

June 6

3. 1. 65

Forelesninger
ved Norges Landbrukshøgskole

Bengt Rognerud

VATNING og VATNINGSANLEGG
=====

Første del

Desember 1965

I N N H O L D

D e l I

	Side
<u>I INNLEDNING</u>	1
<u>II FRA VATNINGENS HISTORIE</u>	2
1. Om forholdene før år 1900	2
2. Utviklingen fram til 1960	3
<u>III OM BEHOVET FOR VATNING</u>	8
1. Klima	8
a. Nedbør	8
b. Evapotranspirasjon	11
2. Jord	13
3. Planter	17
4. Vurdering av systemet jord - vatn - planter	19
a. Når skal en vatne ?	19
b. Hvor mange mm skal en vatne med ?	22
<u>IV VATNINGSFORSØK</u>	23
1. Klonesforsøkene	24
2. Andre forsøk	26

I INNLEDNING

De eldste kultursamfunn oppstod i aride strøk der det var stort behov for vatning. Det er først i de siste 1500-2000 år at jordbruket har utviklet seg i mere humide områder der regulering av vekstfaktoren vatn omfatter både bortledning og tilføring av vatn. En regner med at 25-30 % av jordens overflate får for lite nedbør til at en kan drive planteproduksjon uten vatning. I verden som helhet er vatning mer vanlig enn grøfting, mens vi i vårt land har størst behov for grøfting.

Arkeologiske undersøkelser viser at vatning har vært praktisert i Egypt og Kina i 4-5000 år. I Egypt finner en rester av det eldste damanlegget i verden. Dette ble bygget for omlag 5000 år siden for å samle opp vatn til bl.a. vatning. Store arealer i Egypt og Kina som en mener har vært vatnet i rundt 4000 år, gir også bra avlinger i dag. For tida regner en med at omlag 2,5 mill. ha blir vatnet med vatn fra Nilen.

I Indusdalen i India har vatningen like gamle tradisjoner som i Egypt og Kina. Utgravninger viser at en ved Indus hadde godt konstruerte vatnings- og grøftesystemer for omlag 5000 år siden.

I den gamle verden finner en mange kanaler og dammer som ble bygget for 2-3000 år siden og som er i bruk den dag i dag. Dette vitner om en grundig planlegging og god innsikt i bygging av slike anlegg.

Reguleringen av vekstfaktoren vatn vil i første rekke avhenge av klimaforholdene på stedet. Om en må lede vekk vatn eller tilføre vatn eller om det er aktuelt med både grøfting og vatning, bestemmes i første omgang av nedbør, temperatur og jordart. I vårt humide klima er det jo mest vanlig med grøfting i mange tilfelle både grøfting og vatning, men når en kommer lenger mot syd er det vatning det er behov for. I 1948 ble det oppgitt at ca. 830.000 km² eller 83 mill. ha av jordens dyrkede areal ble vatnet. Dette tilsvarer rundt regnet hundre ganger vårt dyrkede areal. Størsteparten av dette arealet ligger i strøk hvor nedbøren er så liten at en planteproduksjon ville være umulig uten vatning.

II. FRA VATNINGENS HISTORIE I NORGE.

1. Om forholdene før år 1900.

Ser en på forholdene i vårt land, så har vi også strøk som må betegnes som aride. Fra jordbrunnslera har vi hørt om saltbitterjorda i disse strøkene, nemlig bygdene øverst i Gudbrandsdalen og innerst i Sogn. Målselv er også med blandt de mest nedbørfattige strøka i landet. Statskonsulent K. K. Sortdal skrev i 1961 om de gamle vassvegene i Lom og har prøvd å tidfeste arbeidet med framføringen av vatningsvatn i gammel tid. Han har opplysning fra en rettsak i 1598. Dette er en tvist mellom to gårder og årsaken er et lite damanlegg som har voldt skade på den ene eiendommen.

I Norriges Bescrifuelse av 1632 nevner Peder Claussøn Friis de gamle vatningsanleggene slik: "Oppe under Fieldet ledsage de Vandet udi Render ned aff Klippen oc ud paa deris Agre, at dygge oc Vande naar tørre Sommere ere." Christian V's Norske Lov av 1687 tar opp framføring av "Fields og Almindings Vande" og erstatning i tilfelle noen ødelegger renner eller grøfter som fører fram vatn. Dette tyder på at en da allerede hadde hatt disse problemene i lengere tid.

Før en tok til å bygge vassveger fra fjellet, er det rimelig at en har nyttet vatnet i naturlige løp som kommer ned fjellsidene. En må regne med at dette vatnet er nyttet fra svært lang tid tilbake og at det har gjort det mulig å drive jordbruk i disse strøkene. Det blir hevdet at vatningen må være mest like gammel som åkerbruket. Klimaet har variert gjennom tidene, men det har alltid vært lite nedbør i disse bygdene. Slik som forholdene er i dag, ville det ikke være mulig å drive jordbruk uten vatning, en ville i hvertfall ikke kunne skaffe seg et rimelig økonomisk utbytte.

Det er vanskelig å finne opplysninger om når en tok til med vatninga her i landet. En må gå ut fra at teknikken er utviklet fra å nytte vatnet fra en liten bekk som rant forbi åkeren, til å lede fram vatn over kortere eller lengere avstander, alt etter det behov og de muligheter som forelå.

Fra vikingtida er det sparsomt med opplysninger om jordbruket og en vet lite om vatning har vært brukt. Historien forteller imidlertid at engvatning med overrisling ble brukt på Island i landnåmstida. Sortdal mener det er rimelig å anta at landnåmsmennene hadde tatt med seg denne bruksmåten der de kom fra, f.eks. fra indre Sogn der en mener at vatning også må ha vært praktisert

svært langt tilbake i tida.

Etter svartedauen i midten av det 14. århundre gikk folketallet sterkt tilbake og mange bruk ble lagt øde. Det gikk svært lang tid før landet kom over virkningen av svartedauen og det ble neppe arbeidet med nye vasstak i denne tida. Utover i det 16. og 17. århundre forandret klimaet seg og en fikk mange nedbørrike år og kalde vintre.

Det var først i det 18. og begynnelsen av det 19. århundre at folketallet begynte å øke ganske raskt og at jordbruket tok seg opp igjen. Vatning ble mer aktuelt og det ble bygd en rekke vassveger fra fjellet og fram i bygdene. Inne i fjellet ble det lagt opp demninger for å få en rasjonell utnyttelse av vatnet. Kontraktene om arbeidet med disse anleggene viser at det etter datidens forhold var store og krevende oppgaver som ble løst på samvirkebasis.

Allerede fra det 18. århundre finner en mange beskrivelser av vatningen i Nord-Gudbrandsdal. Presten Johannes Klem som var i Lom fra 1754-64, har i Danmarks og Norges oeconomiske Magazin 1757-58 en utførlig beskrivelse av vatningen i Lom.

Inntil omkring 1850 var vistnok interessen for vatning utenom de typiske vatningsstrøkene ganske liten. I 1848 skrev imidlertid P.O. Boysen en artikkel om "engvanding" uten at det førte til noen vesentlig utbredelse av vatningen.

2. Utviklingen fram til 1960.

Landbruksdirektør Tandberg var interessert i vatningssaken og etter hans forslag bevilget stortinget i 1907 kr. 1.000,- til vatningsforsøk i eng. Det ble lagt ut felter på Skøien i Romedal, Hedmark, på Hov, Nord-Fron, Oppland, på Tørstad og Aanestad i Varhaug, Rogaland og på Sjøtun i Vik, Sogn og Fjordane. Forsøket på Skøien gikk en 10-12 år.

Omtrent på samme tid ble de første norske sprederne konstruert. Dette var av de første i verden. Engebret Hasvold, Søndre Land, hadde en spredde ferdig i 1908 og Tor Prestgard var ute omtrent samtidig med en spredde som arbeidet på en noe annen måte. Det gikk imidlertid mange år enda før spredere ble vanlige i vatningsanlegg.

De første vatningsforsøkene av betydning ble satt i gang på Klones omkring 1920 av senere statskonsulent K. K. Sortdal og det var flere spredte forsøk i gang i Ottadalen allerede i 20-åra. Det ble også bygd fast anlegg for vatning med

spredde på jordbruksskolen og disse tiltakene hadde stor betydning for utbredelsen av vatningen i Nord-Gudbrandsdal og i landet som helhet.

Når en tar for seg statistikken for vatningsanlegg på bruk med over 5 da jordbruksareal fra jordbrukstellinga i 1939, finner en de fleste anleggene i Oppland og Sogn og Fjordane. Det er ellers ikke overraskende og finne anlegg spredt over hele landet.

I fra 1939 til 49 har det vært en sterk ombygging av overrislingsanlegg til anlegg med naturlig trykk eller pumpe. Dette går tydelig fram av følgende oversikt.

År	Nat. trykk	Risleanlegg	Pumpeanlegg	Ikke oppg.	Antall anlegg
1939	843	1.302	490	468	3.103
1949	1.113	403	961	838	3.305

I 1959 savner en dessverre oppgave over de forskjellige typer vatningsanlegg, men det er svært sjelden at en finner overrislingsanlegg i bruk her i landet i dag. Mange av de gamle vassvegene er ennå i bruk, men vatnet spres i dag gjennom moderne anlegg med spredere. Det blir ofte stort vedlikeholdsarbeid på de gamle vassvegene som kan være både en og to mil lange. Dette er en av grunnene til at mange har bygget pumpeanlegg og tar vatn fra andre vasskilder der dette er innen rimelig rekkevidde. I andre tilfelle er det vasskilden inne i fjellet som har sviktet, så en har måttet skaffe vatn fra andre hold og da som oftest med pumpeanlegg. Mange plasser ser en i dag bare rester etter tjern eller snøbreer som i gammel tid var sikre kilder for vatningsvatn.

Vatningsanlegg ved bruk over 5 dekar jordbruksareal, 1939.

Fylker og størrelsesklasser	1	2	Er det vatningsanlegg på bruket ?							9
	ja	nei	hvis ja			Vatnet areal, da				
			ikke oppg.	nat.-trykk	risle- anlegg	pumpe- anlegg	hage- bruk	åker	eng	
Østfold	62	5 827	2 213	22	3	31	210	7	492	
Akershus	235	7 869	2 203	117	1	108	1 284	212	990	
Hedmark	137	16 021	2 739	32	11	63	540	604	2 779	
Oppland	1 155	12 044	2 533	205	853	39	560	10976	16 096	
Buskerud	169	7 803	2 202	52	2	73	946	1685	2 255	
Vestfold	97	5 157	1 555	26	1	46	462	347	314	
Telemark	66	7 243	1 612	23	4	10	85	12	102	
Aust-Agder	48	4 743	1 506	15	2	13	134	31	97	
Vest-Agder	73	7 294	1 833	30	2	15	152	62	60	
Rogaland	49	11 528	775	14	8	16	97	6	161	
Hordaland	165	11 698	4 759	70	59	13	557	231	1 608	
Sogn og Fjordane	532	8 498	2 677	156	328	20	1 111	2229	9 296	
Møre og Romsdal .	92	13 200	2 751	34	17	6	91	50	218	
Sør-Trøndelag ...	39	9 048	3 878	12	2	7	6	-	10	
Nord-Trøndelag ..	33	7 644	3 473	2	-	5	35	196	173	
Nordland	69	14 071	8 036	13	5	17	29	15	11	
Troms	56	8 991	3 156	11	2	2	5	1	46	
Finnmark	26	2 588	2 087	9	2	6	7	2	66	
Rikets bygder ...	3 103	161 267	50 008	843	1 302	490	6 311	16666	34774	
Fordelt etter jordbruksarealet										
Kl. 3. 5.1- 10 da	258	15 420	6 860	76	107	36	226	252	504	
" 4. 10.1- 20 "	595	32 225	11 164	126	311	69	560	1 467	2 414	
" 5. 20.1- 35 "	607	35 674	11 053	120	308	70	622	2 154	3 772	
" 6. 35.1- 50 "	411	23 675	6 817	112	195	57	700	1 908	3 673	
" 7. 50.1- 75 "	399	22 144	6 230	127	150	64	805	2 683	5 332	
" 8. 75.1- 100 "	299	12 543	3 398	102	121	40	784	2 517	5 979	
" 9. 100.1- 200 "	353	14 808	3 621	125	87	77	1 268	3 588	6 799	
" 10. 200.1- 500 "	146	4 457	829	49	22	52	1 105	1 204	3 183	
" 11. 500.1-1000 "	28	289	34	6	1	19	184	740	2 234	
" 12. over 1000 "	7	32	2	-	-	6	57	153	884	
Rikets bygder	3 103	161 267	50 008	843	1 302	490	6 311	16666	34 774	

Vatningsanlegg 1949.

Fylker og størrelsesklasser	1	2	3	4	5	6	7
	Vatningsanlegg på bruket						
	hvis ja						
	ja	nei	Ikke oppg.	nat.-trykk	risle- anlegg	pumpe- anlegg	Ikke oppg.
Østfold	141	7 133	604	31	-	67	43
Akershus	318	8 431	1 066	89	2	183	44
Hedmar	195	18 167	569	40	3	101	51
Oppland	833	14 668	303	381	248	102	102
Buskerud	283	8 842	706	81	2	153	47
Vestfold	188	5 988	315	49	1	99	39
Telemark	90	7 516	1 089	34	2	23	31
Aust-Agder	99	5 415	591	23	1	49	26
Vest-Agder	92	8 491	260	25	1	25	41
Rogaland	99	11 568	461	19	4	29	47
Hordaland	185	15 465	595	84	17	27	57
Sogn og Fjordane	354	10 956	378	140	100	52	71
Møre og Romsdal	127	15 363	453	31	5	16	75
Sør-Trøndelag	78	12 375	341	27	2	9	40
Nord-Trøndelag	64	10 746	277	9	1	17	37
Nordland	83	22 419	645	25	2	4	52
Troms	59	12 238	858	20	11	4	25
Finnmærk	17	4 563	281	5	1	1	10
Rikets bygder	2 305	200 344	9 792	1 113	403	961	838

Fordelt etter jordbruksarealet.

Kl. 3.	5.1-	10 da	271	21 555	1 730	103	39	69	61
"	4.	10.1- 20 "	537	43 533	2 382	204	91	127	116
"	5.	20.1- 35 "	536	46 434	2 018	174	91	127	145
"	6.	35.1- 50 "	481	29 414	1 239	180	53	121	127
"	7.	50.1- 75 "	518	27 457	1 113	170	66	132	153
"	8.	75.1- 100 "	285	12 645	508	100	28	86	74
"	9.	100.1- 200 "	429	14 580	588	125	27	152	116
"	10.	200.1- 500 "	206	4 404	199	40	7	118	41
"	11.	500.1- 1000 "	34	296	12	6	1	22	5
"	12.	over 1000 "	8	26	3	1	-	7	-
Rikets bygder			3 305	200 344	9 792	1 113	403	961	838

Vatningsanlegg 1959.

	Antall bruk		Ikke oppgave	Areal som k.vatnes da
	Med	Uten		
Østfold	268	6 532	257	9 902
Akershus	435	7 158	434	19 720
Oslo	45	259	55	1 295
Hedmark	330	15 963	881	19 989
Oppland	1 152	13 271	615	46 418
Buskerud	557	7 944	553	22 161
Vestfold	437	4 818	300	16 395
Telemark	212	7 213	464	4 277
Aust-Agder	272	4 620	391	3 935
Vest-Agder	199	6 542	502	2 977
Rogaland	170	10 637	809	3 952
Hordaland	239	13 582	1 225	4 755
Bergen	3	30	3	25
Sogn og Fjordane ...	515	10 011	795	14 805
Møre og Romsdal	110	14 406	916	1 647
Sør-Trøndelag	76	11 229	856	1 960
Nord-Trøndelag	87	9 921	533	3 197
Nordland	93	19 893	1 735	1 246
Troms	100	11 172	1 734	1 239
Finnmark	18	4 199	539	48
Riket	5 318	179 400	13 597	179 943
Bygdene	5 206	178 521	13 368	176 693
Byene	112	879	229	3 250
Kl. 3. 5.1- 10 da	517	16 583	2 314	3 048
" 4. 10.1- 20 "	878	36 396	3 615	9 036
" 5. 20.1- 35 "	872	39 701	3 145	14 447
" 6. 35.1- 50 "	762	29 132	1 915	18 239
" 7. 50.1- 75 "	860	26 490	1 419	26 930
" 8. 75.1- 100 "	408	12 411	538	16 998
" 9.100.1- 200 "	657	13 914	503	41 312
" 10.200.1- 500 "	302	4 430	138	34 034
" 11. 500.1-1000"	47	316	9	10 897
" 12. over 1000 "	15	27	1	5 002
	5 318	179 400	13 597	179 943

III. OM BEHOVET FOR VATNING.

Om det er nødvendig å vatne eller ikke, er spørsmål som avhenger av en rekke forhold. Det er mest nærliggende å tenke på de klimatiske betingelsene, i første rekke nedbør og evapotranspirasjon, men spesielle forhold ved plantene og jordbunnsforholdene hører også med i bildet når en skal vurdere behovet for vatning.

Både klimaet, plantenes vasshusholdning og jordbunnsfysikken betraktes som kjent stoff da det er gjennomgått i andre fag. Her tar en derfor bare med de viktigste forhold som har betydning for vurdering av det vi kan kalle systemet jord - vatn - planter.

1. Klima.

a. Nedbør.

Ser en på vatningen i verdensmålestokk, finner en som rimelig kan være at hovedtyngden av vatningen foregår i de aride strøkene. Nedbøren er her for liten til å gi en rimelig avling og det er et stadig behov for vatning. I de seinere åra er vatning blitt mer vanlig i nedbørrikere strøk der en har kortere eller lengere perioder med for lite nedbør. En prater her om suppleringsvatning.

I vårt land har vi områder som må betegnes som aride og det er da også her vi finner de eldste vatningsanleggene. Dette gjelder f.eks. indre strøk av Sogn og Hardanger og Nord-Gudbrandsdal med Ottadalen.

