

RAPPORT NR. 17



GUDENÅUNDERSØGELSEN
Regnvandsundersøgelser

MILJØSTYRELSENS
FERSKVANDSLABORATORIUM
Lysbrogade 52
8600 Silkeborg
Telefon 06 - 81 07 22

8/12 78

G U D E N Å U N D E R S Ø G E L S E N

1973 - 1975

REGNVANDSUNDERSØGELSER

VANDKVALITETSINSTITUTTET, ATV
Agern Allé 11, 2970 Hørsholm

Sagsnr.: 25.4.171
1977-11-03 WWT - WF

Sagsbehandlere:

Civ.ing. Jørgen F. Simonsen
Civ.ing. Poul B. Heise

INDHOLDSFORTEGNELSE

	SIDE
1. INDLEDNING	1
2. UNDERSØGELSENS FORMÅL OG ARBEJDSHYPOTESER	2
2.1 FORMÅL	2
2.2 ARBEJDSHYPOTese	3
3. UNDERSØGELSERNES GENNEMFØRELSE	4
3.1 MÅLEOPLANDE	4
3.2 MÅLINGERNES OMFANG	6
3.3 MÅLINGERNES TEKNIK	7
3.4 MÅLINGERNES GENNEMFØRELSE OG ERFARINGER FRA UNDERSØGELSEN	9
4. RESULTATER FRA "SØNDER EGE", RY	11
4.1 OPLANDSINFORMATIONER: SØNDER EGE, RY	11
4.2 NEDBØR OG AFLASTNINGER	11
4.3 FORURENINGSFORHOLD VED AFLASTNING	18
4.4 STOFTRANSPORTER	24
5. RESULTATER FRA "NØRREMARKEN", VIBORG OG "SKVÆTMØLLE", SKANDERBORG	29
5.1 OPLANDSINFORMATIONER	29
5.2 NEDBØRSFORHOLD	30
5.3 AFSTRØMNINGS- OG FORURENINGSFORHOLD	31
5.4 STOFTRANSPORTER	38

I N D H O L D S F O R T E G N E L S E

	SIDE
6. AFSTRØMNING FRA VEJAREALER	47
6.1 VEJAREAL - SKANDERBORG	47
6.2 AFSTRØMNINGS- OG FORURENINGSFORHOLD	47
7. STOFUDLEDNING FRA RENSNINGSANLÆG UNDER REGN	53
7.1 VIBORG CENTRALRENSNINGSANLÆG 1973 - 75	53
7.2 RESULTATER	54
7.3 VIBORG CENTRALRENSNINGSANLÆG, 1977	61
8. SAMMENFATNING OG KONKLUSION	62
8.1 REGNVANDSUNDERSØGELSERNES FORMÅL OG OMFANG	62
8.2 MÅLINGERNES TEKNIK	63
8.3 RESULTATER OG KONKLUSIONER	63
TEKNIKERGRUPPENS EFTERSKRIFT	70A
9. REFERENCELISTE	70B
A P P E N D I X	72
B I L A G A: REGRESSIONSVURDERINGER	A 1 - A 21
B I L A G B: FIGURER, FORDELINGEN AF AFSTRØM- MENDE STOF- OG VANDMÆNGDER	B 1 - B 79
B I L A G C: ANALYSEDATA M.M. (IKKE MANGFOL- DIGGJORT)	

1. INDLEDNING

I Gudenåundersøgelsen 1973 - 75 indgår undersøgelser af stoftilførslerne til vandsystemet, og disse har omfattet undersøgelser af forureningsbelastningen fra

spildevandsudledninger

dambrug

landbrugsarealer

regnafstrømning fra urbaniserede områder.

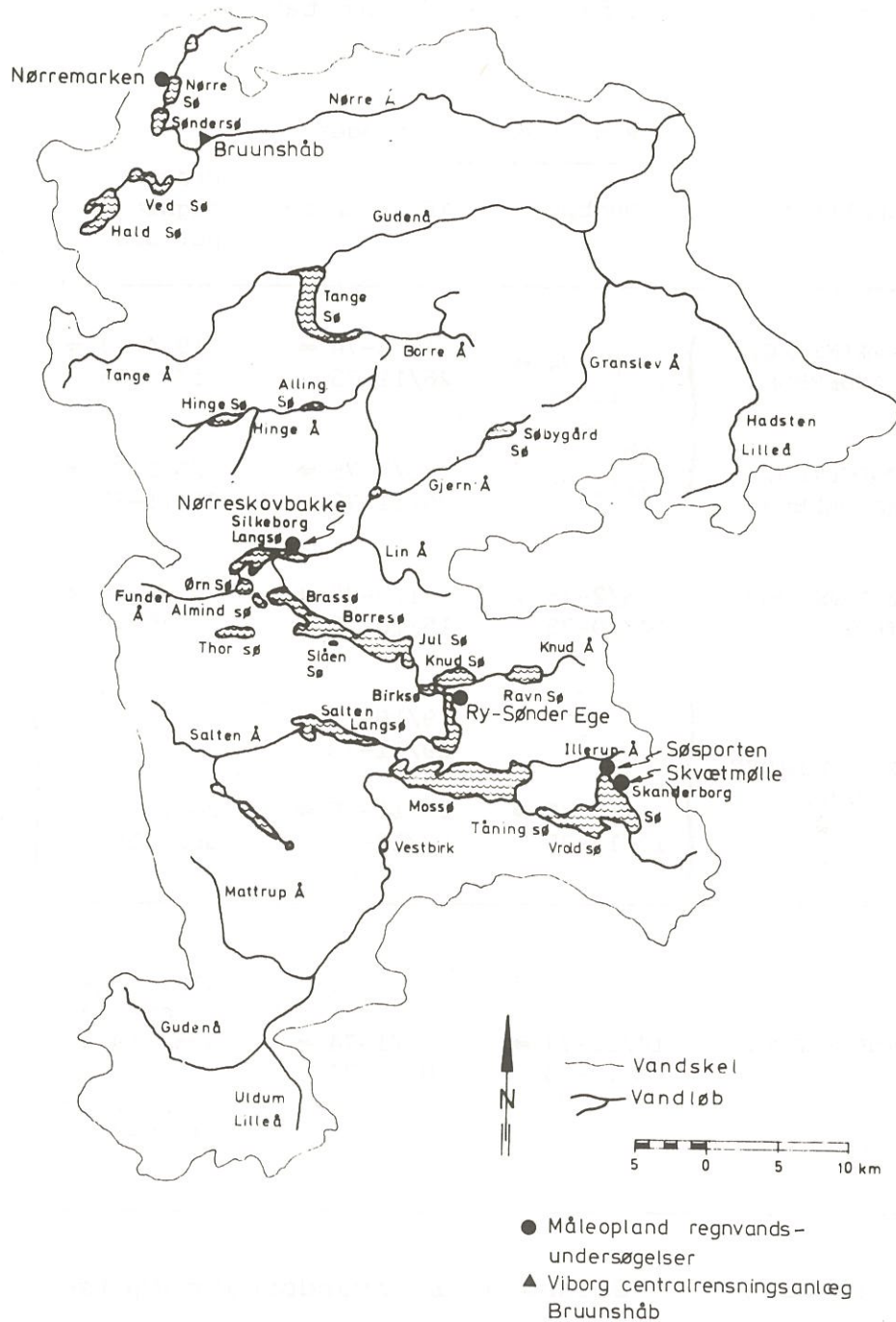
Undersøgelser af forureningsbelastningen fra urbaniserede områder under regn blev medtaget ved Gudenåundersøgelsen, fordi en række udenlandske undersøgelser viste, at der er stor variation i mængde og sammensætning af regnafstrømningen fra såvel separatkloakerede som fælleskloakerede områder. Det forudsattes desuden, at det ikke var rimeligt at anvende udenlandske erfaringsværdier ved opgørelsen af stoftilførslerne, da lokale forhold spiller en afgørende rolle for regnafstrømningens kvantitet og kvalitet.

5. Hvorledes kan forureningsbelastningen af recipient-systemet under regn begrænses, f.eks. ved rensning, regulering, magasinering?

2.2 ARBEJDSHYPOTESE

Da en undersøgelse til belysning af ovennævnte fem punkter ville blive særdeles omfattende, opstilledes følgende "arbejdshypotese" for REGNVANDSUNDERSØGELSERNE I GUDENÅSYSTEMET:

- a) Angiv, hvorledes sammensætningen og mængden af regnafstrømningen varierer fra to separatkloakerede områder og fra et overfaldsbygværk i et fælleskloakeret område.
- b) Angiv, hvor store mængder stof der udledes.
- c) Angiv om muligt relationer og sammenhænge mellem forureningsbelastningen og afstrømningsforhold, lokale forhold etc.



Figur 3.1 Måleoplande, regnvandsundersøgelser.

Analyseparametrene var som hovedregel

organisk stof målt som iltforbrug med KMnO_4 (PE)
total fosfor (TP)
total kvælstof (TN).

Herudover er der i varieret antal udført analyser for

ammoniak (NH)
nitrat (NO)
ortho-fosfat (PO)
suspenderet stof (SS)
zink (ZN)
bly (PB)
clorid (CL)
ledningsevne.

Ved et enkelt regnskyl er der analyseret for cadmium og chrom.
I parentes er angivet benyttede forkortelser.

Analyserne er udført i henhold til VKI's analyseforskrifter,
angivet bl.a. i /3/.

3.3 MÅLINGERNES TEKNIK

Målestationen var opbygget som vist på figur 3.2. Vandføringsenheden bestod af et sammensat måleoverfald, bestående af et 90° -overfald samt et rektangulært overfald skåret ud i en plade af vandfast krydsfinér, idet størrelsen af de enkelte måleoverfald tilpassedes de enkelte målestationer. Vandhøjden registreredes kontinuert ved hjælp af flyder med forbindelse til en skriverenhed. Fraktionsprøvetageren var af standardtype med en prøveudtagningsfrekvens på 15 minutter. Selve prøvetagningen igangsattes ved signal fra en tilsluttet vippekontakt, når vandføringen oversteg en for hver lokalitet defineret nedre grænseværdi. Nedbøren i området registreredes så vidt muligt ved nedbørsmåler med skriver.

3.4 MÅLINGERNES GENNEMFØRELSE OG ERFARINGER FRA UNDER- SØGELSEN

Opstillingen af måleoverfald samt gennemførelsen af det "daglige" tilsyn er gennemført med bistand af medarbejdere ved

Ry kommunes tekniske forvaltning

Silkeborg kommunes tekniske forvaltning samt
Levnedsmiddellaboratorieenheden

Skanderborg kommunes tekniske forvaltning

Viborg kommunes tekniske forvaltning

Århus amtskommune, Amtsvandvæsenet.

Som det fremgår af figur 3.2, har selve målestationen været opbygget i en nedgangsbrønd på hovedregnvandsledningen umiddelbart efter måleoplandet. (I regnvandsledningen, Nørremarken, Viborg, var det nødvendigt på grund af for stort fald på hovedledningen (mulighed for strygende bevægelse) at placere målestationen ca. 2 km uden for måleoplandet).

De anvendte komponenter i målebrønden har været forholdsvis ukomplicerede i udformning og princip, og med få undtagelser (frost og hærværk) har disse fungeret fysisk tilfredsstillende.

De største ulemper ved at anvende det enkle udstyr har dels været at synkronisere nedbørsregistrering, vandmængdemåling og prøvetagningstidspunktet, og dels har databearbejdningen været tidskrævende, idet kurvestrimler er blevet aflæst manuelt før overførsel til EDB.

Som naturligt er, spiller vejrforholdene en afgørende rolle for gennemførelsen af regnvandsundersøgelserne. Specielt betød det nedbørsfattige 1975 (200 mm under normalen), at antallet af regnhændelser var begrænset. Desuden har de gennemførte

4. RESULTATER FRA "SØNDER EGE", RY

(Fælleskloakeret område, målinger
på aflastningsbygværk)

4.1 OPLANDSINFORMATIONER: SØNDER EGE, RY

Oplandet, der er kloakeret efter fællessystemprincippet, er på ca. 45 ha, og området består af:

ca. 38,5 ha boligområde,
afstrømningskoefficient $\varphi = 0,35$

ca. 6,0 ha industriområde,
afstrømningskoefficient $\varphi = 0,65$

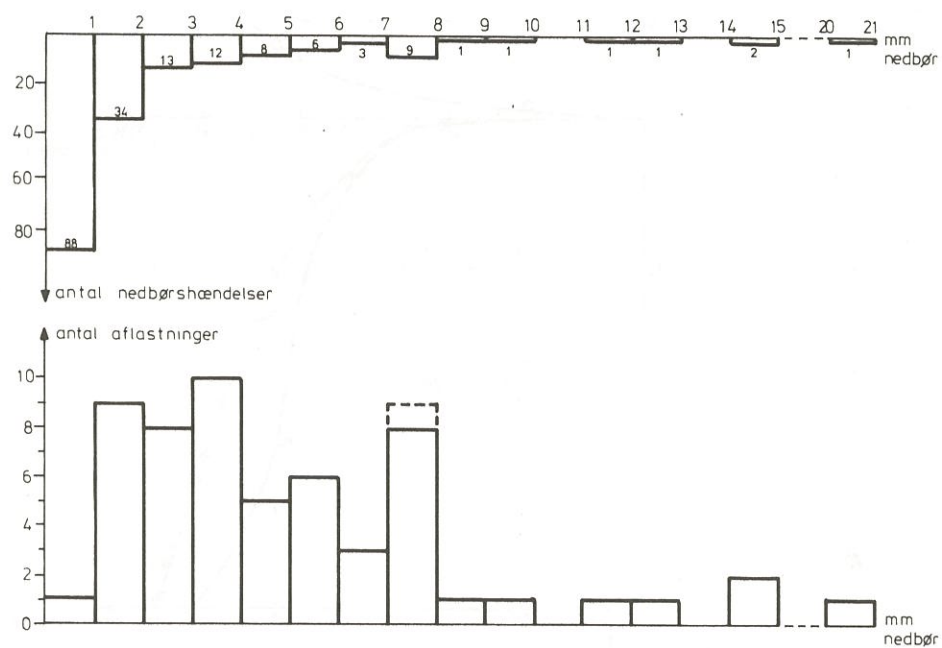
Det samlede reducerede areal er derfor beregnet til ca. 17,5 ha.

Aflastningsbygværket er dimensioneret til at træde i funktion ved en opspædning 1 + 5, svarende til ca. 93 l/sek. Aflastningsbygværket og overløbsledningen er dimensioneret til en vandføring på 2.130 l/sek, idet der er benyttet en dimensionsgivende intensitet på 130 l/sek/ha.

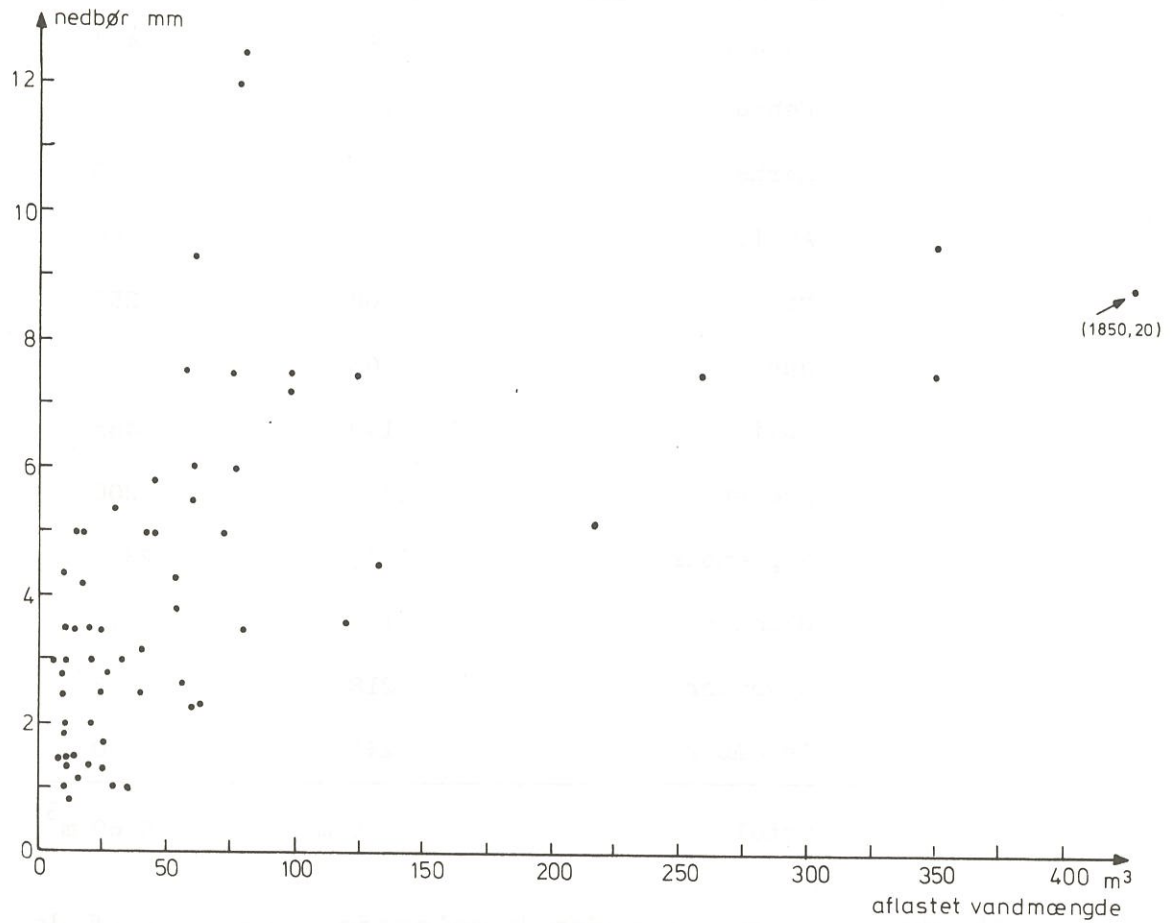
Overløbsledningen har som recipient Knud sø og munder ud ved Sønder Ege campingplads.

4.2 NEDBØR OG AFLASTNINGER

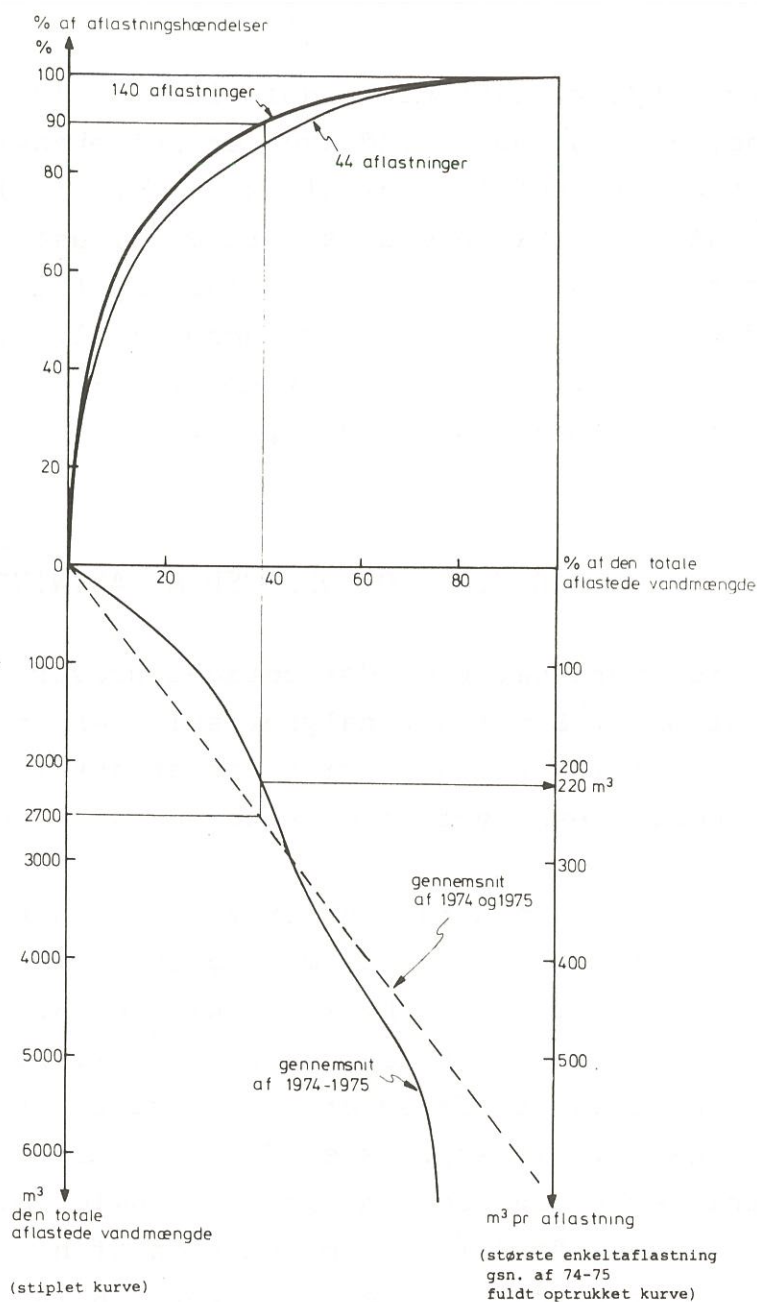
I måleperioden for afstrømning, januar 1974 til december 1975, er der registreret nedbør kontinuerligt i perioden november 1974 til december 1975. For "året 1975" er den samlede nedbørsmængde, registreret på nedbørsmåler, i Sønder Ege oplandet opgjort til 420 mm fordelt på 180 nedbørshændelser. I 1974 foretoges en daglig aflæsning af nedbørsmængden på rensningsanlægget i Ry, og totalmængden var ca. 680 mm. Det største regnskyl i "1975" var på 20 mm med en middelintensitet på 13 mm pr. time og en maksimal fem minutters intensitet på 4 mm (svarende til ca. 130 l/sek/ha).



Figur 4.1 Sønder Ege, Ry.
Nedbørs- og aflastningshændelsers fordeling
og størrelse "1975".

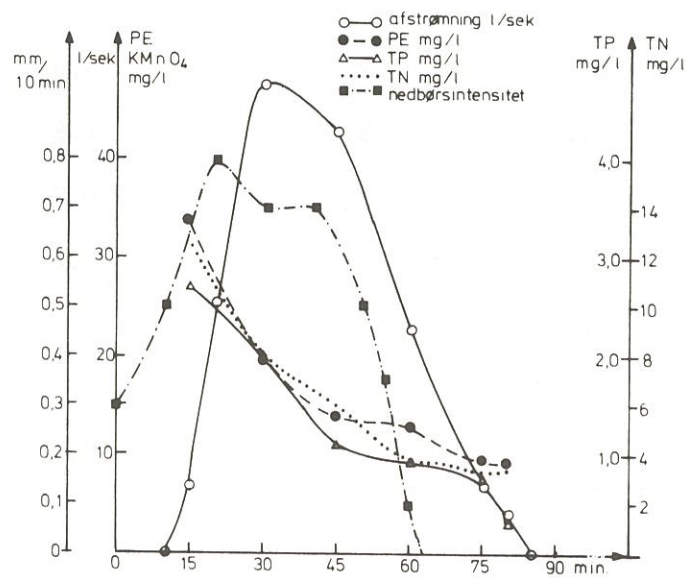


Figur 4.3 Sønder Ege, Ry.
Sammenhørende værdier af nedbør (mm) og
afloadede vandmængder (m³) 1975.



Figur 4.4 Sønder Ege, Ry.

Kumuleret fordeling af aflastninger og aflastede mængder 1974 - 75 (140 aflastninger) og undersøgte aflastninger (44). Desuden er vist sammenhængen mellem % fordelte aflastede mængder og dels totale afstrømmede mængder (gsn. af 1974 - 75), dels den tilhørende maksimalt registrerede enkeltafkastning. Det ses, at 90 % af aflastningerne svarer til 40 % af de aflastede vandmængder, i alt 2.700 m^3 , og den største tilhørende enkeltafkastning var 220 m^3 .



Figur 4.5 Sønder Ege, Ry.
Nedbørs-, afstrømnings- og koncentrations-
forløb for regnskyl og aflastning den
3. september 1975.

AFSTRØMNINGS- TID min.	AFSTRØMNINGS- MÆNGDE m ³	MIDDEL- AFSTRØMNING l/sek.	"MIDDELKONCENTRATION" (vægtet) mg/l			ANTAL PRØVER
			PE	TP	TN	
25	61,4	40,9	15,0	-	-	2
50	257,0	85,0	4,2	-	-	4
20	13,6	11,3	12,4	-	-	1
40	55,7	23,2	42,8	-	-	3
15	10,2	11,3	56,0	-	-	1
40	50,9	21,2	20,5	-	-	3
15	12,7	14,1	20,0	-	-	1
50	370,0	123,5	23,1	1,05	3,2	3
50	194,7	64,9	33,5	3,2	11,95	3
75	111,3	24,7	16,8	1,5	6,5	6
30	44,0	24,4	45,3	-	-	2
75	52,6	11,7	9,7	-	-	5
50	100,7	33,6	47,3	-	-	3
35	6,6	3,1	12,7	2,1	4,9	2
20	2,7	2,3	14,1	1,4	5,6	1
45	74,2	27,5	19,6	1,3	7,8	3
15	3,3	3,7	24,6	0,9	4,9	2
25	13,3	8,8	12,1	0,95	4,9	1
10	1,4	2,4	6,2	0,6	4,4	1
50	36,1	12,0	12,5	0,9	4,3	2
30	4,2	2,4	10,3	0,6	3,4	1
25	9,2	6,2	19,0	1,9	4,2	2
20	9,5	8,0	8,5	0,8	2,4	1
15	2,7	3,1	9,5	1,1	2,4	1
160	57,7	6,0	8,6	0,9	2,7	4
30	19,2	10,7	13,5	1,2	4,5	2
40	59,0	24,6	32,1	1,7	5,7	3
30	9,9	5,5	10,7	0,8	5,0	1
40	23,2	9,7	29,6	1,95	6,2	3
30	7,7	4,3	11,9	0,9	4,0	1
25	13,4	8,9	28,6	1,9	6,2	1
15	4,4	4,8	11,9	2,1	2,1	1
50	46,7	15,6	16,6	1,2	4,1	3
40	34,7	14,5	9,8	1,1	5,6	2
50	14,9	5,0	4,0	0,3	2,3	2
25	19,0	12,6	13,1	2,0	7,3	1
30	5,9	3,3	11,3	2,1	2,7	2
60	57,5	16,0	24,9	0,9	4,0	4
65	18,5	4,8	10,5	0,6	2,5	2
30	7,2	4,0	5,9	0,5	2,2	2
65	16,1	4,1	4,9	0,5	3,1	3
20	4,1	3,4	10,2	0,7	2,9	1
145	106,6	12,3	10,2	3,7	3,5	9
130	88,2	11,3	10,8	1,3	3,1	8

Tabel 4.3 Sammenfatning af afstrømningsresultater fra Sønder Ege, Ry, (opstillet i datoorden).

20 - 25 l/sek , og når den samlede aflastning er mindre end 100 m^3 , i overvejende grad sker et aflastningsforløb, der viser en voksende udskylning af organisk stof fra flader og kloakker i takt med voksende middelaflastningsintensitet. Ved middelaflastningsintensiteter større end 20 - 25 l/sek , og når den samlede aflastede mængde er større end 50 m^3 , vil aflastningsforløbet for organisk stof være "styret" af en fortyndingseffekt. Det har ikke været muligt at eftervise, om foranliggende tørvejrperioders længde styrer niveauet af middelkoncentrationen for organisk stof, jf. afsnit 5.3.2.

Hvis de på figur 4.6 viste kurvebånd er repræsentative (data-materialet er begrænset), betyder dette, at såfremt man ønsker at begrænse koncentrationen af organisk stof (middelværdibetragtning) til f.eks. 30 mg/l, skal aflastninger op til 200 m^3 tilbageholdes for aflastningsbygværket ved Sdr. Ege.

Resultaterne af en statistisk behandling af samtlige data er givet i tabel 4.4.

Variable	Antal regnskyl, hvor den enkelte variabel er målt	Minimal middelkoncentration i et regnskyl mg/l	Maximal middelkoncentration i et regnskyl mg/l	Aritmetrisk middel-middelkoncentration for alle regnskyl mg/l	Standardafvigelse mg/l	Vandmængde-vægtet middel-middelkoncentration for alle regnskyl mg/l	Minimal belastning for et enkelt regnskyl gram	Maximal belastning for et enkelt regnskyl gram	Middel belastning for alle regnskyl gram	Standardafvigelse gram
VF	44	2,25 *	123,5 *	15,2 *	20,6 *		1,4 **	438,0 **	52,0 *	87,0 *
PE	44	4,0	56,0	17,6	12,135	19,072	8,7	8562,9	994,8	1725,1
SS	8	0,027 *)	0,404 *)	0,121 *)	0,127 *)	0,214 *)	0,1 **)	45,0 **)	11,0 **)	17,44 **)
TP	34	0,33	3,71	1,31	0,76	1,635	0,8	629,4	69,97	136,4
PO	30	0,15	1,36	0,47	0,35	0,449	0,5	41,5	10,02	10,70
TN	34	2,1	11,95	4,42	2,03	5,25	6,1	2326,6	224,6	443,65
NO	30	0,04	1,66	0,83	0,39	0,79	0,8	123,0	17,58	24,02
NH	30	0,14	5,28	1,73	1,27	1,81	0,4	237,4	40,3	52,57
PB	11	0,01	0,32	0,142	0,109	0,126	0,1	30,3	6,39	8,79
ZN	12	0,16	0,58	0,29	0,128	0,336	0,9	81,6	18,09	22,6

* enhed l/sek - ** enhed m^3 - *) enhed g/l - **) enhed kg

Tabel 4.4 Statistisk behandling af koncentrationsværdier og mængder i aflastningsvand: Sønder Ege, Ry.

Idet den gennemsnitlige aflastningsmængde for 1974 og 1975 på 6.500 m³ samt middelkoncentrationerne lægges til grund, fås en årlig næringsstofudledning på:

total fosfor	10,5 kg/år
total kvælstof	35 kg/år,

svarende til:

total fosfor	0,23 kg/ha/år	(0,24)
total kvælstof	0,8 kg/ha/år	(0,9),

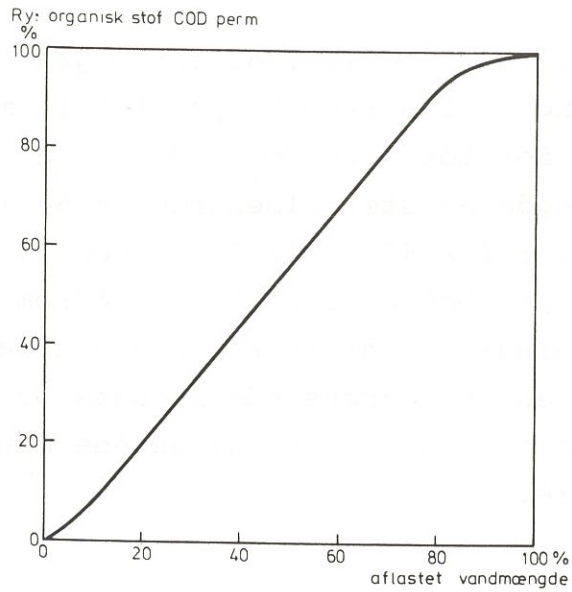
idet mængderne fordeles på hele oplandet. Tal i parentes angiver de tilsvarende værdier for Birkerød kommune (1975 - 76).

Næringsstofftilførslen til Knudsø fra Ravnsø via Knud å, der er det mest betydende tilløb, er ved Stoftransportundersøgelsen / 7 / for 1974 opgjort til:

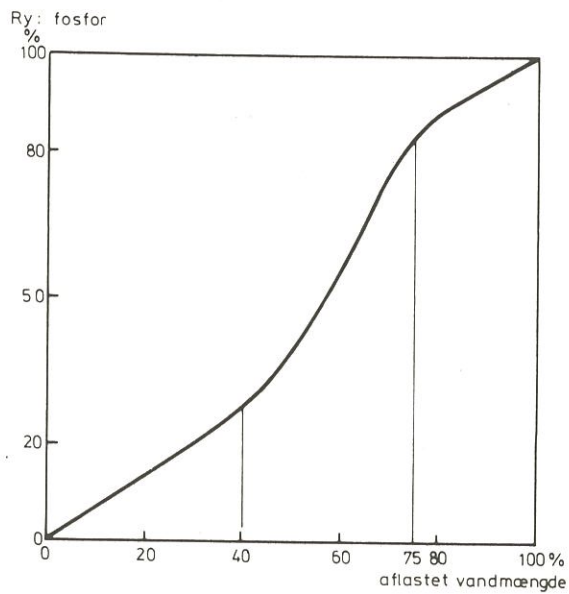
total fosfor	1 ton/år
total kvælstof	42 ton/år,

d.v.s. at næringsstofmængderne fra aflastningsbygværket ved Sønder Ege udgør ca. 1 % af stofftilførslen fra Knud å.

