad des Bestandes, Form oder vor allem Tiefe (gerechnet vom Bestandesrand und der Verlängerung der Beobachtungslinien durch den Bestand) wirkt auf die

Pollendichte der Observationsstationen ein, welche in den an den Bestand angrenzenden Gebieten und in Windrichtung liegen. Gleichzeitig beruht die Flugstrecke des Pollens in Windrichtung auf der Windstärke.

Die Pollenfrequenzen für Kiefer und Fichte sinken im allgemeinen relativ stark bei den ersten 400 bis 600 Meter vom Bestandesrand. Dies ist besonders bezeichnend für die ersten Blühtage und nach stärkerem Regen, wo die Luft mehr oder weniger von den Pollen gereinigt ist. Sobald die Luft mit größeren Nah- oder Fernpollenquantitäten angereichert ist, verläuft die Frequenzkurve etwas schwankender. Die relative Pollenfrequenz längs der Untersuchungslinien steigt darum bei günstigen Verbreitungsbedingungen in der Mitte und späteren Hälfte der Blühperiode, was teils darauf beruht, daß die absolute Pollenfrequenz im und in der Nähe des Bestandes am stärksten abnimmt je nachdem der Hauptanteil der männlichen Blüten von Pollen geleert sind und teils darauf, daß der Pollengehalt der Luft bei größerem Abstand von den Pollenquellen prozentual durch die Wirbelbewegung der Luft und durch die Vermischung von Pollen aus höheren Luftsichten vergrößert wird.

Die Pollendichte bei verschiedenem Abstand von der Pollenquelle wird durch einige Beispiele in Tabelle 1 und 2 wiedergegeben. Am 25. Mai 1953 fielen in den Bestandeslücken auf der Fläche in *Klevaberget* 268,1 Kiefernpollen per cm² und Stunde. Bei 500 Meter Abstand von der Pollenquelle war die entsprechende Frequenz 37,4. Bei 1000, 1500, 2000, 2500 und 3000 Meter Abstand und in Windrichtung waren die Pollenfrequenzen im Durchschnitt resp. 16,1, 30,3, 28,1, 18,1 und 29,9. Die relativen Frequenzen (Frequenz im Bestand = 100) beliefen sich für die Linienabschnitte 300 bis 3000 Meter vom Bestand auf 12%. Am 26. Mai war das Frequenzbild etwas verändert. Die Zahl aufgefangener Pollen per cm² und Stunde war im Bestand und am Bestandesrand auf ca. ¼ des Pollenfangs auf den gleichen Stationen des Vortages reduziert. Im Verhältnis zu der erhaltenen Pollendichte im Bestand ging der Kiefernpollengehalt der Luft für diesen Tag längs der Einstellungslinien von 300 bis 3000 Meter vom Bestand bis auf 47%. Die Frequenzkurve für den 26. Mai fällt infolgedessen langsamer als die für den 25. Mai.

Die Linie bei *Kumla* 1954 wird durch hohe Pollenfrequenz längs der ganzen Observationsstrecke für die Einstellung charakterisiert. (Auf Grund der für die Einstellung ungünstigen Windverhältnisse am 1. und 3. Juni liegen hier Pollenfrequenzen nur für einen Tag vor.) Bei 700 Meter vom Bestandesrand fielen 75% und bei 3400 Meter 55% des Pollens, der in der Durchschnittszahl in drei der Bestandeslücken registriert wurde. Gleichzeitig mit den Frequenzproben wurden 4 Pollenproben für Keimversuche eingesammelt. Diese Proben wurden im Bestand und auf 1000, 2000 und 3000 Meter vom Bestandesrand genommen. Die Keimprozente für diese Einstellungsstationen beliefen sich auf 96,4, 97,8, 94,5 und 92,2%.

Bei *Ragunda* wurden 1954 auf der gleichen Linie drei Observationsserien mit Hilfe von Objekträgern, Petrischalen und größeren Schalen (Einstellungszeit 142 Stunden, vgl. Tabelle 1) eingesammelt. Am 11. Juni fielen 53,6 Kiefernpollen per cm² und Stunde auf den Boden des Bestandes. Am Bestandesrand wurden 38,6 Pollen bei gleicher Zeit- und Flächeneinheit registriert und bei 500, 1000 und 1700 Meter vom Bestand resp. 28,1, 29,9 und 26,5 Pollenkörper. Die Frequenz in 142 Stunden im Bestand belief sich im Durchschnitt auf 48,9 Pollen per cm² und Stunde, am Bestandesrand auf 49,0 und auf 500, 1000 sowie 1700 Meter vom Bestandesrand auf 15,1, 14,3 und 13,4.