Det går fram av jordbrukstellingene at vi nå har mange vatningsanlegg i mer nedbørrike strøk og dette skyldes for en stor del den skjeve fordelingen av nedbøren i disse strøkene. Forsommertørke er svært vanlig, men kortere eller lengere tørkeperioder opptrer til forskjellig tid i vekstperioden. En bør derfor ikke feste seg bare ved årsnedbøren eller nedbøren i veksttida, men studere fordelingen av nedbøren i veksttida, lengden av tørkeperiodene og frekvensen av tørkeperioder over et lengere tidsrom.

Som eksempel på årsnedbør og midlere månedsnedbør i veksttida har en tatt med tall fra en del nedbørstasjoner, i forskjellige deler av landet. Tallene er hentet fra Nedbøren i Norge 1895 - 1943. Samme sted kan en også finne midlere månedsnedbør for de enkelte år i observasjonstida og derved få et visst grunnlag for å finne ut når en har hatt tørkeperioder og hvor ofte de har opptrådt. Månedsmidler er imidlertid et dårlig utgangspunkt for en slik vurdering da en godt kan ha en tre ukers tørkeperiode og likevel en brukbar månedsnedbør.

Som eksempel på månedsvariasjoner over en årrekke tar en også med noen observa-

Midlere nedbørhøyder for måneder og år for perioden 1/9 - 1900 - 31/8 - 1940.

	H	Mai	Juni	Juli	Aug.	Mai - Aug.	Året
Polmak	ca. 25	18	36	55	50	159	358
Alta	14	17	34	39	36	126	312
Gibostad	6	43	56	64	46	209	760
Moen	11	35	42	52	52	181	646
Harstad	49	36	39	45	45	165	718
Fauske	14	53	65	67	82	267	978
Nord-Rana	250	69	75	79	93	316	1455
Namdalseid	86	50	59	64	84	257	1062
Leksvik II	137	52	60	89	114	315	919
Hølonda	360	43	75	87	108	313	807
Gjermundnes	51	50	73	85	112	320	1095
Leikanger	22	42	48	56	82	228	918
Lærdal	3	21	30	46	53	150	447
Lavik i Sogn	24	87	120	108	179	494	2011
Vik i Sogn	2	41	53	62	95	251	1008
Samnanger	370	125	177	209	266	777	3165
Eidfjord	5	29	44	65	84	222	908
Kinasrvik	109	46	63	74	102	285	114
Hognestad	17	53	57	72	111	293	107
Søyland	289	99	104	135	206	544	215
Grimstad II	7	61	62	75	111	309	11
Sandar	60	66	59	81	102	308	9
Råde II	31	47	50	68	83	248	
Trøgstad	172	50	54	80	99	283	
Ås	95	53	55	80	97	285	
Flisa	183	48	57	79	91	275	
Brandbu	420	54	70	92	107	323	
Østre Toten	270	44	55	71	83	253	
Nes, Hedmark	244	37	52	76	79	244	
Vinstra	241	22	37	70	72	201	
Skjåk I	424	13	22	44	41	120	
Lom	380	13	22	43	43	121	
Dombås II	643	17	32	58	61	168	
Alvdal	485	33	56	82	81	252	
Ytre Rendal II	253	33	52	84	76	245	

Nedbørhøgder i mm for mnd. og år på Ås i tida 1911 - 1940.

År	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
1911	52	40	41	55	45	44	34	34	76	75	113	86	695
1912	6	27	95	19	35	79	55	186	38	82	75	111	808
1913	42	18	36	49	83	35	111	79	25	31	94	66	669
1914	8	71	97	49	43	26	32	60	44	25	38	157	650
1915	103	85	18	47	22	24	207	105	77	20	97	65	870
1916	84	68	67	40	56	93	40	61	26	105	151	99	890
1917	30	11	44	42	9	72	43	204	37	102	73	32	699
1918	52	25	7	22	8	62	106	87	137	70	48	59	683
1919	84	13	39	47	18	51	37	78	64	36	85	43	595
1920	100	59	74	150	80	74	156	116	111	5	32	46	1003
1921	75	29	20	2	59	31	36	102	23	13	20	52	462
1922	17	41	28	53	41	29	105	138	56	15	29	75	627
1923	72	11	50	39	81	23	49	101	102	171	119	23	841
1924	59	19	27	34	84	72	129	178	127	142	36	91	998
1925	43	58	28	42	107	23	91	67	80	102	37	67	745
1926	64	45	13	32	103	98	71	68	49	47	186	13	789
1927	138	79	127	39	40	170	90	117	148	101	60	5	1114
1928	78	69	30	30	16	61	40	110	40	151	121	32	778
1929	13	10	4	22	69	35	28	135	34	182	192	154	878
1930	108	10	35	62	57	63	162	87	97	74	96	89	940
1931	63	59	10	50	78	12	125	94	32	32	94	42	691
1932	55	4	35	74	66	25	97	16	93	129	92	71	757
1933	43	51	28	6	75	75	51	53	60	166	9	3	620
1934	117	16	77	61	69	34	52	109	102	68	49	152	906
1935	28	57	34	67	4	71	44	40	155	247	95	109	951
1936	137	19	25	55	29	31	86	102	56	67	66	119	792
1937	50	62	79	59	67	128	42	17	107	37	24	72	744
1938	74	15	2	14	34	60	61	36	122	149	137	142	846
1939	118	42	16	49	31	76	154	60	8	23	142	31	750
1940	10	9	40	41	12	18	195	90	124	59	102	33	733

Variasjonen i månedsnedbøren fra år til år kan være temmelig stor og denne oversikten gir et langt bedre inntrykk av vatningsbehovet enn de midlere månedsnedbører gjør.

b. Evapotranspirasjon.

Over et lengere tidsrom vil nedbøren tilsvare fordampningen fra jorda og plantene, transpirasjonen fra plantedekket og avrenningen på overflata eller i undergrunnen. Den delen av vatnet som i dampform går tilbake til atmosfæren, evapotranspirasjonen er en viktig faktor i vasshusholdningen og er et godt hjelpemiddel når en skal studere vatningsbehovet.

En prater om potensiell og aktuell evapotranspirasjon. Med potensiell evapotranspirasjon (E_p) mener en det forbruket en har av vatn fra et tett plantebestand i god vekst ved optimal vassforsyning i jorda. Det er dette forbruket en i de fleste tilfelle må legge til grunn for fastsettelsen av vatningsbehovet. Det aktuelle vassforbruket (E_a) er som regel lågere når vassinnholdet i jorda avtar eller også når plantene ikke dekker hele jordoverflata.

Det potensielle vassforbruket kan beregnes på grunnlag av en rekke klimaobservasjoner. Det er også konstruert forskjellig utstyr til måling av fordampningen, men en har ikke noe utstyr i dag som under vekslende klimaforhold representerer samme forbruket som et levende plantebestand i god vekst. Enkle fordampningsmålere ved siden av nedbørmålere vil imidlertid i mange tilfelle kunne være til god støtte for å bestemme når en skal vatne og hvor mye en skal vatne.

Evapotranspirasjonen er bestemt av en rekke faktorer. Det kreves energi til fordampningen, og fordampningen er i første rekke begrenset av den energi-mengden som til enhver tid står til disposisjon. På den annen side vil også vassinnholdet i luften være en sterkt regulerende faktor. Er luften mettet med vassdamp, vil det ikke fordampe noe vatn sjøl om forholdene forøvrig ligger til rette for det. Høy temperatur fører som regel til økt forbruk av vatn da det ofte betinger en lågere relativ luftfuktighet og større metningsdefisitt.

Under sjølve fordampningsprosessen vil luftsjiktet nærmest bladene få høyere vassinnhold som i neste omgang reduserer fordampningen. Vind som skaper god luftveksling, fører bort vassdampen nær plantedekket og øker på den måten fordampningen.

Vi har hittil få opplysninger om den potensielle evapotranspirasjonen (E_p) her i landet. Mohrmann og Kessler har i 1959 gitt en oversikt (Waterdeficiencies in European Agriculture) over nedbør og E_p for 287 stasjoner fordelt over hele Europa. De har beregnet E_p på grunnlag av Turc's formel da de fleste stasjonene hadde de nødvendige observasjoner for denne beregningsmetode.

Denne oversikten viser at den beregnede E_p i det sydelige Norge er ca. 400 mm og i Trøndelag ca. 300 mm pr. år. Tallene bør ikke tillegges alt for stor vekt da dataene for stråling er mangelfulle. E_p er beregnet for følgende stasjoner.

Stasjon	1 Årlig nedbør mm	2 Årlig E_p mm	3 Årlig Deficit mm	4 Årlig over- skudd, mm
Bodø	852	285	16	583
Trondheim	764	322	48	490
Røros	449	240	35	244
Lillehammer	676	361	62	377
Oslo	768	452	80	396
Bergen	1944	404	-	1540
Kristiansand	1297	446	42	893
Dalen	831	405	43	469

Den årlige nedbørdeficit (3) er differansen mellom nedbør og E_p for tida mai-august, mens nedbøroverskudd (4) er summen av nedbør + E_p for hver mnd. i hele året. Som eksempel på beregningsmåten, tar en med tallene for Helsingfors som i hvertfall når det gjelder E_p , har en viss likhet med stasjoner i det sydelige Norge

Mnd.	1 Nedbør mm	2 E_p mm	3 (1 ÷ 2) mm	4 (1 ÷ 2) mm
J	55	0	55	
F	43	0	43	
M	43	0	43	
A	42	14	28	
M	48	60	÷ 12	÷ 12
J	51	95	÷ 44	÷ 56
J	59	111	÷ 52	÷ 108
A	83	89	÷ 6	÷ 114
S	72	47	25	
O	74	11	63	
N	68	3	65	
D	62	0	62	
Sum	700	430	384	÷ 114

En ser her at en i Helsingfors i middel har et underskudd på nedbør i tida mai-august på 114 mm og et overskudd i tida september-april på 384 mm. Vassinnholdet i jorda er ikke tatt med i dette regnskapet, og vi skal behandle det i et senere avsnitt. Mengden av nyttbart vatn i jorda vil bli avgjørende for om det er behov for vatning.

Tallene for nedbør og E_p er middel for en årrekke, og tar en for seg et enkelt år, kan bildet bli et helt annet. Det viser seg imidlertid at E_p varierer forholdsvis lite fra år til år. Den årlige variasjonen i nedbør er mange ganger større enn den årlige variasjonen i potensiell evapotranspirasjon. Det er derfor variasjonen i nedbør som stort sett er avgjørende for både frekvensen og størrelsen av underskuddet i plantenes vassforsyning.

2. Jord.

I foregående avsnitt har en skissert hvordan klimafaktorene virker på vassusholdningen. Nedbørdeficit viser differansen mellom det antall mm som ville fordampe under optimale forhold og nedbøren i samme tidsrom.

$$E_p - \text{nedbør} = \text{nedbørdeficit.}$$

Ved vekstperiodens begynnelse vil en som regel ha høgt vassinnhold i jorda og en viss mengde vatn. Plantene kan nytte en del av dette vatnet og vassusholdningen kan derfor bedre illustreres på følgende måte:

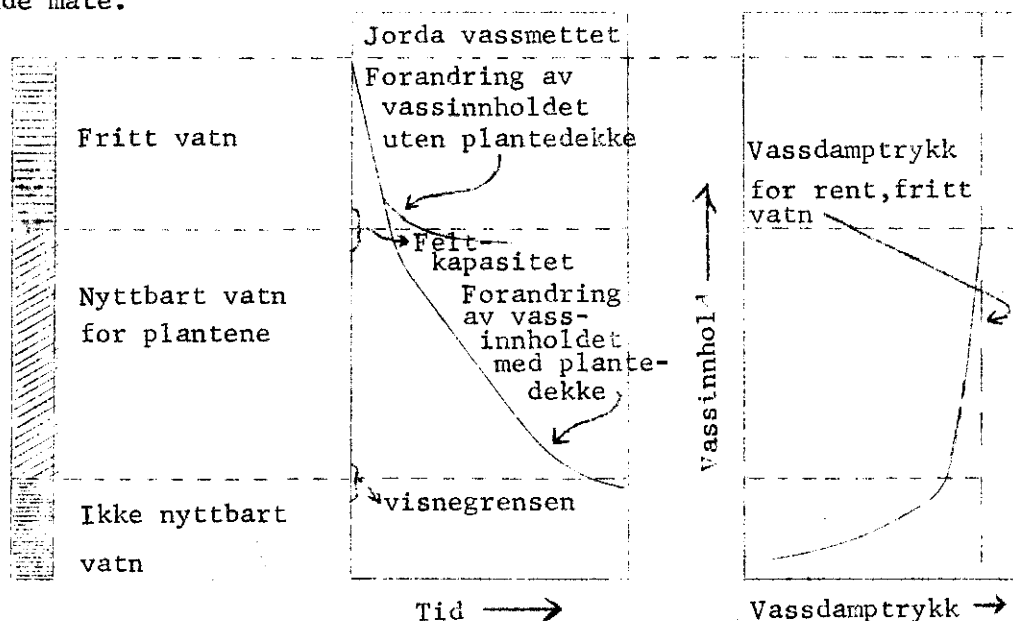
$$E_p \div (\text{nedbør} + \text{nyttbart vatn}) = \text{vassdeficit.}$$

En forutsetter her at de grunnleggende begreper om binding og transport av vatn i jorda er kjent og en går derfor ikke i detalj når det gjelder denne delen av stoffet.

Vatnet i jorda kan deles inn på mange måter. Når det gjelder plantenes vassforsyning og vatning, er det imidlertid greiest å tale om nyttbart og ikke nyttbart vatn. Den største mengden vatn jorda kan holde under påvirkning av tyngdekrafta kaller en feltkapasitet. Det vassinnholdet en har i jorda når plantene er helt visne og ikke kan ta seg opp igjen ved tilføring av vatn, kaller en for visnepunktet eller visnegrensen.

Etter et regnvær vil jorda som regel være helt vassmettet. Vatnet i de største porene (markhull, rotkanaler, sprekker) vil imidlertid sige nedover i profilet under påvirkning av tyngdekraften, inntil det oppstår en likevektstilstand mellom de kreftene som virker på vatnet. Dette vatnet som renner nedover i profilet er også nyttbart for plantene, men det regnes ikke med som nyttbart vatn da det opp-

holder seg i rotsjiktet i kort tid. Rent skjematisk kan en framstille forholdet på følgende måte.



De ulike jordartenes evne til å ta opp og binde vatnet er svært forskjellig. En jord med stort innhold av finpartikler, stor sp. overflate, har langt større evne til å holde på vatnet enn en lettere jord med større innhold av grøvre partikler og store porer.

Ved feltkapasitet er en del av vatnet i jorda lett tilgjengelig. Etter hvert som vassinnholdet avtar, vil det vatnet som er tilbake være sterkere bundet og mindre lett nyttbart for plantene. Tension (potensialet) øker altså når vassinnholdet avtar fra feltkapasitet til visnegrensen. Tension uttrykkes på flere måter, cm vass-søyle, atmosfære eller bar. Uttrykket pF angir logaritme til tension målt i cm vass-søyle.

Bar er en enhet i cgs-systemet og utgjør $10^6 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{+2}$. Dyn er den kraft som gir 1 g en aksellerasjon på 1 cm sek. $^{-2}$ ($\text{dyn} = \text{g} \cdot \text{cm} \cdot \text{sek.}^{+2}$) og arbeidet (erg) er kraft x veg, $\text{erg} = \text{dyn} \cdot \text{cm}$. En atmosfære er lik $1,013 \cdot 10^6 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{+2}$ eller 1 atm. = 1,013 bar. Disse to størrelsene er temmelig like og bar er den enhet en fortrinnsvis bør bruke.

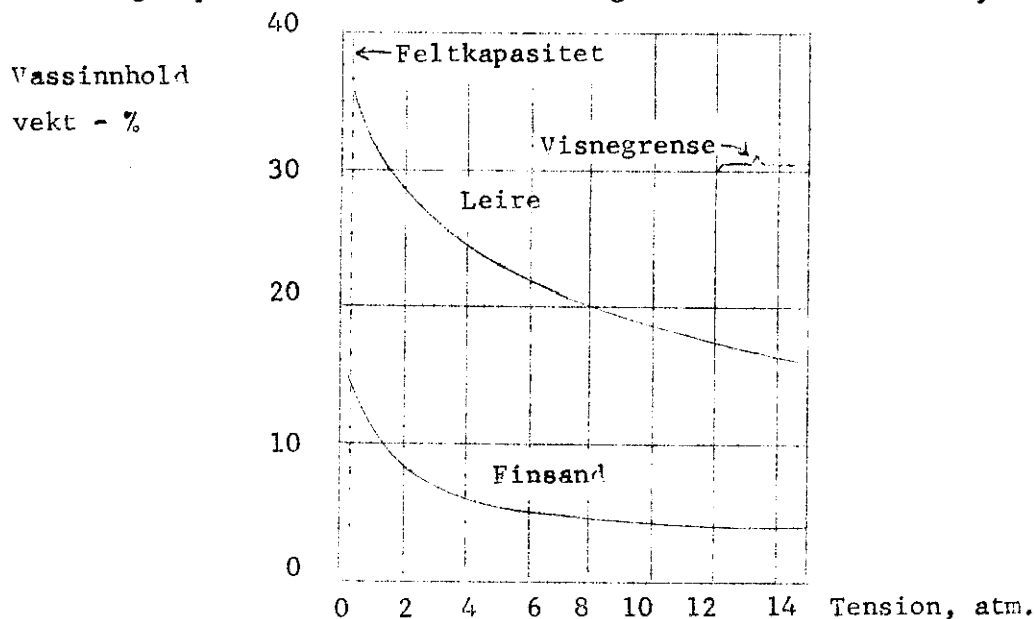
Potensialet uttrykkes ofte i erg/g eller joule/kg og det er riktig når en setter vatnets sp.v. til $1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{+3}$. En har at

$$1 \text{ atm.} = 1,013 \text{ bar} = 1,013 \cdot 10^6 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{+2}$$

$$\text{og } \frac{1,013 \cdot 10^6 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{+2}}{1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{+3}} = \frac{\text{dyn} \cdot \text{cm}}{\text{g}} = \frac{\text{erg}}{\text{g}}$$

Altså er $\text{dyn} \cdot \text{cm}^{+2}$ og $\text{erg} \cdot \text{g}^{+1}$ i dette tilfelle av samme størrelse. Istedet for $\text{erg} \cdot \text{g}^{+1}$ brukes ofte $\text{joule} \cdot \text{kg}^{+1}$ da det er en mer hensiktsmessig enhet. (1 joule = 10^7 erg).