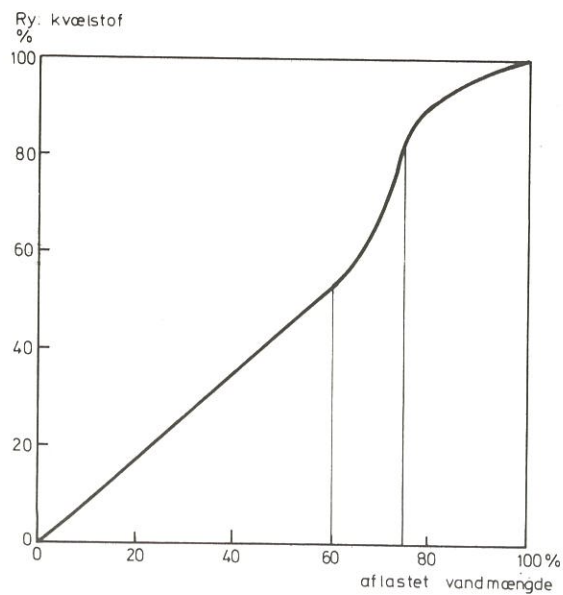
Opgøres for organisk stof (COD_{perm}) den årligt aflastede mængde, er denne 125 kg. Den årlige transport med Knud å er 59 ton, d.v.s. et forhold 1:470. Ved vurderingen af stofudledning under regn er en middelværdibetragtning i øvrigt ikke altid rimelig. En aflastningsvurdering, der tager hensyn til recipientsystemets dynamik, herunder opholdstider, opblandingsforhold, omsætningshastigheder etc., må anses for den rette betragtningssmåde. For aflastningen af organisk stof ses det, at det regnskyl, der har den største stofudledning pr. sekund, udleder ca. 5 g COD_{perm}/sek i en 15 minutters periode. I Knud å var den til stort samme tidspunkt målte transport af organisk stof 0,1 g/sek, d.v.s. et forhold 50:1.



Figur 4.7



Figur 4.8



Figur 4.9

Sønder Ege, Ry.
Sammenhæng mellem % aflastet
vand og % afstrømmet stof.

5. RESULTATER FRA "NØRREMARKEN", VIBORG OG "SKVÆTMØLLE", SKANDERBORG

(Separatkloakerede områder, måling i
hovedkloak)

5.1 OPLANDSINFORMATIONER

5.1.1 NØRREMARKEN, VIBORG

Oplandet, der er kloakeret efter separatsystemprincippet,
er på ca. 159 ha, og området består af:

ca. 104 ha industriområde,
afstrømningskoefficient $\varphi = 0,65$

ca. 38 ha boligområde,
afstrømningskoefficient $\varphi = 0,35$

ca. 17 ha grønne arealer,
afstrømningskoefficient $\varphi = 0,1$

Det reducerede areal er derfor beregnet til ca. 80 ha.

Regnvandssystemet afleder til Nørremølleå, umiddelbart før
denne løber ud i Viborg Nørresø.

5.1.2 SKVÆTMØLLE, SKANDERBORG

Oplandet, der er kloakeret efter separatsystemprincippet,
var pr. 1. januar 1974 tilsluttet et samlet opland på 27 ha
blandet bolig- og institutionsareal. Det tilsvarende reduce-
rede opland var ca. 14 ha.

Regnvandssystemet afleder til den tidligere mølledam ved
Skvætmølle, hvorfra vandet løber til Skanderborg sø.

5.3 AFSTRØMNINGS- OG FORURENINGSFORHOLD

5.3.1 AFSTRØMNINGSFORHOLD

For at vurdere, hvor stor en del af nedbøren der ved de undersøgte regnskyl er blevet tilført regnvandssystemet, er middelaflstrømningskoefficienten for de enkelte undersøgte regnskyl beregnet, og endelig er en vægtet middelaflstrømningsværdi opgjort.

Disse fremgår af tabel 5.1.

Det ses, at der er stor variation i de beregnede værdier, og det har været forsøgt at forklare denne variation ud fra en teori om regnintensitetens størrelse og/eller længden af tørvejrperioden forud for regnhændelsen.

Middelaflstrømningskoefficienterne afviger væsentligt fra de teoretisk fastsatte ($\varphi = 0,50$ for begge oplande). Det må antages, at de usædvanlige nedbørsforhold i 1975 er årsagen til disse afvigelser, og at der ved normale nedbørsforhold ville være nogenlunde overensstemmelse mellem beregnede og teoretiske værdier (således er aflstrømningskoefficienten for 1974-målingerne ved Skvætmølle oplandet bestemt til $\varphi_{\text{middel 74}} \sim 0,33$).

For Skvætmølle oplandet fandtes god korrelation mellem koncentrationen af suspenderet stof og fosfor samt bly (kun 11 værdier). Der var kun korrelation mellem organisk stof og kvælstof. Dette bekræfter, at fosfortilførslerne i høj grad skyldes "erosionsprodukter" (sand, hvortil fosfor er stærkt bundet) fra slugterne ved Skvætmølle.

For Nørremarken, Viborg, oplandet fandtes en mindre god korrelation mellem koncentrationen af suspenderet stof og fosfor samt mellem organisk stof og kvælstof.

De beregnede vægtede middelværdier, beregnet for hvert enkelt regnskyl, anført i Bilag C, er sammenstillet i tabel 5.2, der angiver middelværdierne for Skvætmølle og Nørremarken. Der er gennemført en regressionsvurdering på værdierne i tabel 5.2, og denne viser, at der ikke er nogen lineær korrelation mellem de beregnede middelværdier.

Skanderborg - Skvætmølle

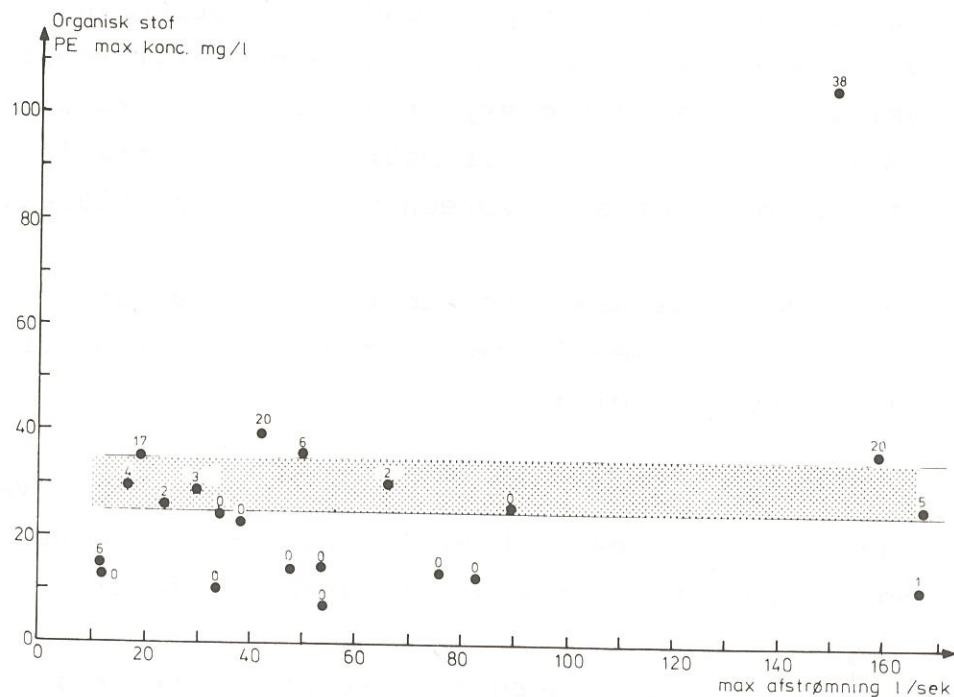
DRS	VF	PE	SS	TP	PO	TN	NO	NH	PB	ZN
1	90.042	9.791	.	.	.	.	.	.	.	.
2	20.304	7.476	.	.	.	.	.	.	.	.
3	20.406	13.097	.	.	.	.	.	.	.	.
4	30.809	21.916	.	.	.	.	.	.	.	.
5	65.422	7.318	.	.	.	.	.	.	.	.
6	22.259	33.300	.	.	.	.	.	.	.	.
7	13.216	11.554	.	.	.	.	.	.	.	0.003
8	42.165	12.881	.	.	.	.	.	.	.	.
9	12.740	4.808	.	.	.	.	.	.	.	.
10	15.078	16.318	.	1.080	0.748	1.225	0.306	0.103	.	0.046
11	17.107	16.921	.	0.347	.	3.109	.	.	.	.
12	5.662	12.971	.	0.340	.	2.404	.	.	.	.
13	31.703	38.160	0.485	0.322	.	3.794	.	.	.	.
14	9.704	21.466	.	1.040	.	5.299	.	.	0.187	0.528
15	9.969	21.436	.	1.522	.	4.164	.	.	.	.
16	22.222	17.360	0.202	0.579	.	3.972	.	.	.	.
17	3.190	10.952	.	1.039	0.128	3.333	2.289	0.097	.	.
18	48.070	10.315	.	1.154	0.309	2.522	1.005	0.130	.	.
19	21.443	10.229	.	1.095	0.333	2.728	1.660	0.333	.	.
20	16.231	7.010	.	0.564	0.203	1.255	0.338	0.170	.	.
21	6.375	2.608	.	0.673	0.403	1.340	0.414	0.919	.	.
22	16.454	12.308	.	2.347	0.636	3.341	0.892	0.755	.	.
23	8.337	8.832	.	0.976	0.255	2.558	0.805	0.345	.	.
24	4.550	7.505	.	1.619	0.572	2.683	0.348	0.990	.	.
25	14.856	10.126	.	1.746	0.796	2.820	0.546	1.010	.	.
26	28.317	21.358	0.188	0.437	.	3.998	.	.	0.100	0.117
27	43.675	21.199	0.288	0.439	.	3.665	.	.	0.137	0.144

Viborg - Nørremarken

DRS	VF	PE	SS	TP	PO	TN	NO	NH	PB	ZN
1	26.103	11.168	.	0.297	0.232	5.913	3.116	1.864	0.102	0.371
2	14.250	8.705	0.054	0.242	0.054	6.570	3.987	1.291	0.099	0.326
3	4.664	3.768	.	0.079	0.024	3.930	2.868	0.580	.	.
4	22.715	16.787	.	0.398	.	4.311	.	.	.	.
5	9.587	7.509	.	0.267	.	2.835	.	.	.	.
6	10.675	7.112	.	0.253	.	2.143	.	.	.	.
7	38.117	5.475	.	.	.	.	.	.	.	.
8	16.633	29.535	0.086	0.292	.	7.090	.	.	.	.
9	37.636	13.411	0.128	0.417	.	6.378	.	.	0.038	.
10	63.219	7.955	0.103	0.356	.	3.755	.	.	.	.
11	19.139	21.359	0.080	0.314	.	3.969	.	.	0.109	0.268
12	13.400	9.470	.	.	.	.	.	.	.	.
13	25.845	9.772	.	.	.	.	.	.	.	.
14	13.771	15.381	.	.	.	.	.	.	.	.
15	94.573	8.475	.	.	.	.	.	.	.	.
16	21.492	8.900	.	.	.	.	.	.	0.108	0.121

Tabel 5.2 Middelfaststrømningsintensitet og middeldkoncentrationer for hvert enkelt regnskyl. Enheden VF = l/sek, SS = g/l og resten er mg/l.

En analog afbildning af maksimalafstrømningsværdier og tilhørende maksimalkoncentration af organisk stof er vist på figur 5.3 (NB. ændrede akseverdier), og der kan foretages en tilsvarende opdeling efter tørvejrperiodens længde.



Figur 5.3 Skvætmølle, Skanderborg.

Sammenhørende værdier (22) af maksimal afstrømning (l/sek) og tilhørende maksimal koncentration af organisk stof (mg/l). Desuden er anført antal forudliggende tørvejrskdage.

Data er angivet i tabel 5.8.

Det kan sammenfattende skønnes, at koncentrationsniveauet for organisk stof (COD_{perm}) ved blot et tørvejrskdogn øges ca. 10 mg/l, hvad enten middel- eller maksimalkoncentrationsniveauet betragtes. Tørvejrskperioder på 1 - 15 dogn ser ikke ud til at hæve koncentrationsniveauet væsentligt, derimod kan der ved ekstremt lange tørvejrskperioder akkumuleres - og dermed afspules store mængder akkumuleret stof. (Denne afspuling af stof er intensitetsafhængig, men har ikke kunnet vurderes på grund af det begrænsede datamateriale).

VIBORG

Varia- bel	Antal regn- skyl, hvor- den enkel- te variabel er målt	Minimal middel- koncentra- tion i et regnskyl mg/l	Maximal middel- koncentra- tion i et regnskyl mg/l	Aritmetrisk middel-mid- delkoncentra- tion for alle regnskyl mg/l	Standard- afvigelse mg/l	Vandmængde- vægtet mid- del-middel- koncentra- tion for alle regn- skyl mg/l	Minimal belastning for et enkelt regnskyl gram	Maximal belastning for et enkelt regnskyl gram	Middel belastning for alle regnskyl gram	Standard- afvigelse gram
VF	16	4,66 *	94,57 *	26,99 *	22,98 *		117,0**	1320,0**	505,4**	340,7**
PE	16	3,768	29,535	11,299	6,771	10,401	876,8	18834,6	5257,0	4320,3
SS	5	0,054*)	0,128*)	0,090*)	0,027*)	0,095*)	8,1**)	93,5**)	45,2**)	32,0**)
TP	10	0,079	0,417	0,292	0,095	0,286	31,1	324,4	123,3	91,7
PO	3	0,024	0,232	0,103	0,112	0,097	8,0	110,6	45,9	56,3
TN	10	2,143	7,090	4,690	1,690	4,113	274,5	4521,5	2077,7	1389,1
NO	3	2,868	3,987	3,324	0,588	3,069	596,6	2257,0	1447,4	831,0
NH	3	0,580	1,864	1,245	0,643	1,088	193,1	890,4	513,4	352,1
PB	5	0,038	0,109	0,091	0,030	0,086	14,9	57,9	36,8	17,5
ZN	4	0,121	0,371	0,272	0,108	0,254	48,7	177,4	90,3	57,2

SKANDERBORG

Varia- bel	Antal regn- skyl, hvor- den enkel- te variabel er målt	Minimal middel- koncentra- tion i et regnskyl mg/l	Maximal middel- koncentra- tion i et regnskyl mg/l	Aritmetrisk middel-mid- delkoncentra- tion for alle regnskyl mg/l	Standard- afvigelse mg/l	Vandmængde- vægtet mid- del-middel- koncentra- tion for alle regn- skyl mg/l	Minimal belastning for et enkelt regnskyl gram	Maximal belastning for et enkelt regnskyl gram	Middel belastning for alle regnskyl gram	Standard- afvigelse gram
VF	27	3,19 *	80,04 *	23,46 *	18,55 *		13,0**	1519,0**	208,7**	294,3**
PE	27	4,808	38,160	15,208	8,043	12,798	140,5	14995,3	2671,4	3349,2
SS	4	0,188*)	0,485*)	0,291*)	0,137*)	0,338*)	20,5**)	190,6**)	86,4**)	72,1**)
TP	18	0,322	2,347	0,962	0,567	0,920	6,6	856,3	233,9	262,6
PO	10	0,128	0,872	0,468	0,270	0,368	1,6	308,0	125,6	111,9
TN	18	1,225	5,299	3,012	1,080	2,499	42,7	2082,3	635,3	635,9
NO	10	0,306	2,289	0,860	0,654	0,560	12,8	513,5	198,0	171,6
NH	10	0,097	1,010	0,485	0,388	0,305	1,2	257,6	104,2	95,8
PB	3	0,100	0,187	0,141	0,044	0,155	10,9	73,4	43,6	31,4
ZN	5	0,003	0,528	0,168	0,209	0,191	0,7	207,5	57,7	85,6

* enhed l/sek - ** enhed m³

*) enhed g/l - **) enhed kg

Tabel 5.3 Statistisk behandling af koncentrationer og mængder i regnafstrømning fra:
Nørremarken - Viborg
Skvætmølle - Skanderborg.

Da årsnedbøren i 1975 afveg væsentligt fra middelnedbøren, er i tabel 5.6 angivet en skønnet årstransport af fosfor og kvælstof, idet der er benyttet en årsnedbør på 640 mm for Skanderborg og 700 mm for Viborg samt en afstrømningskoefficient svarende til den for området teoretisk fastsatte. Desuden er til orientering anført de tilsvarende årstransporter for de norske oplande, /5/.

Lokalitet	Fosfor kg/ha/år	Kvælstof kg/ha/år
Skanderborg ($\varphi = 0,5$)	2,9	8
Viborg ($\varphi = 0,5$)	1	17
Vika	5,3	19
Vestli	0,7	7
Oppsal	1,6	11
Risvollan	0,5	4

Tabel 5.6 Beregnede årstransporter af fosfor og kvælstof.

Sammenlignes årstransporterne af fosfor og kvælstof for de urbaniserede områder med den tilsvarende afstrømning fra landbrugsområder, tabel 5.7 fra /7/, ses det, at fosforbelastningen fra de urbaniserede områder er væsentlig større end fosforbelastningen fra landbrugsafstrømningen. Kvælstofbelastningen fra urbaniserede områder ses derimod at være af samme størrelsesorden som afstrømningen fra landbrugsområderne.

regnskyllet den 10. juli 1975 transporterede organisk stof svarende til biologisk rensed vand fra 25.000 personer i et tidsrum svarende til regnens varighed. Sammenlignes med urensed spildevand, svarede stofudledningen til timeudledningen fra 3500 personer.

Ved regnhændelsen den 29. april 1975 i Viborg var den maximalt målte koncentration af organisk stof målt som COD_{perm} 92 mg/l, og den maximale timetransport var som COD_{perm} 5,5 kg. Dette svarer til timeudledningen af urensed spildevand fra 1400 personer eller timeudledningen af biologisk rensed vand fra ca. 9000 PE.

Der kan således fra separatsystemerne optræde kortvarige, men særdeles forurenende stødbelastninger af organisk stof. Hvorledes den enkelte recipient reagerer herpå afhænger naturligvis af recipientens størrelse og dynamik, og stødbelastningseffekten bør således vurderes i hvert enkelt recipienttilfælde.

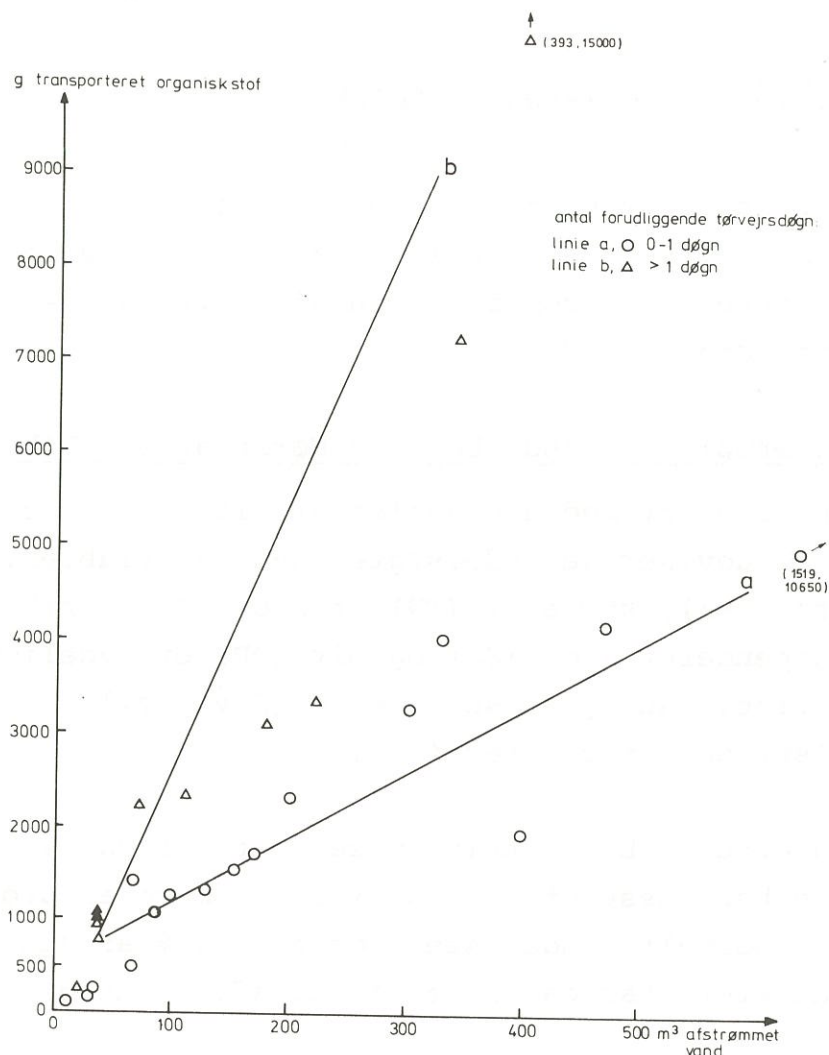
På grundlag af mængdeopgørelserne fra Skanderborg (Skvætmølle), tabel 5.8, er i figur 5.4 optegnet sammenhørende værdier af totalt afstrømmet regnvand og totalt transporteret organisk stof. For hver enkelt værdi er desuden angivet den forudliggende tørvejrperiodes længde. Det ses, at de sammenhørende værdier stort set fordeler sig om linierne a og b, hvor a repræsenterer afstrømningsforløb, hvor den forudliggende tørvejrperiode er mindre end 1 døgn, og b repræsenterer afstrømningsforløb, hvor den forudliggende tørvejrperiode er større end 1 døgn. En regressionsberegning viser, at regressionsligningen for linie:

$$a \text{ er } PE_T = 6,8 Q + 525 \quad \text{og } r = 0,97$$

$$b \text{ er } PE_T = 30,2 Q - 772 \quad \text{og } r = 0,91$$

hvor PE_T er mængden af transporteret organisk stof og Q er den totale regnafstrømning.

Da skæringen med y-aksen for begge linier a og b viste sig ikke at være statistisk signifikant, er reviderede ligninger a' og b' opstillet under antagelsen af skæring med (0,0). Ligningerne er angivet side 45.



Figur 5.4 Skvætmølle, Skanderborg.
Sammenhørende værdier af totalt afstrømmede vandmængder og totaltransporter af organisk stof. Desuden er angivet antallet af tørvejrsgdgn. for regnhændelsen.

Ligningen for linie

$$a \sim a_{16} \quad PE = 6,8 Q + 525 \quad r = 0,97$$

$$b \sim b_{11} \quad PE = 30,2 Q - 772 \quad r = 0,91$$

Antagelsen af skæring med (0,0) medfører

$$a'_{16} \quad PE = 7,5 Q$$

$$b'_{11} \quad PE = 27,1 Q$$

Såfremt den "største værdi" i begge punktgrupper udelades, og linien antages at gå gennem (0,0), fås

$$a'_{15} \quad PE = 9,2 Q \quad r = 0,89$$

$$b'_{10} \quad PE = 19,5 Q \quad r = 0,97$$

(index ved fod = antal værdier medtaget)

6. AFSTRØMNING FRA VEJAREALER

6.1 VEJAREAL - SKANDERBORG

I samleloakken, der afvander vejarealet Ladegårdsbakken, Skanderborg (som er en del af vejforbindelsen Skanderborg-Århus), blev der oprettet en målestation kaldet "Søsporten". Oplandsarealet er 75000 m^2 og består af

ca. 32000 m^2 vejbaner
ca. 12000 m^2 fortov og cykelsti
ca. 31000 m^2 grønne rabatter.

Terrænhældningen er ca. 20 ‰ .

I et mindre omfang er der tilsluttet dræn fra Skanderborg jernbanestation, men der er ikke konstateret vandtilførsel fra disse i tørvejrperioderne.

6.2 AFSTRØMNINGS- OG FORURENINGSFORHOLD

I Bilag C er angivet en samlet oversigt over måle- og analyse-resultater fra målestation "Søsporten", og i tabel 6.1 er sammenstillet de vigtigste resultater for de undersøgte regnhændelser.

Da oplandsarealet er $7,5 \text{ ha}$ kan for de undersøgte 10 regnhændelser beregnes en middelaflstrømningskoefficient på $\varphi_{\text{middel}} = 0,07$. Den maksimale middelaflstrømningskoefficient er $\varphi_{\text{max}} = 0,09$.

Det ses af tabel 6.1, middelkoncentrationen af organisk stof øges med den forudliggende tørvejrperiodes længde. Den maksimalt målte koncentration var 54 mg/l og blev registreret den 21. oktober 1975 midt under dette regnskyl, hvor intensiteten var lille ($0,01 \text{ mm/min}$).

I tabel 6.3 er vist resultaterne af en statistisk behandling af analysedata m.m..

SØSPORTEN - SKANDERBORG

Variable	Antal regnskyl, hvor den enkelte variabel er målt	Minimal middelkoncentration i et regnskyl mg/l	Maximal middelkoncentration i et regnskyl mg/l	Aritmetrisk middel-middelkoncentration for alle regnskyl mg/l	Standardafvigelse mg/l	Vandmængde-vægtet middel-middelkoncentration for alle regnskyl mg/l	Minimal belastning for et enkelt regnskyl gram	Maximal belastning for et enkelt regnskyl gram	Middel belastning for alle regnskyl gram	Standardafvigelse gram
VF	10	0,8 *	40,0 *	9,06 *	11,58 *		1,0 **	38,0 **	14,7 **	12,0 **
PE	9	3,544	40,833	26,156	13,900	30,623	21,1	1354,7	496,8	479,1
SS	5	0,057 *)	0,369 *)	0,161 *)	0,125 *)	0,247 *)	0,1 **)	10,4 **)	2,9 **)	4,3 **)
TP	5	0,258	0,969	0,484	0,290	0,696	0,4	27,2	8,0	11,0
PO	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TN	5	5,306	13,187	7,901	3,111	6,829	19,6	171,9	72,2	59,8
NO	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	4	0,100	0,843	0,369	0,340	0,530	0,6	23,7	7,5	10,9
ZN	4	0,142	0,572	0,324	0,180	0,416	0,9	16,1	5,9	6,9

* enhed l/sek - ** enhed m³

*) enhed g/l - **) enhed kg

Tabel 6.3 Statistisk behandling af koncentrationer i aflastningsvand, Søsporten, Skanderborg.

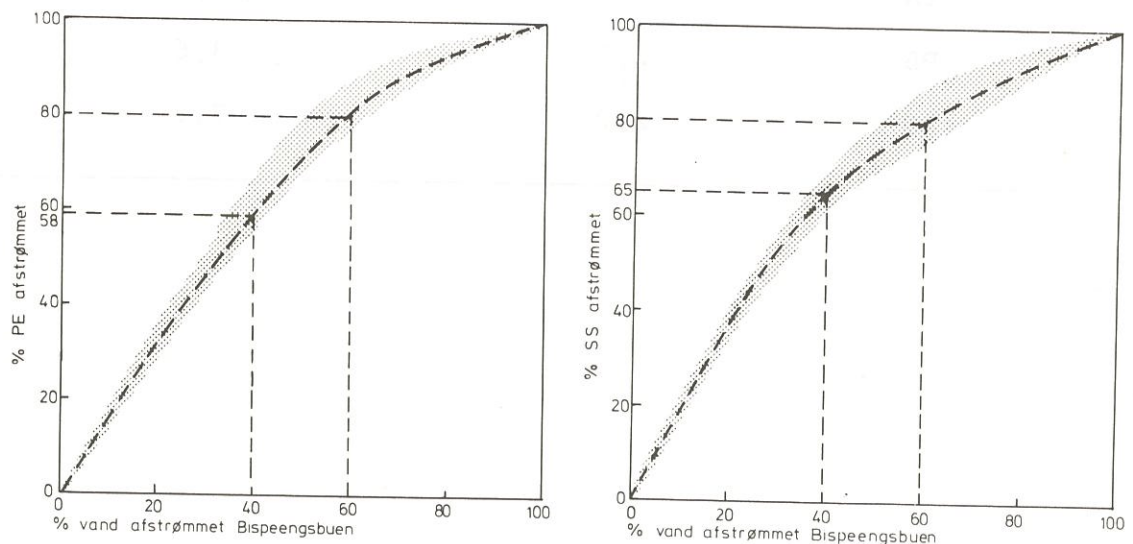
For at vurdere afstrømningskoncentrationerne med vejvand fra andre danske lokaliteter gennemførte VKI en supplerende prøvetagning fra motorvejsgaden, Bispeengsbuen, København, omfattende to regnskyl, / 6 /.

I tabel 6.4 er sammenstillet analyseresultater fra Søsporten, Bispeengsbuen og Skvætmølle-oplandet.

Det ses, at maximalværdierne kan blive meget høje. Middelværdierne for total-kvælstof, bly og zink fra Søsporten og Bispeengsbuen ligger væsentligt over de tilsvarende værdier for Skvætmølle-oplandet. Dette skyldes den høje trafikbelastning og deraf følgende forbrænding af benzin (TN og PB) og dækslid (ZN).

Tilsvarende forhold er konstateret ved målinger fra motorvejs-
gaden Bispeengsbuen, dog var sammenhængen mellem koncen-
trationer af organisk stof og kvælstof bedre her. (se BILAG A).

I bilag B er for Søsporten og Bispeengsbuen vist, hvorledes
afstrømningsforløbet af vand- og stofmængder sker ved de un-
dersøgte regnskyl. Det ses, at der ikke kan påvises et egent-
ligt "first flush" afstrømningsforløb for data fra Søsporten.
Dette skyldes, at datamaterialet er begrænset, men den væ-
sentligste forklaring er, at prøvetagningsfrekvensen (15 min.)
ved Søsporten har været for stor til en detailleret måling af
den hurtige afstrømning ved Søsporten. Betragtes figur 6.1,
der som eksempel viser afstrømningsforløbet fra Bispeengsbuen
for organisk stof og suspenderet stof ses det, at når 40% af
vandmængden har passeret, har ca. 55% af den organiske og ca.
65% af den suspenderede stofmængde passeret. Når 60% af vand-
mængden har passeret har henholdsvis ca. 80% organisk stof og
ca. 80% suspenderet stof passeret.



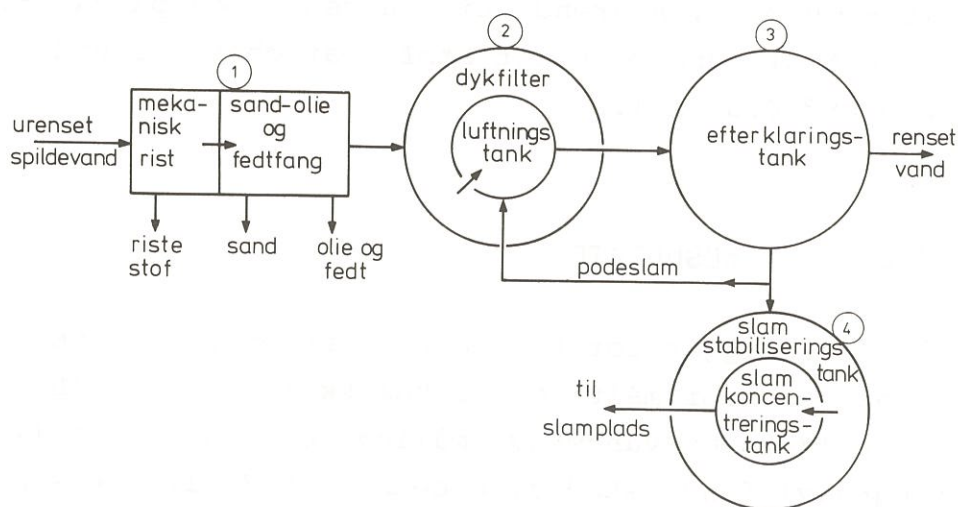
Figur 6.1 Bispeengsbuen. Fordelingen af afstrømmende
stofmængder som funktion af afstrømmende
vandmængder.