Ein Teil der Beobachtungsresultate über die Pollenverbreitung bei Fichte ist in Tabelle 2 zusammengestellt. Bei

Bredänge am 29. Mai 1954 erreichte die Pollendichte am Boden im Bestande rund 244 Pollen per cm² und Stunde und am Bestandesrand bis 248. Bei 500, 1000 und 2500 Meter von der Pollenquelle wurden auf der gleichen Linie und in der gleichen Zeit im Durchschnitt 106 resp. 91 und 53 Fichtenpollen per cm² und Stunde aufgefangen. Sehen wir auf die Pollenfrequenzen bei *Torslunda* am 26. Mai, finden wir, daß 768 Pollen auf dem Fangglas im Bestand auf der Bodenfläche per cm² und Stunde und 843 am Bestandesrand haften blieben. Bei 500 Meter sank die entsprechende Zahl per Flächen- und Zeiteinheit auf 191 und bei 1000 und 1800 Meter auf 185 und 174. Die relative Frequenz zwischen 1000 und 1800 Meter vom Bestandesrand belief sich im Durchschnitt auf 23,8%. Beide Fichtenbestände sind vom übrigen Fichtenwald gut abgegrenzt. Die Windrichtung bei der Einstellung der Proben war so, daß der Wind — unmittelbar bevor er den Fichtenbestand erreicht hatte — ein größeres Kieferngebiet passierte.

Die Frequenzen bei *Yfre* am 29. Mai sind sehr hoch. Der Bestand ist groß und ist nur zum Vergleich für die Linien bei *Bredänge* und *Torslunda* mit aufgenommen worden. Der Bestand ist relativ gut geschlossen und die Pollenfrequenz für den Bestand wurde in Bodenhöhe und zwischen den Bäumen — *in diesem Falle nicht auf offenen Flächen im Bestand* — eingesammelt.

Im Verhältnis zur Zahl aufgefangener Pollen am Bestandesrand gehen die relativen Frequenzen für den Linienabschnitt 1100 bis 2500 Meter vom Bestandesrand bis auf 43,8%. Die Intensität des Pollenregens nimmt mit zunehmender Bestandesgröße scheinbar langsamer ab. Die Flugstrecken der Pollen sind außerdem von der Windstärke abhängig.

Es wurden einige Versuche zur Schätzung der Einkreuzungen in Forstsamenplantagen durchgeführt. Mit dem Ausgangspunkt der erhaltenen Pollenfrequenz bei 20 Meter über der Erde im Bestand bei *Klevaberget* und den Frequenzen längs der Observationslinien sind die Prozente für eine voraussichtliche Einkreuzung von Fall zu Fall berechnet worden. Wollte man Samenzüchtungen mit Kiefer auf 1000, 2000 und 3000 Meter vom Bestandesrand bei *Klevaberget* und *Kumla* anlegen, so ist mit folgenden Prozenten zu rechnen, welche zu der angegebenen Zeit gemessen wurden:

	Klevaberget 1953		Kumla 1954
	24.-25. Mai	25.-26. Mai	2. Juni
1000 m v. Bestandesrand	3,8	24,0	30,1
2000 m v.	6,4	14,0	27,9
3000 m v.	6,8	25,6	30,5

Um sich über das Ausmaß der Einkreuzungen mit Sicherheit äußern zu können, sind indessen weitere Untersuchungen notwendig. Es ist offensichtlich, daß keine Gebiete innerhalb Schwedens frei von Kiefern- und Fichtenpollen während der Blütezeit dieser Holzarten sind. In den für Plantagezwecke ausgesuchten Gebieten variieren — in groben Zügen ausgerechnet — die Einkreuzungen zwischen 7 bis 25%. Um Einkreuzungen in den Plantagen zu vermindern ist es notwendig, die Plantagen nicht zu klein zu machen und die Samenplantagen in Gegenden anzulegen, wo das Risiko für Einkreuzungen von umliegenden Beständen auf ein Minimum beschränkt werden kann. Der Sinn der Plantagen wird nicht erreicht, wenn dieser Gesichtspunkt nicht hinreichend beachtet wird. Außerdem müssen verschiedene Möglichkeiten geprüft werden, um die Blüte der Plantagenbäume zu intensivieren. Ebenso ist es von großer Bedeutung, andere Alternativen zum Schutz gegen Einkreuzungen zu untersuchen. Eine geringe Verschiebung des Zeitpunktes der Blüte bei den Plantenbäumen kann sich als möglich erweisen.