I følgende diagram viser en forholdet mellom tension og vassinnholdet i to jordarter som gir plantene svært ulike betingelser for sin vassforsyning.



Ved visnegrensen er det liten variasjon i vassinnholdet ved stor forandring av tension. Det betyr derfor lite om en setter tension til f.eks. 12, 15 eller 20 bar ved visnegrensen, men det er nå mest vanlig å bruke ca. 15 bar ($pF = 4,2$). Om en setter feltkapasitet ved 0,1 bar ($pF = 2,0$) eller 1/3 bar, har langt større betydning for det beregnede kvantum av nyttbart vatn i jorda. Begge verdiene nyttes for laboratoriebestemmelse av feltkapasitet, men den mest pålitelige verdi får en når en tar ut prøver ute i marka et par dager etter at jorda har vært godt gjennombløtt, og en har forhindre fordampning fra overflata.

En legger merke til i diagrammet at i en jord med stort colloiddinnhold, er vassinnholdet langt større både ved feltkapasitet og ved visnegrensen enn i en jord med større partikler og mer enkeltkonstruktur. I sandjord er det meste av vatnet lett nyttbart for plantene mens en større del av det nyttbare vatnet i leire er sterkere bundet.

Det er en ganske vanlig regel at en skal vatne når en har igjen halvparten av det nyttbare vatnet i jorda. En har imidlertid høyere tension i leirjord enn i sandjord ved denne grensen (se fig.) og derfor dårligere betingelser for plantene. Dette har størst betydning når klimaet betinger et høgt vassforbruk (høgt E_p).

Vasskapasiteten i jorda er en viktig faktor i vasshusholdningen. Men det er også av stor betydning å kjenne til hvor djupt hovedmassen av røttene går. En volumprosent vatn betyr at en har 1 mm vatn i et jordsjikt som er 1 dm djupt, og et tjukt rotsjikt kan derfor vege opp for en låg vasskapasitet. Det er av vesentlig betydning for plantenes vassforsyning at jorda har en god struktur, og gir gode vekstvilkår for røttene. Vasstransporten avtar raskt når vassinnholdet i jorda synker og det er

små mengder vatn som transporteres fram til rotsystemet i forhold til det plantene forbruker. Det er i første rekke når en har grunnvatnet nær rotsjiktet at en slik transport kan ha betydning.

Plantenes vassforsyning i f.eks. en leirjord er ikke alltid så gunstig som det kan se ut til ifølge vasskapasiteten. Strukturen i undergrunnen kan ofte være ubekvem og gi dårlige vekstbetingelser for røttene. En del røtter vokser ned i undergrunnen, men hovedmassen vil en ha i matjordsjiktet og det blir avgjørende for den optimale vassforsyningen.

Mohrmann og Kessler taler om "jord-rot verdien" og mener med det den mengden av vatn i jorda som er så lett nyttbart at det kan tas opp av plantene i takt med den potensielle evapotranspirasjonen. De har satt jord-rot verdien til 50% av det nyttbare vatnet i rotsona. Dette må betraktes som et middeltall da mengden av lett nyttbart vatn i jorda ikke er konstant under alle forhold. Det vil variere bl.a. med rotutviklingen, bindingen av nyttbart vatn i jorda og E_p .

Når klimafaktorene betinger et lågt vassforbruk, vil den aller største delen av vatnet i jorda kunne sies å være "lett" nyttbart i og med at plantene får tilfredsstillt sin vassforsyning. På den andre siden vil bare en liten del av vatnet i jorda være lett nyttbart når forholdene betinger en høy E_p . Dette forholdet går tydelig fram av en undersøkelse utført av Denmead og Shaw. De undersøkte transpirasjonen fra maisplanter under forhold med forskjellig potensiell evapotranspirasjon og vassinnhold (tension) i jorda. Ved moderat E_p (3-4 mm/dag) ble den aktuelle evapotranspirasjonen (E_a) mindre enn den potensielle når den midlere tension i rotsona var ca. 2 bar. Under forhold med E_p på 6-7 mm/dag ble E_a mindre enn E_p allerede ved en tension på ca. 0,3 bar, tilsvarende feltkapasitet, mens E_a var lik E_p inntil en midlere tension i rotsona på ca. 12 bar når E_p lå på 1,4 mm/dag.

En får bedre begrep om hvilken deficit en tørr luft representerer når en ser på følgende forhold. Fuktighetspotensialet uttrykt i erg/g er lik:

$$\frac{R \cdot T}{M} \cdot \ln \frac{P}{P_o} = \frac{2,303 \cdot R \cdot T}{M} \cdot \log \frac{P}{P_o}$$

Her er R gasskonstanten, T absolutt temperatur, M molekylarvekt for vatn og P/P_o relativ luftfuktighet.

Hvis lufta har en relativ fuktighet på 50%, får en at tension er lik

$$3068 \cdot \log 2 = 3068 \cdot 0,3010 = \underline{923,5 \text{ bar}}$$

Setter en tension til 15 bar, finner en at den relative luftfuktighet i jorda ved visnegrensen er ca. 98,8%.

3. Planter.

Det er også mange forhold ved plantene som har betydning for hvilket vassinnhold en må ha i jorda for å sikre et optimalt forbruk.

Plantenes vassforsyning skjer på to ulike måter som vi kaller for passivt og aktivt vassopptak. Det aktive vassopptaket skyldes ganske spesielle forhold hos plantene og er uavhengig av metningsdeficiten i den atmosfæren plantene vokser. Det er lansert mange teorier for å forklare det aktive vassopptaket uten at en skal gå nærmere inn på de her. En nevner bare som et eksempel at gutasjonsdråper er et synlig tegn på aktivt vassopptak.

Det passive vassopptaket hos plantene er det langt viktigste og det hevdes at det utgjør mer enn 90% av det totale vassopptaket. Som navnet sier, så er planta passiv i denne prosessen, og den drivende mekanismen er metningsdeficitt i atmosfæren rundt planta. Om morgenen er saftspenningen (turgortrykket) vanligvis på topp etter en låg nattetemperatur og høg luftfuktighet. Etter som temperaturen begynner å stige utover dagen, avtar den relative luftfuktigheten og det oppstår en metningsdeficitt i lufta og en potensial gradient fra plantesellene over i atmosfæren. Når vatnet fordampes fra plantesellene strømmer vatn til fra nabosellene og potensialgradienten bevirker til slutt en strøm av vatn fra rotsellene gjennom planta og ut i atmosfæren.

Måler en det osmotiske trykket i ulike deler av planta som vatnet passerer, finner en at det ikke kan forklare vasstransporten. Dette går fram av følgende diagram som viser eksempel på hvordan det osmotiske trykket (OT), saftspenningen (TP) og vatnets potensial eller tension, DPD (diffusion - pressure deficit), kan være i en gitt situasjon.

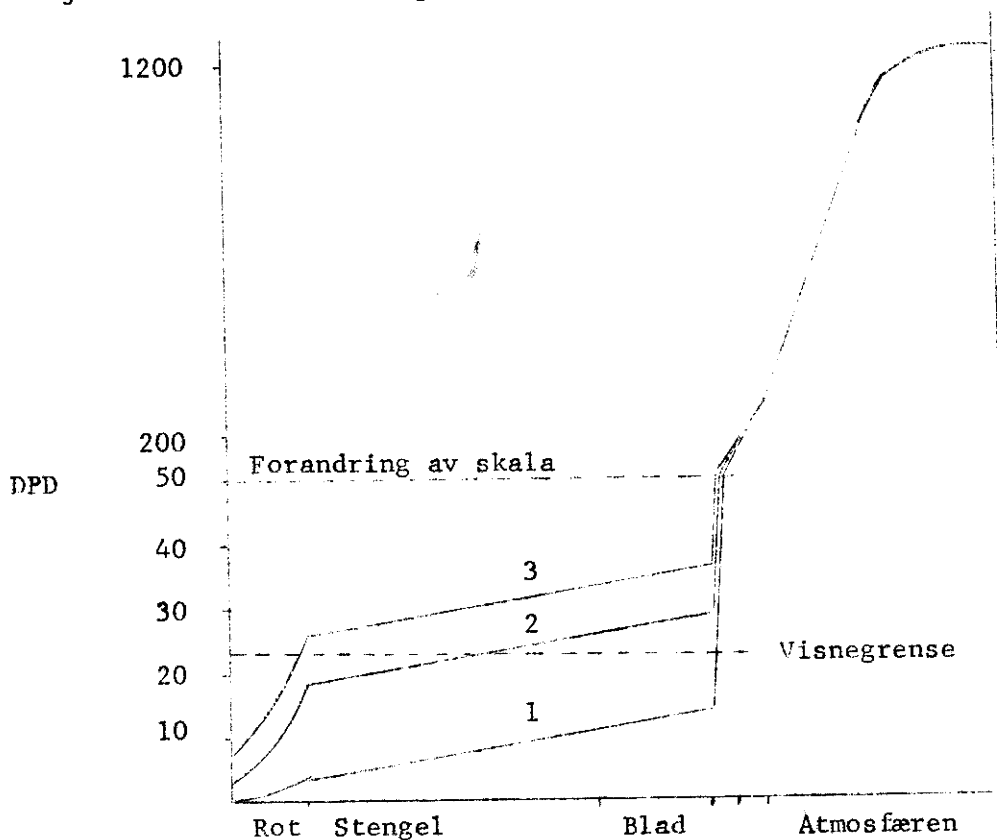
	OP = 16 TP = 8,5 DPD = 7,5	OP = 15 TP = 8 DPD = 7	OP = 2 TP = ÷4 DPD = 6
Rothår	OP = 9 TP = 5,5 DPD = 3,5	OP = 10 TP = 6 DPD = 4	OP = 2 TP = ÷3 DPD = 5

Sammenhengen mellom TP, OP og DPD går fram av følgende oppstilling:

$$\underline{DPD = OP \div TP}$$

Når DPD i overflatesellene i rothårsona overstiger tension i jorda begynner vassopptaket. Vatnet følger potensialgradienten fra en råere jord til en tørrere jord ved rotoverflata, gjennom planta og ut i lufta rundt planta.

Philip har skjematisert dette i følgende framstilling.



Avstandene langs absissen er ikke i målestokk og den rette DPD kurva gjennom planta betyr ikke at potensialgradienten har samme helning gjennom hele planta. Kurve 1 representerer situasjonen med låg tension i jorda og vassopptaket foregår raskt nok til å holde saftspenningen og livsfunksjonen i gang. Kurve nr. 2

viser situasjonen når det er mindre vatn i jorda og DPD i en del av planta når over visnegrensen på grunn av for liten tilgang på vatn. Kurve 3 viser stadiet da vassinnholdet i jorda nærmest rota er nådd visnegrensen. Hele planta er da vissen.

Metningsdefisitt i atmosfæren vil variere innen svært vide grenser. Når evapotranspirasjonen er stor, må planta ha lett tilgang på vatn og et rotsystem som gir mulighet for et stort vassopptak. Det er mange forhold ved rota som påvirker vassopptaket, en nevner her rotas gjennomtrengelighet for vatn, rotas forgreining og lengden av rothårsona.

Vassopptaket foregår praktisk talt bare i rothårsona like innenfor rotkappa. Eldre deler av rota er mindre lett gjennomtrengelig for vatn. Lang rothårsona gir derfor større aktiv rotoverflate og gode betingelser for vassopptaket. God næringstilstand og god struktur i jorda stimulerer rotutviklingen og har av den grunn også betydning for plantenes vassforsyning.

Vasstransport i umettet jord går langsomt, og den avtar raskt når jorda tørker ut. En regner ikke med at vasstransport fram eller opp til rotsjiktet har nevneverdig betydning. For å utnytte alt vatnet i rotsjiktet må røttene gjennomveve hele jordmassen så det ikke blir igjen "lommer" med råere jord. Med dårlig forgrenet rotsystem kan ikke planta nytte alt vatnet i jorda samtidig som den aktive rotoverflata blir mindre og gir dårligere betingelser for vassopptaket. Dette er blitt bekreftet bl.a. ved at visnegrensen har ligget ved en lågere tension når plantene har hatt et dårlig utviklet rotsystem.

4. Vurdering av systemet jord - vatn - planter.

For å kunne vurdere behovet for vatning, må en se på hele dette systemet under ett. Det er lite hjelp i å måle vassinnholdet eller tension hvis en ikke samtidig tar hensyn til plantene og klimafaktorene. I en periode med høy evapotranspirasjon eller når en har liten vasskapasitet i jorda, må en vatne tidligere enn når en f.eks. har en kjølig værtype eller djup jord med en stor del lett nyttbart vatn. At en skal vatne når halvparten av det nyttbare vatnet er tatt opp av plantene, er en regel som må praktiseres med skjønn.

a. Når skal en vatne ?

For mange veksters vedkommende er det utført forsøk for å finne ut ved hvilken midlere tension i rotsona en helst bør vatne. Det viser seg at luserne tåler en høgere tension i jorda om f.eks. poteter, noe som for en vesentlig del skyldes at luserne har en betydelig større aktiv rotoverflate og derfor kan skaffe nok vatn sjøl om opptaket ikke foregår så raskt på hver flateenhet av den aktive

rotoverflate.

Nå er det ikke bare om å gjøre å sikre en optimal vassforsyning til enhver tid. Det viser seg at mange planter stiller ulike krav til vassforsyningen alt etter utviklingsstadiet. Prof. W. Brouwer, Stuttgart, Hohenheim, har i en årrekke drevet forsøk for å finne ut de såkalte kritiske periodene hos ulike vekster. Brouwer hevder at nytten av vatning kan være svært forskjellig i ulike vekststadier og at de ulike planteartene stiller spesielle krav. Resultatene av disse forsøkene sammenfatter Brouwer i følgende fire punkter:

1. Hos en rekke plantearter virker vatning bare i bestemte vekstfaser.
2. Vatning kan redusere avlinga når den utføres til feil tid.
3. Hos andre plantearter vil vatning uavhengig av utviklingsstadiet hos plantene føre til en avlingsøkning.
4. Det finnes også planter hvor avlingsstørrelsen i regelen ikke påvirkes av vatning.

Meningen er ikke å utelukke andre faktorer. Undersøkelser vedrørende vatn i jorda (vasskapasitet, binding, transport) så vel som klimafaktorer (makro og mikro), plantefysiologiske forhold (transpirasjon, vassbehov og vassforbruk, næringsopptak) og sjølve dyrkinga er ubetinget nødvendig. Hovedsaken er at en vurderer alle faktorene før en tar en avgjørelse.

Hos enkelte forskere har det vært en tendens til å legge for stor vekt på en enkelt faktor, mens de til gjengjeld har oversett andre. En bør huske på at det ikke bare gjelder å få en avlingsøkning, men denne avlingsøkningen skal være så stor at den betaler for vatninga. Det kan ofte forekomme at en har en tørkeperiode da en på grunnlag av tension i jorda vil bestemme seg for vatning, mens plantene er i et stadium da tørke ikke har noen vesentlig betydning for avlingsstørrelsen. Det kan f.eks. også være at temperaturen er minimumsfaktoren og at en vatning vil kunne ha en direkte negativ virkning.

Ved vurdering av behovet for vatning er det en del rent generelle forhold en bør ta hensyn til. Den potensielle evapotranspirasjonen er vanligvis moderat i mai og ofte først på juni. For mange vekster er plantene dårlig utviklet på denne tida, de dekker bare en del av jordoverflata, og vassforbruket er derfor mindre enn det E_p tilsier. Dessuten holder plantene på å etablere seg og vatning med jævne mellomrom vil bl.a. føre til at rotsystemene utvikles i de øvre jordlag. Plantene blir da lite skikket til å motstå tørke senere i vekstperioden og de disponerer også et mindre jordvolum for sin forsyning av næringsstoffer. En bør være forsiktig med vatning først i vekstperioden så en stimulerer

en god rotutvikling. Blir det uvanlig tørt så en likevel må vatne, skal en vatne så en får god råme i hele profilet og ikke bare litt i det øverste laget.

Eng og beitevekster starter vekstperioden før rotvekster, korn, poteter o.l. og begynner å tære på vassbeholdningen i jorda lenge før de andre vekstene. Det er derfor rimelig at behovet for vatning melder seg først på eng og beite. Vekster som produserer bladmasse vil som regel ha behov for en jevnt god råme i jorda da en tørkeperiode setter ned produksjonen av plantemasse. En må derfor regne med vatning med jevne mellomrom avhengig av hvor intens tørken er. Like etter at en har slått eller beitet, er bladmassen sterkt redusert og vassforbruket lite. Er det tørt på denne tida, bør en likevel vatne for å løse opp og vaske ned gjødsel etter en overgjødsling. Dessuten sparer en inn noe tid og det er også et moment her en har så kort vekstperiode.

Poteter. Det er etter hvert utført en rekke forsøk for å finne ut når en kan la være å vatne om det er ganske tørt, og når en må være påpasselig med å vatne for ikke å få en stagnasjon i veksten som ikke lar seg rette opp igjen senere i vekstperioden. Potetene er takknemlig for vatning og det er spesielt tida ved blomstring som gir størst utslag. Det kan også være nyttig å vatne noe før i tørre år hvis det er særlig tørt, men som regel bør en konsentrere seg om tida ved blomstring. God råme på denne tida gir flere store knoller og en bedre kvalitet på avlinga.

Stivelsesinnholdet kan variere betydelig og flere undersøkelser tyder på at stor nedbør eller mye vatning mot slutten av vekstperioden gir lågere stivelsesprosent og dårligere kvalitet. En melding (nr. 54) fra Møystad drøfter værlagets innflytelse på potetenes avkastning. Variasjonene i potetavlinga på Jønsberg, Møystad og Blæstad i tida 1945-62 er sammenholdt med nedbør og temperatur i samme tidsrom. Store nedbørmengder i juni har vært uheldig og normalnedbøren ser ut til å ha vært tilstrekkelig både i mai, juni, august og september. I juli (tida rundt blomstring) er kravet til nedbør meget stort og ser ut til å ligge på 120-150 mm. En riktig fordeling av nedbøren viser seg å være av større betydning enn den totale nedbøren i veksttida.