7. STOFUDLEDNING FRA RENSNINGSANLÆG UNDER REGN

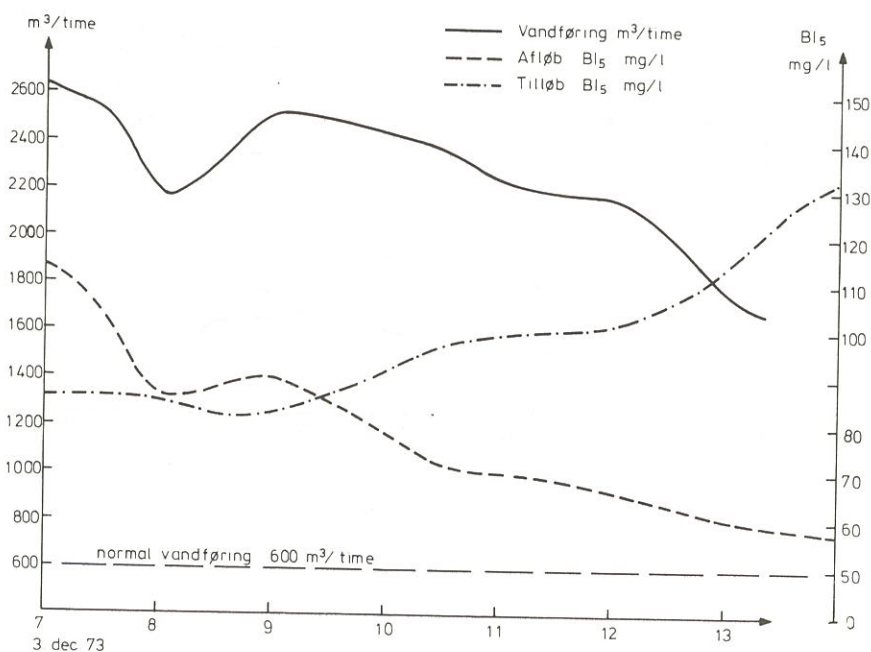
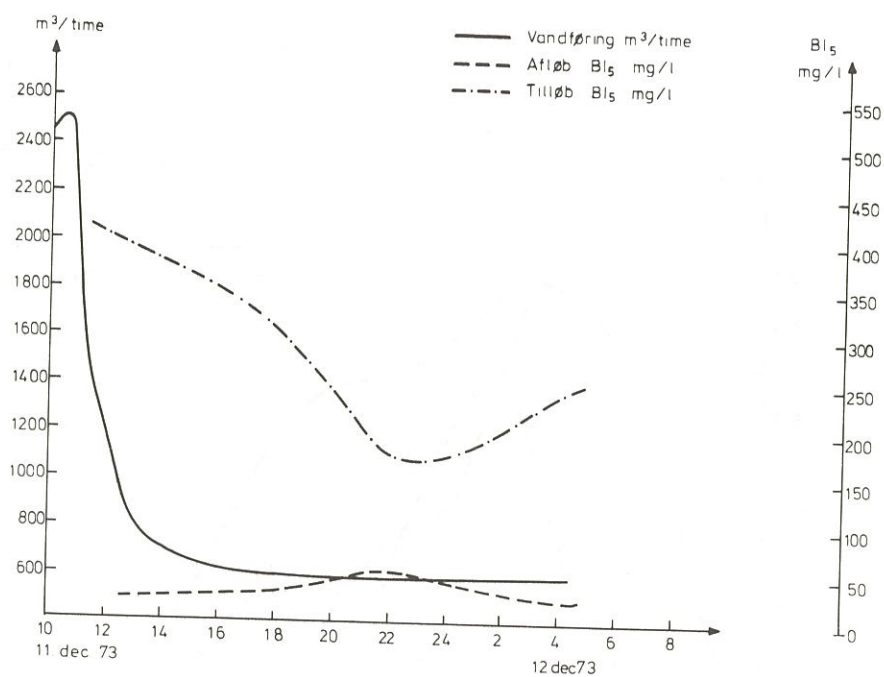
7.1 VIBORG CENTRALRENSNINGSANLÆG 1973 - 75

På Viborg kommunes centralrensningsanlæg i Bruunshåb, beliggende ca. 5 km fra Viborg by ved Nørreå, gennemførte Viborg kommune i december 1973 og i maj 1974 en række belastningsundersøgelser af rensningsanlægget under regn. Resultaterne /9/ fra disse undersøgelser blev stillet til Gudenåundersøgelsens disposition, og i forbindelse med Nørreåundersøgelsen /2/ vurderedes regnbelastningens betydning for recipienten - Nørreå. Da resultaterne ikke tidligere har været præsenteret samlet, er det skønnet rimeligt i nærværende sammenhæng at afrapportere disse.

Rensningsanlægget er dimensioneret til under tørvejr at modtage spildevandet fra 61.000 personækvivalenter, og i 1974 var anlægget i princippet opbygget, som vist i figur 7.1.



Figur 7.1 Centralrenseanlægget, Bruunshåb, Viborg. Principdiagram før 1976, (efter /9/).



Figur 7.2 Centralrenseanlægget, Bruunshåb, Viborg. Vandføringsmåling og koncentration af organisk stof, tilløb og afløb under regnafstrømning, december 1973.

Det ses, at ved regnskyllet den 3. december 1973 er prøvetagningen startet mod regnafstrømningens slutning, og afløbsvandets indhold af organisk stof har været større end 110 mg/l. I hele prøvetagningsperioden, kl. 7.00 - 15.00, er BI_5 -indholdet større end den "normale" afløbskoncentration (15 - 20 mg/l).

Ved regnsituationen den 11. december 1973 sker der en kortvarig hydraulisk men langvarig overbelastning af anlægget med organisk stof, hvilket betyder, at i ca. 15 timer er afløbsvandets indhold af organisk stof højere end den "normale" afløbskoncentration. Den maksimalt registrerede afløbssværdi var ca. 55 mg/l, målt som BI_5 . Prøvetagningen er desværre først igangsat ca. 3 timer, efter at regnafstrømningen har "toppet".

Da der ved begge regnskyl i december 1973 således ikke foreligger et dækkende analysemateriale, er der ikke gennemført stoftransportberegninger for disse.

For regnskyllet den 2. maj 1974, hvor nedbørsmængden var ca. 12 mm i Viborg by, gennemførtes prøvetagningen i takt med regnafstrømningsforløbet. På figur 7.3 er vist afstrømnings- og koncentrationsforløb (BI_5) samt mængden af bundfældeligt materiale (ml/l) i afløbsvandet.

Det ses, at vandmængden øges fra ca. $600 \text{ m}^3/\text{time}$ til maksimalt $2.400 \text{ m}^3/\text{time}$. Koncentrationen af organisk stof i tilløbsvandet ligger på stort set samme niveau (280 mg/l) under regnafstrømningens første time. Da vandmængden i dette tidsrum øges jævnt fra $600 \text{ m}^3/\text{time}$ til $2.200 \text{ m}^3/\text{time}$, er der tale om en væsentlig forøgelse af den samlede stoftilførsel. Stoftransporterne er vist i figur 7.4.

Efter at vandføringen har "toppet", aftager tilløbsvandets koncentration i takt med tiden og til dels afstrømningen. Der er således tale om en "first flush" effekt, bestående af en "spuling" af dels flader og veje og dels af ledningssystemet. I den sammenhæng kan det oplyses, at samleledningen mellem Viborg by og centralrensningsanlægget er ca. 5 km lang, og middelhældningen er $0,75 \text{ ‰}$. Der tilføres normalt rensnings-

anlægget ca. 160 kg organisk stof (BI_5) pr. time, men på grund af spulingseffekt i ledningssystemet samt tilførslen af organisk stof med regnvandet er der en nedbørsinduceret forøgelse i stoftilførslen på i alt 1.000 kg BI_5 i en fire timers periode. I maksimaltiden er stoftilførslen ca. 600 kg BI_5 /time, det vil sige fire gange normalbelastningen.

Afløbskoncentrationerne (figur 7.3) viser et voksende indhold af organisk stof, og den højest målte afløbskoncentration er $BI_5 = 200$ mg/l, som optræder kl. 13.15, ca. 15 minutter efter at maksimalvandmængden er nået. I ca. 1 time her efter (kl. 13.15 - 14.15) er indholdet af organisk stof i afløbet større end koncentrationen i det tilførte regn- og spildevand, idet dog koncentrationskurverne for tilløb og afløb begge er faldende. Betragtes kurven for bundfældeligt materiale i afløbsvandet, ses det, at der kl. 11.45 ved en vandmængde på ca. 1.400 m^3 /time, hvor middelopholdstiden i efterklaringstanken er ca. 1 time og 40 minutter, begynder en slamudskylning (slamflugt). Slamflugten når sin maksimale værdi kl. 13.45, det vil sige en time efter at maksimalværdierne er nået, og maksimalslamindholdet er 4 mg/l. (Den samlede mængde bundfældeligt materiale, der i løbet af fem timer forlader anlægget, er ca. 21 m^3).

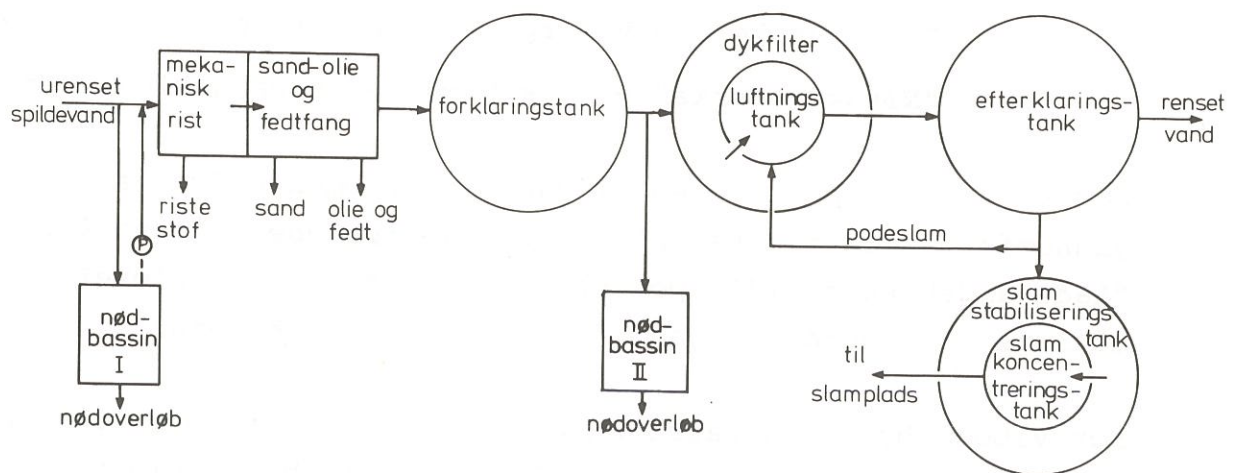
På grundlag af stoftransportkurverne, figur 7.4, kan mængderne af vand og stof opgøres, og værdierne er angivet i tabel 7.1.

Resultaterne, angivet i det foregående, viser, at der således er tale om en dels hydraulisk og dels stofmæssig overbelastning af centralrenseanlægget under regn. På grund af den hydrauliske overbelastning reduceres bundfældningskapaciteten, og der sker en udspuling af aktiveret slam fra efterklaringstanken. Det kan dog ikke afgøres, i hvor høj grad bundfældeligt materiale fra det tilførte regn- og spildevand føres med gennem anlægget og uomsat ledes ud i afløbet. Men det skønnes, at dette sker i et vist omfang, blandt andet fordi maksimaltransporten af slam indtræffer

Betydningen af sådanne stødbelastninger er vurderet for recipienten Nørreå /2/. idet der som eksempel er foretaget en simplificeret beregning af iltforholdene i åen, baseret på stødbelastningen ved en delvis simuleret regnsituation, hvor stofudledningen øges ca. 20 gange i en otte-timers periode. Beregningerne viser, at der over en længere strækning af åen (2 - 4 km) vil opstå alvorligt iltsvind, således at iltindholdet vil være mindre end 1 mg O_2 /l i en otte-timers periode. Da stofudledningen ved regnskyllet den 2. maj 1974 var større, men totalt af samme varighed som den simulerede regnsituation, må det skønnes, at regnsituationen den 2. maj 1974 vil kunne give analoge iltsvindsforhold i Nørreå.

7.3 VIBORG CENTRALRENSNINGSANLÆG, 1977.

Med baggrund i den uhensigtsmæssige udformning af centralrensningsanlægget har Viborg kommune gennemført en ombygning af rensningsanlægget. Dette er i dag udvidet med en forklarings-tank samt to "nød-bassiner" for oliespild, der også kan tjene som sparebassiner for regnafstrømning. Den nuværende opbygning fremgår af skitsen figur 7.5.



Figur 7.5 Centralrenseanlæg, Bruunshåb, Viborg. Principdiagram 1977.

Med den nuværende udformning af anlægget og udnyttelse af bassinerne må det antages, at der ikke indtræffer tilsvarende ekstreme stofudledninger og dermed stødbelastninger af recipienten under regn.

Nedbørs- og afstrømningsmålinger for de øvrige oplande er gennemført periodevis.

Prøvetagning og analysering er gennemført stikprøvevis i alle oplandene og med størst intensitet i "Sønder Ege" (44 regnskyl) og "Skvætmølle" (27 regnskyl).

8.2 MÅLINGERNES TEKNIK

Efter udvælgelse af egnede måleoplande er i en nedgangsbrønd umiddelbart uden for oplandet etableret en målestation. I målestationen er opstillet et sammensat måleoverfald med tilhørende højdemåling (flyder samt skriverenhed). Prøveudtagningen er gennemført med automatisk fraktionsudtagning (hvert 15. minut) af vandprøver med slangepumpe, der aktiveredes via en niveauekontakt ved regnafstrømning.

Nedbørsmålinger er så vidt muligt udført med regnmåler med skriver opstillet inden for det enkelte måleopland.

De indsamlede data fra nedbørs- og afstrømningsmålingerne foreligger som kurveudskrifter. Disse er behandlet manuelt og overført til EDB for de regnskyl, hvor en videre behandling har været ønskelig af hensyn til nærværende rapportering.

Samtlige analysedata er ligeledes overført til EDB og behandlet under eet med nedbørs- og afstrømningsdata.

8.3 RESULTATER OG KONKLUSIONER

8.3.1 AFLASTNINGSVAND - SØNDER EGE, RY, (fællessystem)

Der er i 1974 aflastet i alt 7.800 m^3 vand ved i alt 83 aflastninger. Nedbøren var 680 mm. I 1975 aflastedes i alt 5.200 m^3 vand ved 57 aflastninger, nedbøren var 420 mm. Aflastning kan

idet mængderne "fordeles" på oplandet. Fosforbelastningen svarer stort set til den tilsvarende belastning fra landbrugsområder i Gudenåoplandet. Kvælstofbelastningen er overraskende lav, idet denne for Gudenåoplandet er ca. 7 - 25 kg N/ha/år.

For udledningen af organisk stof er denne vurderet ved den maksimale udledning over en 15 minutters periode. I alt var stofudledningen (COD_{perm}) 5 g/sek svarende til udledningen af urensset spildevand fra ca. 1.200 personer.

8.3.2 "NØRREMARKEN", VIBORG, OG "SKVÆTMØLLE", SKANDERBORG, (separatsystemer)

I de to måleoplande var årsnedbøren og antal regnskyl i 1975 således:

Nørremarken	545 mm fordelt på ca. 180 regnskyl
Skvætmølle	442 mm fordelt på ca. 120 regnskyl.

For de undersøgte regnskyl vurderedes sammenhængen mellem en række analysevariable. Der er konstateret god sammenhæng mellem koncentrationer af:

suspenderet stof og fosfor
suspenderet stof og bly
samt organisk stof og kvælstof.

Sammenhængen mellem organisk stof og fosfor var mindre god. Desuden viste målingerne, at der var et tydeligt "first flush" udskylningsforløb, således at når 40% af afstrømningen var sket, var 50-60% af stofmængderne passeret. Denne afstrømning skete inden for den første trediedel af afstrømningstiden.

Dette betyder, at såfremt man ønsker at reducere udledningen af fosfor og bly samt tildels organisk stof og kvælstof, vil en tilbageholdelse af suspenderet materiale være en rationel metode.

Kvælstofbelastningen er på niveau med belastningen fra Gudenå-landbrugsarealer.

Den maksimale registrerede udledning af organisk stof (COD_{perm}) svarede til 14 kg i den første time. Sammenlignes denne udledning med udledningen af organisk stof fra et biologisk rensningsanlæg, svarer dette til en udledning af biologisk rensset vand fra ca. 25.000 personer.

Den maksimale registrerede udledning af organisk stof fra Nørre-marken svarede til udledning af biologisk rensset vand fra ca. 9.000 personer.

Der kan således fra separatsystemerne tilføres recipienterne store mængder forurenede stoffer. Næringsstofbelastningen er for fosfor ca. 3-10 gange så stor som landbrugsarealernes bidrag, og kvælstofbelastningen er på samme niveau. Kortvarige udledninger af organisk stof kan optræde som meget kraftige stødbelastninger. Hvorledes den enkelte recipient reagerer herpå afhænger naturligvis af recipientens størrelse og dynamik, og stødbelastningseffekten bør således vurderes i hvert enkelt recipienttilfælde.

8.3.3 AFSTRØMNING FRA VEJAREALER

De gennemførte undersøgelser af afstrømmende vejvand ved Søsporten - Skanderborg og Bispeengsbuen, København, gav følgende maksimale koncentrationsværdier:

mg/l	"Søsporten"	"Bispeengsbuen"
organisk stof (COD_{perm})	54	91
fosfor	1,9	3,5
kvælstof	15	14,7
suspenderet stof	590	1400
bly	1,6	6,4
zink	0,8	3,3

at stofudledningen af organisk stof (BI_5) fra rensningsanlægget steg fra 12 kg/time til 480 kg/time,

at afløbskoncentrationen af organisk stof (BI_5) øgedes fra normalt ca. 20 mg/l til maksimalt 200 mg/l. Afløbsindholdet af bundfældeligt materiale steg fra ca. 0 til maksimalt 4 ml/l.

Undersøgelsen viste således, at der under regn dels skylles organisk stof af flader og veje og dels spules sedimenteret materiale ud af kloakledningerne. Den samlede ekstra mængde organisk stof svarede til ca. 1.000 kg (målt som BI_5) i en fire timersperiode.

På grund af en hydraulisk overbelastning af anlægget udspuledes aktiveret slam, hvilket konstateredes i indholdet af bundfældeligt materiale. Det høje indhold af organisk stof i afløbet skyldes dels nedsat rensningsevne for anlægget som helhed på grund af den hydrauliske og stofmæssige overbelastning, dels det øgede indhold af bundfældeligt stof i form af aktiveret slam.

I forhold til udledningen under tørvejr - 12 kg BI_5 /time - udledtes der på grund af regnbelastningen 1.200 kg organisk stof i en 5 timers periode og i maksimal timebelastningssituationen var udledningen 400 kg BI_5 /time.

I maksimalbelastningstimen udledtes således 33 gange så meget organisk stof som under normale forhold (tørvejr).

For recipienten Nørreå er det beregnet, at en sådan forureningsudledning vil medføre, at iltindholdet bliver mindre end 1 mg O_2 /l i otte timer ca. 2 - 4 km nedstrøms renseanlægget.

Centralrensningsanlægget blev i 1976 bygget om, således at der i dag ikke skulle kunne indtræffe tilsvarende stofudledninger under regn.

9. REFERENCELISTE

- /1/ Vandkvalitetsinstituttet, ATV:
Spildevandsundersøgelser. Gudenåundersøgelsen
1973-75. Gudenåudvalget 1976.
- /2/ Vandkvalitetsinstituttet, ATV:
Nørreå-undersøgelsen. Gudenåundersøgelsen
1973-75. Gudenåudvalget 1976.
- /3/ Vandkvalitetsinstituttet, ATV:
Interkalibreringsrapport. Gudenåundersøgelsen
1973-75. (Ikke offentliggjort).
- /4/ Levnedsmiddelkontrollen, Silkeborg:
Cand.pharm. T. Skov, personlig kommunikation.
- /5/ NIVA m.fl.:
Forurensning i overvann.
PRA 4.7 0-57/74. Oslo 1976.
- /6/ Heise, Poul B., Vandkvalitetsinstituttet, ATV
& Teknisk Forvaltning, Birkerød:
Hvad sker der, når en by tager bad ?
Særtryk af Stads- og Havneingeniøren 8, 1977.
- /7/ Vandkvalitetsinstituttet, ATV:
Stoftransportundersøgelser. Gudenåundersøgelsen
1973-75. Gudenåudvalget 1976.
- /8/ Malmquist, Per-Arne & Gilbert Svensson:
Sammanställning av utförda dagvatten-undersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972.
Geohydrologiska Forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande nr. 11, Göteborg 1974.
- /9/ Viborg kommune:
Ing. Leo Dam, personlig kommunikation.

Foruden refererede henvisninger kan der henvises til følgende referencer vedrørende emnet regnvandsafstrømning:

NORDFORSK:

Sjunde nordiska symposiet om Vattenforskning, Jyväskylä.
Dagvatten, 1972.

Leif Johansen:

Afledning af regnvand.

Spildevandskomiteen og Vandkvalitetsinstituttet, ATV, 1974.

Lager, A og Smith, W.G.:

Urban storm water manegment and Technology - an assesment.
EPA-670/2-74-040, USA, 1974.

Whipple, William:

Urbanization and water quality control.

Proc. 20, American Water Resources Association, 1975.

Overvannsteknologi:

21.-23. marts 1977.

Norske Sivilingeniørers Forening, 1977.

Harremoës, P.:

Betydningen af forurening fra regnafstrømning for valg af urbane afløbssystemer. - En oversigt over nordisk litteratur og vurdering af status.

NORDFORSK-symposium, Røros, 1977.

B I L A G A

KORRELATION MELLEM KONCENTRATIONER AF:

SUSPENDERET STOF OG TOTAL FOSFOR

SUSPENDERET STOF OG TOTAL BLY

ORGANISK STOF (COD PERM) - TOTAL FOSFOR

ORGANISK STOF (COD PERM) - TOTAL KVÆLSTOF

FOR FØLGENDE LOKALITETER:

NØRSKOVBAKKE - SILKEBORG

SKVÆTMØLLE - SKANDERBORG

VIBORG - NØRREMARKEN

SØSPORTEN - SKANDERBORG

VIBORG - SKVÆTMØLLE - NØRSKOVBAKKE

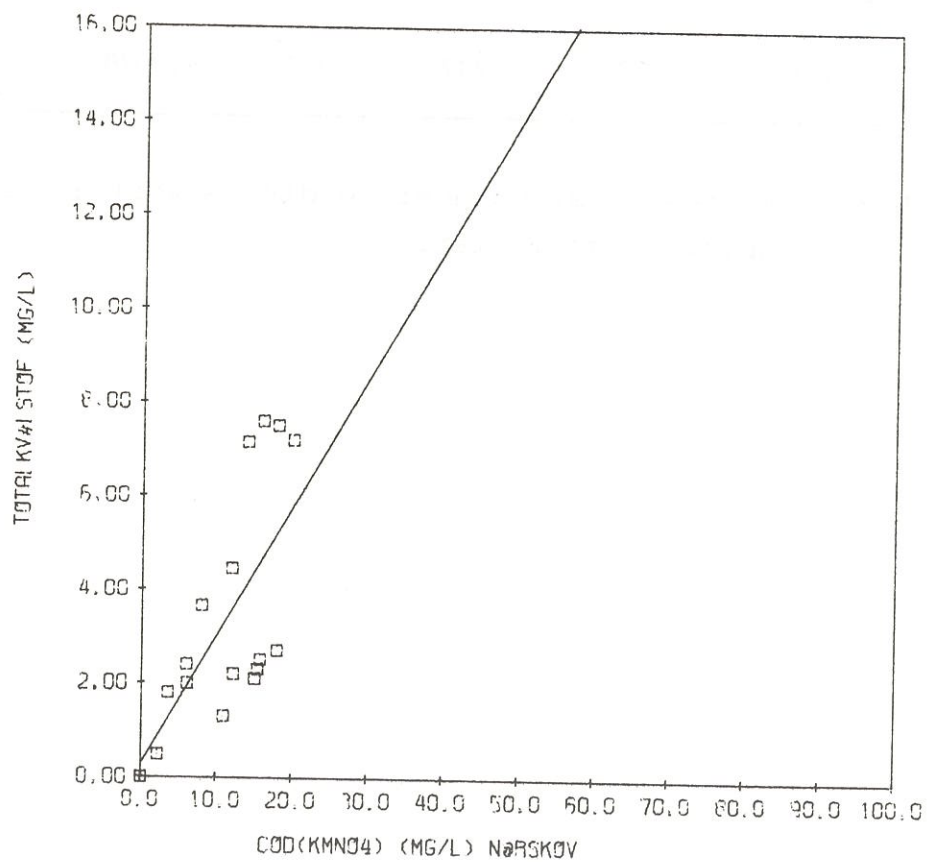
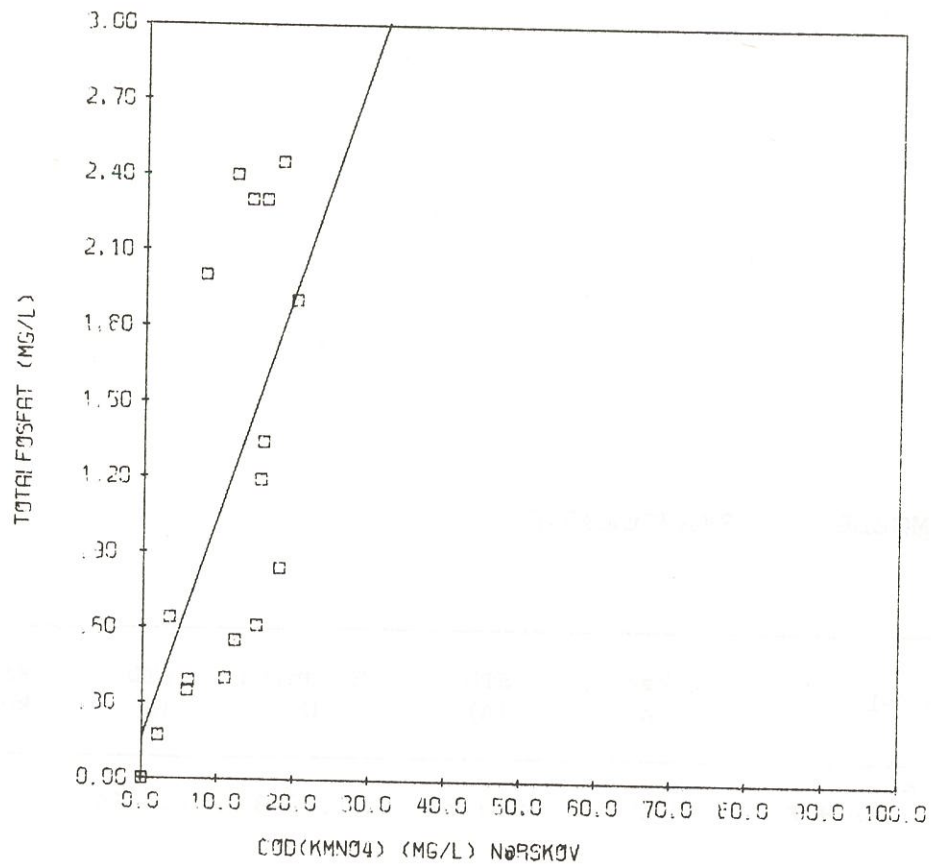
VIBORG - SKVÆTMØLLE - NØRSKOVBAKKE - SØSPORTEN

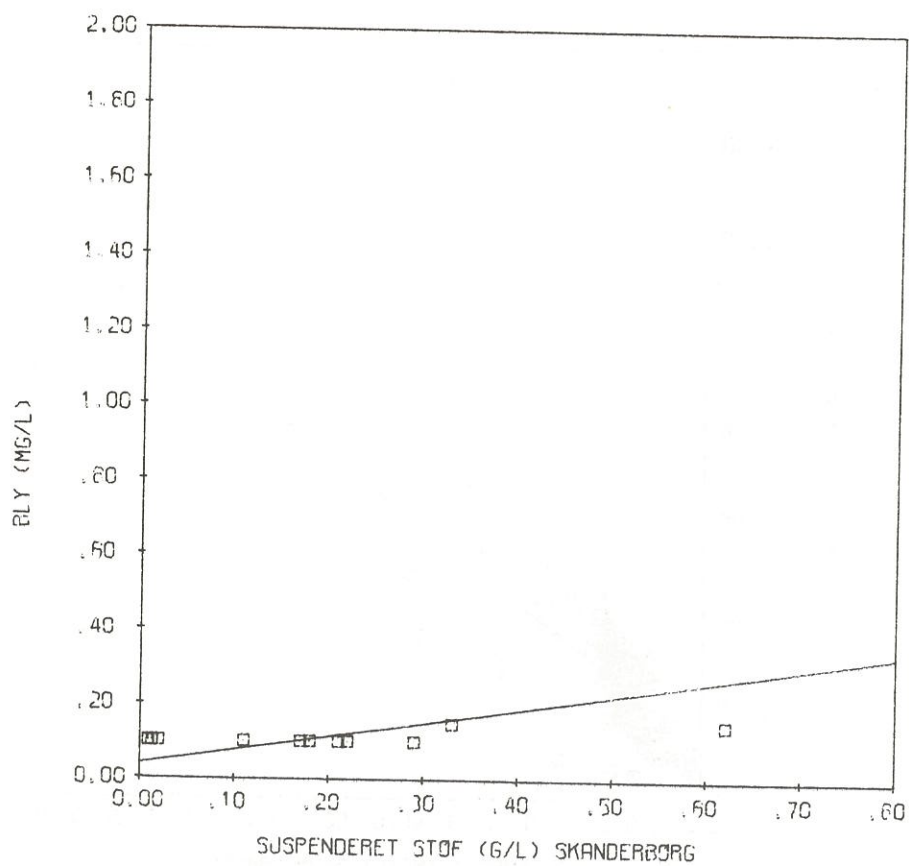
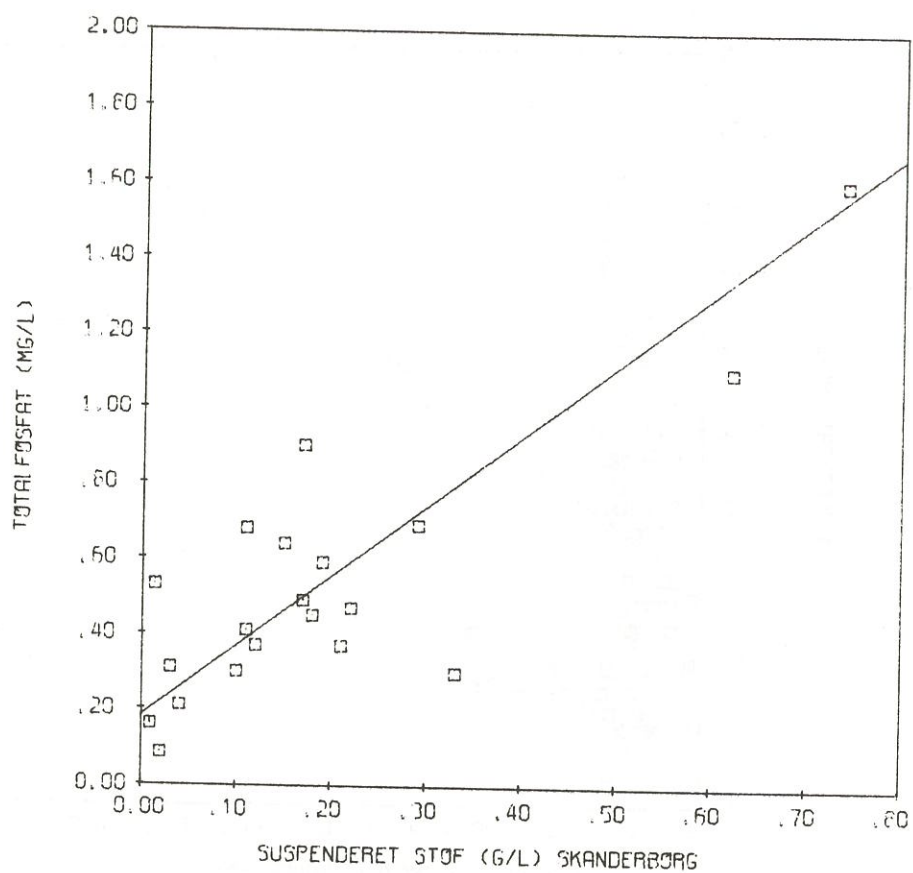
BISPEENGSBUEN - KØBENHAVN

NØRSKOVBAKKE - SILKEBORG

Model	Afskæring A	STD (A)	Hældning H	STD (H)	Korrelations- koefficient
TP = H · SS + A	0,1911 [*]	0,2477	4,3542	1,8854	0,69
PB = H · SS + A	- 0,0035 [*]	0,0549	2,1326	0,4180	0,90
TP = H · PE + A	0,1466 [*]	0,3771	0,0896	0,0294	0,62
TN = H · PE + A	0,2268 [*]	1,0165	0,2762	0,0794	0,67

Tabel A 1 Regressionsligninger og disses koefficienter for udvalgte variabler.