Rotvekster har størst behov for vatning når røttene tar til å utvikles, altså i siste del av veksttida. På varme dager ser en ofte at rotvekstbladene kan henge slappe for å ta seg opp igjen utover kvelden og natta. Vassforbruket har da vært større enn vassopptaket, men det er neppe økonomisk forsvarlig å vatne hver gang en har en slik forbigående visning tidlig i vekstperioden.

Kornartene vatnes hos oss vesentlig i de mest utpregede tørkedistriktene. Kornet har en kritisk periode i tida ved og etter aksskyting. Plantene reagerer på denne tida sterkt på tørke og underskudd på vatn medfører redusert avling.

Tør og varmt vær på buskingsstadiet gir lett tynn åker. Vatning på denne tida gir bedre utvikling av plantene og en jevnere åker. Dette kan være en effekt både av vatn og temperatur. Med de høstemetodene en bruker i dag, er det av stor betydning å ha jevn modning av åkeren og grunnlaget for dette legges for en stor del allerede på buskingsstadiet.

b. Hvor mange mm skal en vatne med ?

Dette spørsmålet er langt lettere å besvare enn spørsmålet om når en skal vatne. Det vanlige svaret er at en skal vatne til en har gitt rotbløyte, dvs. til vassinnholdet i hele rotsjiktet har nådd feltkapasitet. Det er et stort arbeide å stille opp og flytte vatningsanlegget og en bør derfor utnytte hele vasskapasiteten i jorda når en vatner.

Uttrykket rotbløyte tolkes på mange måter, og ofte ser en at det settes likhetstegn med 20 mm. Det kan være 20 mm hvis det ikke mangler mer vatn for å fylle opp jordprofilen til feltkapasitet, men som regel venter folk i lengste laget med å vatne og da vil det være behov for mer vatn. En bør derfor heller sette rotbløyte til 30 mm for vanlige vekster i jordbruket. Hos små planter eller planter med små rotsystemer er det mindre og hos trær (f.eks. frukthage) er det som regel betydelig mer.

Når en måler eller beregner den potensielle evapotranspirasjonen, har en et mål for vassdefisitt. Måler en tension i jorda og nytter retensionkurva for vedkommende profil, vil en også få et uttrykk for hvor mye vatn en må gi for å nå feltkapasitet. I praksis må en som regel holde seg til skjønn og erfaring og nyttige hjelpemidler er mednørmålere og jordbor.

På tettere jordarter vil det ta en viss tid før hele jordvolumet blir vassmettet. En del av vatnet vil da kunne følge sprekker, markganger og gamle rotkanaler nedover i profilet og gå tapt for plantene. Noe vatn kan i verste fall renne av på overflata. I slike tilfelle vil spredere med låg regnintensitet gi jorda noe mer tid til å ta opp vatnet og en får bedre utnyttelse av vatnet.

Vassforbruket en har for å vatne til feltkapasitet, vil avhenge av klimaforholdene, spesielt den rel. luftfuktigheten en har under spredningen av vatnet. Det direkte tapet under spredningen kan ifølge svenske undersøkelser

om natta og 20-30 % ved vatning med små spredere om dagen. Spredere med høg regnintensitet hadde i de samme undersøkelser et tap på 13-14 % ved vatning om dagen. Tallene er framkommet som forskjellen mellom vassmengden målt i ledningen til sprederen og vatnet oppfanget i et nett av små bokser på bakken.

Kontrollerer en vassmengden ved hjelp av nedbørmålere på bakken, er tap under spredningen for størstedelen tatt med. Går en imidlertid ut fra en viss regnintensitet og slutter seg til hvor lenge en må vatne, blir det nødvendig å plusse på en del ved vatning om dagen. Nattvatning har også på denne måten store fordeler.

IV VATNINGSFORSØK

Det er etter hvert utført et meget stort antall vatningsforsøk av både teoretisk og praktisk interesse. Vatningsforsøk fra andre deler av verden, kan sjelden overføres til norske forhold. Resultatene har likevel stor betydning for belysning av prinsipielle spørsmål og gir et meget verdifullt startgrunnlag for de som arbeider med vatningsforsøk her i landet. Det er ikke mulig å gi en oversikt over de utenlandske forsøkene her, sjøl om det ville være en god orientering om hvor forskningen innen dette fagområdet står i dag.

Det er forskjellige oppfatninger av problemene vedrørende plantenes vassforsyning og forskningen følger derfor ulike spor. Brouwer i Tyskland har lagt særlig vekt på plantenes spesielle krav og forsøkt å kartlegge kritiske perioder i plantenes vassforsyning. Andre forskere har lagt større vekt på vassinnholdet og tilgjengeligheten av vatnet i jorda. I denne gruppen bør en særlig nevne Hendrickson og Veihmeyer i California som i sine forsøk mener å ha påvist at alt det nyttbare vatnet i jorda er like lett tilgjengelig for plantene. Hendrickson og Veihmeyer arbeidet i stor utstrekning med flerårige vekster (frukttrær) og kanskje noe spesielle jord og klimaforhold. En rekke forskere både i Amerika og Europa har bestridt Hendrickson og Veihmeyer's generelle påstand om tilgjengeligheten av vatnet i jorda. Det er i den forbindelse publisert en rekke forsøk som viser at vatnet i jorda blir mindre lett tilgjengelig for plantene etter hvert som vassinnholdet avtar. Det kreves et stadig større arbeide for å ta opp vatnet og dette har stor betydning for planteveksten.

I denne forbindelse er det utført en rekke forsøk for å finne ut hvilken midlere tension en kan tillate i rotsona før en vatner opp til feltkapasitet igjen. Det er svært vanskelig å komme fram til mer generelle bestemmelser på dette feltet da både jordbunnsforholdene, klimaet og plantene påvirker resultatet.

Oppfatningen i dag er at en må ta hensyn til både spesielle krav hos plantene (kritiske perioder) og jord, klima og planter for å finne fram til en rasjonell og økonomisk vatning. Hovedhensikten med vatningsforsøkene er å gi praktikerer så gode opplysninger som mulig for bruken av vatningsanlegget. Det er ikke bare spørsmål om å vatne så en oppnår en avlingsøkning, men vatninga skal settes inn på en tid da en vet at avlingsutslaget blir så stort at det betaler omkostningene med vatninga og mere til. Dette er nokså sjølsagte ting, men samtidig så viktige at det er grunn til å nevne de med jevne mellomrom.

1. Klonesforsøkene.

De første vatningsforsøkene i Norge som kom til å få betydning for vatnings-saken ble satt i gang på Klones av skolebestyrer (senere statskonsulent) K.K. Sortdal i 1921. I beretningen fra Klones for 1/7 1922 - 30/6 1923 har Sortdal bl.a. resultater fra vatningsforsøk startet i 1921. Alle tall i kg/da.

		Bygg			Vårkveite	Havre + erter	Poteter	
		Lo	kjerne	halm	Lo	Lo	Knoller	Torrstoff
1921	Vatnet				768	838		
	Ikke vatnet				507	358		
1922	Vatnet	742	206 ^x	536				
	Ikke vatnet	725	226	499				
1923	Vatnet	705	235	470			3242	572
	Ikke vatnet	415	170	245			2894	491

x prøve skadet av utøy under lagring.

I 1923 ble det anskaffet rør til trykkvatn på Klones, men i hvertfall de to første årene ble disse forsøkene vatnet ved hjelp av overrislingsanlegg. Sommeren 1922 kom det svært mye nedbør i juli og august og det var derfor beskjedent utslag for vatning. I 1923 ble det vatnet med 58 mm til bygg og 36 mm til poteter.

Vatningsforsøkene de neste tre år viste følgende resultat. Alle tall i kg/da.

		Nedbør mm			Sandbu, Vågå		Graffer, Lom	
		Klones mai-aug.	Klones kjerne	Klones halm	kjerne	halm	kjerne	halm
1924	Vatnet	274	276	464			371	540
	Ikke vatnet	254	276	409			258	397
1925	Vatnet	175	293	427	284	348	407	519
	Ikke vatnet	120	175	282	206	138	306	400
1926	Vatnet	289			311	290		
	Ikke vatnet	274			256	247		

En oversikt over noen av avlingsmengdene i eng er stilt sammen i følgende tabell.

		Nedbør mm				mai-	Vatning	Nedbør og	kg tørt høy/da	
		mai	juni	juli	aug.	aug.	mm	vatning	1. slått	2. slått
1933										
1.	slått						50		574	
2.	slått	6	16	139	41	202	35	287	273	847
1934										
1.	slått						60		598	
2.	slått	17	15	56	74	162	35	257	596	1194
1935										
1.	slått						80		621	
2.	slått	0	53	42	25	120	85	285	345	966
1936										
1.	slått						70		814	
2.	slått	1	41	110	46	198	20	288	363	1177
1937										
1.	slått						25		743	
2.	slått	66	24	57	23	170	45	240	416	1159
1938										
1.	slått						25		825	
2.	slått	20	45	100	74	239	55	319	238	1063
1939										
1.	slått						45		512	
2.	slått	4	50	104	19	177	35	257	660	1172
1940										
1.	slått						113		708	
2.	slått	11	17	88	41	157	45	315	606	1314

Avlingene er stort sett svært bra og ligger langt over det en vanligvis kan regne med i de tørrere distriktene på Østlandet.

2. Andre vatningsforsøk.

I 1955 satte Inst. for kulturteknikk i gang vatningsforsøk på beite på N.L.H. Det følgende år ble det startet vatningsforsøk på Kise, Nes, Hedmark i et 6-årig omløp. En går ikke nærmere inn på disse forsøkene her, men viser til melding nr. 1 - 4 fra Inst. for kulturteknikk eller Forskning og forsøk i landbruket for 1962 og 1964. Det er en rekke forsøk i gang og en viser interesserte til de meldinger som etter hvert kommer ut om disse forsøkene.

Skaffing av vatn til vatningsanlegg er mange steder et stort problem. Spørsmålet om brukbarheten av brakkvatn har derfor meldt seg flere plasser. Det første forsøket her i landet ble utført på Inderøy i Nord-Trøndelag sommeren 1940. To år gammel eng og vårkveite ble vatnet med vatn som viste et innhold på 1,08 og 1,63 % NaCl. Det ble vatnet med 15-20 mm. Vatning med saltvatn førte til mindre avling enn vatning med ferskvatn.

Inst. for kulturteknikk startet et vatningsforsøk med saltvatn til gulrot på Nordbygård i Slagen i 1956. Jorda var en meget lett sandjord.

I 1956, 57 og 58 var det ganske bra med nedbør. Vatning og relativ avling går fram av følgende tabell.

Behandling	Vatning			
	mm	1956	1957	1958
Ikke vatnet	0	x	100	100
Ferskvatn	25	100	142	85
	50		131	106
Sjøvatn	25	111	79	75
	50		81	71

x Dette leddet var ikke med.

Sjøvatnet inneholdt 2,54 % natriumklorid. I 1959 ble det vatnet 4 ganger med tilsammen 100 mm ferskvatn og sjøvatn. På ikke vatnet ble det 2159 kg/da, med ferskvatn 2234 kg/da og med sjøvatn 1096 kg/da. Kvaliteten på røttene i 1959 går fram av følgende tabell.

Behandling	Sorteringsresultat i %		
	Standard I	Standard II	Frasortert
Ikke vatnet	73	21	6
Ferskvatn	63	29	8
Sjøvatn	17	47	36

Kjemiske analyser av røttene i 1959 viste at røttene som var vatnet med sjøvatn inneholdt vesentlig større mengder Na og Cl.

I den lette jorda ble Cl og Na lett vasket ut igjen og en fikk en varig senking i innholdet av Ca.

Analyser av jordprøvene fra sommeren 1958 og våren 1959.

Tid for uttak	Analyseresultater						angitt i mg/100 g tørr jord					
	Sjikt 0-10 cm						Sjikt 10-20 cm					
	K	Na	Cl	Ca	Mg	Mn	K	Na	Cl	Ca	Mg	Mn
1958.Før 1.vatning	19,3	1,4	0,0	179	3,1	0,0	14,8	1,3	0,0	156	3,1	0,7
1958.Etter 1.vatning	19,3	37,6	58,5	174	9,8	0,6	14,3	25,5	40,1	131	6,4	0,4
1958.Etter 2. vatning	13,7	67,8	65,3	127	22,9	0,6	13,9	36,1	38,3	134	8,1	0,6
1958.Ved høsting	11,1	27,8	Spor	135	12,6	0,0	9,3	18,0	4,1	111	7,9	0,8
1959. Før pløying og gjødsl.	8,7	2,1	0,0	125	11,0	1,0	8,7	4,7	0,0	133	6,8	0,6

Litteratur.

Beretning om Nord-Gudbrandsdals Landbruks- og Husmorskoles virksomhet 1/7 26 - 30/6 27 og 1/7 27 - 30/6 28.

Denmead, O. T. and Shaw, R. H., 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agron. Journal 54: 385 - 390.

Mohrmann, J. C. J. and Kessler, J., 1959. Waterdeficiencies in European Agriculture. International Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 5.

Myhr, Einar, 1961. Kan sjøvatn brukes til kunstig vatning i jordbruket ? Tidsskr. for det norske landbruk 68: 149 - 158.

Philip, J. R., 1957. The physical principles of soil water movement during the irrigation cycle. Third Congress on Irrigation and Drainage, San Fransisco.

Sortdal, K.K., 1965. Litt om de såkalte vassveigje i Lom. Tidsskrift for det norske landbruk 68: 43 - 101.

Forskning og Forsøk i landbruket 1962 og 1964 (Vatningsforsøk).

Forelesninger
ved Norges Landbrukshøgskole

Bengt Rognerud

VATNING OG VATNINGSANLEGG

Teknisk del

November 1964

I N N H O L D

T e k n i s k d e l

	Side
<u>I VATN TIL VATNINGSANLEGG .</u>	1
1. Retten til vatnet	1
2. Vatnets forekomst	1
a. Innsjø eller tjern	1
b. Elver og bekker	2
c. Grunnvatn	2
3. Vatnets kvalitet	3
a. Ferskvatn	3
b. Kloakkvatn	3
c. Brakkvatn	4
<u>II VATNINGSMETODER .</u>	5
1. Overrisling	5
Overrislingsanlegg i Norge	7
2. Undervatning	9
3. Regnvatning	10
<u>III UTSTYR TIL VATNINGSANLEGG .</u>	11
1. Pumper	12
a. Sentrifugalpumpa	12
b. Stempelpumpa	16
c. Vassringpumpa	17
2. Pumpemotorer	18
3. Rør til fast anlegg	19
a. Støpejernsrør	19
b. Stålrør	20
c. Asbestsementrør	21
d. Plastrør	23
e. Galvaniserte smijernsrør	24
4. Valg av rør til fast anlegg	25
5. Hydranter	25

	Side
6. Rør til flyttbart anlegg	27
a. Galvaniserte stålblekkrør	27
b. Aluminiusrør	28
c. Plastrør	29
7. Spredere	30
a. Sirkelspredere	30
b. Linjespredere	44
<u>IV TRYKKTAP I ANLEGGET .</u>	45
1. Trykktap i hoved- og fordelingsledninger	45
2. Trykktap i en spredelerledning med mange små spredere	47
<u>V PLANLEGGING AV VATNINGSANLEGG .</u>	55
1. Antall mm/time	56
2. Antall mm/vatning	56
3. Antall timer pr. oppstilling av sprederen	57
4. Antall oppstillinger pr. døgn	57
5. Døgn mellom hver vatning. Vatningsintervall	58
6. Antall vatningsdøgn pr. intervall	58
7. Anleggets kapasitet i m ³ /time eller l/min.	58
8. Valg av spredere	59
9. Lengde og dimensjon på hovedledning	60
10. Lengde og dimensjon på spredelerledning	61
11. Pumper	61
12. Motorer	62
Anlegg med naturlig trykk	63
Planlegging av større fellesanlegg	64
<u>VI BRUK OG VEDLIKEHOLD AV ANLEGGET .</u>	66
<u>VII VATNING MOT FROST .</u>	68
<u>VIII SPREDNING AV GJØDSEL VIA VATNINGSANLEGG .</u>	69
1. Gylle	69
2. Tvag	70
3. Kunstgjødsel	71

I VATN TIL VATNINGSANLEGG

=====

Behovet for vatn varierer fra sted til sted avhengig av klima, jordbunnsforhold og produksjon. Som et grovt middeltall kan en regne med 30 mm eller 30 m³/da ved hver vatning og det vil da som eksempel gå med 3000 m³ til vatning av 100 da en gang. Når en så bestemmer seg for antall vatningsdøgn pr. intervall og for hvor mange timer en skal vatne pr. døgn, kan en regne ut hvor mye vatn anlegget må levere, regnet i m³/time eller l/min.

Når en kjenner det totale forbruket og forbruket pr. tidsenhet, har en et godt grunnlag for å vurdere den vasskilden en skal ta vatn fra enten dette er et tjern, en elv eller en bekk.

1. Retten til vatnet.

Dette spørsmålet må være klarlagt før en går i gang med byggingen av anlegget. Lov om vassdragene av 15. mars 1940 er et nyttig oppslagsverk for den som støtter med vatn i sjøer, elver og bekker. En skal her bare refferere to paragrafer:

§ 14. 1. En hver grunneier i et vassdrag har rett til å utta også gjennom fast ledning det vatn som trengs til husholdning, gårdsbruk, jordvatning og teknisk bruk på eiendommen, selv om det volder skade at vatnet tas bort fra vassdraget. Det samme gjelder det vatn som trengs på annen eiendom som tilhører ham og som grenser til og brukes under ett med den eiendom som ligger ved vassdraget. Fører ledningen mer vatn enn det forbrukes, må det som blir til overs få avløp til vassdraget, så nær inntaket at ingen som har rett til vatnet lider skade ved at det er borte fra vassdraget.

§ 15. 1. Hvis det ikke er nok vatn til det i § 14 nevnte behov for vassforsyning, har hver grunneier like rett etter sitt behov. Dog går behovet til husholdning og gårdsbruk foran annet behov for vatn, og husholdning foran gårdsbruk.

En viser ellers til §§ 16 og 19.

2. Vatnets forekomst.

a. Innsjø eller tjern.

En innsjø eller et stort tjern er vasskilder som vanligvis byr på få problemer for planleggeren. En må sikre seg at vassretten er i orden. Dessuten må en vite

minste vasstand i den perioden en regner med å bruke anlegget og likeså høyeste vasstand så en kan plassere pumpa i riktig høyde. Pumpa bør alltid stå så nær vatnet som mulig uten å bli oversvømt ved høy vasstand. I enkelte av våre innsjøer er vasstandsvariasjonen så stor at det ikke lar seg gjøre å få brukbar sugehøyde hvis pumpa stilles over høyeste vasstand. Pumpa må da enten monteres i et tett pumpehus (kjeller) som ligger lågere enn høyeste vasstand, eller den må flyttes etter som vasstanden varierer.

b. Elver og bekker.

Det er mange anlegg som må nøye seg med å få vatn fra mindre elver og bekker. Det er ønskelig å ha observasjoner av vassføringa over flere år og spesielt tørkeår, men en må i de fleste tilfelle bare stole på hva folk kan fortelle. I siste tilfelle bør en undersøke nedslagsfeltets størrelse for å ha kontroll med de opplysningene en får. Er det så at minste sommervassføring er tilfredsstillende, treng en bare lage til et inntak for sugeledningen. Bli vassføringa mindre enn det en til en hver tid tar ut gjennom vatningsanlegget, må en bygge dam for å magasinere opp vatn.

Størrelsen på dammen må bestemmes ut fra behovet for vatn og vassføringa i bekken. Magasinet pluss det som ev. renner til i den kritiske perioden må være tilstrekkelig til å dekke behovet.

I de fleste tilfelle blir det tale om å bygge jorddam. Har en imidlertid materiale som gir dårlig tetting eller det er fjell i profilet, kan det bli tale om å støype en dam med god forankring i fjellet. I en dam skal det legges inn et godt dimensjonert botnavløp for tømning av magasinet og det skal også være et overløp. Særlig viktig er dette for jorddammer som må ha et overløp som kan ha maksimal vassføring på vedkommende sted. En jorddam ødelegges meget snart når vatnet renner over damkrona og det kan oppstå store ødeleggelse og erstatningsansvar. En viser til tiende kapittel i Lov om vassdragene av 15. mars 1940. (§§ 108 og 114). En viser ellers til Dambygging.

c. Grunnvatn.

Kostnadene ved bygging av vatningsanlegg er sterk avhengig av avstanden mellom vasskilden og det arealet som skal vatnes. Spørsmålet om å nytte grunnvatn i vatningsanlegg melder seg derfor når en ikke har overflatevatn i nærheten.

Mulighetene for å skaffe nok grunnvatn til vatningsanlegget avhenger av grunnforholdene, om det er løsavleiringer eller fjell og i tilfelle hva slags fjell. Boring i fjell gir som regel temmelig begrensede vassmengder pr. tidsenhet,

mens rørbrønner i løsavleiringer (grus og sand) mange steder har kapasitet nok til større vatningsanlegg.

Grunnvatnet har som regel lågere temperatur enn overflatevatn og mange er derfor redde for å bruke det til vatning. Til vanlige jordbruksvekster er det neppe noen risiko med å bruke grunnvatn. Det viser seg at temperaturen stiger noe under spredningen av vatnet, og varmeledningsevnen og likeså varmekapasiteten i jorda stiger med økt vassinnhold. På vatnede felter har en imidlertid noe lågere temperatur enn på ikke vatnede felter. Dette skyldes tildels økt fordampning etter vatning og dermed binding av mer varme.

3. Vatnets kvalitet.

a. Ferskvatn.

Her i landet er vi i den heldige situasjon at vi ennå har rent vatn i mange vassdrag. Innholdet av salter i dette vatnet er ikke så stort at det har noen nevneverdig virkning på plantene.

Det er imidlertid grunn til å være oppmerksom på ev. forurensninger av ulike slag. Avløpsvatn fra lutingsanlegg og industrianlegg kan være skadelig og en bør derfor alltid vurdere vasskilden før en godkjenner den for et vatningsanlegg.

b. Kloakkvatn.

Forbedringen av vassforsyningen og utbygging av kloakksystemene fører til økte mengder kloakkvatn. Innholdet av næringsstoffer varierer innen svært vide grenser. Dette skyldes til dels at mengden av avløpsvatn og at fortyningen varierer med tida.

I de seinere åra er kloakkvatnet viet stadig større oppmerksomhet da forurensningene medfører betydelige skader. Lovgivningen i mange andre land er på dette felt betydelig strengere enn hos oss. I Danmark, til eks., er det mange bedrifter som ikke får lov å slippe ut forurenset vatn når vasstanden i reseipienten er under et visst lavmål. Vatnet må da enten renses før det slippes ut eller det blir spredd via vatningsanlegg så en får en rensing av vatnet i jordprofilet.

I Sverige (ved Lund) startet en for vel 20 år siden forsøk med bruk av kloakkvatn i vatningsanlegg. Analysene viste her følgende innhold av næringsstoffer.

Dato	N mg/l	P ₂ O ₅ mg/l	K ₂ O mg/l
3. juni	56,9	6,7	30,7
23. juni	36,9	5,8	25,0
15. juli	46,2	8,0	23,2
26. juli	47,2	9,5	27,0
Middel	46,8	7,5	26,5

Innhold av 46,8 mg/liter av N betyr at det tilføres 4,68 kg N pr. da når en vatner med 100 mm.

Avløpsvatnet fra potetmjølfabrikken er ofte svært næringsrikt. Potetmjølfabrikken Toftlund i Danmark sprer avløpsvatnet ut på et areal på 800 da i tida oktober-desember. Vatning med 100 mm tilfører her jorda en gjødselmengde som tilsvarer ca. 200 kg kalksalpeter, 65 kg superfosfat og 130 kg kali (33 %) pr. dekar.

Dette er vatn som spres ut utenom vekstperioden og en må regne med at en del av næringsstoffene vaskes ut igjen. Likevel viser det seg at en får for sterk gjødselvirkning for de fleste vekstene og at det er nødvendig å fordele vatnet over større arealer.

Vatn fra større lutingsanlegg.

Disse anleggene medfører en betydelig forurensing av vassdragene og kan i enkelte tilfelle gjøre vatnet ubrukbart for vatning. Den største delen av lutinga foregår imidlertid i vinterhalvåret, men der en bruker lutet halm som tilskuddsfôr på beite, bør en være oppmerksom på den forurensningen som svartluten medfører.

Luten i lutingsanlegget har en konsentrasjon på 15 g NaOH/liter. Etter luting av 100 kg tørr halm slippes det ut 16,8 kg tørrstoff med skyllevatnet. Av dette er ca. 2,8 kg Na, 0,12 kg bundet N og 9 kg organisk tørrstoff. Problemet med avløpsvatn fra lutingsanlegger er undersøkt av Norsk institutt for vannforskning og en viser interesserte til denne undersøkelsen.

c. Brakkvatn.

Spørsmålet om å bruke brakkvatn til vatning har meldt seg på enkelte plasser, bl.a. i Sogn og Vestfold. Innholdet av salt varierer mye fra sted til sted og det forandrer seg også med tida.

I sjøvatn vil saltinnholdet ligge rundt 3% og det betyr at en tilfører 600 kg salt pr. da når en vatner med 20 mm. Sjøl med 1 % salt i vatnet tilfører en 200 kg salt på målet og de fleste kulturene tar skade av dette. Dessuten vil en i jord med finpartikler få en forandring av strukturen.

Bruken av saltvatn er undersøkt i mange land. I Sverige brukte en vatn med 0,5 % salt og sammensetningen var 0,39 % NaCl, 0,05 % MgCl₂, 0,03 % MgSO₄, 0,02 % CaSO₄ og 0,01 % KCl. Disse saltmengdene førte til en forandring av jordas saltinnhold og det var bare enkelte vekster som tålte denne saltmengden.

Ved Inst. for kulturteknikk har en forsøk i gang som tar sikte på å finne ut under hvilke forhold det kan være forsvarlig å bruke brakkvatn til vatning. Det er avsluttet et forsøk i Vestföld der det ble brukt vatn med ca. 2,5 % NaCl. Jorda var en sandjord og det ble dyrket gulrot på feltet. Innholdet av Na og Cl økte betydelig etter vatning med sjøvatn, men begge stoffene ble lett vasket ut gjen. En fikk imidlertid en varig senkning av Ca - innholdet i jorda.

I tørkeåret 1959 fikk en halv avling der en brukte sjøvatn i forhold til uvatnet og kvaliteten på røttene var også langt dårligere enn der en ikke hadde vatnet.

II VATNINGSMETODER

1. Overrisling.

Dette er en form for vatning som har svært stor utbredelse og som krever lite teknisk utstyr. Det fins mange variasjoner eller tilpasninger av denne vatningsmåten, men vi skal her bare ta med "Borderirrigation" og "Furrowirrigation" og den mer spesielle metoden som er brukt i Norge fra gammel tid.

Border irrigation utføres best når jorda er planert så en har jevnt fall fra en kanal og utover feltet. Vatnet ledes fra kanalen langs den øvre kanten og brer seg som en film nedover hele feltet. Bredden på hver teig avhenger av fallet, bare noen meter bred ved sterkt fall og opp til 25-30 m bred ved moderat fall. Denne måten å vatne på passer godt for vekster som breisås eller som sås med liten avstand mellom radene.

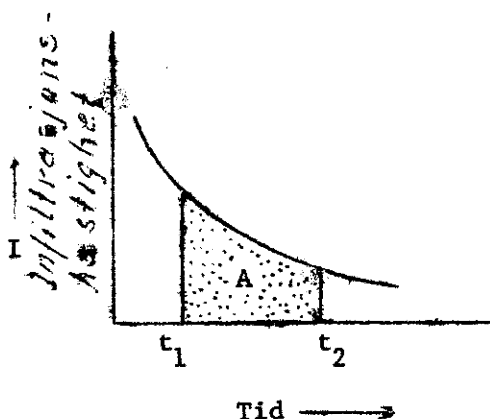
Lengden på feltet som vatnes bør avpasses etter infiltrasjonshastigheten i vedkommende jordart. Der en har lett gjennomtrengelig jord, kan ikke feltet være så langt som når en har noe tettere jord. På stiv jord er metoden mindre

godt skikket.

Infiltrasjonshastigheten (I) er bestemt av en rekke faktorer som tekstur, struktur, vassinnhold, innhold av organisk stoff, porøsitet, og temperatur. I er høy i tørr jord og etter hvert avtar den til den innstiller seg på et temmelig konstant nivå.

$$I = K \cdot T^n$$

I en logaritmisk skala blir kurva en rett linje og n angir hellingen på den rette linja. Når $T = 1$, er $K = I$.



$$A = \int_{t_1}^{t_2} I \cdot dt = K \int_{t_1}^{t_2} T^n \cdot dt = \frac{K}{n+1}$$

$$\frac{K}{n+1} [T^{n+1}]_{t_1}^{t_2} = \frac{K}{n+1} [T_2^{n+1} - T_1^{n+1}]$$

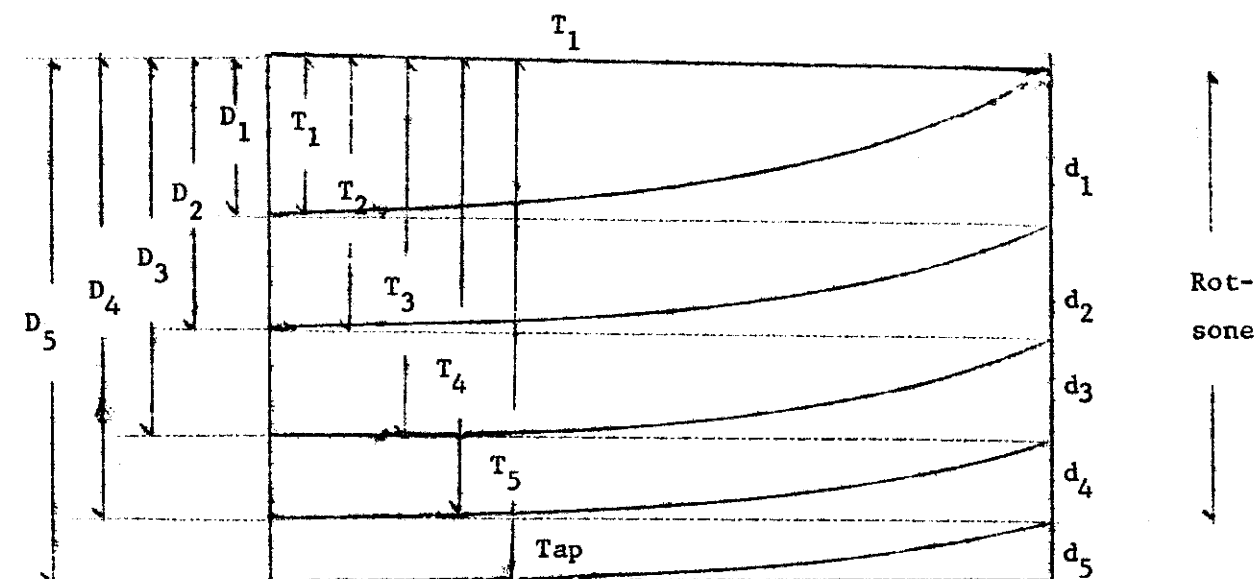
$$A = \frac{K}{n+1} [T^{n+1}]$$

A er her totalt infiltrasjon i tida T.

$$I \text{ gj.sn.} = \frac{A}{T} = \frac{K}{n+1} \frac{T^{n+1}}{T} = \frac{K \cdot T^n}{n+1} = \frac{I}{n+1}$$

Djúpet på vatnet som infiltreres: d

$$d = \frac{K}{60(n+1)} \cdot T^{n+1} \quad (T \text{ i minútter})$$



Setter en her at $n = + \frac{1}{2}$ får en at $d = \frac{K \cdot T^{\frac{1}{2}}}{30}$

D_2 vil være vatnet i løpet av et nytt tidsintervall, T og $T_1 = T_2 \div T_1 =$
 $T_3 \div T_2 = T_4 \div T_3 = T_5 \div T_4$

$$D_1 = \frac{K}{30} (T_1)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_2 = \frac{K}{30} (T_2)^{\frac{1}{2}} = \frac{K}{30} \cdot (2T_1)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_3 = \frac{K}{30} (T_3)^{\frac{1}{2}} = \frac{K}{30} \cdot (3T_1)^{\frac{1}{2}}$$

og videre er da:

$$D_2 = 2 D_1 \qquad D_3 = 3 D_1 \qquad D_4 = 4 D_1 \qquad D_5 = 5 D_1$$

Setter vi T_1 lik 2 timer og vi f.eks. bruker 8 timer til for å vatne, kan en regne ut hvor mye vatn som trenger ned under rotsjiktet og som anses for tapt.

Vatn tilført: $(D_5 + D_4) \frac{1}{2}$ og vatn tapt er: $(D_5 + D_4) \frac{1}{2}$

$$\text{Tap: } \frac{5 D_1 + 2 D_1}{5 D_1 + 2 D_1} = \frac{2,236 \div 2}{4,236} = 0,056 \qquad \underline{\underline{\text{eller } 5,6 \%$$

Det er her forutsatt homogent profil.

En regner det for ideell vatningstid når en bruker 4 ganger så lang tid på å gjennomvatne rotskiktet som det tar for vatnet å renne fra kanalen til den nedre kanten av feltet. Lengden på feltet bestemmes av dette forholdet.

Fårvatning (furrow irrigation) brukes i radkulturer og kan tilpasses på felter som ikke er planert. Fårene følger stort sett kotene, men har svakt fall. Vatnet ledes fra kanalen med små heverter så en får mest mulig samme vassføring i alle fårene. Til å begynne med bruker en 2 heverter så en så snart som mulig får vatn fram til nedre ende av fåra. Siden bruker en bare én hevertslange så en stadig har vatn i hele fåra uten at det renner noe særlig ut i den nedre enden. Infiltrasjonen går senere i fårer enn der hele arealet overrisles.

Overrislingsanlegg i Norge.

Disse anleggene har vært i bruk i århundrer og teknikken var etter forholdene svært godt utviklet. Vatnet ble tatt fra elver og bekker eller det ble bygd kanaler (vassveger) fra fjellet og fram til bygda. Fram over dyrket mark ble vatnet ledet i uthulte trestokker, trør. Flere slike i en rekke ble kalt for trolag. Det fantes flere størrelser av trør, stortrør, vasstrør og åkertrør.

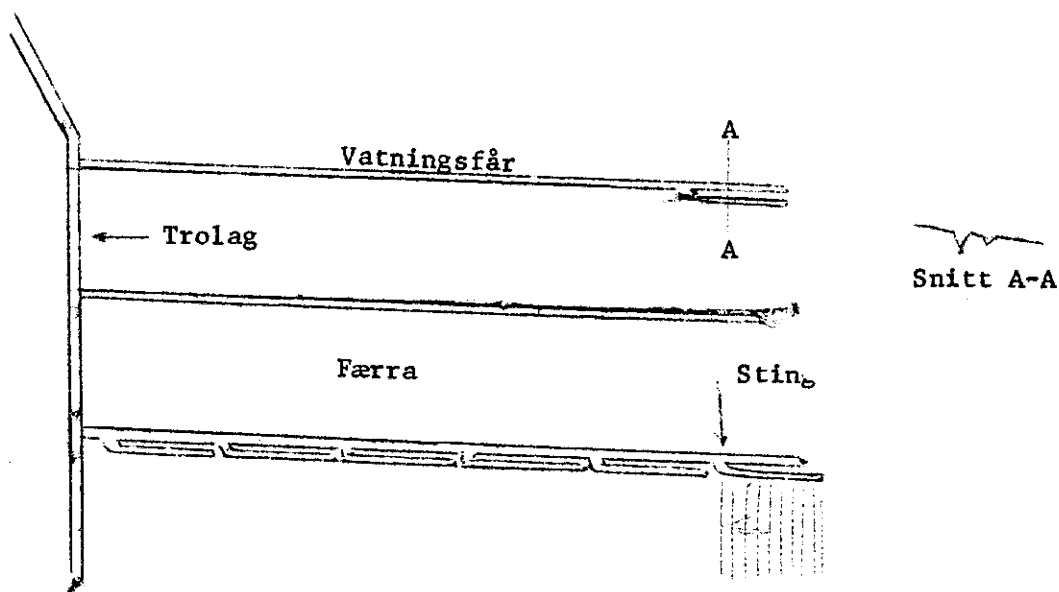
Stortrø ble brukt i de større vassvegene mens vasstrø som regel førte ett "vatningsvatn" for engvatning. Åkertrø ble brukt på åkeren og førte den minste vassmengden. Dimensjonen på en åkertrø kunne være $2\frac{1}{2}$ " - 3".