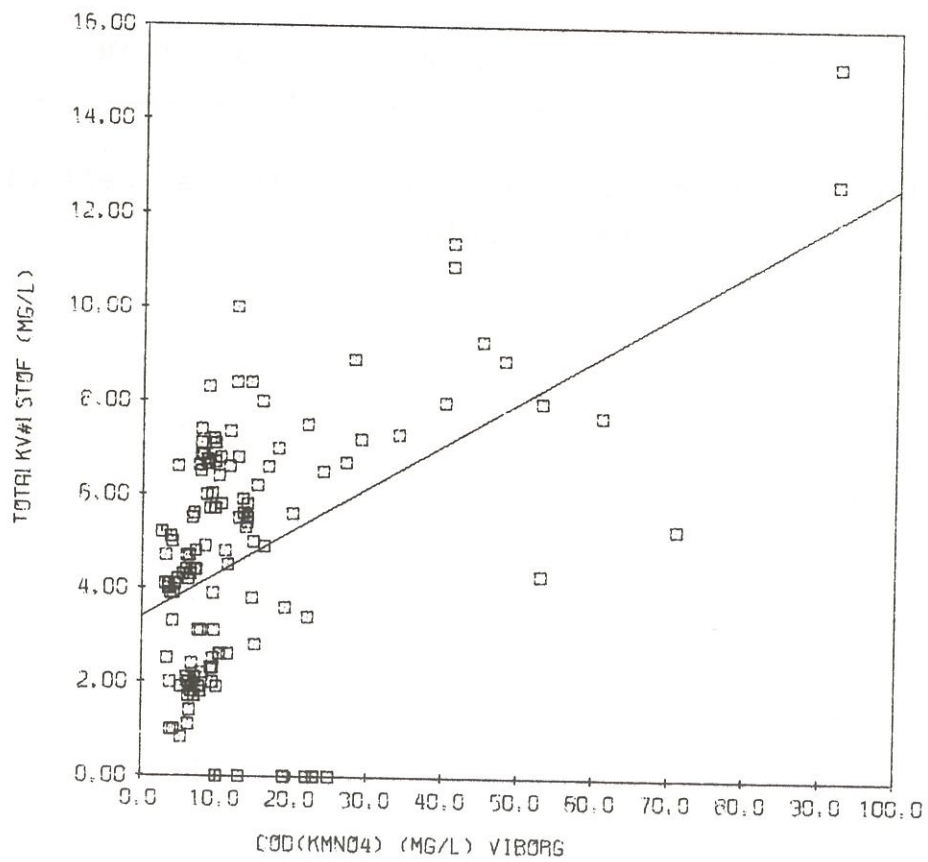
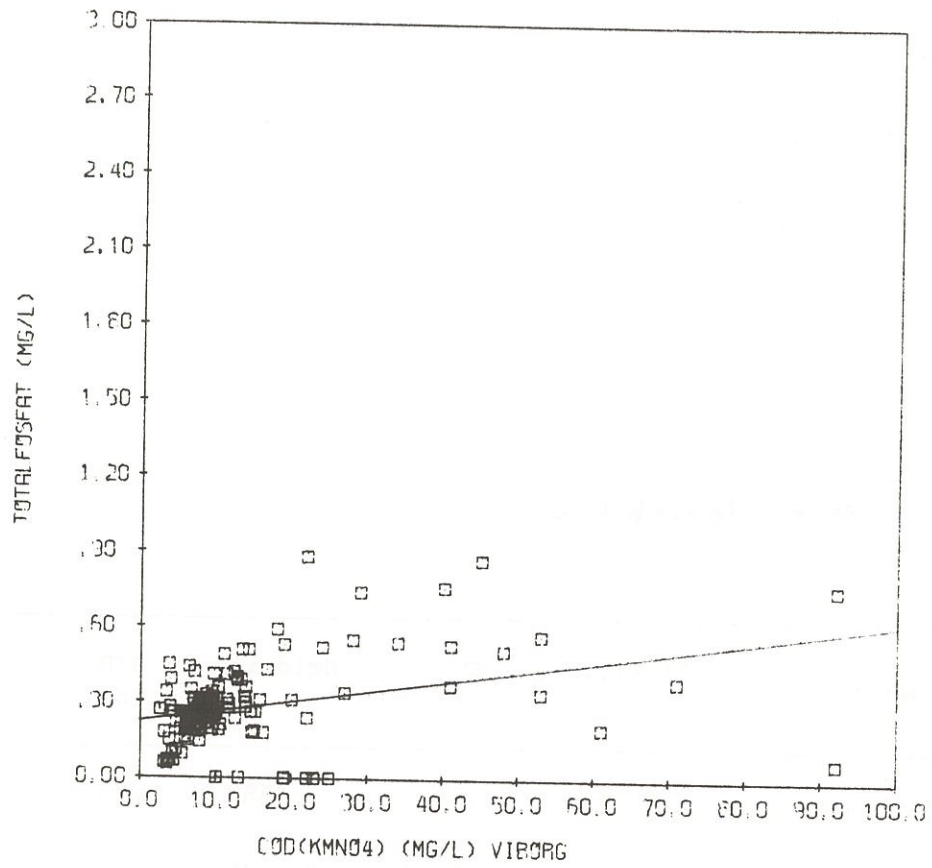


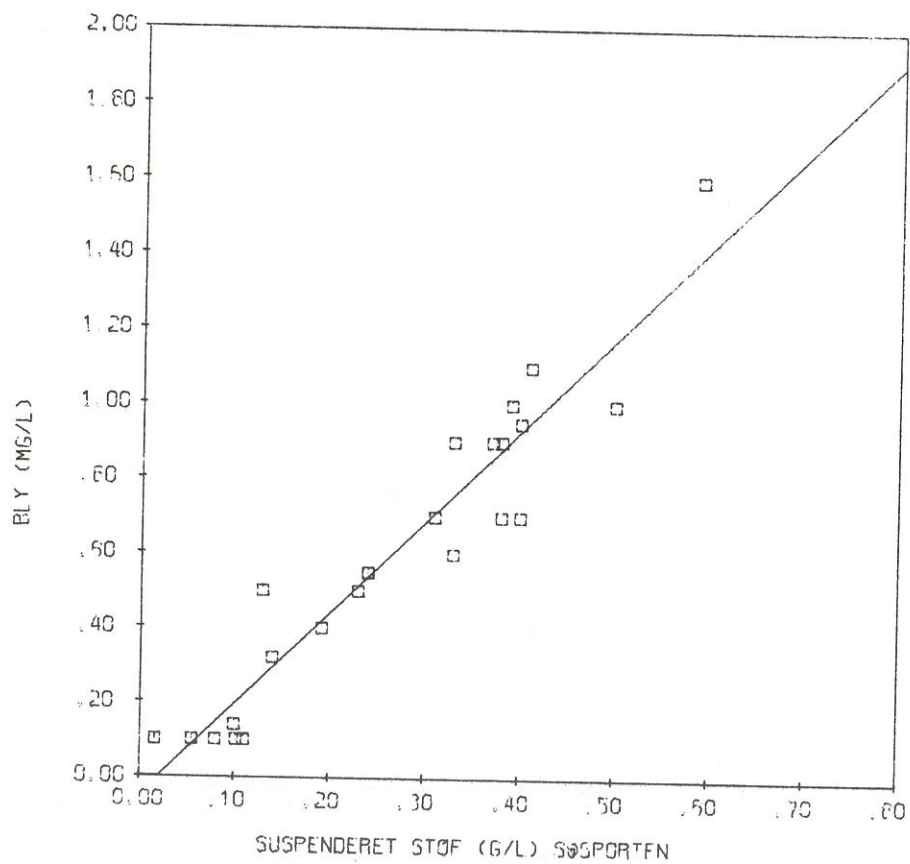
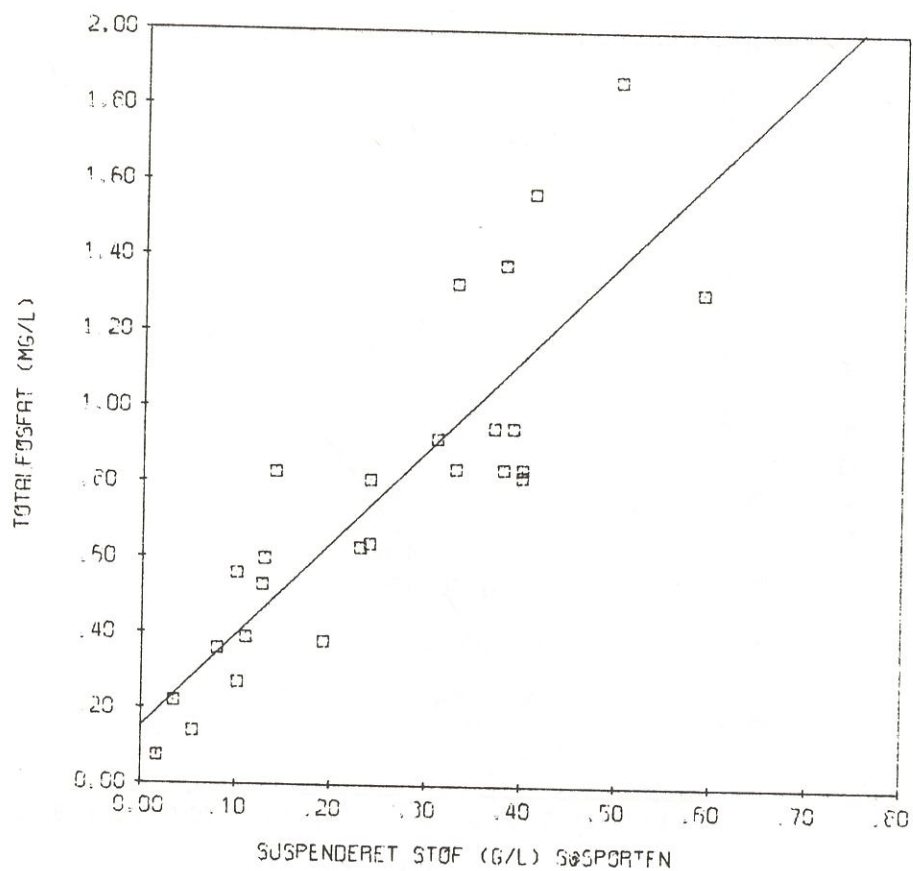


VIBORG - NØRREMARKEN

Model	Afskæring A	STD (A)	Hældning H	STD (H)	Korrelations- koefficient
$TP = H \cdot SS + A$	0,1669	0,0265	1,5189	0,2192	0,67
$PB = H \cdot SS + A$	0,0143	0,0080	0,1775	0,0700	0,34
$TP = H \cdot PE + A$	0,2246	0,0193	0,0040	0,0009	0,36
$TN = H \cdot PE + A$	3,3817	0,2937	0,0925	0,0138	0,51

Tabel A 3 Regressionsligninger og disses koefficienter for udvalgte variabler.

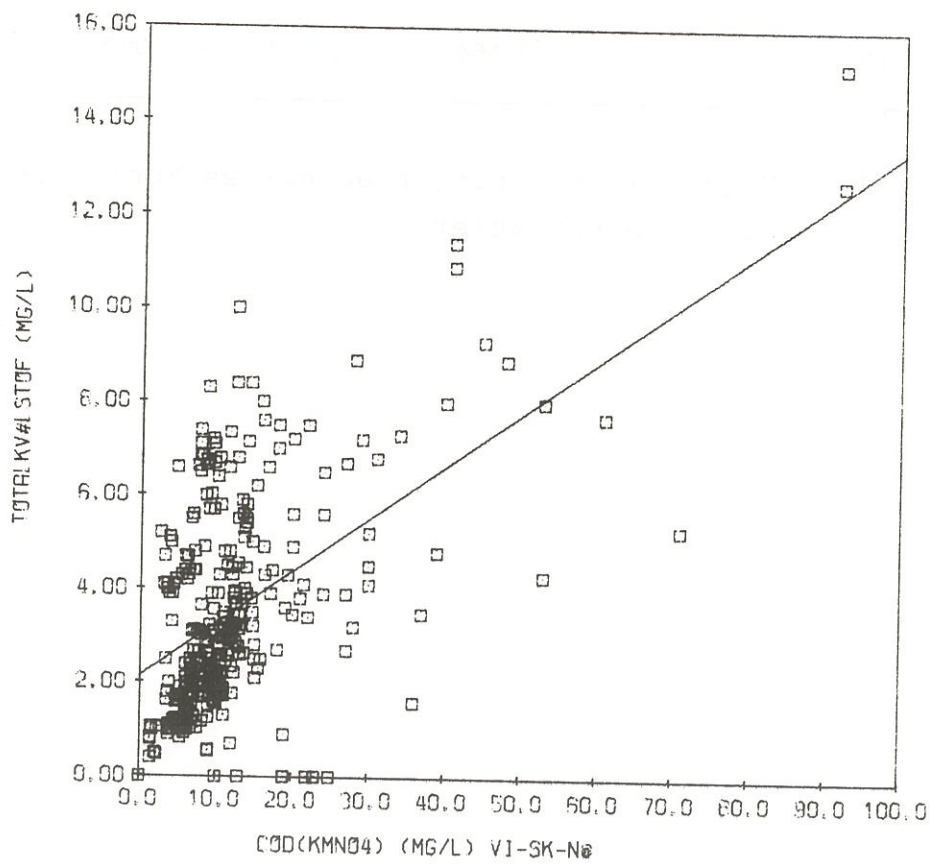
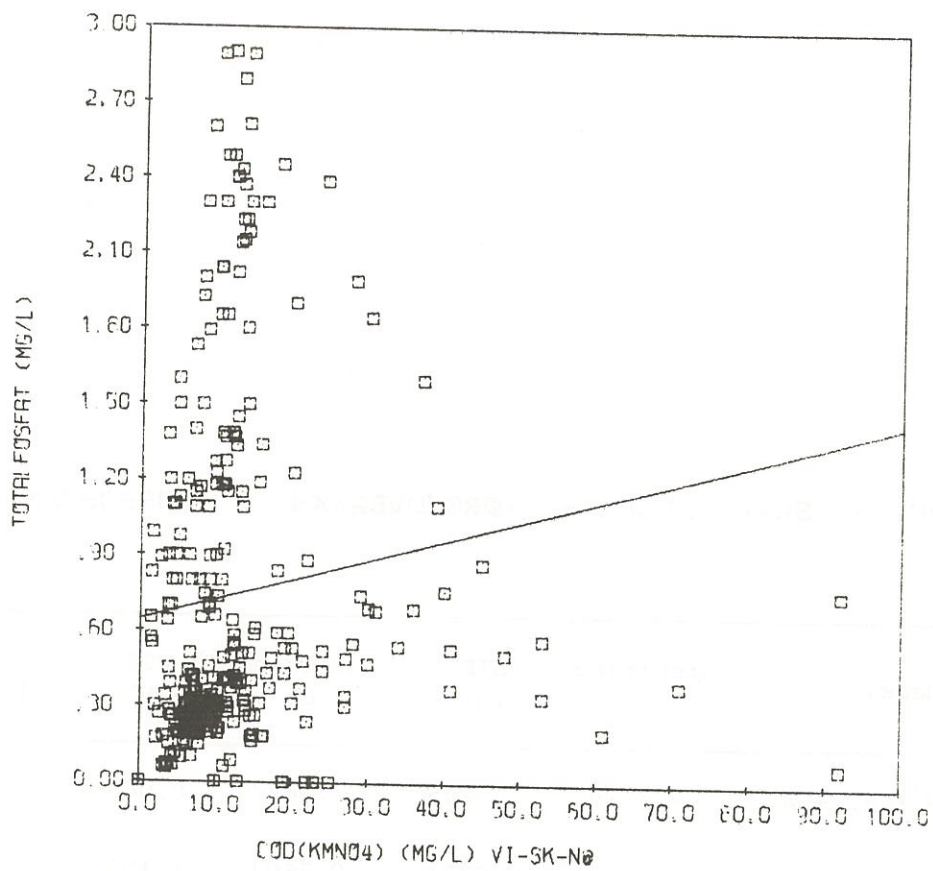


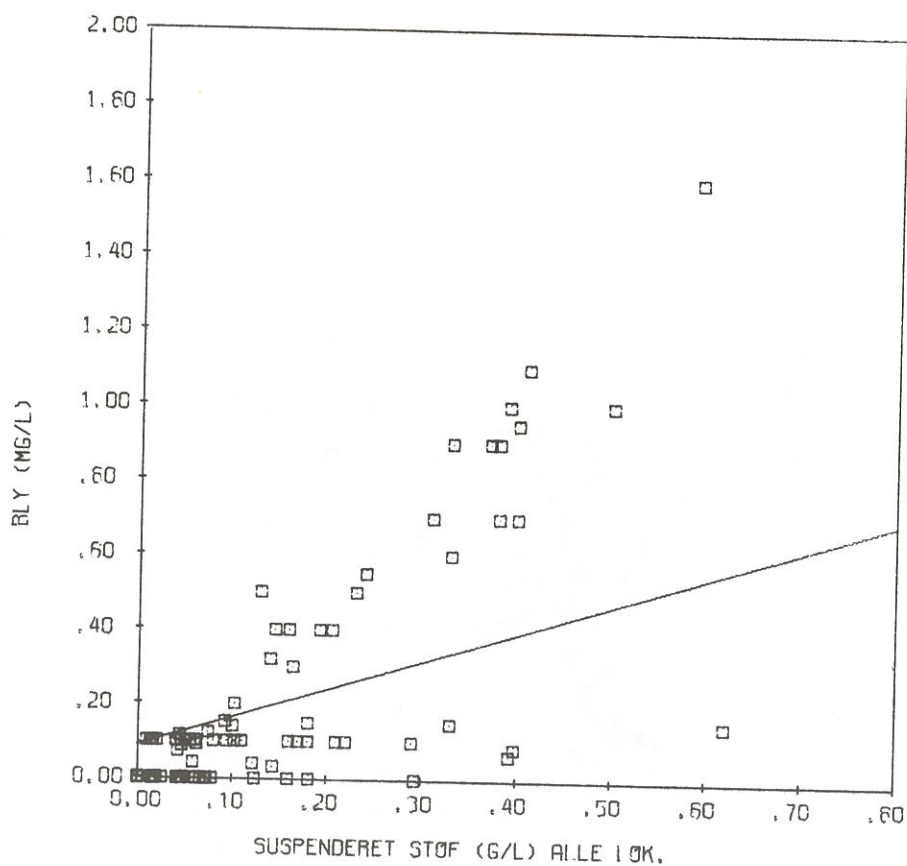
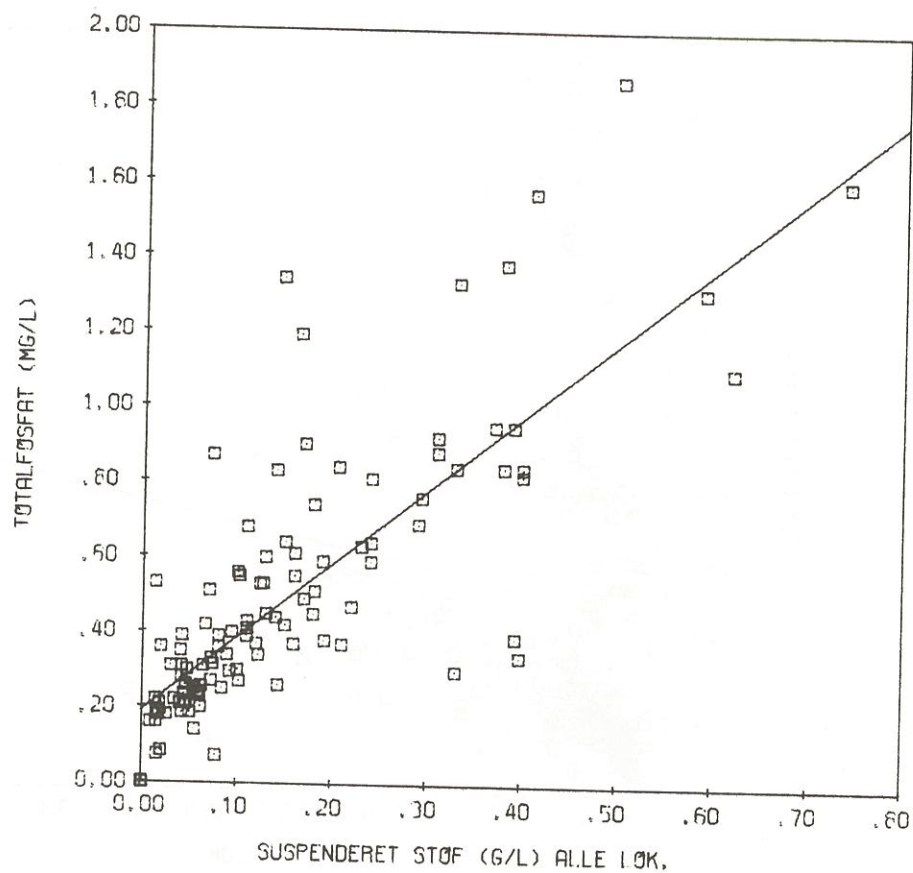


VIBORG - SKVÆTMØLLE - NØRSKOVBAKKE

Model	Afskæring A	STD (A)	Hældning H	STD (H)	Korrelations- koefficient
$TP = H \cdot SS + A$	0,1790	0,0245	1,8656	0,0866	0,92
$PB = H \cdot SS + A$	0,0291	0,0116	0,3836	0,0386	0,77
$TP = H \cdot PE + A$	0,6452	0,0619	0,0079	0,0034	0,14
$TN = H \cdot PE + A$	2,1353	0,1713	0,1125	0,0093	0,58

Tabel A 5 Regressionsligninger og disses koefficienter for
udvalgte variabler.

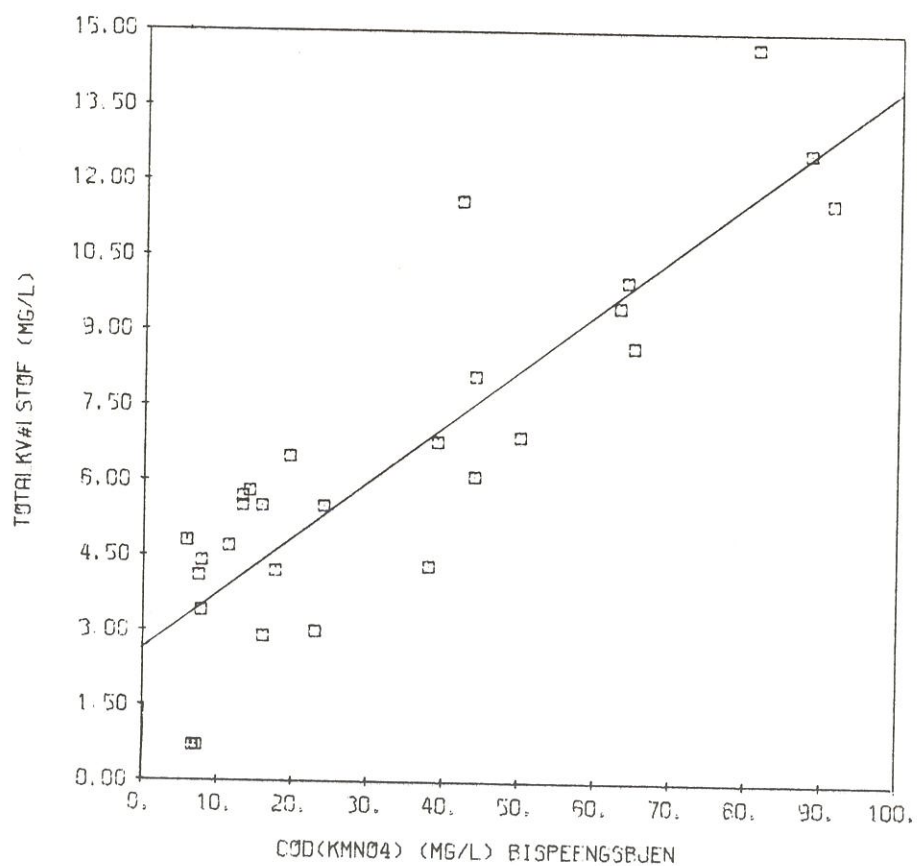
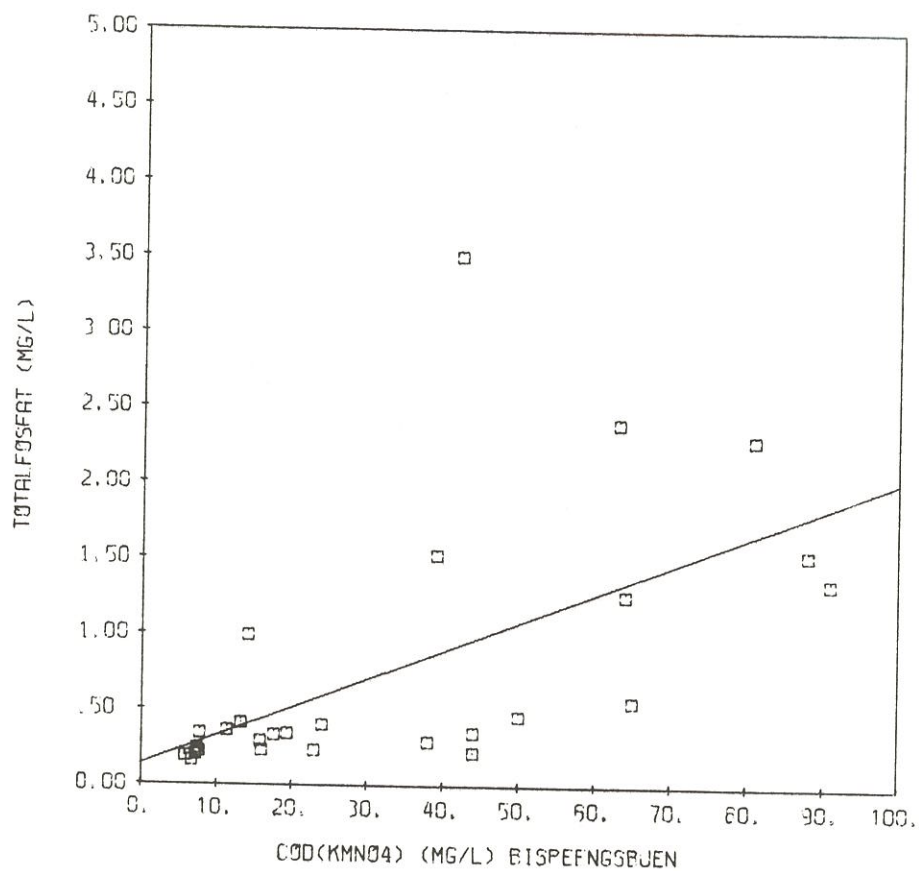




BISPEENGSBUEN - KØBENHAVN

Model	Afskæring A	STD (A)	Hældning H	STD (H)	Korrelations- koefficient
$TP = H \cdot SS + A$	0,13	0,05	2,48	0,11	0,98
$PB = H \cdot SS + A$	0,26	0,09	4,59	0,20	0,98
$TP = H \cdot PE + A$	0,13	0,20	0,19	0,01	0,60
$TN = H \cdot PE + A$	2,69	0,53	0,11	0,01	0,87

Tabel A 7 Regressionsligninger og disses koefficienter for udvalgte variabler.



B I L A G B

STOFAFSTRØMNINGSMÆNGDER (%) SOM FUNKTION AF
AFSTRØMMET VANDMÆNGDE (%) OG AFSTRØMNINGSTID (%)

ANGIVET FOR MÅLEOPLANDENE:

NØRSKOVBAKKE - SILKEBORG

SKVÆTMØLLE - SKANDERBORG

VIBORG - NØRREMARKEN

SØSPORTEN - SKANDERBORG

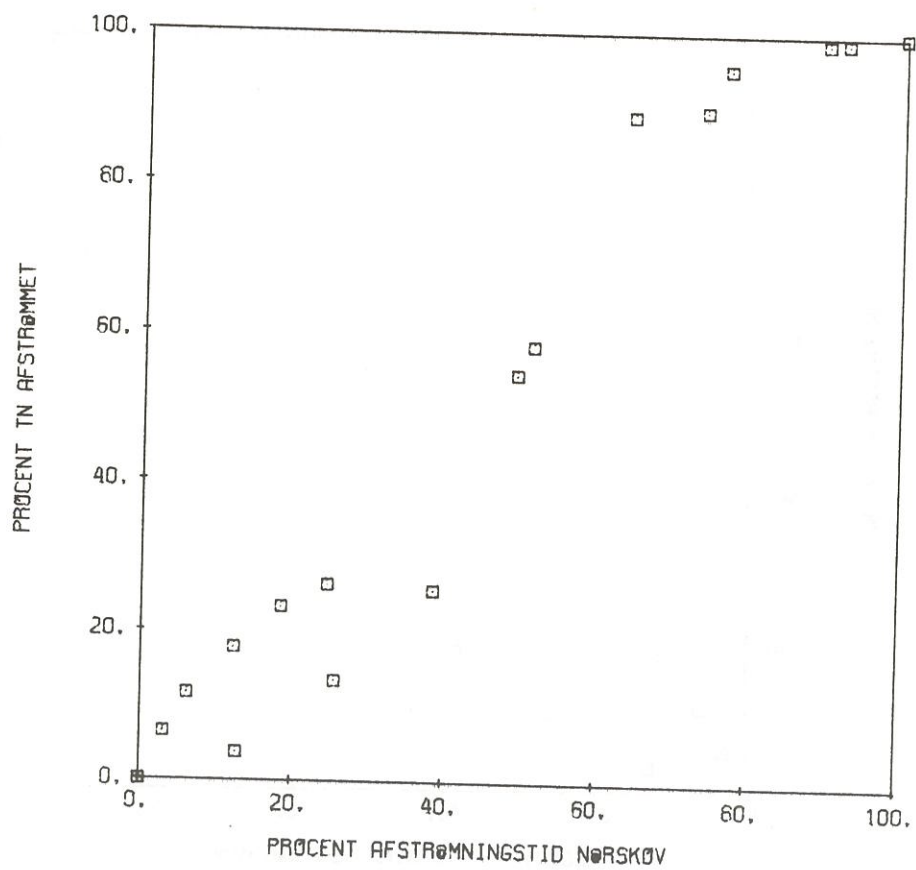
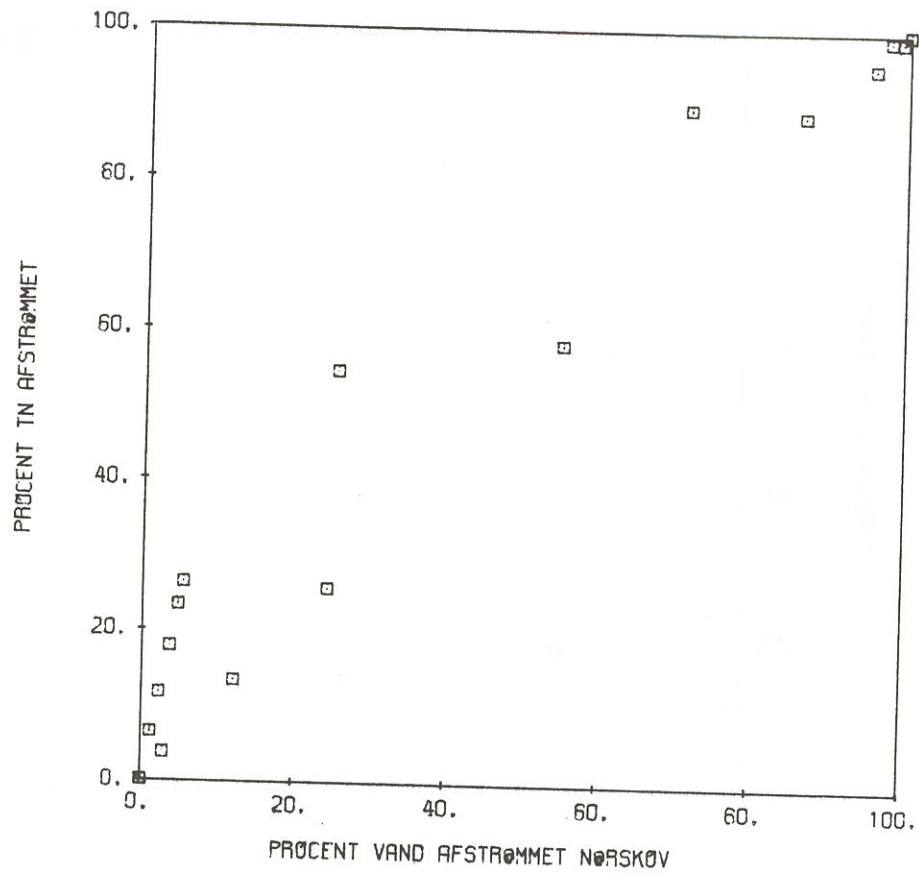
VIBORG - SKVÆTMØLLE - NØRSKOVBAKKE