Tverrsnittet i de uthulte stokkene skulle være sirkelformet så det ble liten motstand for vatnet. Materialet var furu med rett vekst og lite kvist.

Tidligere statskonsulent K.K. Sortdal har gitt en utførlig beskrivelse av den gamle vatningsteknikken i en publikasjon: Om vatningen i Nord-Gudbrandsdal.

Trolagene som fører vatnet inn på vatningsfeltet legges med fallet så langt nedover at vatnet kan skaffes avløp når det ikke brukes. Avstanden mellom trolagene varierte med terrenget og jordarten. Ut fra trolaget ble det kjørt opp fårer med svakt fall så vatnet kunne ledes utover uten å grave. Avstanden mellom fårene var 4 - 6 meter. Fårene ble kjørt opp etter at åkeren var en tverrhånd høy. Vatningen begynte lengst ute i den nederste fåra. Det ble tatt ut et sting i fåra ved hjelp av en "skjelt-reko" eller en stingarspade og vatnet ble ledet over i en mindre renne hvorfra det rant utover åkeren. Skjeltreko, en smal trespade med uthult blad, ble også brukt til å skvette vatnet utover når det var for bratt til at en kunne la det renne utover. Under slike forhold ble vatninga svært arbeidskrevende.



Ved første gangs vatning ble åkeren tråkket etter hvert som en ledet vatnet utover. Åkeren ble da helt svart og tilsynelatende var denne tråkkinga en brutal behandling. Hensikten skulle være å få jevn vatning, bedre utvikling av rota og likeså en bedre busking.

Vassmengdene varierte med jordarten, fallet, vassinnholdet i jorda og plantenes størrelse. Minst vatn kunne en bruke på leirjord og i bratte bakker. Målinger fra Klonas viser at vassmengdene varierte mellom 1,5 og 3 sl. I ugunstige tilfelle måtte en ned i 0,5 sl. Ved senere vatninger kunne vassmengdene økes noe da overflata var fastere og rotsystemet bedre utviklet.

Arbeidsmengden varierte bl.a. med hvor mye vatn en kunne nytte i et vatningsvatn. På leirjord og i bratt lende kunne en mann ikke vatne over 3/4 da i løpet av 10 timer. På lettere jord der en kunne bruke større vassmengder, kunne en klare det dobbelte arealet eller bort i mot 2 da i løpet av 10 timer. Ved seinere vatninger da en brukte noe mer vatn, kunne en på samme tida rekke over større arealer enn de som er nevnt her.

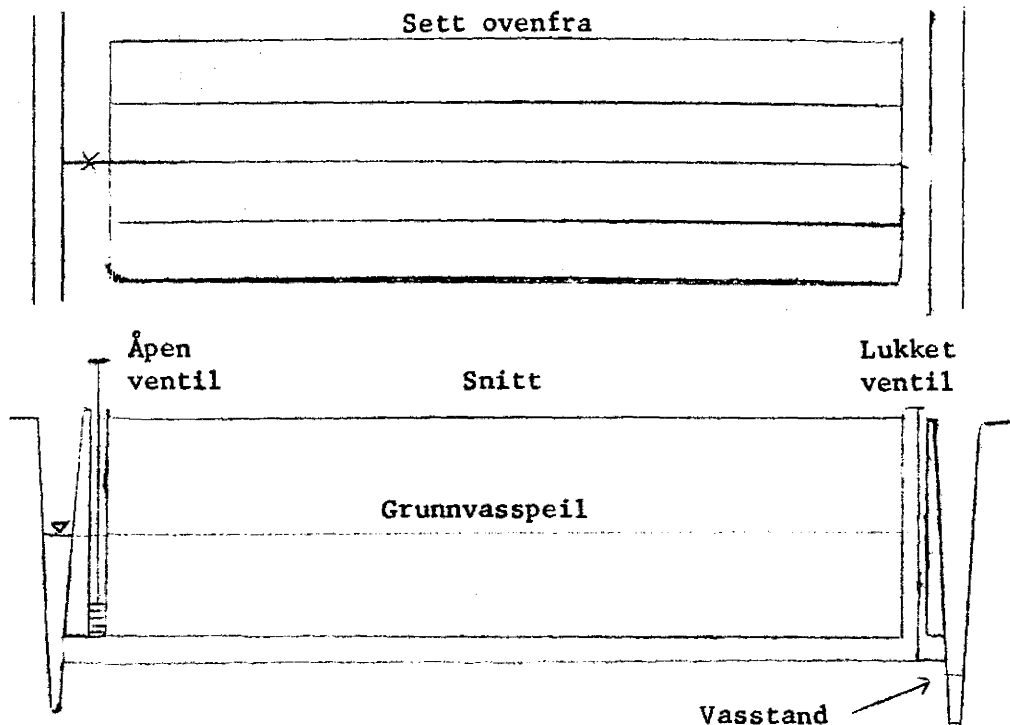
Vatning av eng foregikk stort sett på samme måten, men en kunne bruke større vassmengder. Vanligvis brukte en 3 - 4 sl, og det er målt inntil 7 sl. i ett vatningsvatn.

Denne vatningsteknikken som er nevnt her, er brukt i svært lang tid her i landet. Så sent som i 1939 var det 1300 slike anlegg i bruk og i 1949 var det 400 anlegg. I dag er det sjelden en ser slike anlegg da en er gått over til anlegg med spredere som har et mer økonomisk vassforbruk og langt mindre arbeidsforbruk pr. arealenhet.

2. Undervatning.

Undervatning er lite brukt da det forutsetter ganske spesielle jordbruksforhold og topografiske forhold. Det fins flere ulike metoder men den vanligste er grunnvatnoppdemming. En slik metode brukes i enkelte poldere i Holland der en på den ene siden av eiendommen har en kanal med høg vasstand og på den andre siden en kanal med låg vasstand. Ved hjelp av et rørsystem (teglrør) med ventiler mellom disse to kanalene kan en innstille det grunnvatndjup som er det optimale for den veksten en dyrker. Se fig.

Undergrunnen må være tett så en ikke mister nevneverdig vatn i form av sigevatn. Dessuten bør overflata være plan slik at en får god effekt av vatninga over det hele. Metoden har ingen interesse her i landet.



3. Regnvatning.

Dette er den mest rasjonelle form for vatning som kan tilpasses under svært ulike forhold. Vatnet fordeles i trykkledningen og spres ut ved hjelp av forskjellige typer av sprederer. Metoden kom i bruk rundt århundreskiftet og de første sprederne hadde høy regnintensitet og vatnet temmelig store arealer.

Regnvatning var ment som et kunstig regn, men det viste seg at sprederne hadde en regnintensitet som overgikk det verste skybrudd. Utviklingen har derfor stort sett gått i retning av mindre sprederer og mindre regnintensitet.

Det er også notert som et pluss for regnvatning at en får god utnyttelse av vatnet, at temperaturen stiger under spredningen og at en får god lufting av vatnet. Metoden blir brukt i stadig større utstrekning rundt om i verden og det er praktisk talt den eneste metoden som nå er i bruk her i landet.

III UTSTYR TIL VATNINGSANLEGG

Under våre forhold er det bare regnvatning som har spesiell interesse og i det følgende er det derfor bare utstyr til anlegg med spredere som blir omtalt.

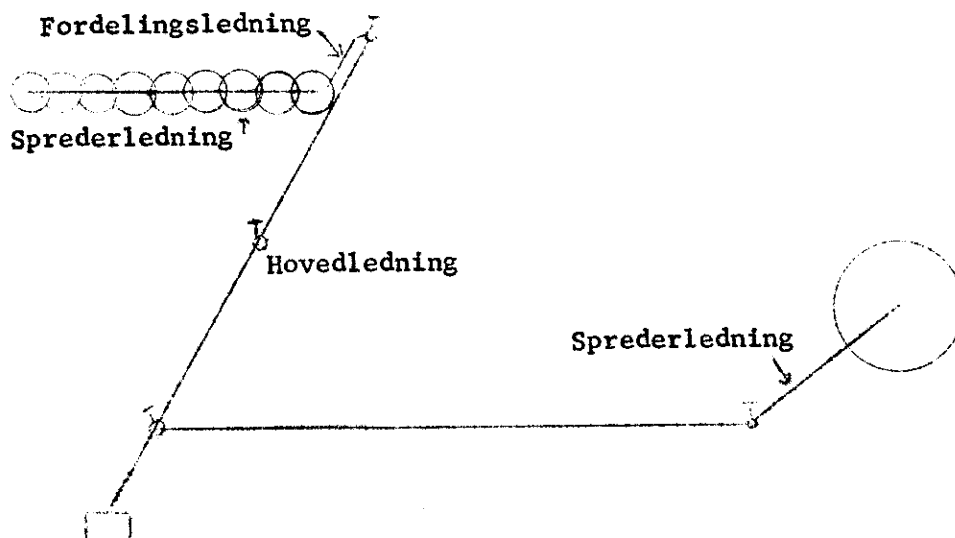
Det er naturlig å skille mellom pumpeanlegg og anlegg med naturlig trykk da oppbyggingen og dimensjoneringen blir noe forskjellig. Et anlegg med pumpe består av følgende hoveddeler:

1. Pumpe, sluseventil, manometer, tilbakeslagsventil
2. Motor, motorvern Bryter
3. Sugeledning med botnventil
4. Trykkledning med hydranter
5. Spredere

I et anlegg med naturlig trykk har en:

1. Inntak
2. Trykkledning med hydranter
3. Spredere

Ledningene i et vatningsanlegg har flere benevnelser som det kan være vanskelig å gi en klar definisjon på. Det tales om faste og flyttbare hovedledninger, fordelingsledninger, sideledninger og sprederledninger. Hovedledningen er stammen i anlegget mens fordelingsledninger og sideledninger ofte har en mindre dimensjon og legges ut til enkelte felter som ikke nåes fra hovedledningen. Hovedledningen kan også ha to eller flere greiner. Sprederledningen forsyner spredere når de flyttes rundt på det stykket som vatnes. Benevnelserne er som allerede nevnt ikke entydige, men det er greit å ha en viss gruppering av ledningene under omtalen av anlegget.



1. Pumper.

- a. Sentrifugalpumper
- b. Stempelpumpa
- c. Vassringpumpa

a. Sentrifugalpumpa.

Dette er den pumpetyper som blir mest brukt i vatningsanlegg. Den har en enkel oppbygning, har få bevegelige deler, arbeider med samme turtall som elektromotoren og den kan arbeide i et lukket rørsystem. Det er en ulempe at pumpe ikke er sjølsugende.

Sentrifugalpumpa skiller seg på flere måter ut fra andre pumpetyper. Dette framgår også av pumpekarakteristikken som angir forholdet mellom den manometriske løftehøgda og væskemengda gjennom pumpe.

Manometrisk løftehøgde omfatter vakumetrisk sugeshøgde og manometrisk trykkehøgde og er den totale høgda, H , som pumpe dimensjoneres for. En kan ved beregning av H i et vatningsanlegg sette

$$H = h_s + h_t + h_f + h_v$$

h_s = geometrisk høgdeforskjell mellom vassnivået i magasinet og pumpeakslingen.

h_t = geometrisk høgdeforskjell mellom pumpeaksling og dyseåpningen på sprederen

h_f = summen av trykktapene i forskjellige deler av anlegget.

h_v = nødvendig overtrykk i sprederen.

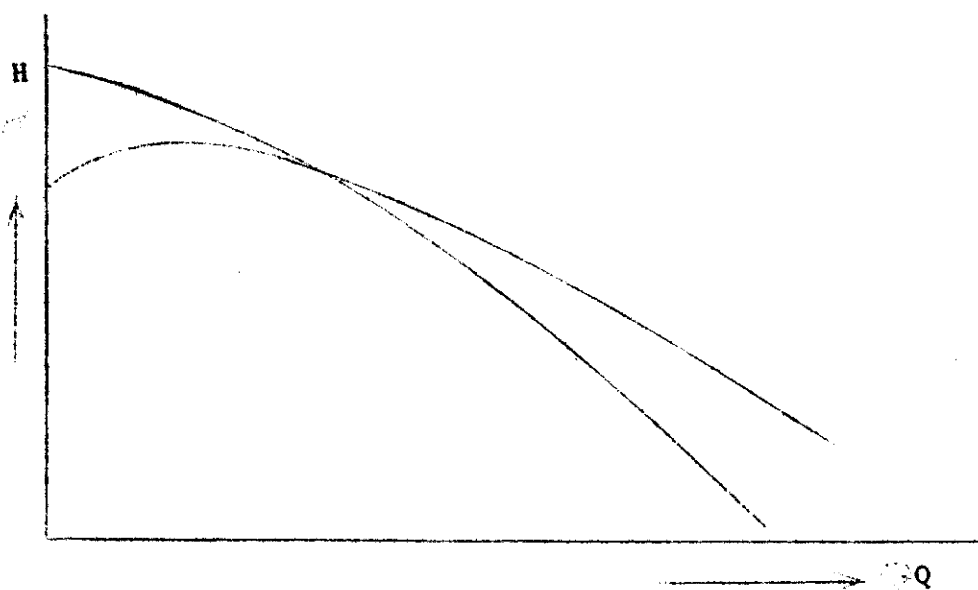
Løftehøgda H angis i meter og vassmengda Q i m^3/t , liter/min. eller liter/sek. (§1).

Pumpekarakteristikken varierer fra pumpe til pumpe. Den kan være ganske bratt så en får liten forandring av Q når H varierer eller mer flat så en får stor forandring av vassmengden ved en liten forandring av trykket.

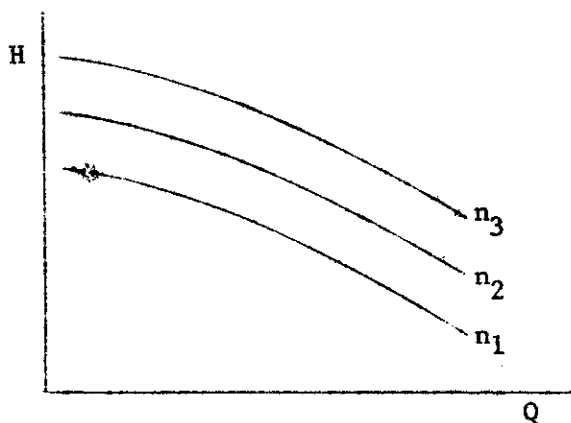
Når en stenger igjen sluseventilen på trykksida av pumpe, øker trykket en del, og som regel er trykkøkningen 25-30 % av det optimale trykket pumpe gir. Det er derfor ingen fare å stenge sluseventilen og la pumpe arbeide i et lukket system. Effektbehovet er da 30-40 % av det maksimale effektbehovet. Energien som føres over til pumpe gjennom løpehjulet, omdannes til varme og øker temperaturen på vatnet i pumpe. Hvis pumpe går i lengere tid mot stengt ventil, slik en kan ha det når en stenger hydranten for å flytte sprederen, kan vatnet i pumpe bli så

varmt at det når kokepunktet. Dette medfører en ekstra trykkøkning og kan være skadelig. Ved lengre opphold i spredningen av vatnet må en la det strømme noe vatn gjennom pumpa så temperaturen ikke blir for høg.

Når en reduserer vassføringen gjennom pumpa ved f.eks. å skru igjen sluseventilen på trykksida, øker trykket hos enkelte pumper til vassføringen er null. Hos andre pumper kan en få maksimalt trykk før ventilen er helt stengt og altså noe mindre trykk igjen ved helt stengt ventil.



Når en velger ut pumpe for et vatningsanlegg, er det nødvendig å studere pumpekarakteristikken så en vet hvordan pumpa vil passe når en flytter sprederen rundt på eiendommen. Særlig omhyggelig må en være når det er store høgdeforskjeller innenfor det området som skal vatnes.



Omdreiningshastigheten på pumpa (n) er som regel 1450 eller 2900 omdr./min. Det leveres også pumper med andre hastigheter, men disse blir sjelden brukt i vatningsanlegg. Når hastigheten på pumpa øker, forskyves karakteristikken og en har følgende formler som viser hvordan Q , H og N (effektbehovet) varierer med n

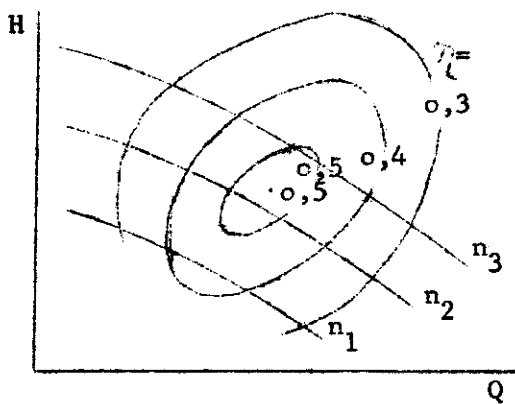
$$\begin{aligned} Q_2: Q_1 &= n_2: n_1 & Q_2 &= \frac{n_2}{n_1} \cdot Q \\ H_2: H_1 &= n_2^2: n_1^2 & H_2 &= \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot H \\ N_2: N_1 &= n_2^3: n_1^3 & N_2 &= \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \cdot N \end{aligned}$$

Q varierer proporsjonalt med omdreiningstallet, H med annen potens og N med tredje potens av omdr.tallet.

Sentrifugalpumpene bygges med ett eller flere løpehjul. Skal en ha høgt trykk ved forholdsvis små vassmengder, må en bruke flere løpehjul i serie, mens en for store vassmengder og høgt trykk kan velge pumper med større diameter på løpehjulet. I blandt kan det være nødvendig å redusere den vassmengden en skal ha. Mange pumper kan derfor leveres med forskjellig diameter på løpehjulet.