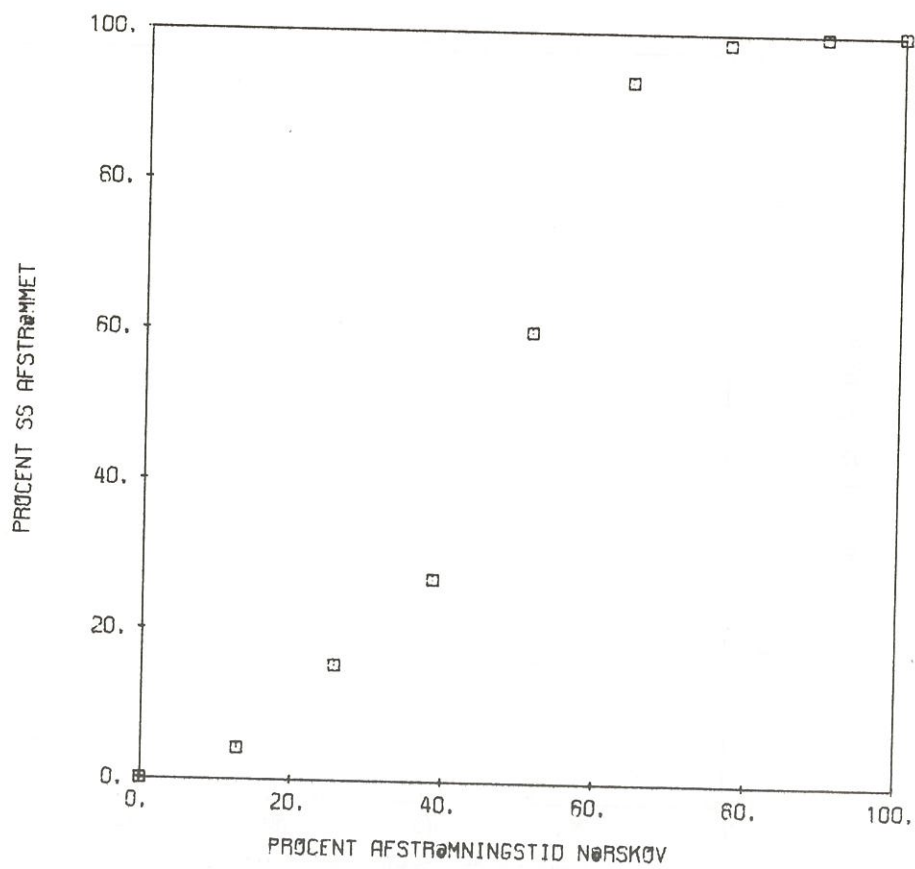
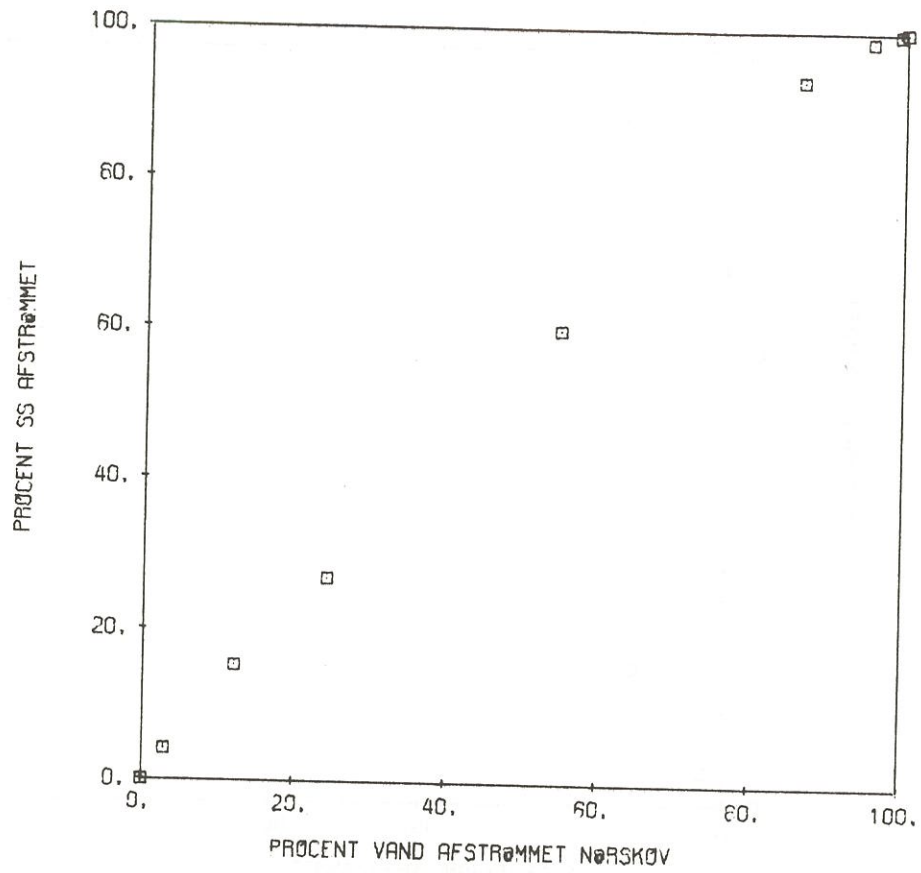
VIBORG - SKVÆTMØLLE - NØRSKOVBAKKE - SØSPORTEN

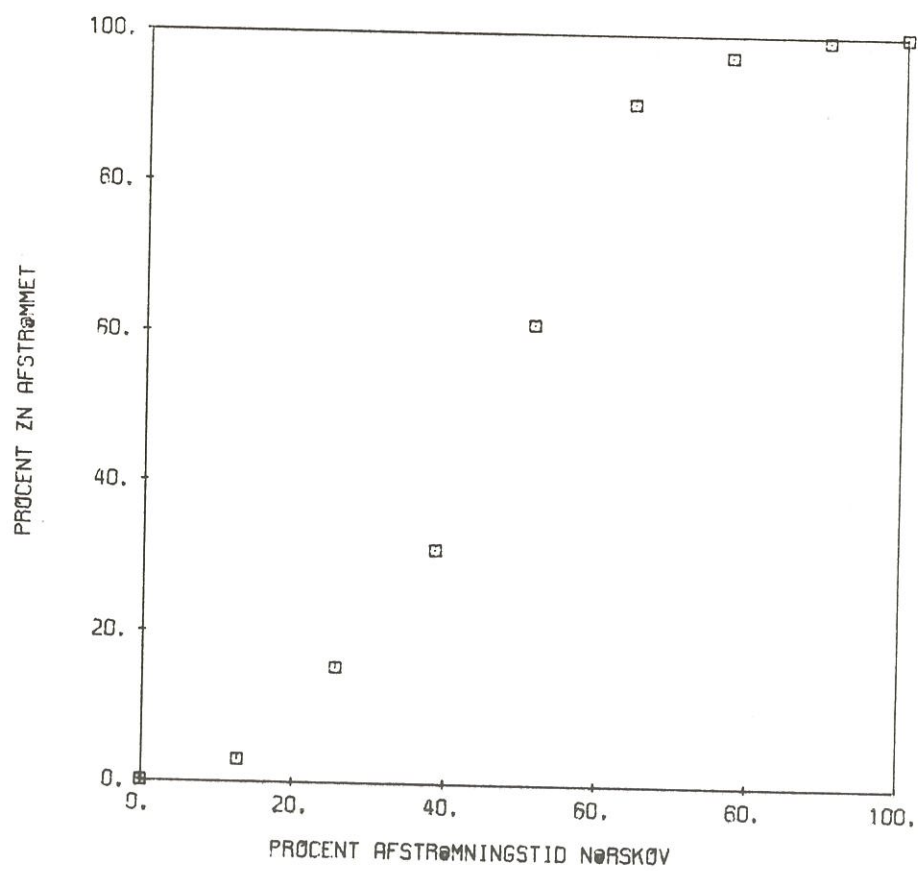
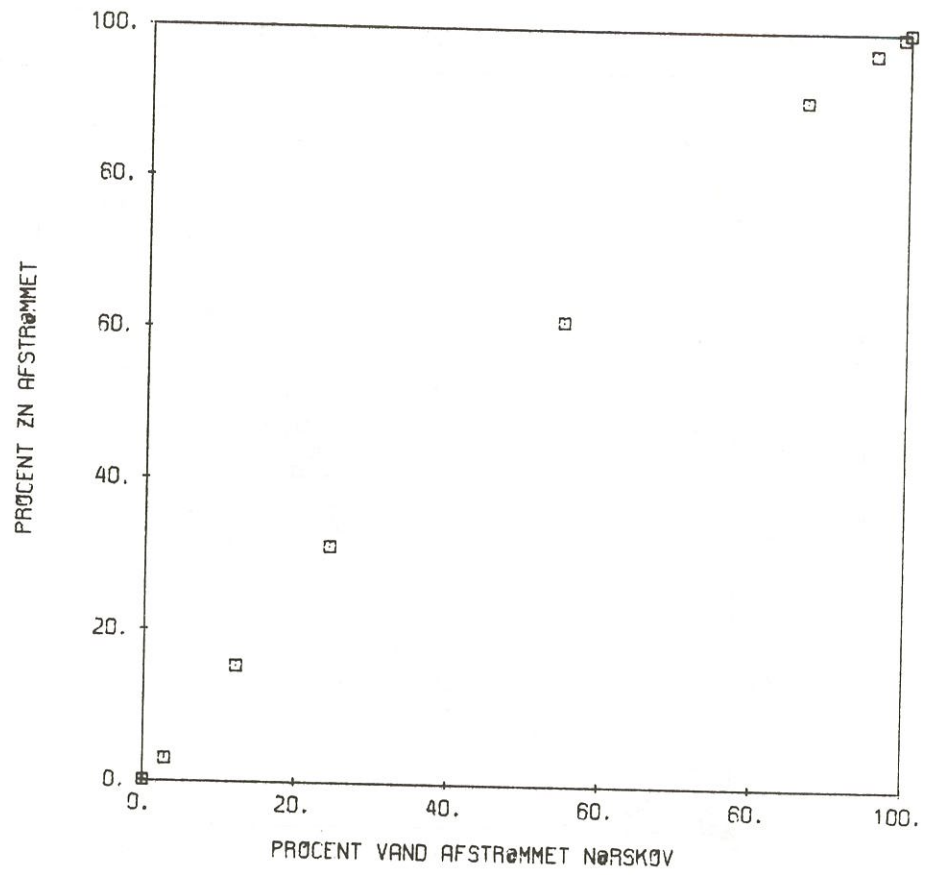
BISPEENGSBUEN - KØBENHAVN

SØNDER EGE - RY

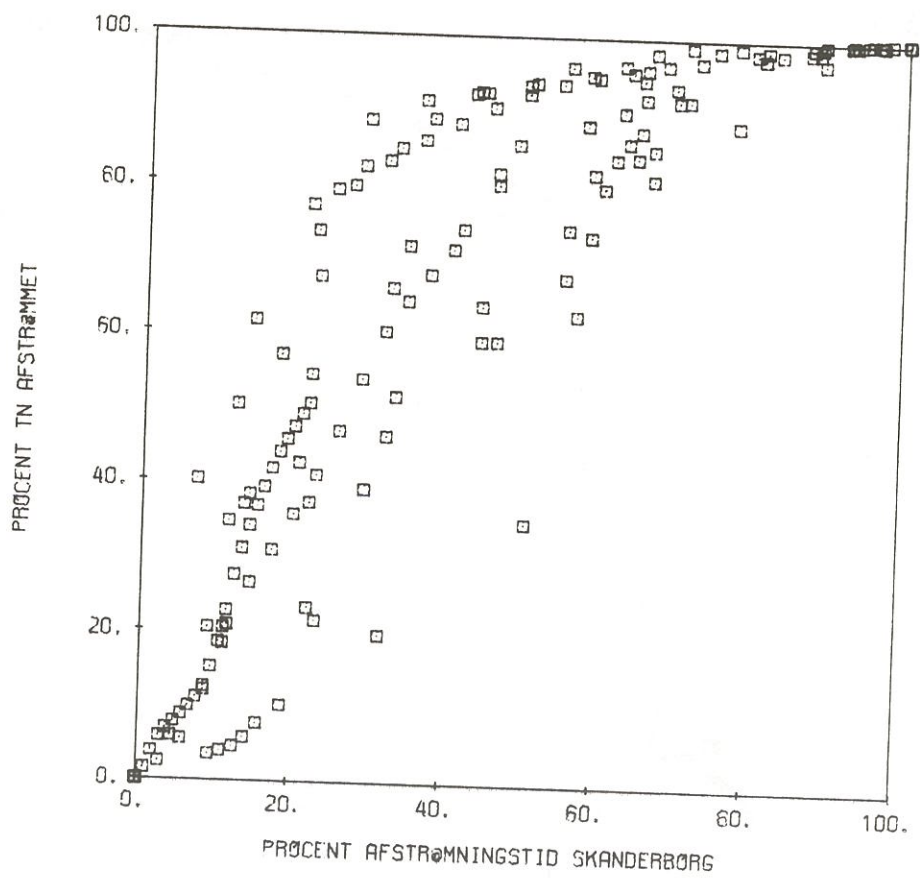
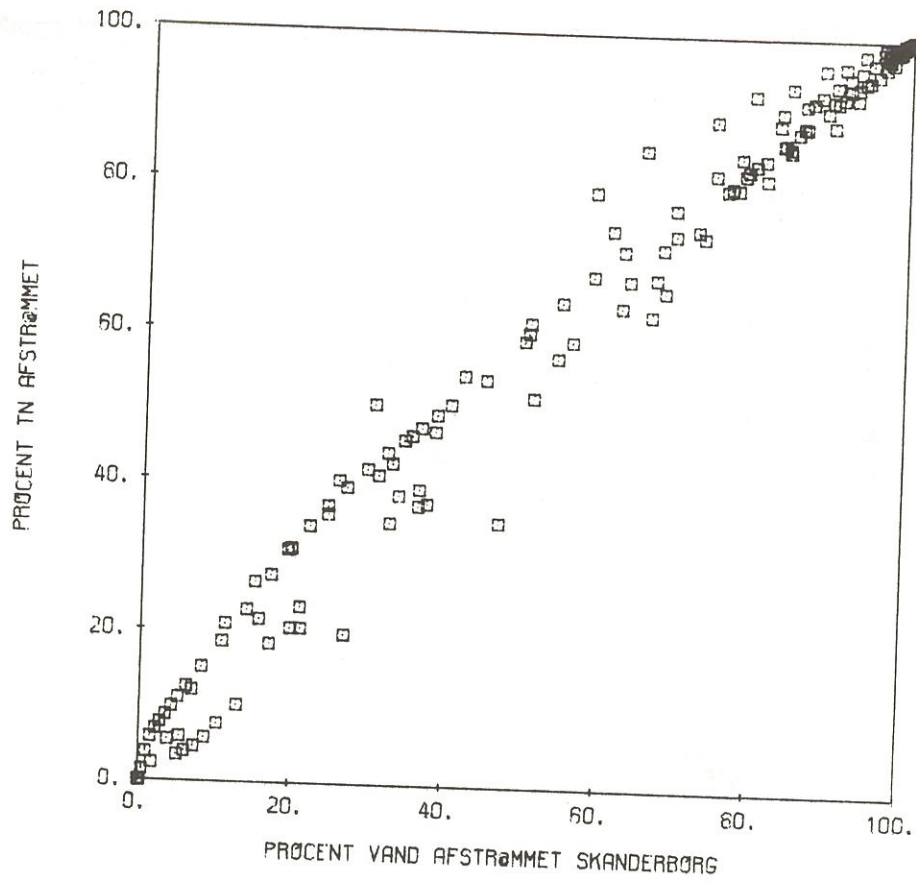
NØRSKOVBAKKE - SILKEBORG

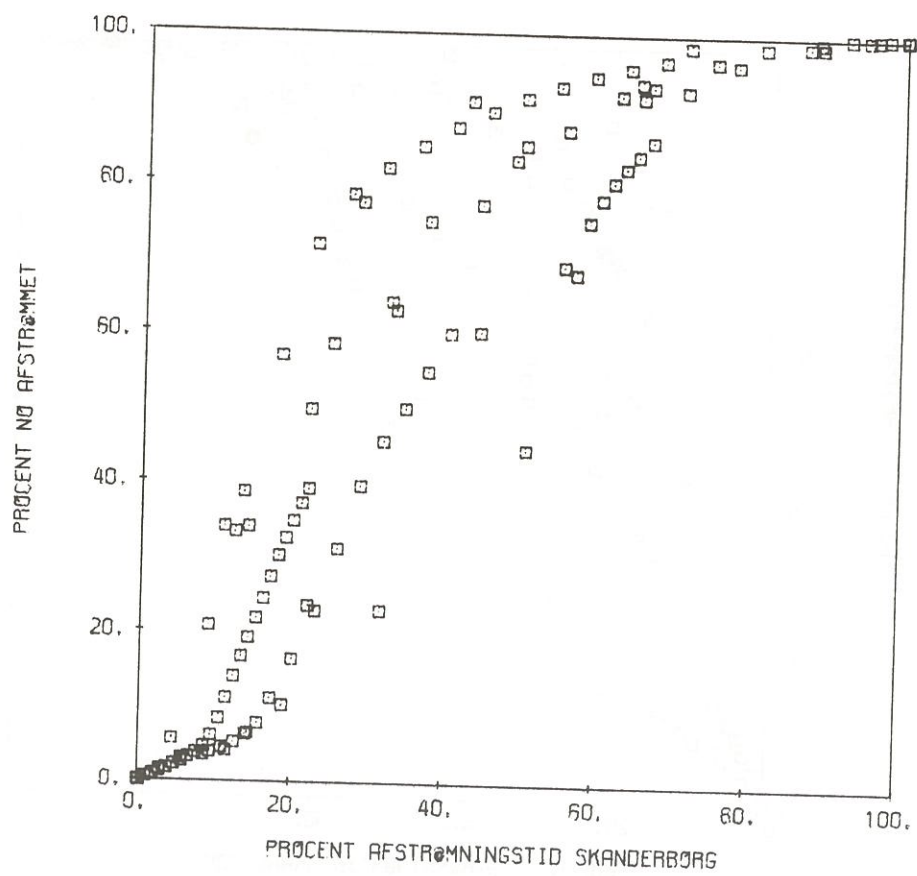
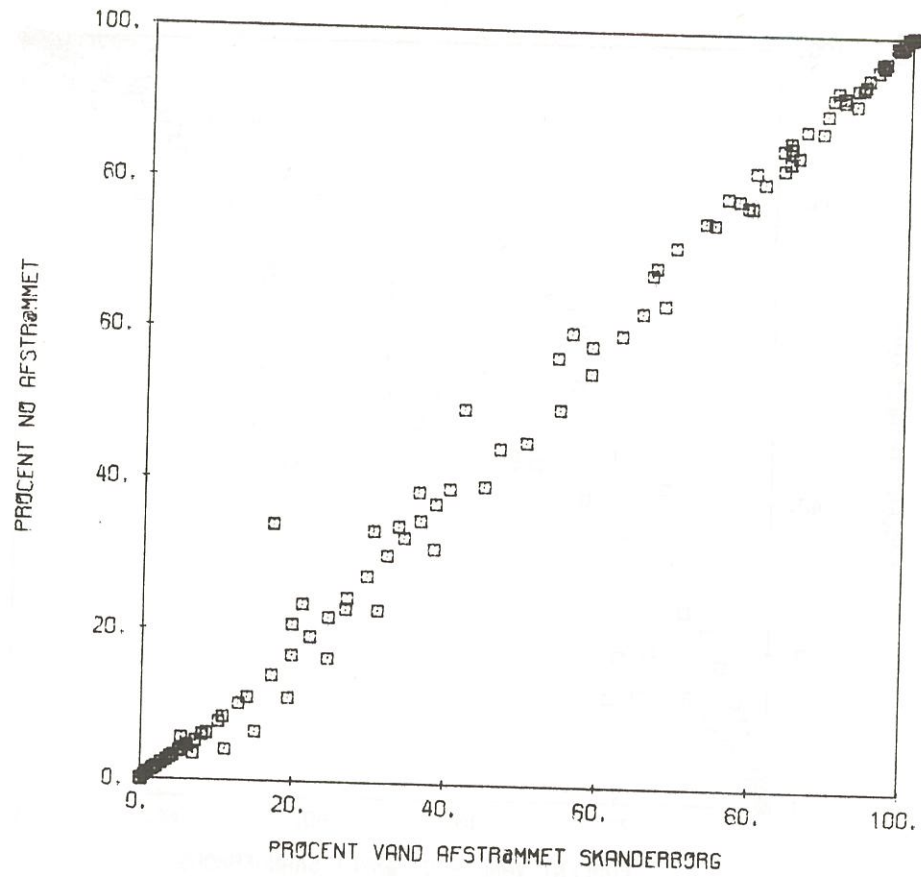


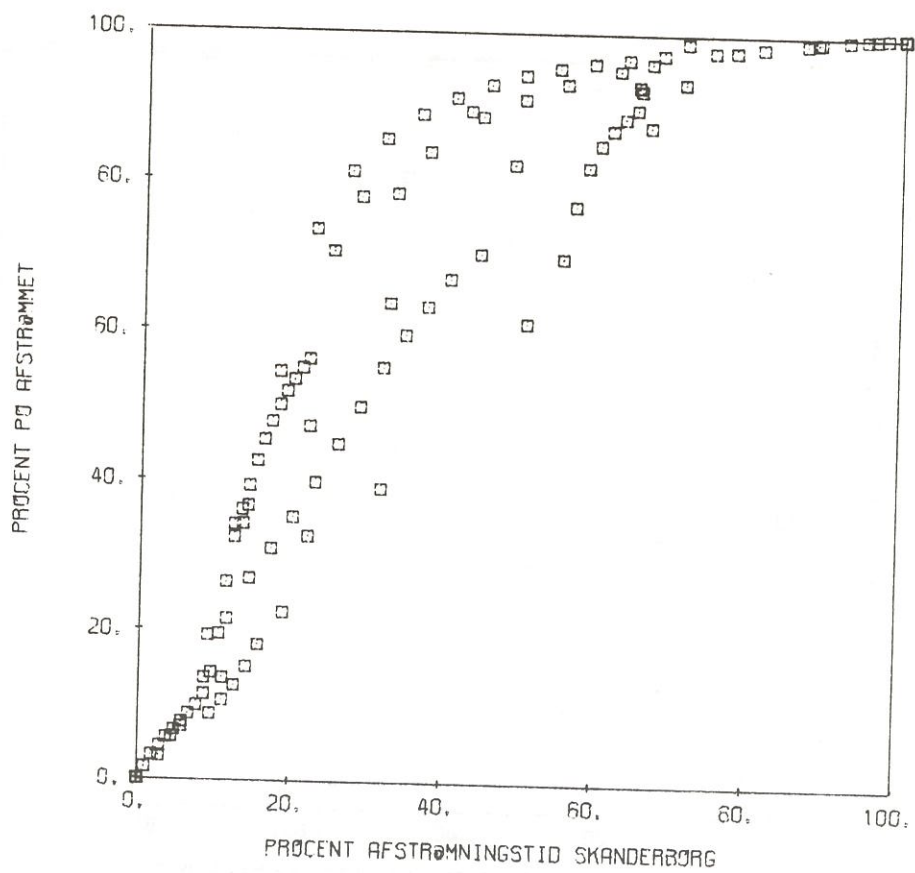
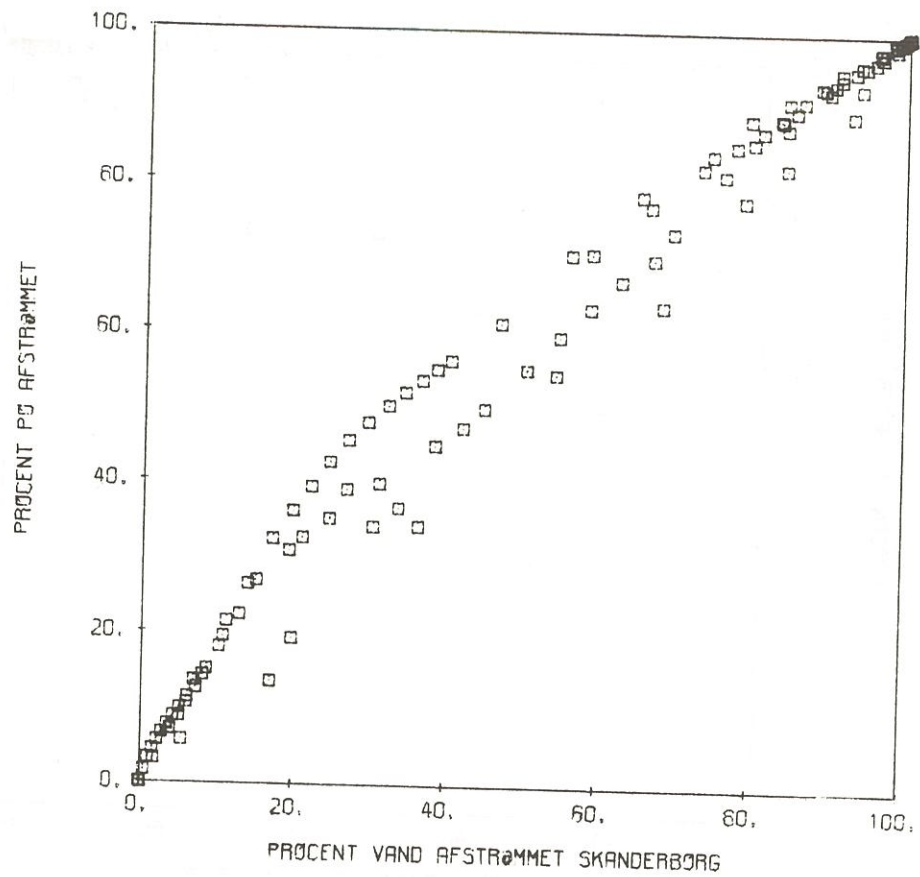


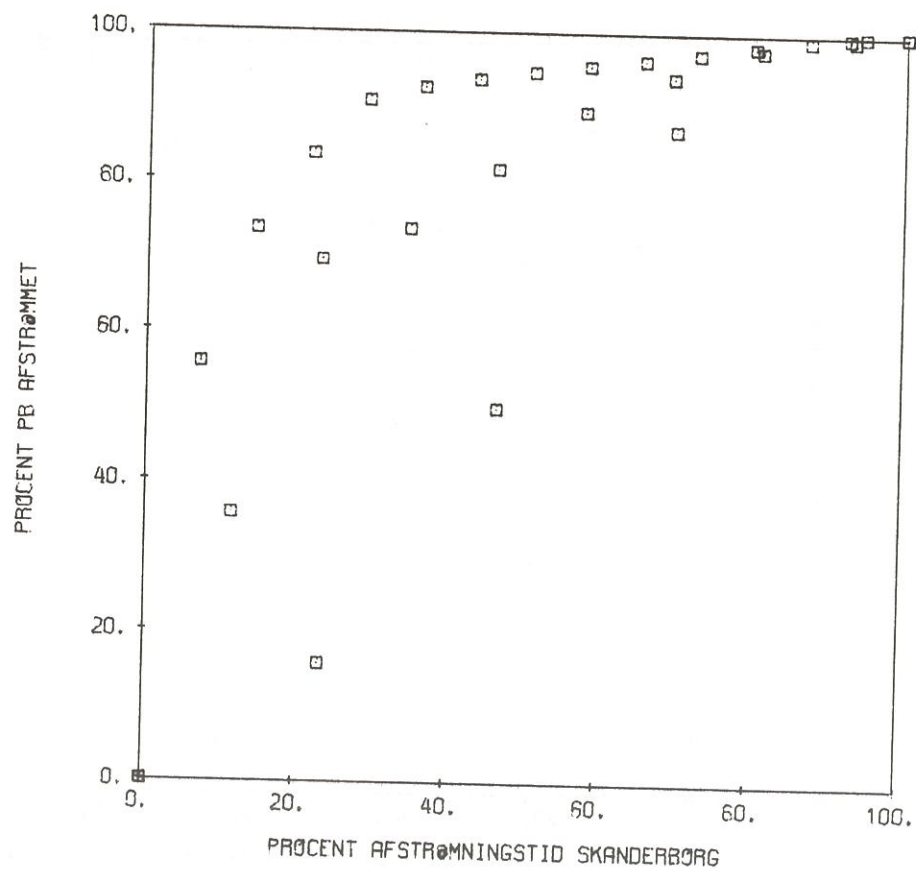
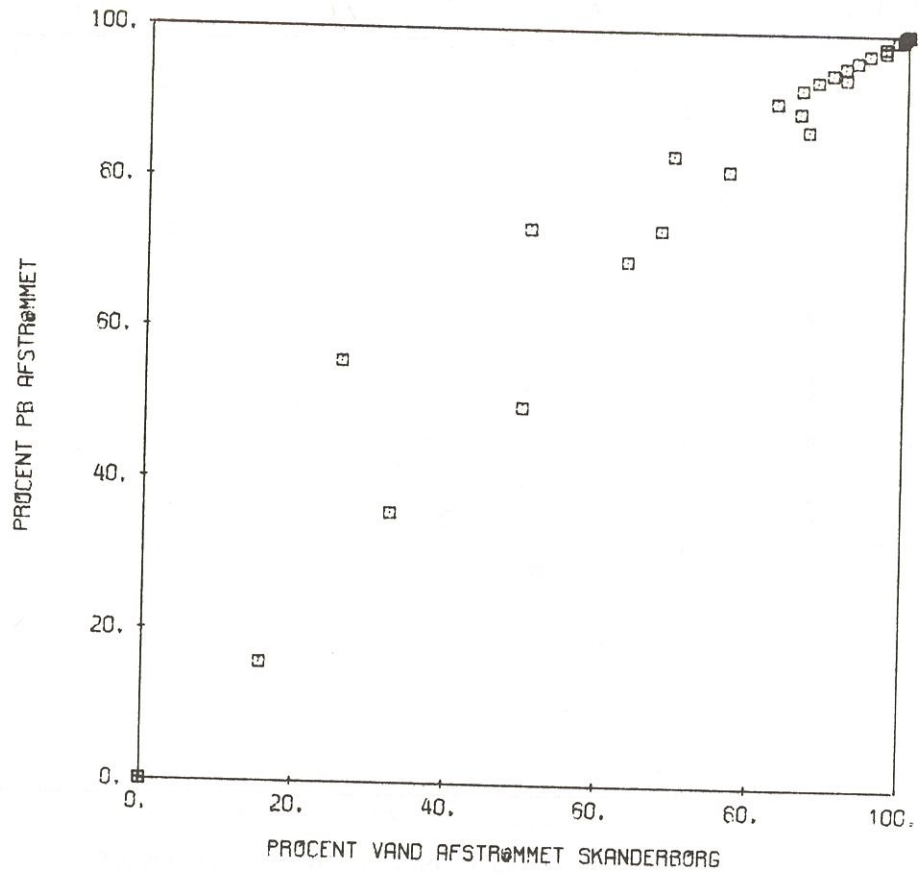


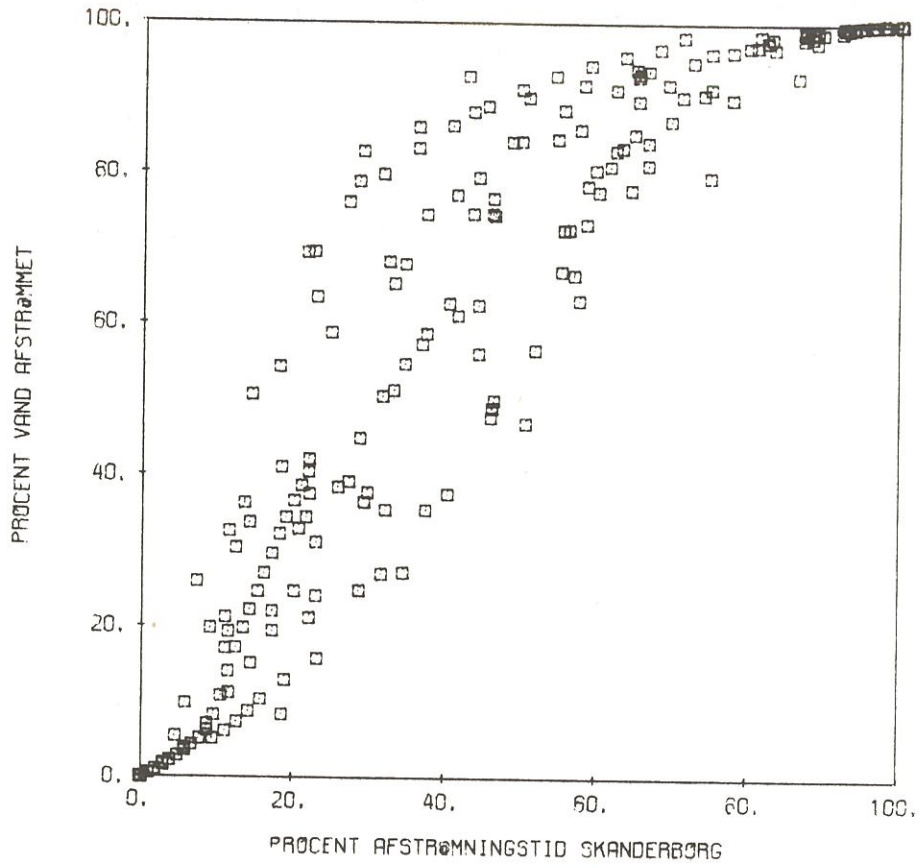
SKVÆTMØLLE - SKANDERBORG



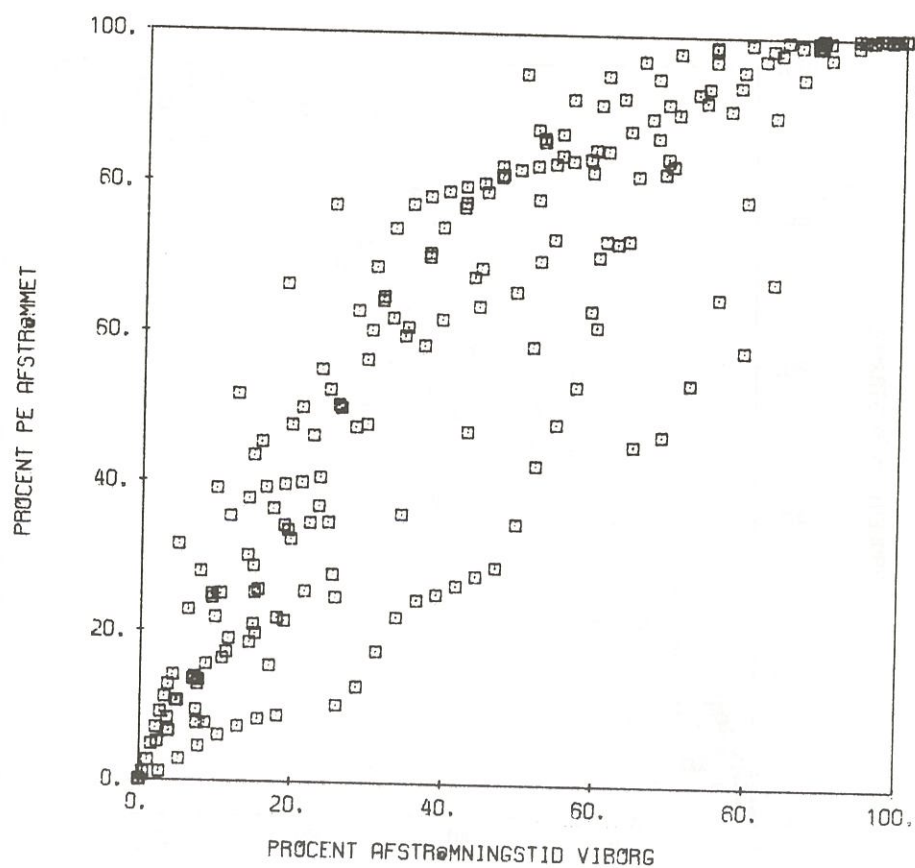
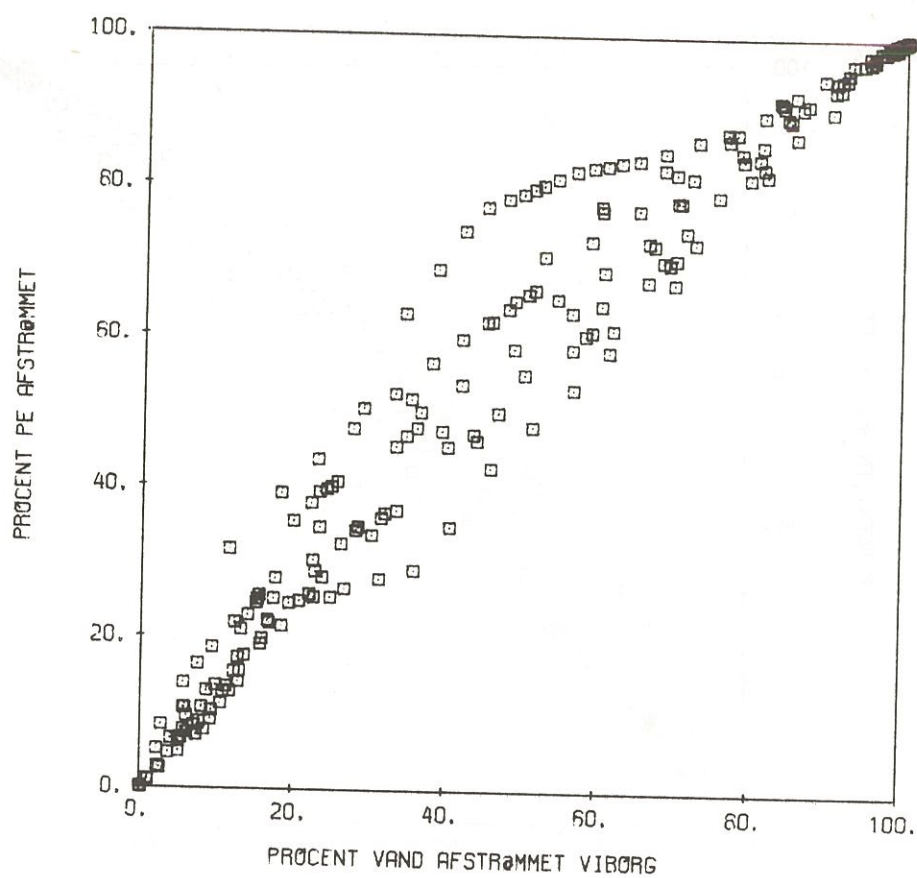


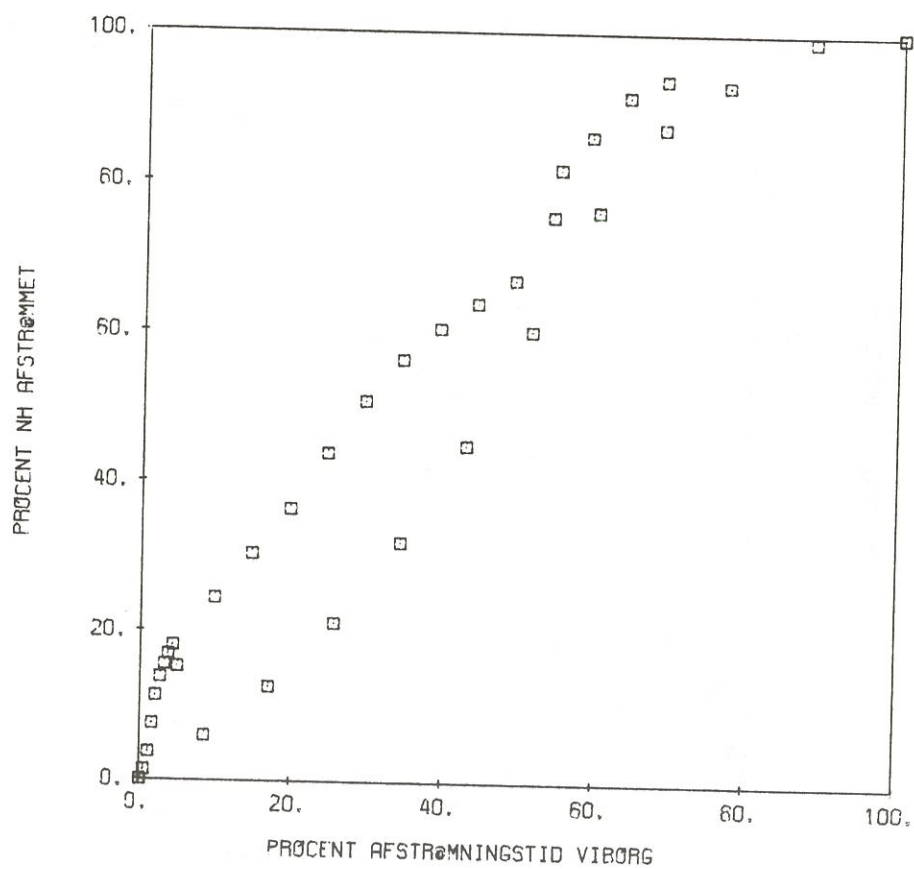
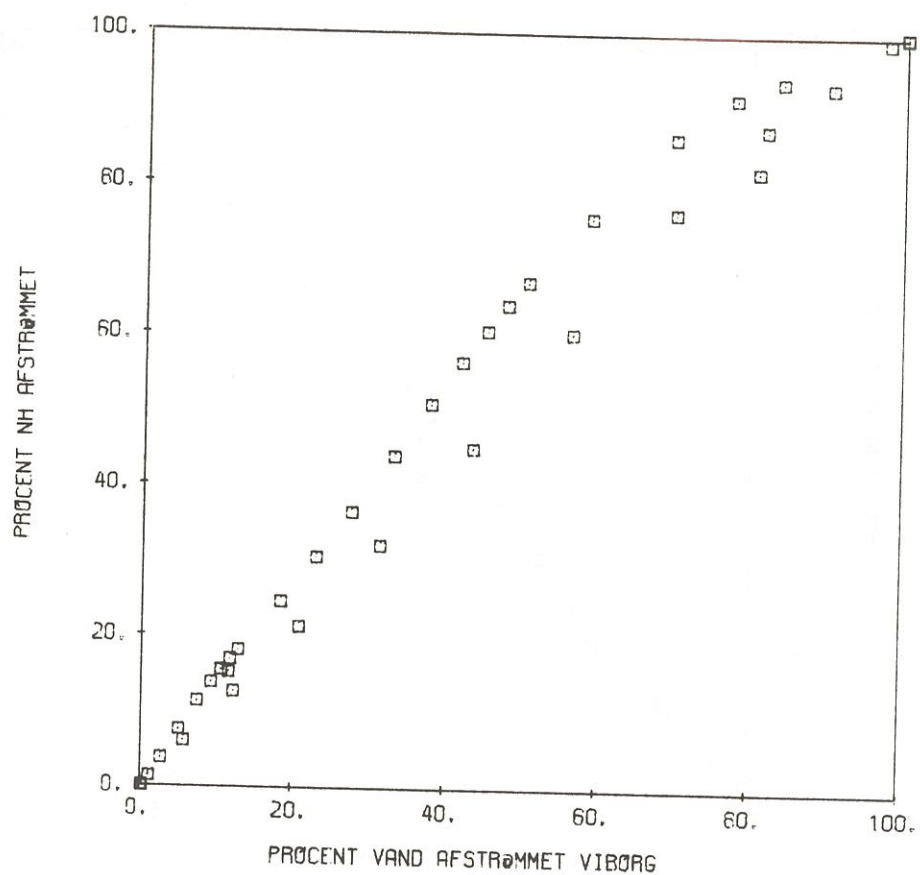


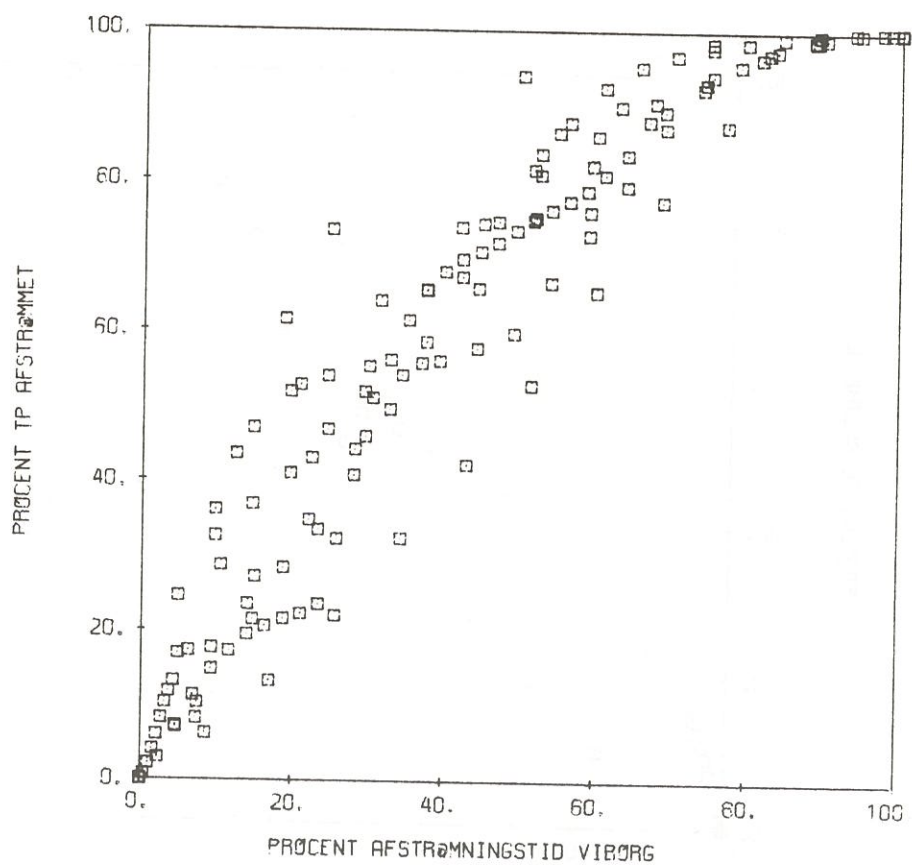
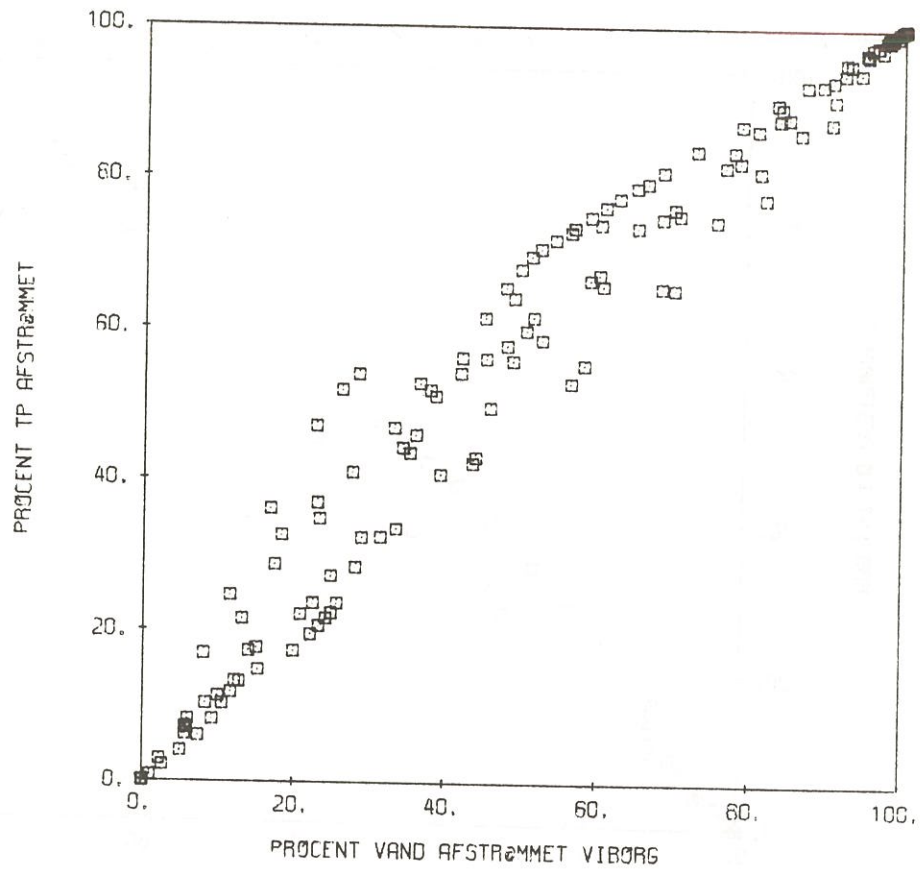


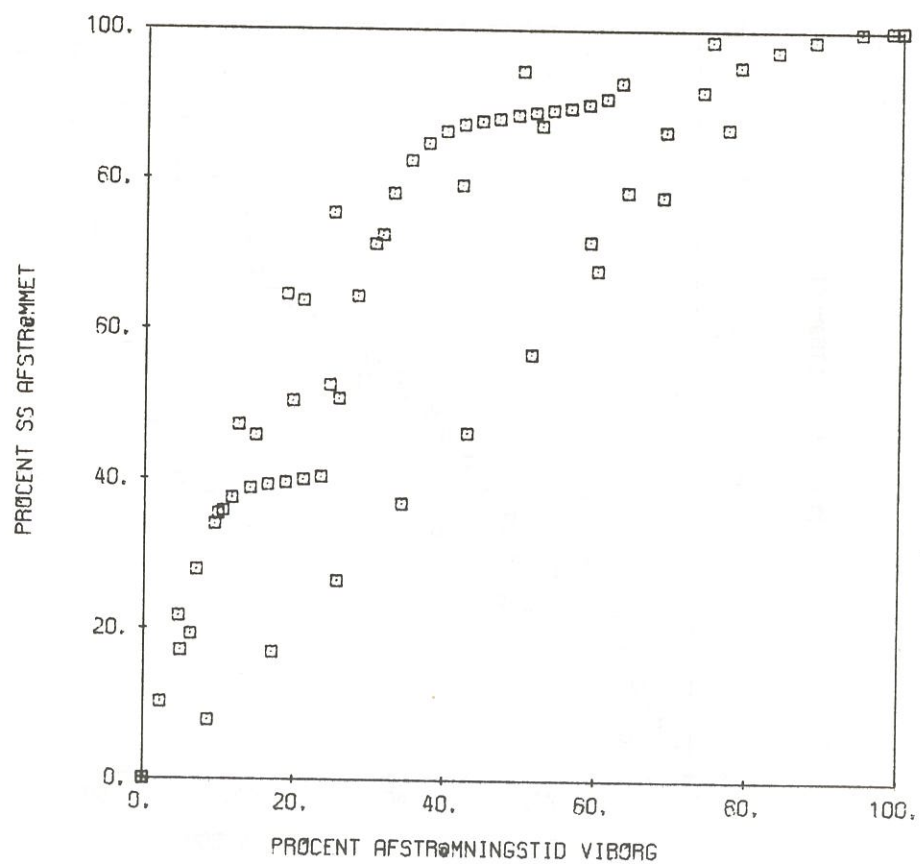
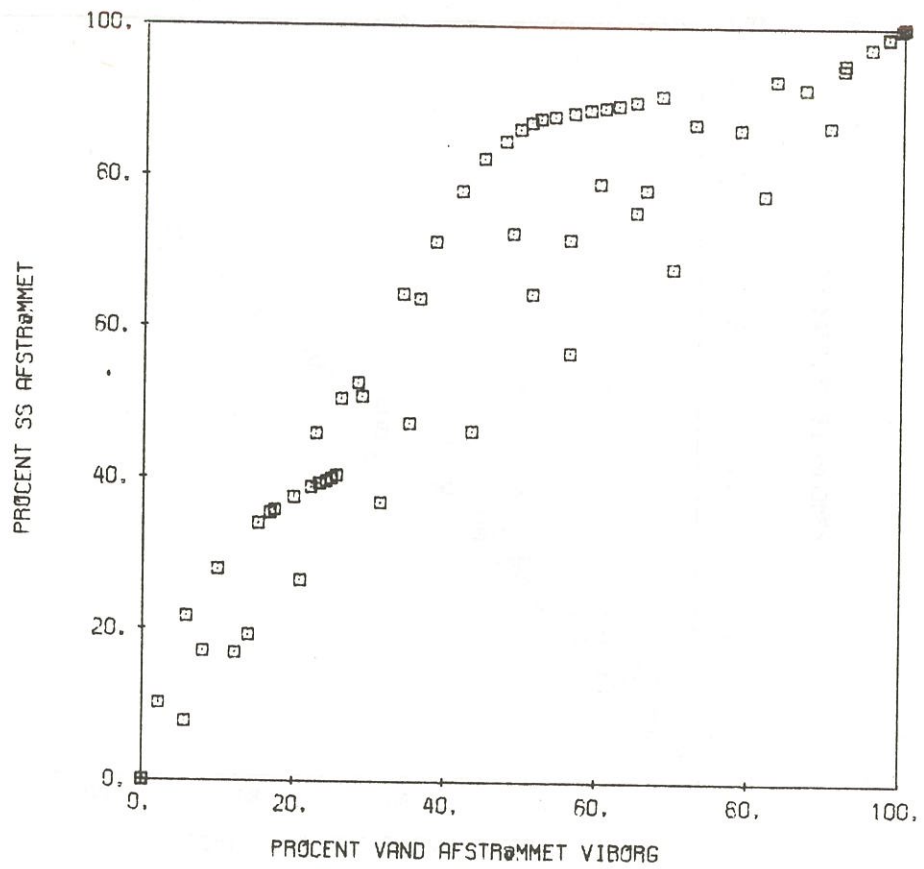


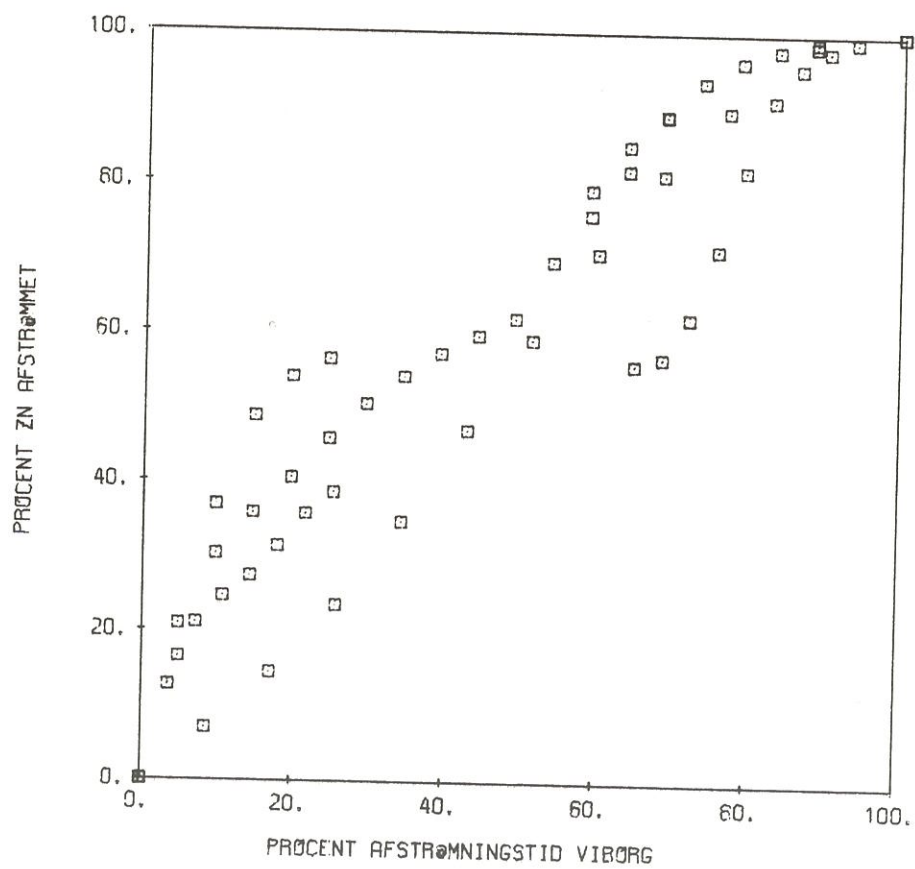
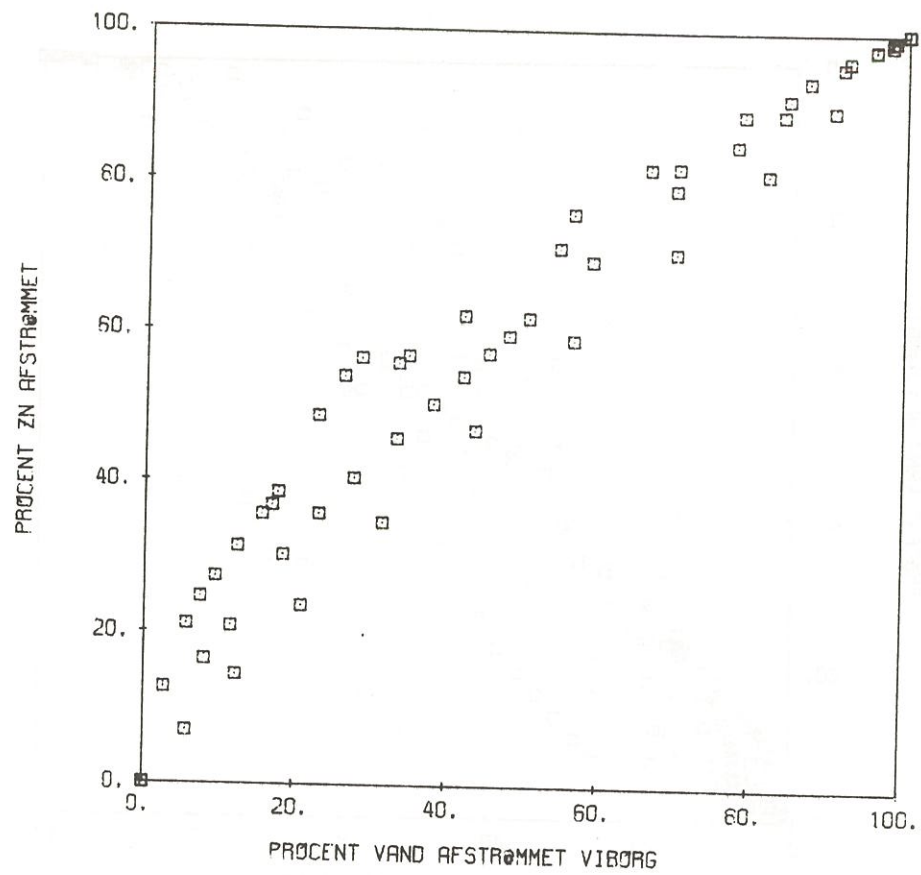
VIBORG - NØRREMARKEN



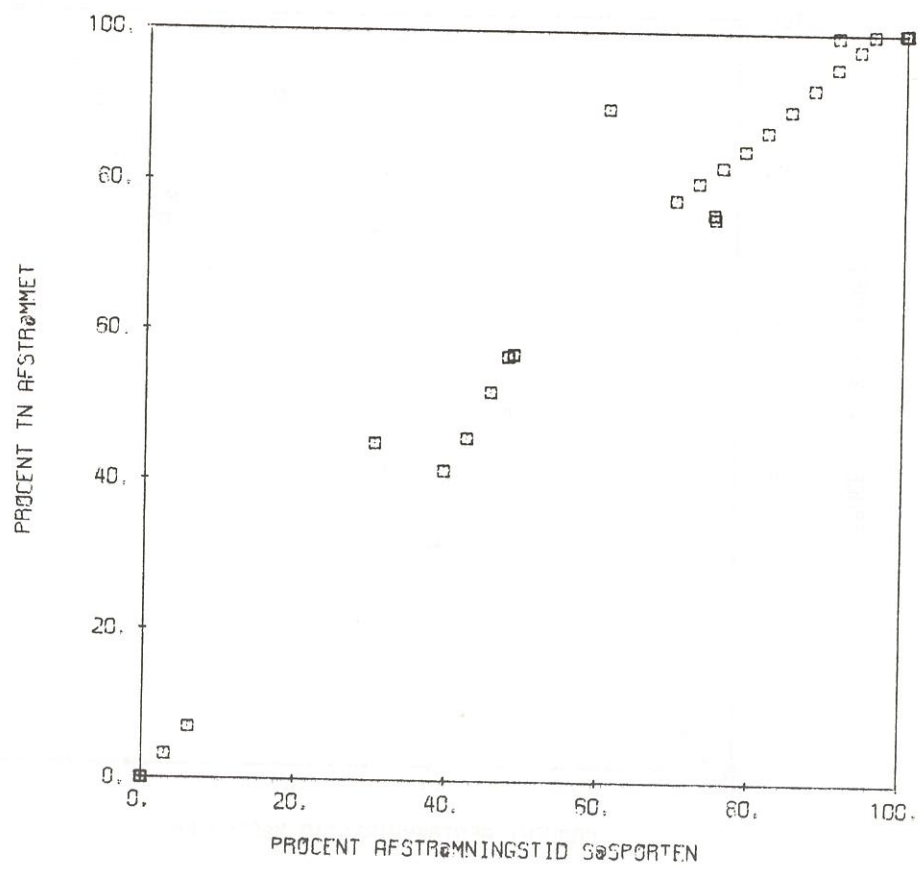
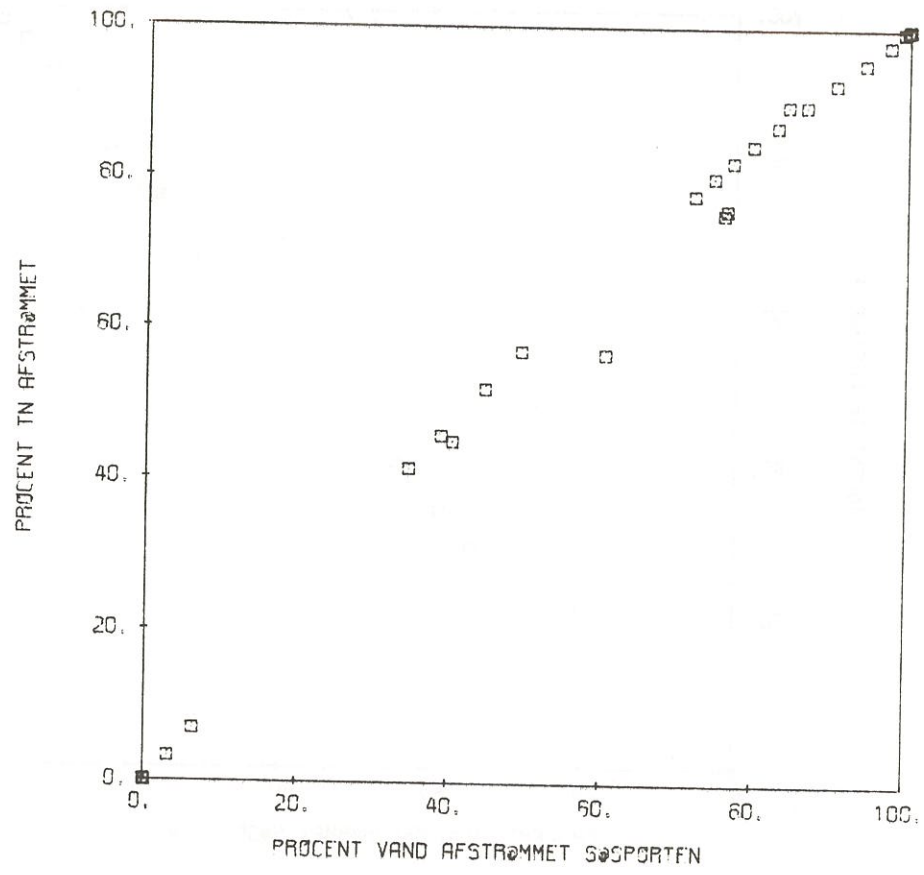


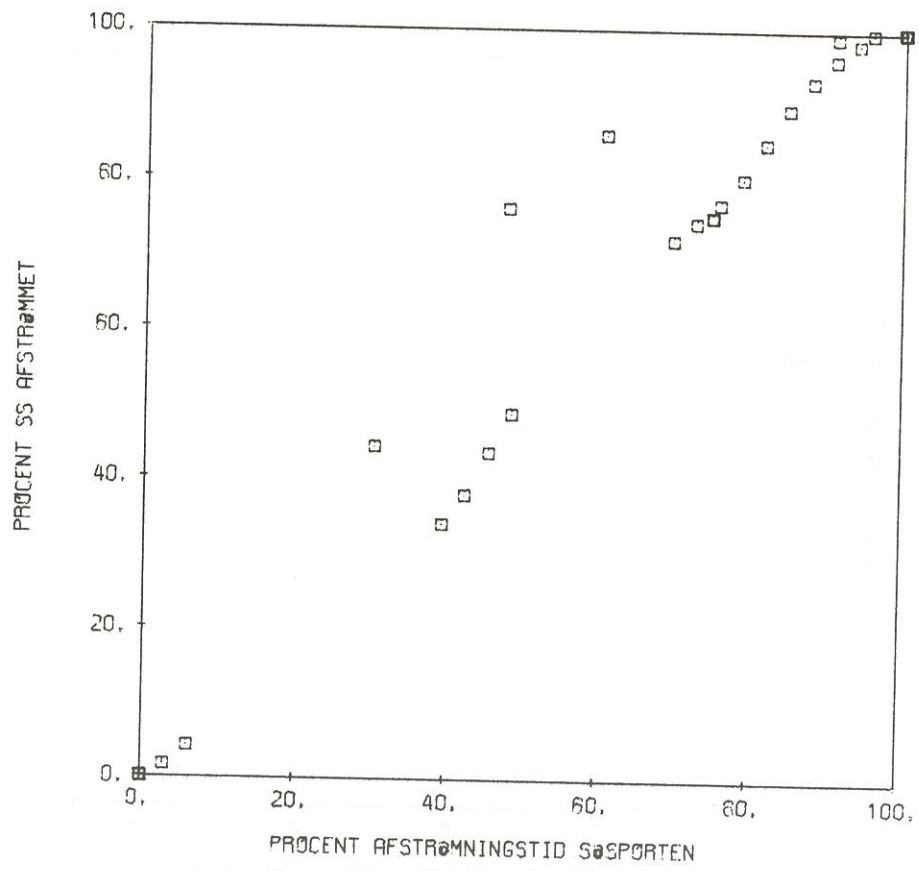
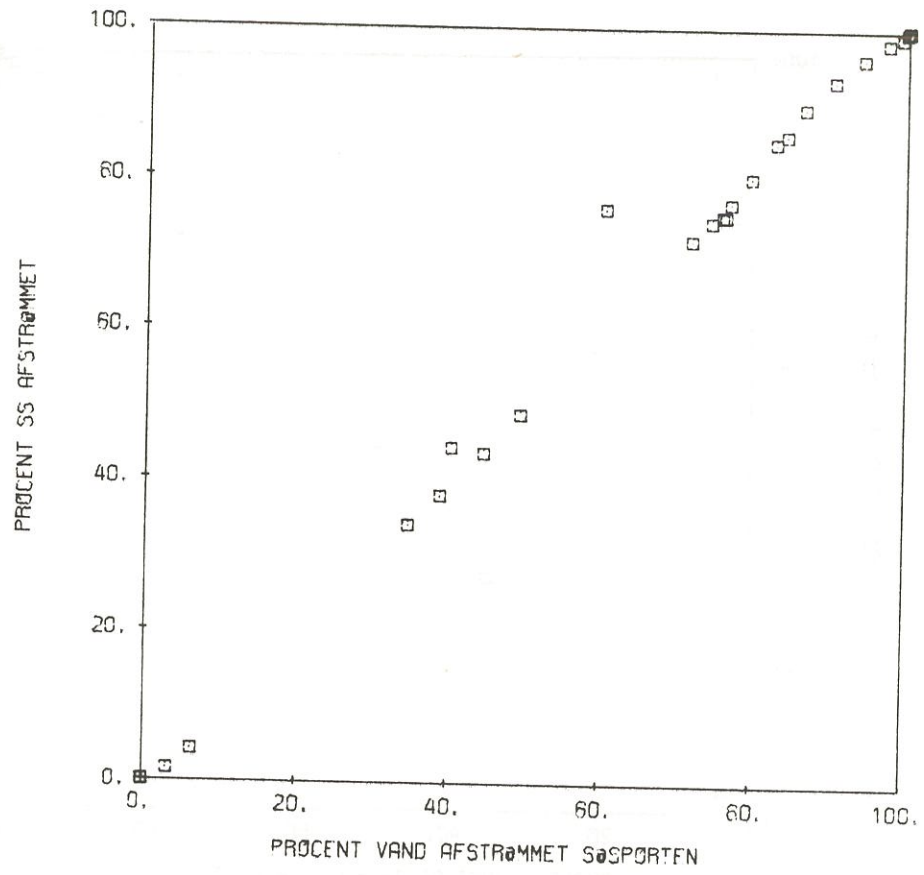