En pumpe som er direkte koblet til en elektrisk motor, vil som regel gå med riktig hastighet, men når pumpe er koblet til en forbrenningsmotor, må en kontrollere at hastigheten ikke er for stor.

Virkningsgraden, η , hos en pumpe er summen av den tekniske og den hydrauliske virkningsgraden. En del av den energien som tilføres pumpe går med til å overvinne friksjon i lagre og strømningsstap i vatnet. Små pumper har dårligst virkningsgrad, 40 - 50 %, mens større pumper klarer å omsette 70 - 80 % av energien i effektivt arbeide.



Virkningsgraden hos en og samme pumpe er ikke konstant. Den varierer både med Q og med n. En har maksimal virkningsgrad ved en bestemt vassmengde og en bestemt hastighet. Forandres hastigheten, vil virkningsgraden avta og det samme gjelder for vassmengden. Pumpas optimale arbeidsområde er der en har høgest virkningsgrad. Pumpe bør derfor

kjøres med det omdreiningstallet den er beregnet for og for høgt omdreiningstall er dessuten svært ugunstig med hensyn på effektbehovet.

Effektbehovet hos sentrifugalpumpe øker med økende Q og ved minkende H. Ved høgttrykk har en altså mindre effektbehov enn ved lågt trykk og det er grunnen til at en skal stenge sluseventilen når en starter pumpe. Effektbehovet, regnet

i hestekrefter, finnes en ved hjelp av følgende formel:

$$N = \frac{Q \cdot H}{75 \cdot \eta}$$

Her er N = effektbehov i hk

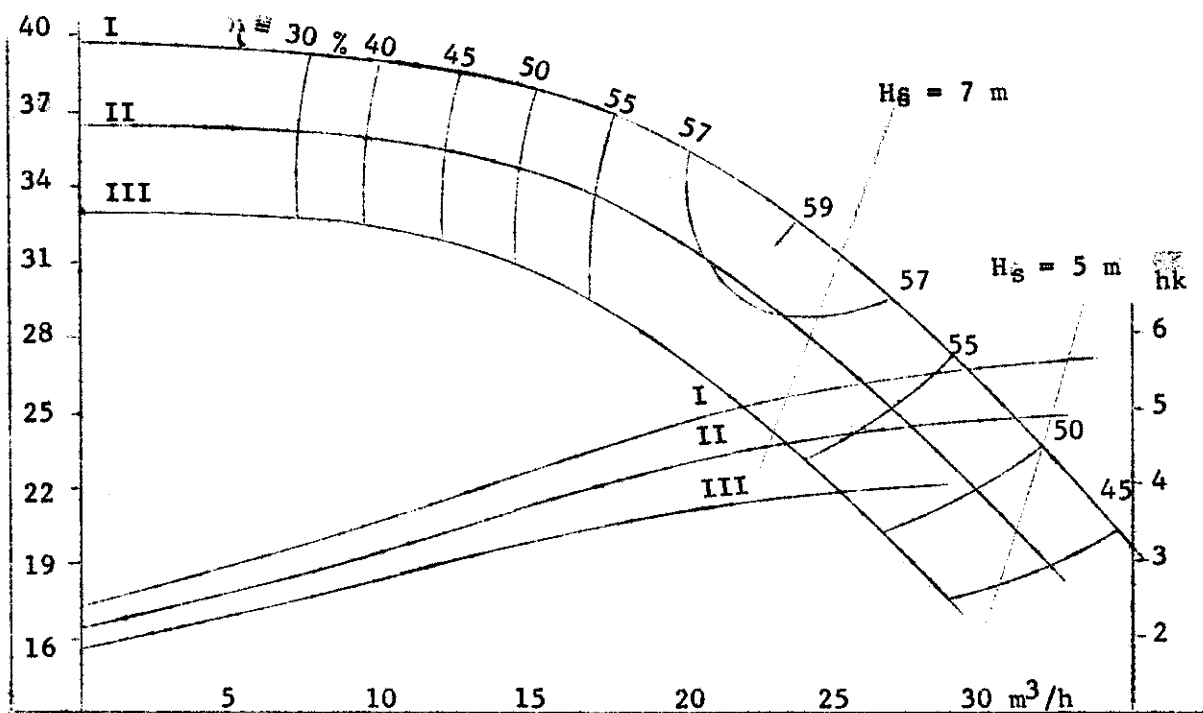
Q = vassmengde i l/sek.

H = manometrisk oppfordringshøgd i m

75 = antall kgm i en hestekraft

η = virkningsgraden

Sentrifugalpumpe 2900 omdr./min.



Eks. I diagrammet er det tegnet inn pumpekaraktistikk, virkningsgradskurve og effektbehov pr. løpehjul i pumpa. En kan også regne ut effektbehovet for 3 ulike belastninger og får:

Q	H	η	N
8,3	27,0	0,55	5,5
6,8	32,5	0,59	5,0
4,2	38,0	0,50	4,2

I praksis vil dette si at en får størst effektbehov når en vatner nær pumpestasjonen og minst effektbehov når en vatner høgt oppe på eiendommen og har lang ledning innkoblet. Dimensjonerer en motoren for den største høgda, kan den bli overbelastet når en vatner nærmere pumpestasjonen.

Sluseventilen på trykksida brukes ikke bare når en starter anlegget, men den brukes også til å regulere trykket i anlegget. Vanligvis plusser en på 20 % på motorstørrelsen ved dimensjoneringen av anlegget, men i ugunstige tilfelle (låg spenning, slitt pumpe) kan en likevel få overbelastning av motoren. Som en ser i diagrammet, så er ikke økningen i effektbehovet særlig stor ut over det behovet en har ved pumpas optimale arbeidsområde, men i anlegg med til dels store trykkvariasjoner må en være nøye med valg av både pumpe og motor.

Sentrifugalpumpa er ikke sjølsugende og en må derfor ha botnventil på sugeledningen så en får fylt både pumpe og sugeledningen med vatn før en starter pumpe. Små luftmengder i sugeledningen kan føre til at pumpe slipper vatnet.

Det finnes såkalte sjølsugende sentrifugalpumper i handelen og det er pumper som har en vassringpumpe montert i serie med sentrifugalpumpa.

Grus og sand sliter på sentrifugalpumpa så virkningsgraden etter hvert blir dårligere. Halmstrå og lignende har lett for å sette seg fast i de fine åpningene i løpehjulet og derved redusere virkningsgraden. En pumpe som ikke holder mål i henhold til karakteristikken, bør derfor gjøres ren og om nødvendig utstyres med nytt løpehjul.

I et vatningsanlegg blir det ofte tale om å regulere trykket. Dette kan en gjøre med sluseventilen på trykksida av pumpe eller i hydranten når en har en pumpe som går med konstant hastighet. Bruker en forbrenningsmotor, kan en redusere trykket og effektbehovet ved å minke omdreiningstallet. Dette er den mest økonomiske måten å redusere trykket på, men den er ikke så enkel å gjennomføre med en elektromotor.

Sugehøgda for en sentrifugalpumpe varierer noe med vassmengden. For en og samme pumpe kan en tillate større sugehøgde når den arbeider med liten vassmengde. Sentrifugalpumpa skal alltid plasseres slik at en får minst mulig vakumetrisk sugehøgde.

b. Stempelpumpe.

Det fins mange ulike typer av stempelpumper, enkeltvirkende, dobbeltvirkende og differensialpumper. Det er imidlertid et felles trekk at virkningsgraden er god og at pumpene er saktegående, vanligvis 50-150 omdr./min. Den kan derfor ikke kobles direkte til en elektromotor. Virkningsgraden er oftest omkring 0,7, men godt bygde pumper kan ha en virkningsgrad på 0,9 eller enda bedre.

Stempelpumpe er sjølsugende, lufttrykket presser vatnet opp i sugeledningen

når lufta pumpes ut. Det er ikke bare den statiske sugeshøgde som atmosfæretrykket skal rekke til for. Det skal også overvinne trykktapet i ventil på sugesida og i sugeledningen og gi vatnet en aksellerasjon. I praksis er derfor sugeshøgda mindre enn 10 m (1 atm.).

Sjøl om det ofte ordnes med en luftkjel både på sugesida og på trykksida bør vatnet ha mindre hastighet her enn i sentrifugalpumpa. Ved stempelpumpa bør hastigheten ikke være over 1 m/sek i sugeledningen og 1,5 m/sek i trykkledningen.

Stempelpumpa er ikke videre godt skikket i vatningsanlegg, men den brukes i enkelte mindre anlegg der en har hydrofortank. Spesielt i gartnerier kan det være behov for å ha trykkvatn til enhver tid så en kan vaske av redskaper o.l. eller vatne mindre arealer i veksthus eller benker. Anlegget bygges da som et vanlig hydroforanlegg.

c. Vassringpumpa.

Virkningsmåten forutsettes kjent. Pumpa har låg virkningsgrad, 15-30 %. Den er sjølsugende og kan løfte vatnet 9 m når den er i god stand, men i praksis bør en ikke regne vakumetrisk sugeshøgde over 7 m. Trykket er dårlig og en kan normalt ikke regne over 25 m pr. løpehjul. Pumpa er ømfintlig for sand og andre forurensninger.

Effektbehovet er størst når pumpa arbeider mot stengt ventil og det avtar når vassmengden øker. Hos sentrifugalpumpa er det motsatt sjøl om karakteristikken og virkningsgradskurva i prinsippet er ganske like hos begge pumpene.

Vassringpumpa brukes ikke i vatningsanlegg uten i forbindelse med en sentrifugalpumpa. Vassringpumpa er da bygd inn som et trinn i sentrifugalpumpa og gjør den sjølsugende.

Sammenligning av pumpetyperne:

	Pumpetype		
	Sentrifugalpumpe	Vassringpumpe	Stempelpumpe
Sjølsugende	nei	ja	ja
Virkningsgrad Ved økende trykk:	50 - 70 %	15 - 30 %	70 - 90 %
Effektbehov, hk	avtar	øker	øker
Kapasitet, l/min. Ved stengt ventil:	- " -	avtar	konstant
Effektbehov	- " -	øker	øker i forhold til trykket.
Trykkøkning	0 - 30 %	150 - 200 %	anlegget sprenges

2. Pumpemotorer.

De fleste pumpeanleggene drives i dag med elektromotorer som er direkte koblet til sentrifugalpumpa. Pumpene er bygd for den hastighet motoren har, nemlig 1450 og 2900 omdr./min. Det fins dentrifugalpumper med andre hastigheter, men disse er ikke brukt i vatningsanlegg her i landet.

Fordelene ved elektromotoren er at den ikke krever tilsyn, den er driftssikker, enkel å betjene og kan fjernstyres. Pumpe og motor er montert på felles fundament og danner en enkel og driftssikker enhet.

Pumpa tåler liten motstand på sugesida og må derfor monteres nær vasskilden. Elektrisk kraft må føres fram til pumpe-stasjonen, og dette kan bli en vesentlig kostnad hvis en ikke har en tilstrekkelig godt dimensjonert transformator eller kraftledning i nærheten. Hvor stor avstand en kan tillate fra transformator til motor varierer med motorstørrelsen, men det bør ikke bli mer enn 300 - 500 m. Ved større anlegg må en ofte bygge transformator ved pumpe-stasjonen.

Når transformatoren ikke står nær motoren, må en ha ledning med rikelig tverrsnitt fram til motoren. Likevel kan driftsspenningen bli for låg når det er stor belastning på nettet. Låg spenning virker som en overbelastning av motoren, den går varm. Det behøver altså ikke være feil dimensjonering av pumpe og motor om motoren går varm. Ved varmgang i motoren bør en derfor undersøke om spenningen er 220 volt som forutsatt ved dimensjoneringen.

Elektromotoren er rimelig i drift sammenlignet med forbrenningsmotoren. Elektrisk kraft kan likevel bli kostbar der en får lang tilførselsledning. For å illustrere dette nevner en priser (1963) på linje og transformator.

Linjebygging (20 000 volt) 20 - 25.000 kr./km.

For mindre prosjekter der selskapene sjøl bygger linja, kan en komme noe lågere, 7 - 8.000 kr. for 500 m.

Transformator - 20 000 til 220 volt, 50 kW, kr. 3.500 - 4.000. Arrangement ved transformator kr. 4.000 - 5.000. Linje på 500 m med en 50 kW transformator vil derfor koste kr. 17. - 18.000.

En motor skal alltid sikres med en motorvern-bryter som hindrer at motoren brenner opp. Bryteren må også slå ut ved 0-spenning så motoren ikke kobles inn når strømmen settes på igjen etter utkobling.

Elektromotoren kan fjernstyres når en har en automatisk stjerne-trekantvender.

Dette forutsetter at en har en sjølsugende sentrifugalpumpe eller at en på annen måte har sikret seg at pumpa "tar vatnet". Som en regel må en si at anlegget bør startes manuelt, men en kan spare noe tid ved å ha en tidsbryter som kobler ut anlegget om kvelden eller natta.

Prisen på elektrisk kraft varierer mye, men ligger de fleste tilfelle mellom 3-8 øre pr. kilovattime (kWh).

Faller det for dyrt å føre fram elektrisk kraft, kan det bli tale om å bruke en forbrenningsmotor til pumpa. Det samme gjelder der en har jorda på flere plasser og hvor det faller naturlig å flytte pumpestasjonen.

I de fleste tilfelle monterer en pumpa på traktoren. Den festes da enten på hydraulikken (trepunkt) eller den monteres på hjul og henges etter traktoren. Det må sies å være en fordel å ha pumpa fast montert på hydraulikken. Kraftuttaket har for liten hastighet for pumpa og det er derfor en tannhjulutveksling i pumpa som gir den riktig hastighet.

Det finnes utstyr i dag som bryter tenninga på traktoren når pumpa slipper vatnet og går tørr eller når oljetrykket på traktoren blir borte. En kan derfor få et anlegg som er godt sikret, men forbrenningsmotoren krever mye tilsyn og det er en vesentlig ulempe at en binder traktoren så en ikke får nyttet den til annet arbeid. Det er derfor bare under spesielle forhold at det blir tale om å bruke traktoren i vatningsanlegget.

3. Rør til fast anlegg.

Den faste delen av ledningsnettets er vanligvis nedgravd og det er også en betingelse for at en kan bruke rørtyper hvor skjøtene ikke kan oppta strekk som opptrer når det settes trykk på ledningen. I det følgende er det gitt en oversikt over de rørtypene det kan komme på tale å bruke i fast anlegg.

a. Støpejernsrør.

Rørene framstilles av grått støpejern og leveres i dimensjonene 80 - 600 mm. I vatningsanlegg blir de ikke brukt i dimensjoner mindre enn 4".

Støpejern er sprøtt og rørene har derfor tjukk vegg. Rørene er sentrifugert, de er derfor tette i godset og materialet er dessuten svært korrosjonsbestandig. Rørene er dyppet i en asfaltmasse som beskytter både innvendig og utvendig og rørene får derfor meget lang levetid når de transporteres og legges forskriftsmessig. Rørene leveres vanligvis i lengder på 4-6 m.

Internasjonal standard for støpejernsrør.

Rør-klasse	Diam. mm	Tillatt driftstrykk kg/cm ²	Prøvetrykk i verk kg/cm ²	Prøvetrykk i grøft kg/cm ²
LA	80-600	10	20	15
A	80-600	12,5	25	18,75
B	80-600	16	30	25

Godstjukkelsen øker fra klasse LA til B mens den utvendige diameteren er den samme i ulike klasser.

Når en har ekstra store trykk i anlegget, kan det komme på tale å bruke duktile støpejernsrør (seigjern). Disse er like korrosjonsbestandige som vanlige støpejernsrør, men betydelig seigere. Rørene leveres i flere klasser og klassene 70 og 80 tåler henholdsvis 70 og 80 kg/cm².

b. Stålrør.

Stålet er seigere og hardere enn støpejernet og stålrørene er derfor tynnere og lettere. Stålrør er mer utsatt for korrosjon og de blir derfor viklet med glassfiber (tidligere jute) og dyppet i en asfaltmasse som beskytter både innvendig og utvendig. Til slutt blir rørene kalket for at de ikke skal ta opp så mye varme når de ligger i sola.

Stålrør leveres etter en tysk standard.

Trykk-klasse	Driftstrykk kg/cm ²	Prøvetrykk i verk kg/cm ²	Prøvetrykk i grøft kg/cm ²
10	10	16	15
16	16	25	21
25	25	40	30
40	40	60	50

De glassfiberomviklede stålrørene leveres her i landet i dimensjonen 3" og større. Den mest solgte typen i dag er kl.40 og den har en godstjukkelse på 3,25 mm. Rørene leveres vanligvis i lengder på opp til 9,5 m.

Meterprisen for 80 mm stålrør og 3" galv.smijernsrør er nå (1964) praktisk talt den samme og det er derfor andre forhold enn prisen som avgjør hvilken type en bør velge.

Skjøter for støpejernsrør og stålrør.

Blyskjøt ble tidligere brukt mye til disse rørtypene, men den har vanskelig for å holde tett hvis det er bevegelse i skjøten. Ved sterke trykkslag kan blyet også presses ut av muffa.

Skrumuffe brukes i dag til begge rørtyper. Rørene har da muffe med innvendige gjenger og en får tetning ved at en gummiring presses inn mellom spissenden og muffa ved hjelp av en klemring som skruss inn i muffa. Skjøten tillater en avbøyning på ca. 3°. Holdbarheten avhenger i første rekke av gummiringen.

Boltmuffe er i prinsippet mye lik en skrumuffe, men muffa har ikke gjenger. Gummiringen og klemringen presses her inn ved hjelp av bolter. Denne skjøten tillater noe større avbøyning enn skrumuffeskjøten. Brukes for større dimensjoner av støpejernsrør.

Tytonskjøten er en ny, enkel skjøt som blir mye brukt. Innvendig i muffa er det et profil for en spesiell gummipakning som tetter når spissenden stikkes inn i muffa. Gummiringen er spesiellaget så den har en fast del som griper godt i muffa og en bløtere del som gir god tetning. En må være renslig ved montering av skjøten.