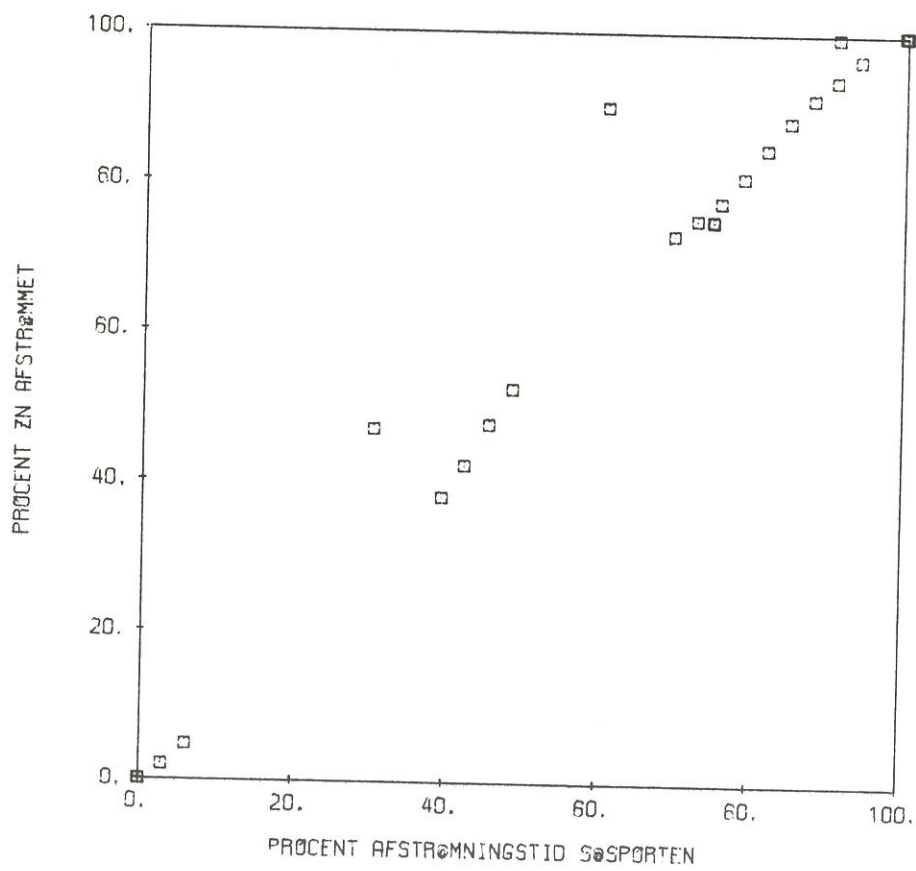
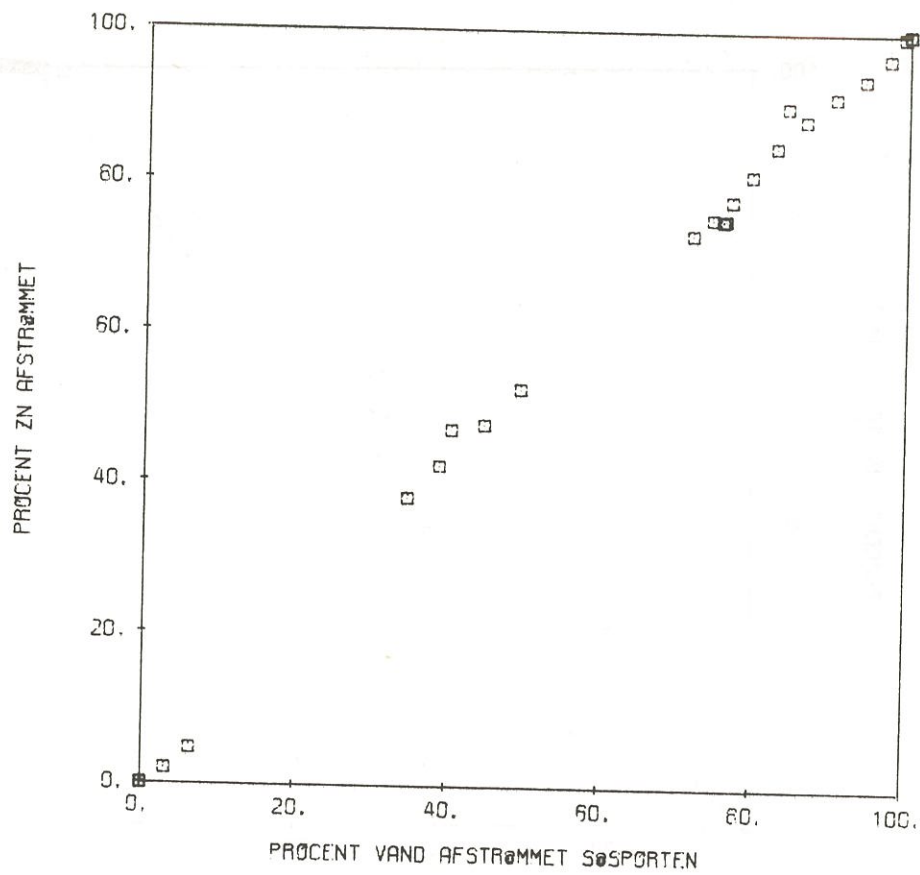




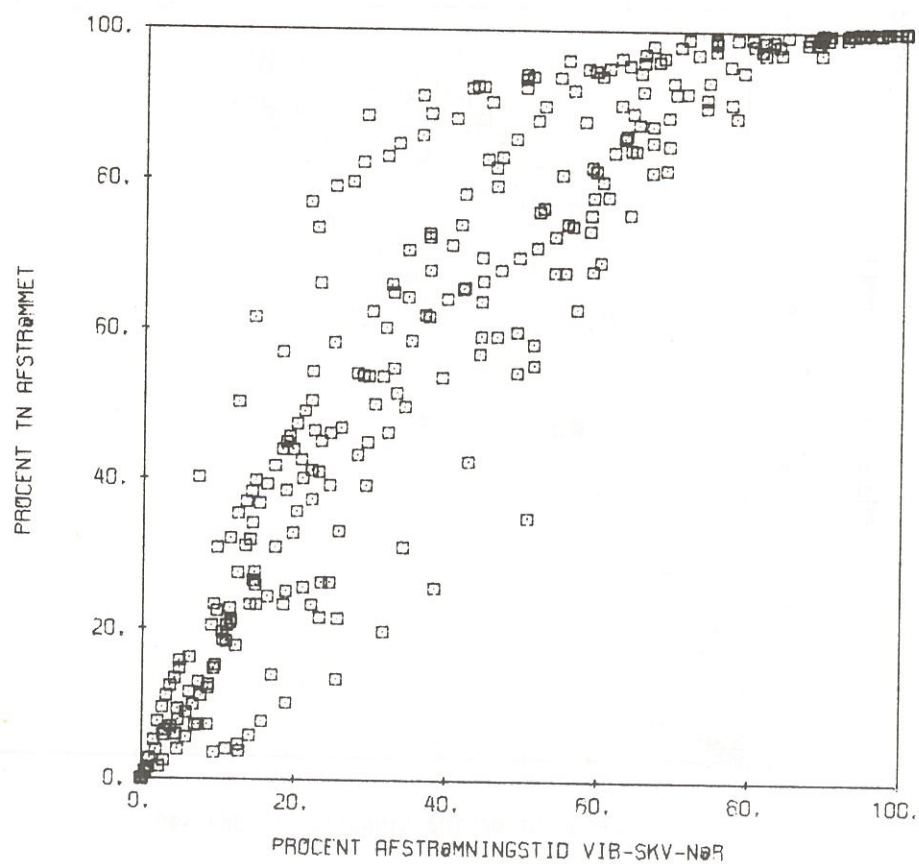
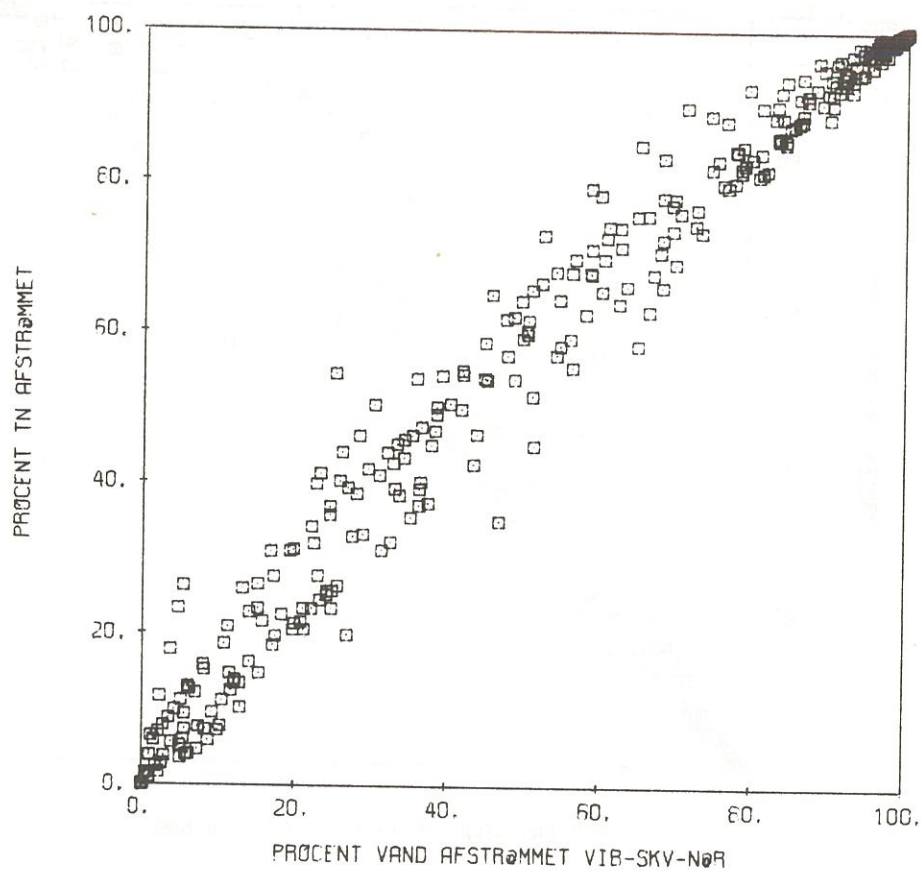
SØSPORTEN - SKANDERBORG

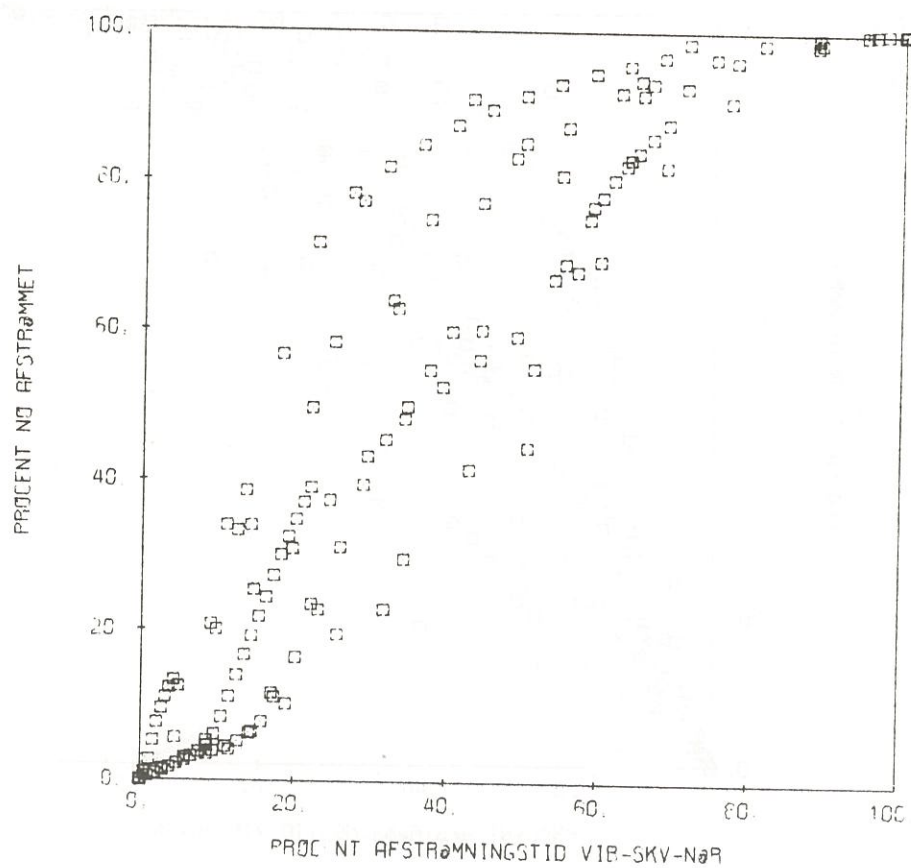
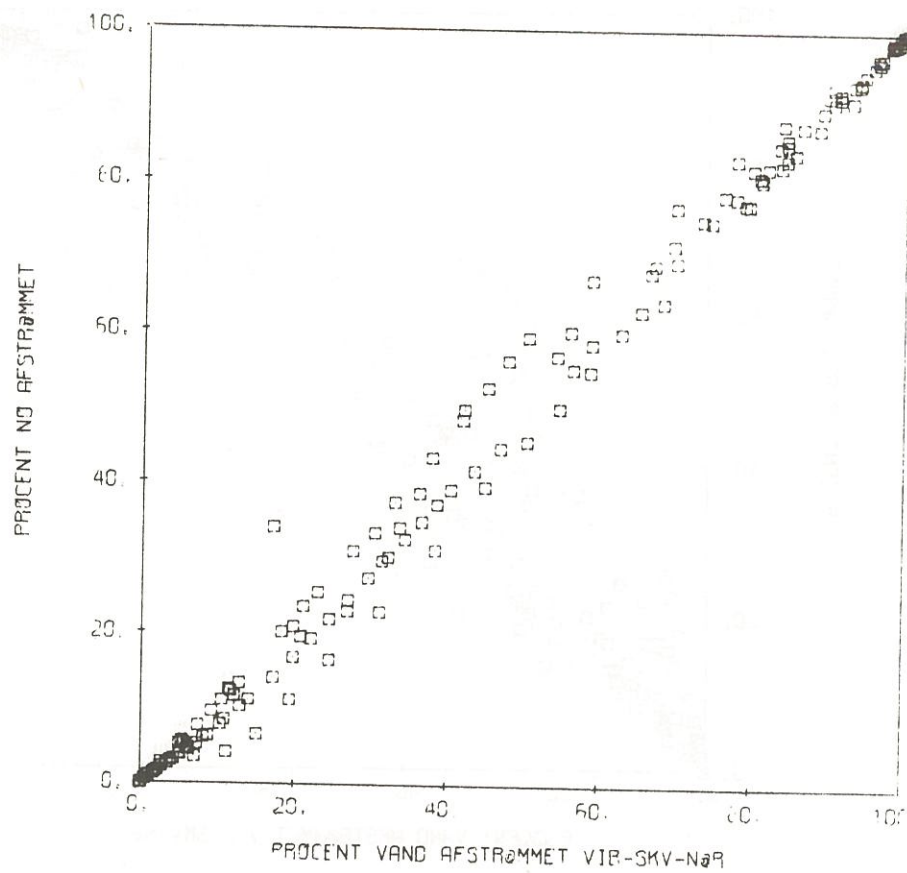


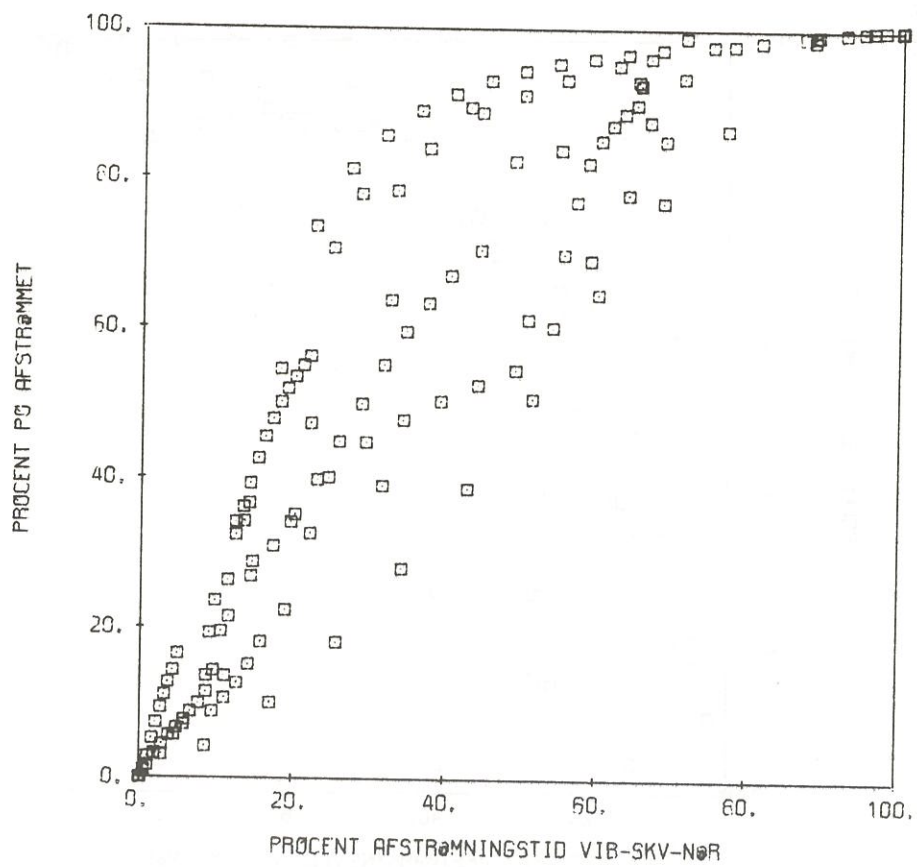
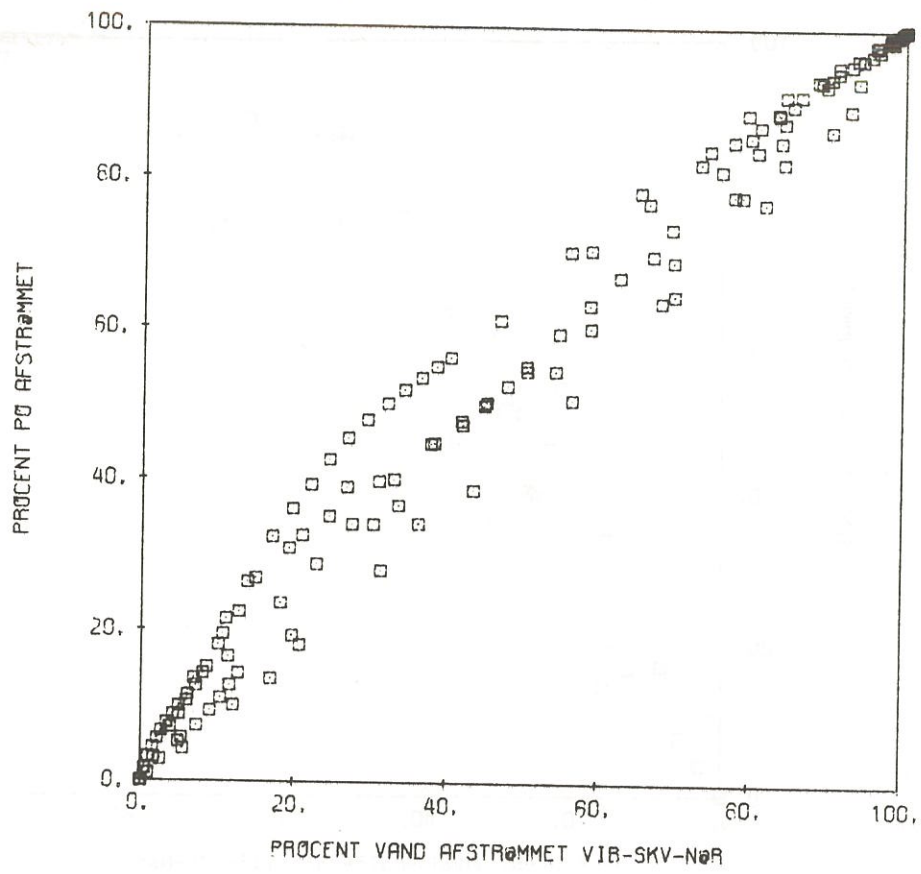


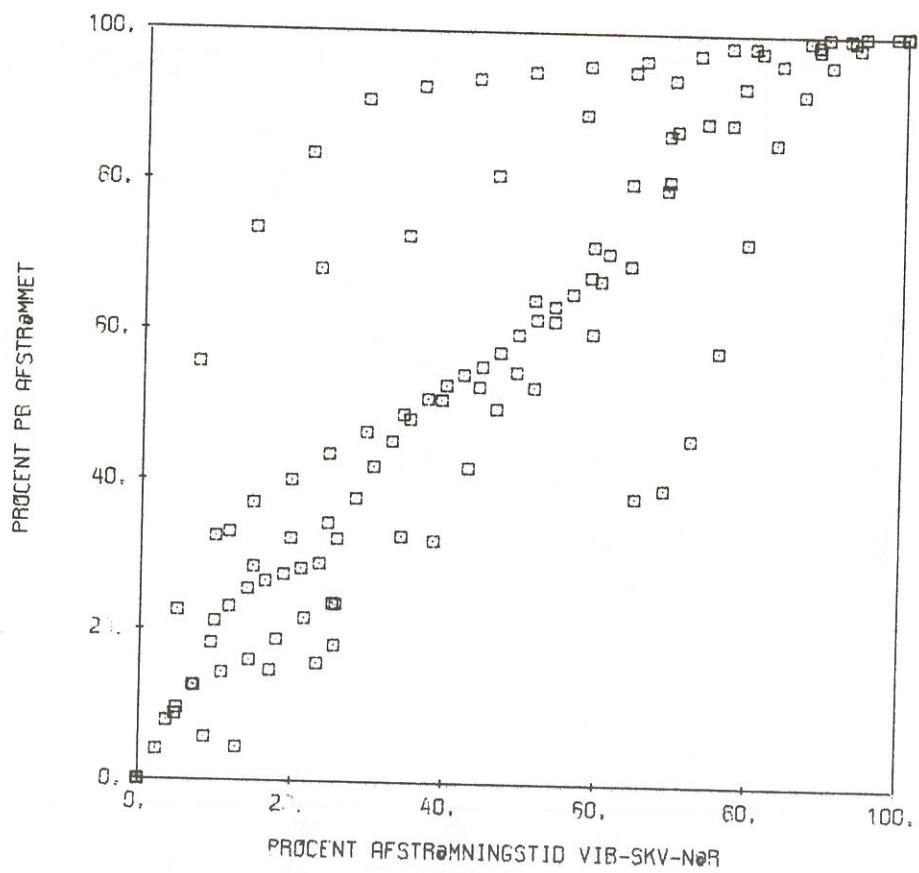
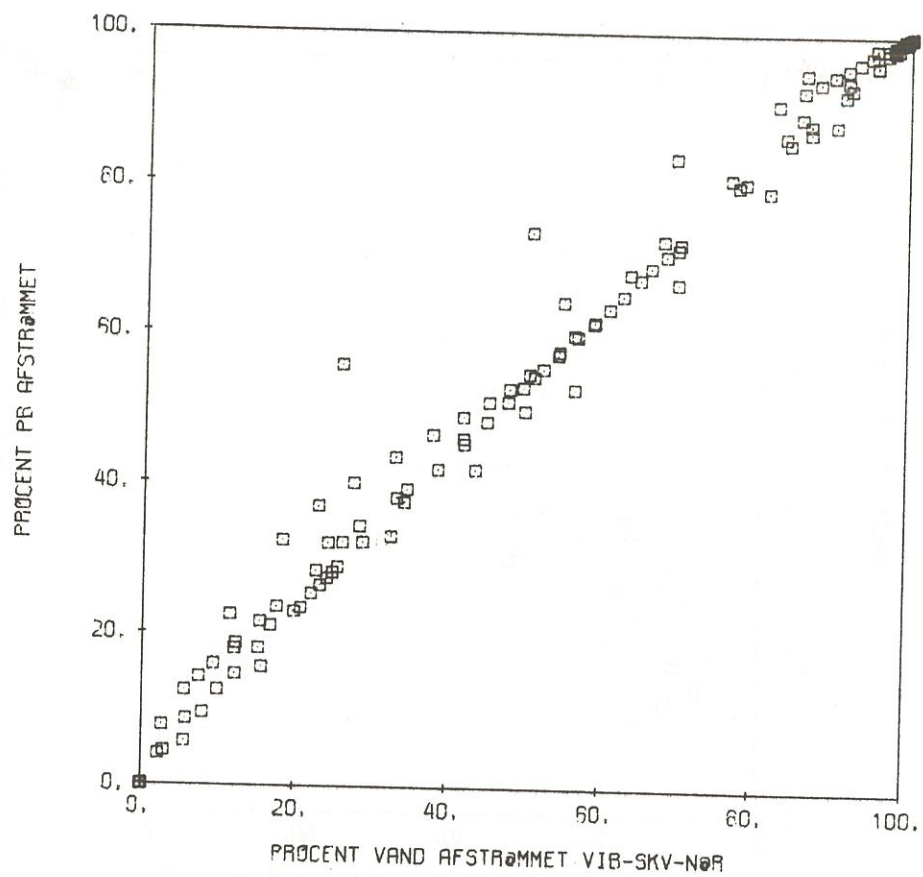


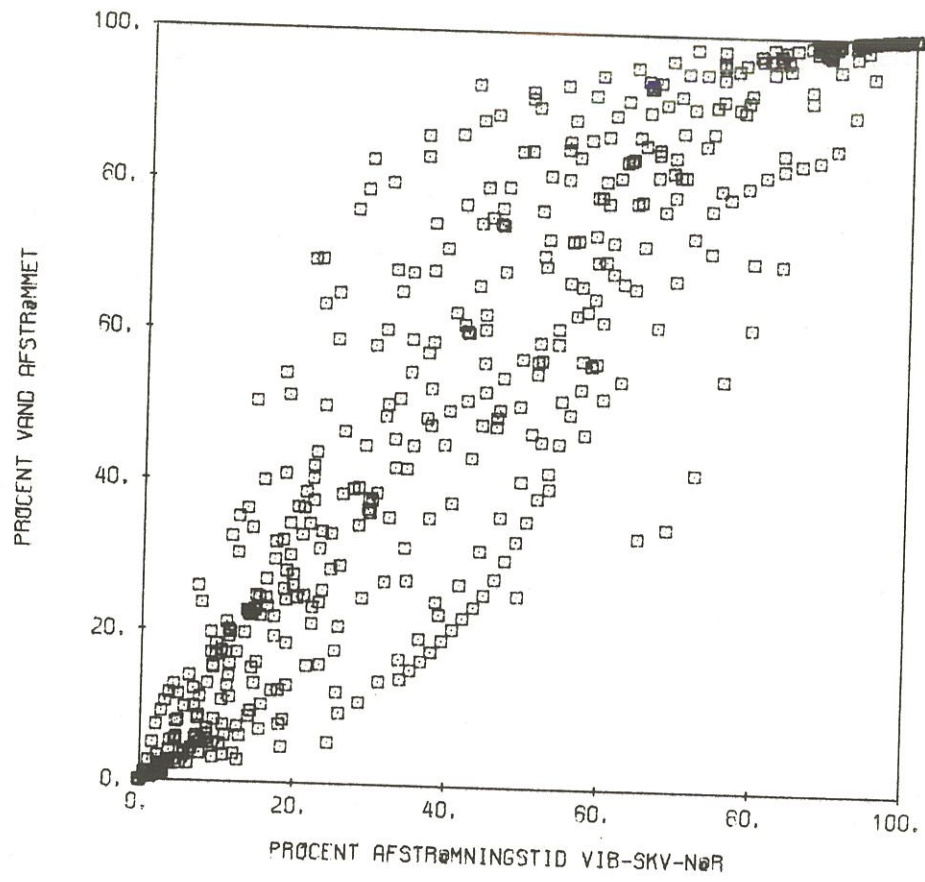
VIBORG - SKVÆTMØLLE - NØRSKOVBAKKE



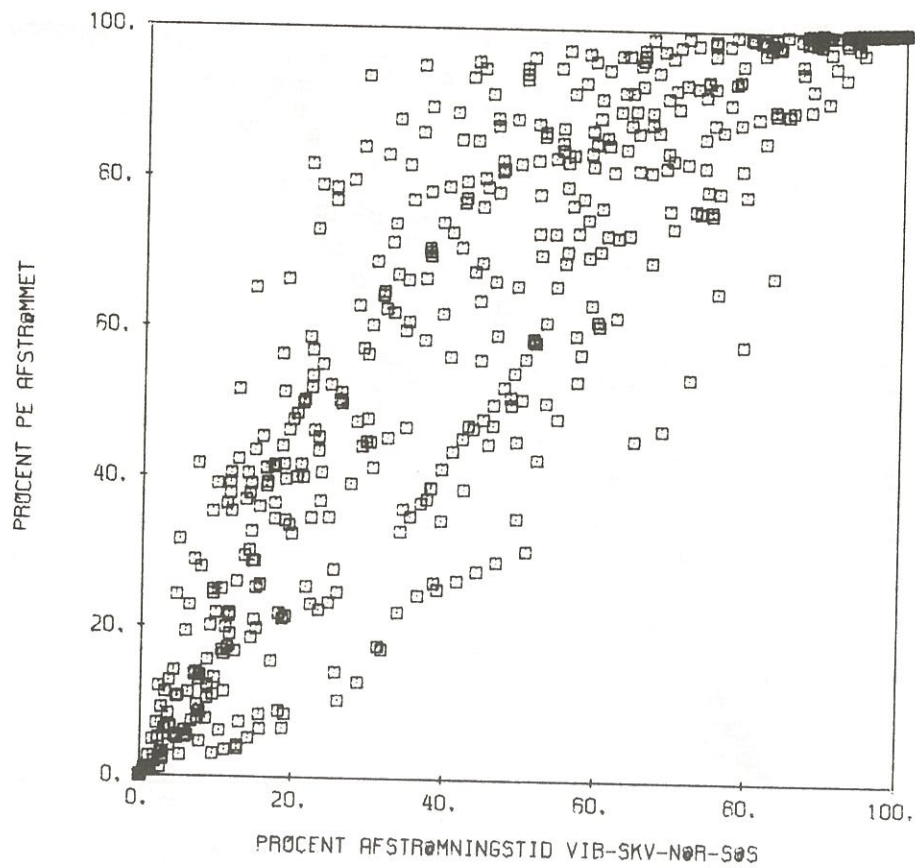
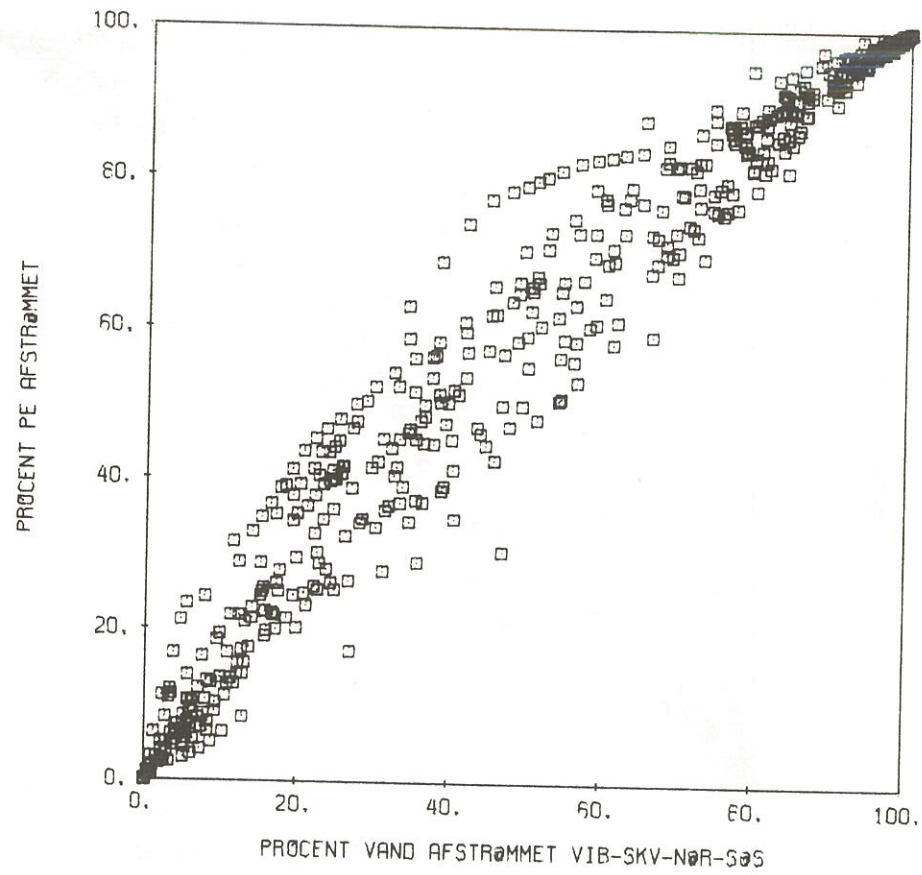


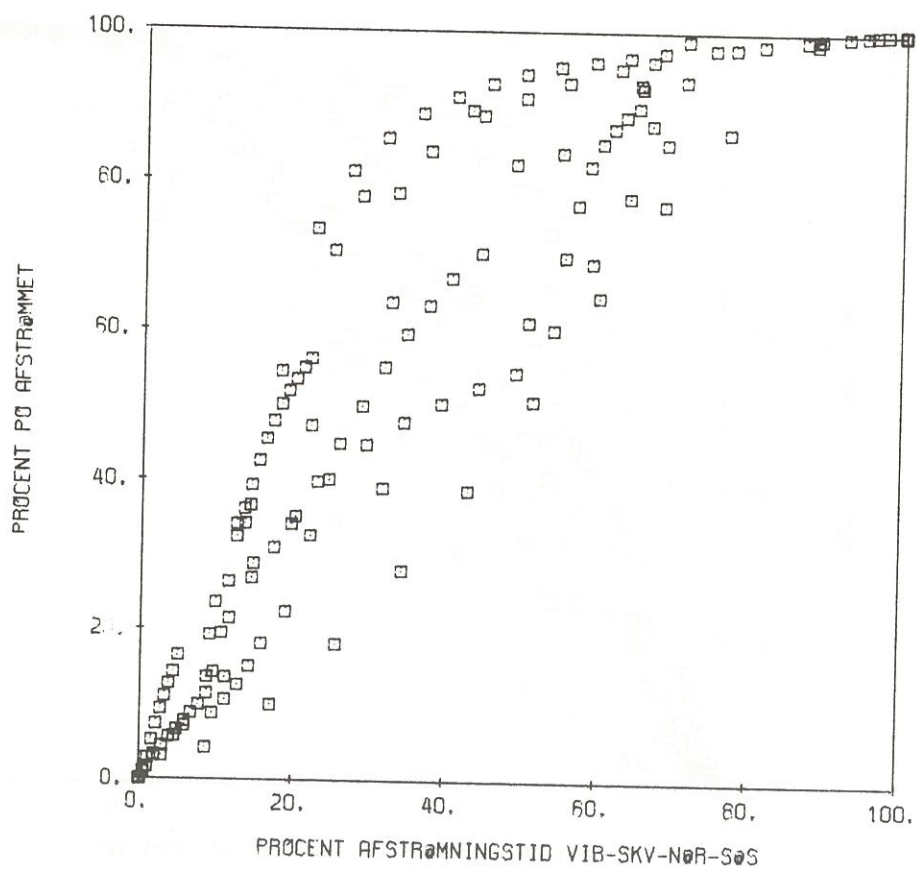
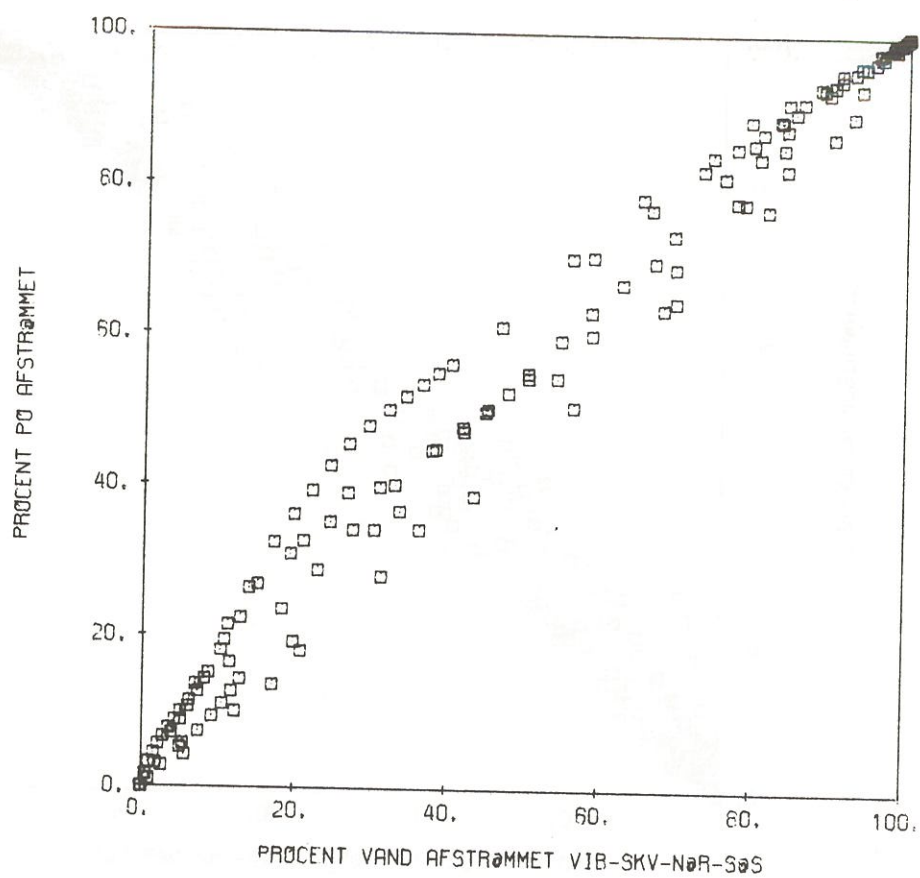


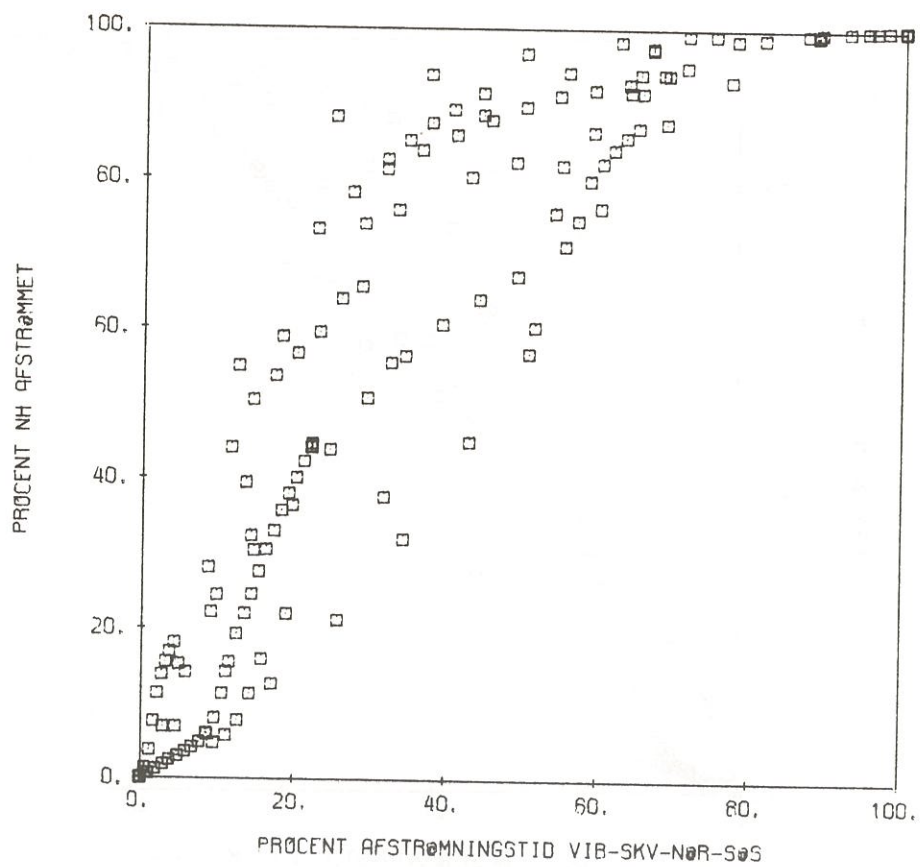
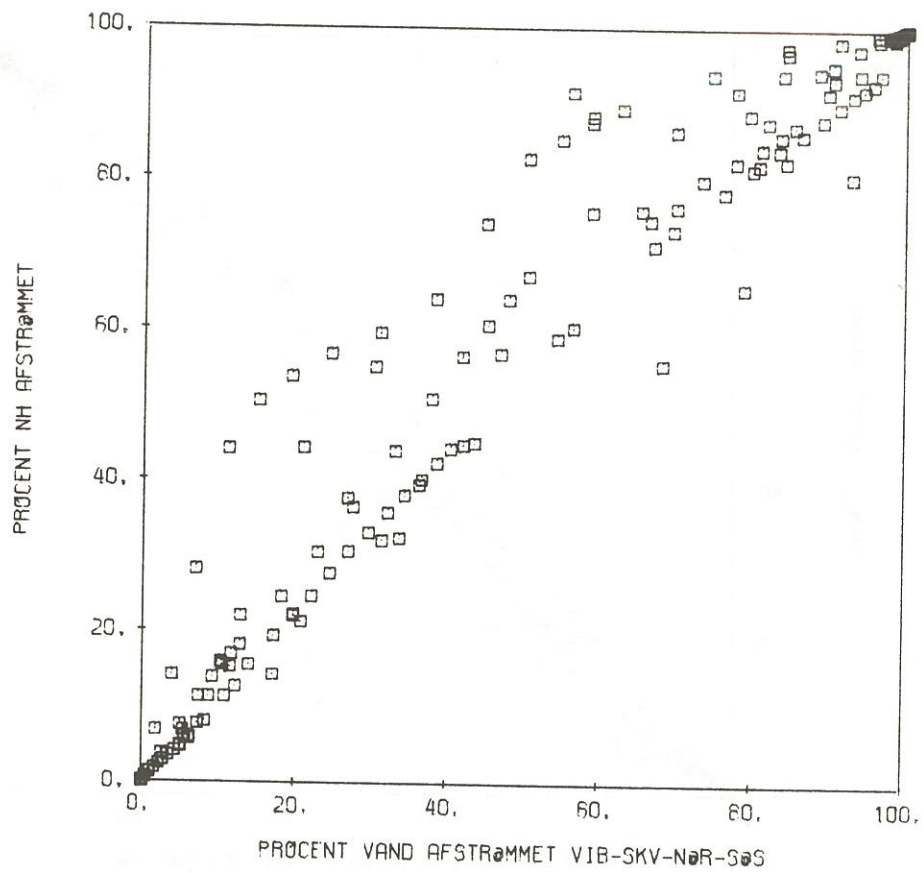


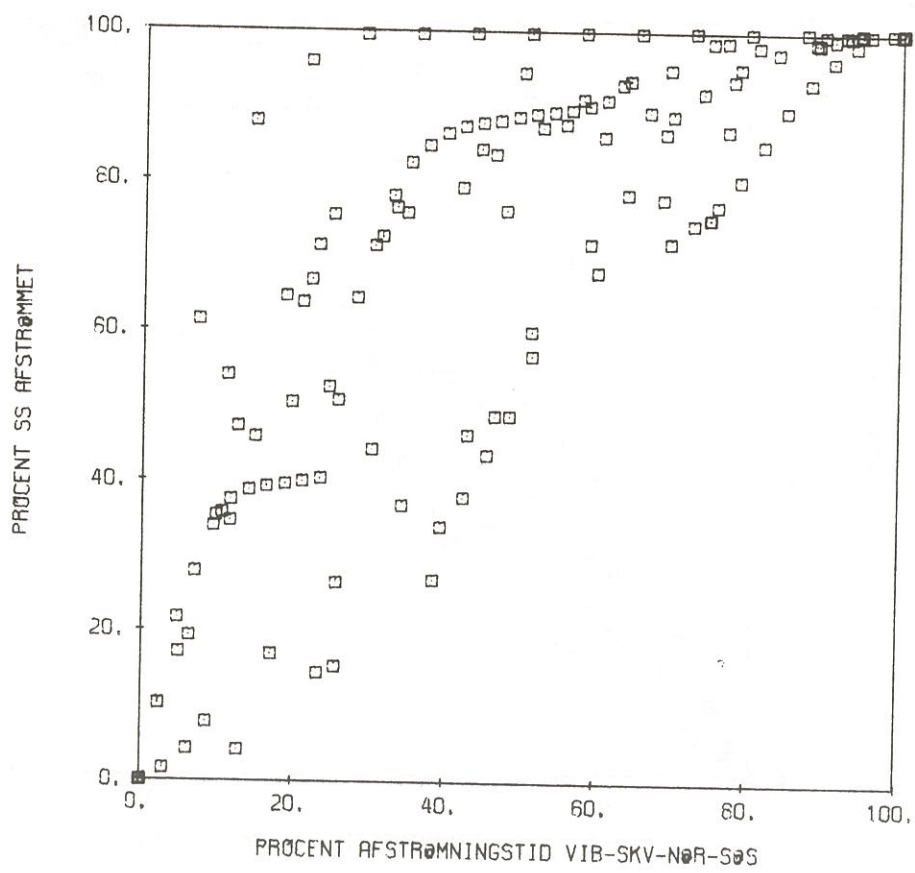
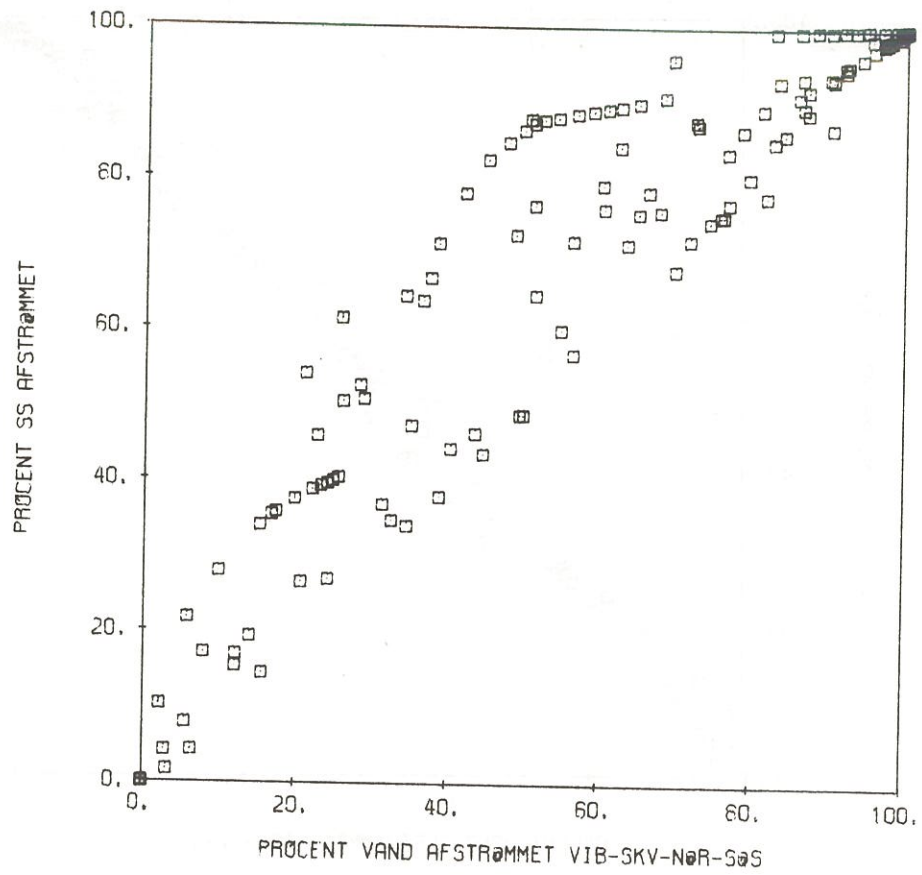


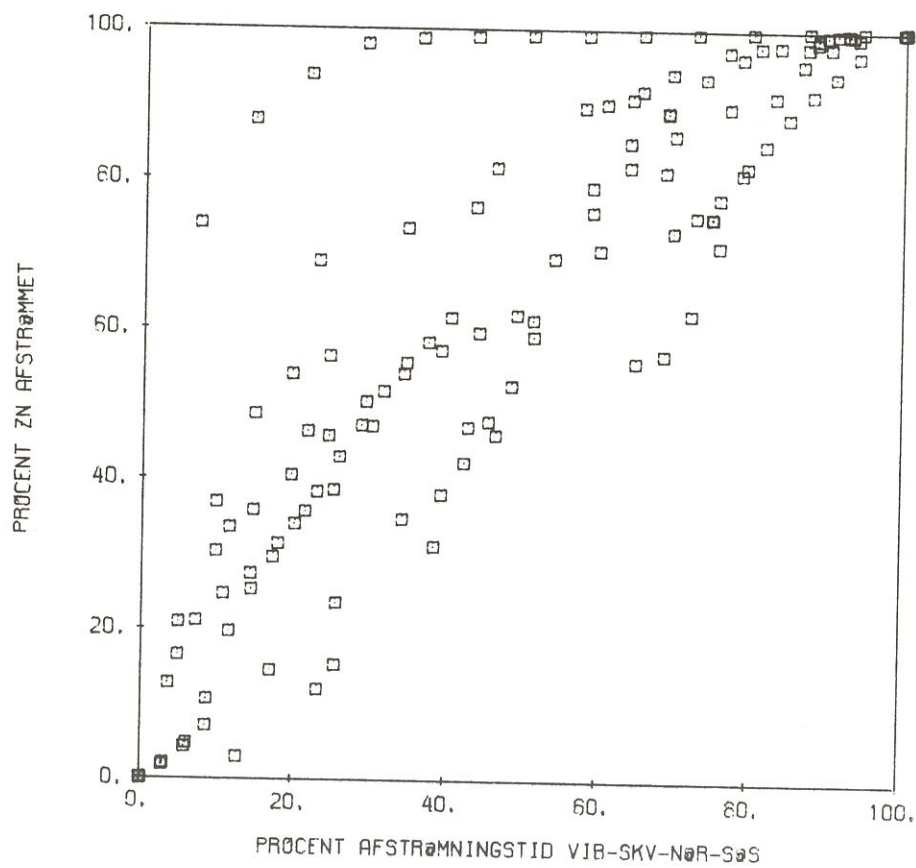
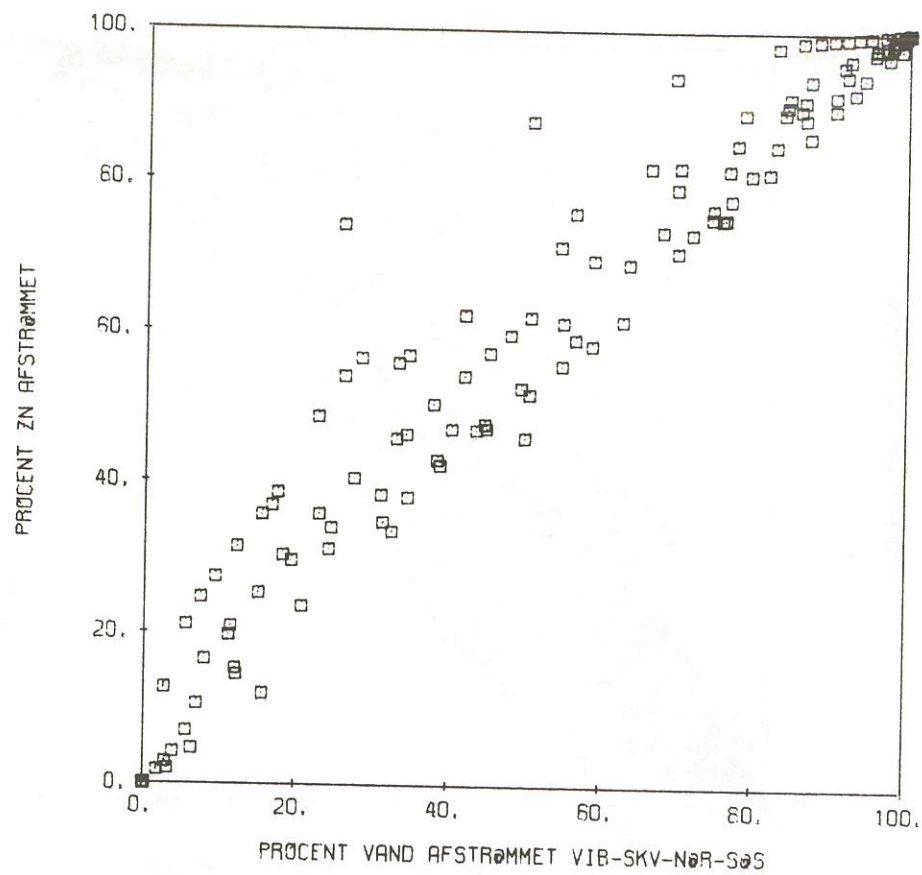
VIBORG - SKVÆTMØLLE - NØRSKOVBAKKE - SØSPORTEN



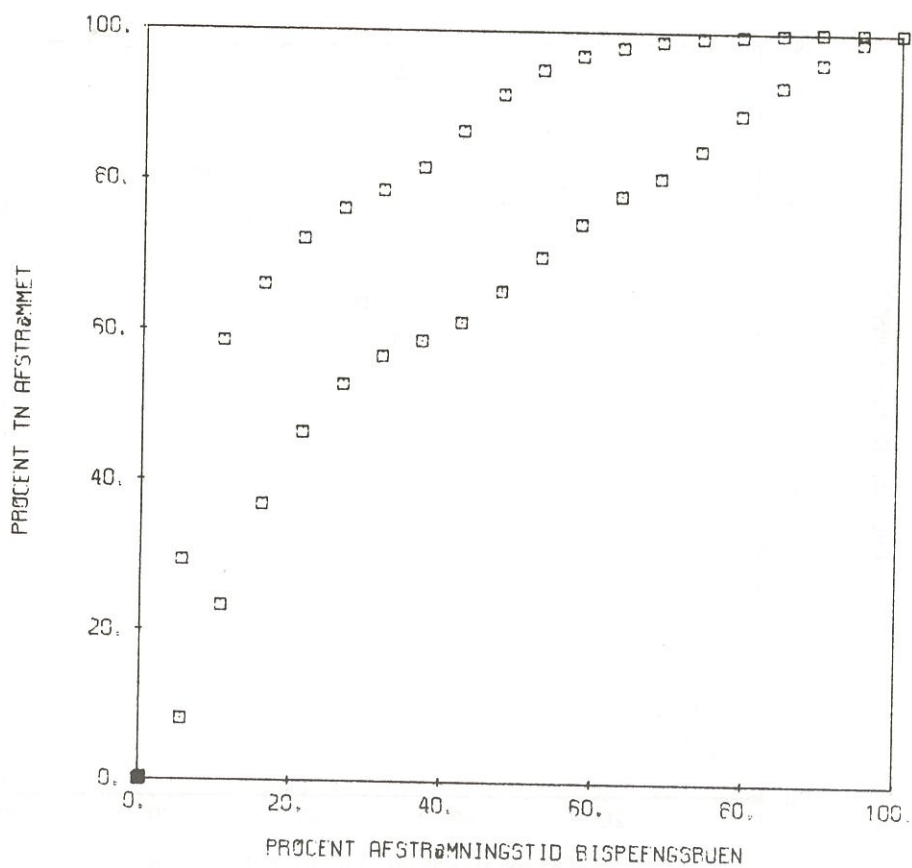
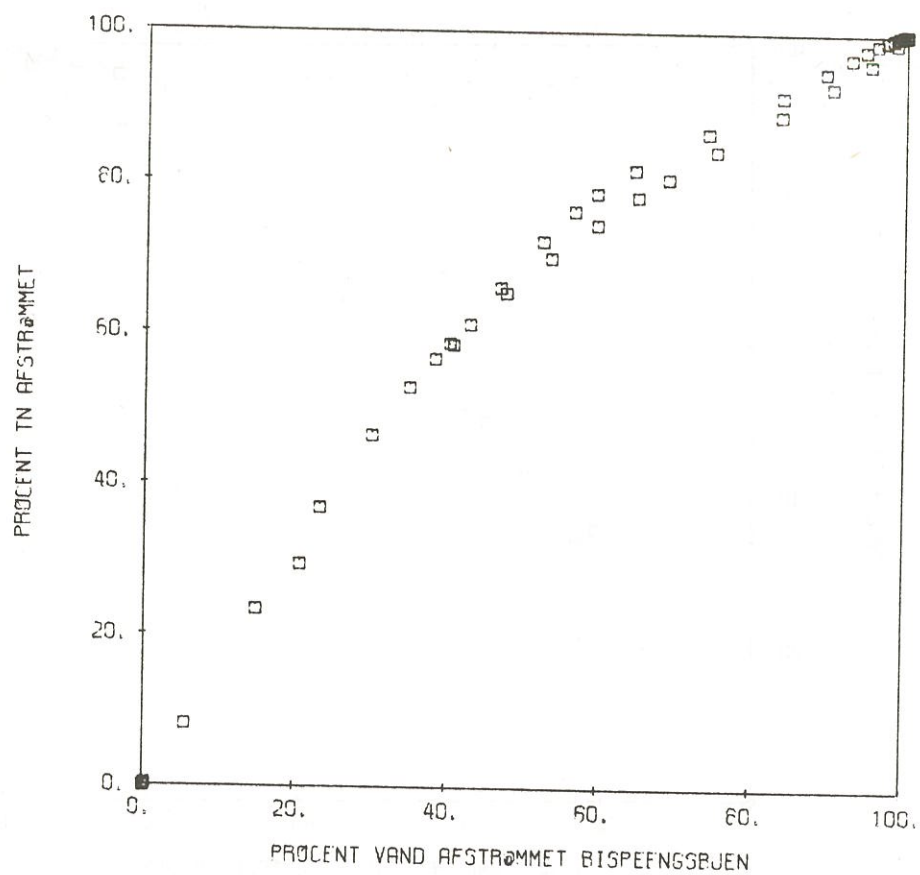


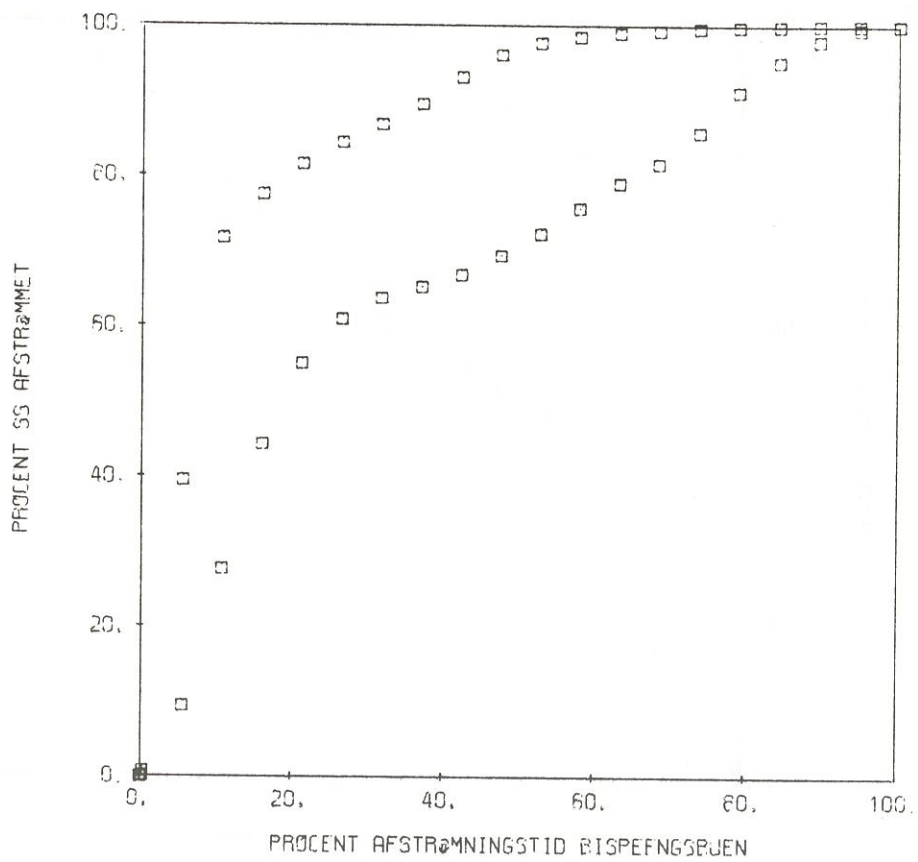
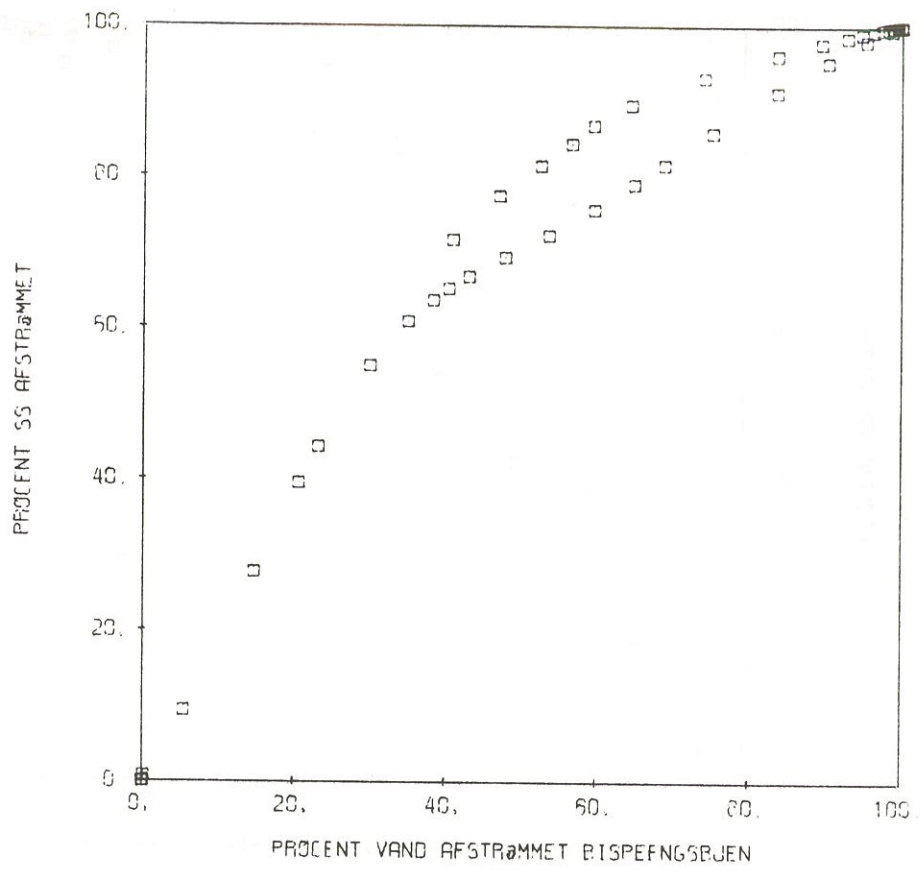


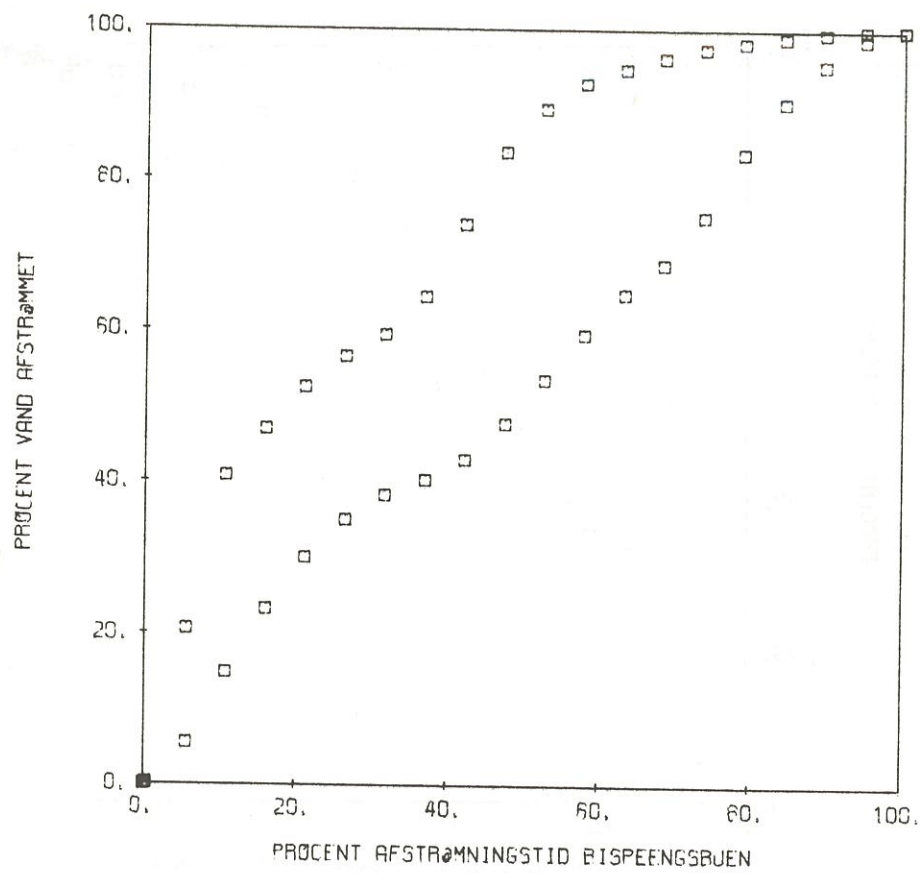




BISPEENGSBUEN - KØBENHAVN







SØNDER EGE - RY