Sigurdmuffe er brukt til stålrør. Gummipakningen settes ytterst på spissenden og den ruller inn i muffa når skjøten presses sammen. Det er stoppering på spissenden som hindrer at gummiringen blåses ut av trykket.

Stålrørene leveres også med sveisemuffe eller også rett avkappet så de sveies sammen. Denne skjøten er enkel og en kan regulere vinkelen mellom rørene. Svakheten med sveisingen er imidlertid at en har lett for å ødelegge isolasjonen så en får korrosjon. Utvendig bør en stryke på asfaltmasse, men innvendig er det umulig å komme til på mindre dimensjoner. Sveiseskjøten blir derfor et svakt punkt på røret.

På spissenden kan en bruke såkalte bevegelige koblinger som det fins mange slag av. Gibaultkoblingen er mye brukt i skjøter mellom asbestsementrør og støpejernsrørdelen eller ved reparasjon av asbestsementrør, og den omtales derfor under disse

c. Asbestsementrør (Eternittrør).

Denne rørtypen er svært mye brukt etter krigen, men eternittrørene har vært i produksjon i ca. 50 år. Rørene er bygget opp av asbest og sement i passende blanding og asbestfibrene virker som en armering. Røret bygges opp på en roterende valse og massen legges på i to eller flere lag. Rørveggen blir komprimert og er

derfor tett. Rørene er glatte og har betydelig mindre trykktap enn metallrørene.

Det selges rør av forskjellig fabrikat her i landet, men for tida ser det ut til at det selges mest danske rør. Disse rørene leveres i 5 trykk-klasser, men det er bare kl. 20 og 25 som selges her. Prøvetrykket er henholdsvis 200 og 250 m. I følge den internasjonale standardiseringsorganisasjonen, ISO, skal driftstrykket være halvparten av prøvetrykket. Har en et driftstrykk på f.eks. 110 m, må en bruke rør av kl. 25.

Fra prøvetrykk til trykk ved brudd er det en viss margin. For rør med 100 mm diameter er sikkerheten 2,0, mens rør med en diameter mellom 125 og 200 mm har en sikkerhet på 1,75.

Eternittrørene er svært skjøre og må derfor håndteres med største forsiktighet. Brudd etter at ledningen er tatt i bruk skyldes som regel uforsiktig bandtering under transport eller legging i grøft. Rørene yter liten motstand mot bøyingspåkjenninger og en kan derfor ikke rå til at det brukes mindre dimensjon enn 100 mm. Dessuten går 125 mm over til å bli en ukurant dimensjon og bør derfor unngås. Dette gjelder også metallrør.

Skjøter for eternittrør.

Eternittrørene leveres med avdreide, glatte ender med konstant utvendig diameter. Skjøtingen utføres med løse muffe. På de danske rørene brukes en skyvemuffe mens det f.eks. på engelske rør brukes en spesiell skrumuffe.

Den danske skyvemuffa har tre spor innvendig og det plasseres en gummiring i hvert spor. Den midterste ringen har til oppgave å sentrere muffa over skjøten, mens det er ringene i hver ende som gjør skjøten tett. For dimensjonene 100-200 mm nyttes en muffe som tillater noe større avbøyning enn for de større dimensjonene (fleximuffe).

Skjøting av 100 mm rør utføres ved hjelp av et spett og en bordbit. For større dimensjoner bør en helst ha spesialutstyr. En tar først den løse muffa og legger inn sentreringsringen og de to tetteringene (forskjellig merking av ringene). Tetteringene strykes så med sinkhvitt og muffa presses inn på rørenden. Som smøremiddel kan en også bruke glyserin og talkum, men ikke olje eller fett. Bordbiten legges på tvers av muffa og med spettet presser en muffa på plass. Neste rør presses så inn i muffa og skjøten er ferdig. En må være rensling så en ikke får jord eller sand i skjøten under monteringen.

Ved forgreininger, hydranter, ventiler og bend bruker en støpejernsdeler av ulike

slag. Støpejernsdelene har samme utvendige diameter som eternittrørene og skjøten mellom støpejerns- og eternittdelene utføres med såkalte bevegelige koblinger. Det er flere typer av disse. Eksempelvis nevner en Gibaultkoblingen som består av en flat ring, to gummipakninger og to ringer med boltehull. Når koblinga skrues sammen, presses gummiringene mot den flate ringen og røret så det blir tett. Bevegelig kobling brukes også ved reparasjon når en setter inn et nytt rør.

Like etter krigen ble det levert eternittrør med fast muffe for blyskjøt, men denne skjøten passer svært dårlig for eternittrør.

d. Plastrør.

Plastrør har vært i bruk i mange år og etter hvert har en fått en jevnere og bedre kvalitet. Rørene er laget av polyetylen (PEL) og polyvinylklorid (PVC). Det er hittil PEL-rør med låg spesifikk vekt som er mest brukt i vassforsyningsanlegg og de er lett kjennelige på den svarte fargen. Kvaliteten har vært svært varierende og ved overbelastning utvider røret seg mer og mer samtidig som det da blir svakere og etter en tid får en brudd. Når rørene utsettes for høge trykk eller store temperaturvariasjoner, kan de i verste fall trekkes ut av koblingene. En bør derfor ikke strekke røret helt ut når en legger det ned i grøfta.

I 1960 ble det gitt ut en midlertidig norsk standard for polyetylenrør med låg spesifikk vekt, NS 920 M. Her blir det redegjort for kravene til diameter, godstjukkelse og trykk. Nominelle trykk for standardiserte PEL-rør er 6 kg/cm^2 og 10 kg/cm^2 og diameteren som angis, er den utvendige diameteren.

Rør i den høgeste trykk-klassen har tjukkere vegg og derfor mindre innvendig diameter enn et rør med samme dimensjon i den lågeste klassa.

Fabrikatene av plastrør leverer i dag PEL-rør i henhold til NS 920 M. Disse rørene merkes fortløpende eller minst for hver 5 m, og merkingen gir opplysninger om rørmateriale, nominelt trykk (NT) røret er dimensjonert for og fabrikantens navn eller merke. Merkingen ser slik ut:

PEL NT 6 fabrikat

Det kan også brukes farge til merkingen, NT 6 har da rød farge, mens NT 10 har blå farge.

Nedenfor er vist eksempler på dimensjoner av PEL-rør. Det finnes imidlertid både større og mindre dimensjoner.

Nominell diameter	Utvendig diameter, mm			Godstjukkelse, mm					
				NT 6 kg/cm ²			NT 10 kg/cm ²		
	Basis-verdi	Till. avvik		Basis-verdi	Till. avvik		Basis-verdi	Till. avvik	
Øvre		Nedre	Øvre		Nedre	Øvre		Nedre	
25	25	1,0	0	2,3	0,4	0	3,6	0,6	0
32	32	1,2	0	3,0	0,5	0	4,6	0,7	0
40	40	1,4	0	3,7	0,6	0	5,8	0,8	0
50	50	1,7	0	4,6	0,7	0	7,2	0,9	0
63	63	2,1	0	5,8	0,8	0	9,0	1,1	0
75	75	2,4	0	6,9	0,9	0	10,8	1,3	0
90	90	2,9	0	8,2	1,0	0	12,9	1,5	0
110	110	3,5	0	10,0	1,2	0	15,8	1,8	0
125	125	4,0	0	11,4	1,3	0	17,9	2,0	0

PVC-rør leveres i trykk-klassene NT 6, NT 10 og NT 16. En viser her til NS 925 M.

Skjøter for plastrør.

Det brukes flere typer av koblinger til plastrør. Ved skjøting av de vanlige rørtypene blir det frarådd å bruke gjengesnitt og vanlige gjengede rørdeler da de svekker røret. Der en har mindre trykk, kan en bruke slangekobling, men røret må da holdes en tid i varmt vatn så det former seg etter koblinga.

En må ellers anbefale at det brukes spesialfittings og det er også en betingelse for at rørene skal kunne tåle det de er garantert for etter norsk standard. Spesialkoblingene for plastrør er dyre og har en kort avstand mellom koblingene, blir det en vesentlig økning av prisen pr. m ledning. For større dimensjoner (4" og 6") av plastrør brukes ulike typer av bevegelige koblinger.

Når en bruker plastrør, må en passe på at en får en kvalitet som tåler det trykket en har i anlegget. Der en har trykk over 60 meter, må en bruke rør i klassen NT 10 og for høyere trykk kan en i det hele tatt ikke rå til at det brukes plastrør.

e. Galvaniserte smijernsrør.

Dette er en rørtipe som har vært brukt i lang tid og som fremdeles har stor anvendelse. Rørene leveres i lengder på 6 m, og de er gjenget i begge ender og har vanlig gjngemuffe. Rørene er prøvd for et trykk på 70 kg/cm² og er fullgode for bruk i vatningsanlegg. De mest aktuelle dimensjoner er 2", og 2½" og 3".

Galvaniserte smijernsrør har en ru innvendig overflate. Med tida har det lett for å bli et rustbelegg som reduserer den innvendige diameteren og gir et større trykktap. En bør ta hensyn til dette ved dimensjoneringen av anlegget.

4. Valg av rør til fast anlegg.

De 5 rørtypene som er beregnet på faste anlegg, har svært forskjellige egenskaper og brukbarhet. Det må være de rent tekniske karvene som er bestemmende for valg av rørtyper, men er det flere typer som kan brukes, er det de totale kostnadene som blir avgjørende.

I dag blir galvaniserte smijernsrør mest brukt i dimensjonen 3" og mindre. Plast-rør blir også brukt en del der en har moderate trykk, men koblingene faller dyre og NT 10-rør blir dyrere enn galvaniserte smijernsrør. Trykktapet er mindre, men det må være holdbarheten og prisen som avgjør hva en skal velge.

Eternittrør er svært billige sammenlignet med andre rørtyper og blir derfor mye brukt. Rørene er glatte og en får lite trykktap. Rørene må legges frøstfritt der en har telehiving, og en må være svært omhyggelig under transport og legging av rørene. En kan imidlertid tåle ekstra kostnader med legging av rørene da de er billige i innkjøp.

Før en bestemmer seg for rørtype, må en innhente tilbud for å få klarlagt bl.a. priser, leveringstid og fraktkostnader. En må også undersøke hva ev. koblingsdeler og montering koster for ulike typer av rør og en må regne med gravekostnadene. Listepriene alene er til liten hjelp når en skal avgjøre hvilke rør en skal bruke.

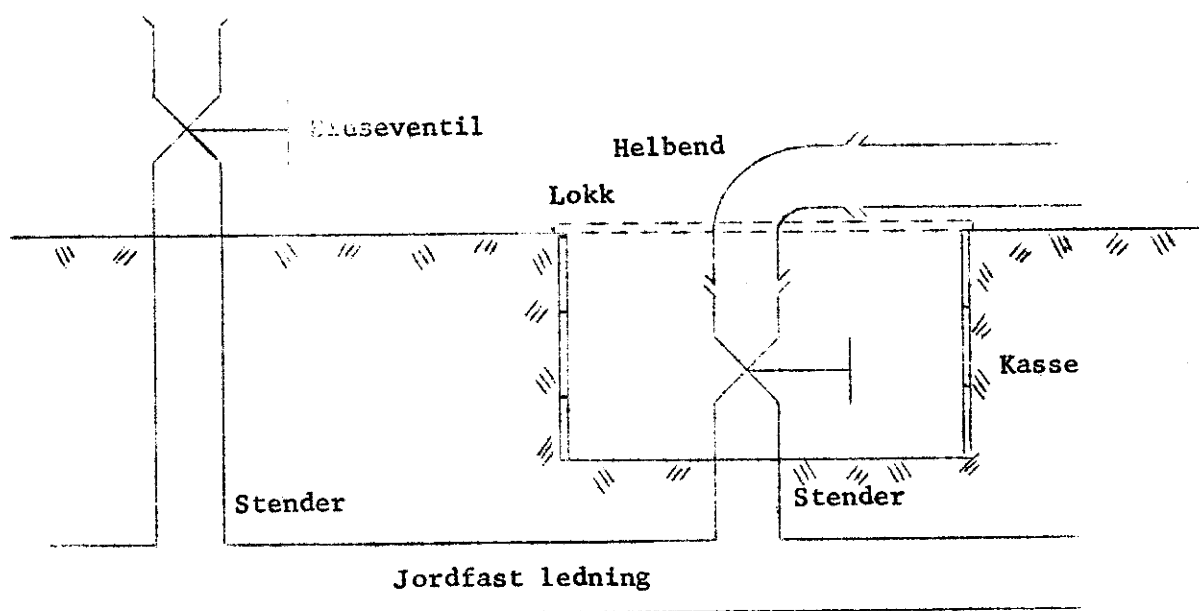
5. Hydranter.

På det faste ledningsnett må det monteres hydranter hvor en kan koble til fordelingsledninger eller sprederledninger. En kan også ha hydranter på flyttbar hovedledning eller fordelingsledning, og de består da bare av et T-rør med sluseventil.

På det faste anlegget skal en plassere hydrantene mest mulig hensiktsmessig med tanke på sprederledningene, men hydrantene bør helst ikke stå i vegen for kjøring på jorden. Må hydranten plasseres ute i åkeren, bør den monteres i en kasse eller et rør nede i bakken. Da kan en kjøre over, men det blir likevel ikke så lett å arbeide jorda like rundt hydrantene. Der hydranten står ute av vegen for vanlig kjøring, kan den stå fritt over bakken.

Hovedledningen har vanligvis større dimensjon enn fordelings- og spredningsledningene og en bør da bruke samme dimensjon i hydranten som i den ledningen som skal kobles til. Har en 4" hovedledning og f.eks. 89 mm fordelingsledning, bør hydranten være 3". På den måten sparer en inn på koblingsdeler og sluseventil uten at det får noen særlig betydning for trykktapet.

Stenderen i hydranten kan kobles til hovedledningen ved hjelp av et anboringsklammer eller et T-stykke. Anboringsklammer nyttes for små uttak mens en for større hydranter må ha koblingsdeler. I stenderen vil det som regel svare seg å bruke galv. smijern da disse rørene er gjenget og har rimelige koblingsdeler. På toppen av stenderen setter en på en sluseventil og tilslutt en hurtigkoblingsdel med samme dimensjon som fordelingsledningen. Bruker en hurtigkoblingsrør med dimensjon 50 mm, 70 mm eller 89 mm, er de tilsvarende dimensjonene 2", 2½" og 3" for galv. smijernstender og sluseventil.



Hydranter som monteres i bakken kan settes i en kasse av bord eller i et betongrør. Det er ikke nødvendig å ha røret helt ned på hovedledningen hvis en ikke har tappplugg på samme sted. Hydranten monteres så høgt at en kommer i passe høyde ut på terrenget med fordelingsledningen når en setter et helbend på toppen av hydranten. Øvre del av hydranten må i hvertfall komme så lågt at den ikke tar opp lokket når det legges over. Det bør settes opp et merke ved hydranten så den er lett å finne igjen.

6. Rør til flyttbare anlegg.

I flyttbare anlegg nytter en hurtigkoblingsrør som er lette å transportere og som kan kobles sammen med et par håndgrep. Det kan bli tale om følgende rørtyper:

- a. Galvaniserte stålblikkrør
- b. Aluminiumsrør
- c. Plastrør (PEL og PVC)

a. Galvaniserte stålblikkrør.

De vanlige rørene som brukes her i landet, er sveiset sammen av båndstål og har derfor en langsgående sveiseskjøt. Når sveiseskjøten er i orden, er den like sterk som rørveggen. Det leveres også heltrukne stålrør og disse har noe tjukkere gods og er følgelig tyngre.

Sveisingen av rørene foregår kontinuerlig og etter kappingen sveies det på hurtigkoblinger. Byggelengden er 6 m. Når røret er ferdig, blir det varmgalvanisert ved dypping i bad. Rørene blir da godt beskyttet mot korrosjon både innvendig og utvendig. Driftstrykket for denne rørtypen er oppgitt å ligge mellom 150 og 200 m (15-20 kg/cm²).

Dimensjonsangivelsen for stålblikkrørene er mm og det er den utvendige diameteren som brukes ved angivelse av rørdimensjonen. Koblingsdeler som er forsynt med rørgjenger, har dimensjonen i gjengeenden angitt i tommer. Det er derfor en kurant sak å gå over fra galv.smijersnrør til hurtigkoblingsrør. Vanlige metall sluseventiler kan også lett monteres inn i rørstrengen.

Dimensjoner og vekt på hurtigkoblingsrør er vist for to fabrikat:

Perrot.

Rørdiameter utv. mm	50	70	89	108	133	159
- " - innv. "	48	68	87	105	130	155
Rørlengde 6 m kg/rør		11,6	16,1	21,8	29,0	48,0
Støttefot		1,92	1,94	2,6	3,8	4,5

Bauer.

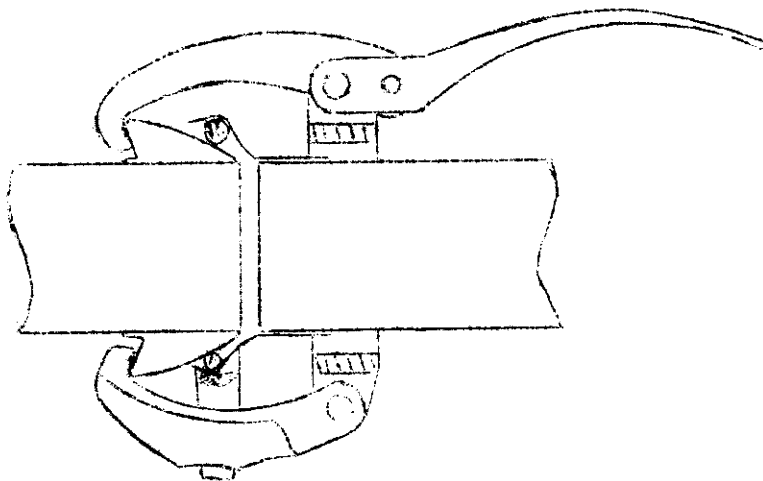
Utv. diam. mm	Godstjukkelse mm	Vekt av 6 m rør, kg	Vekt av rør med kobling, kg/m	Arbeidstrykk atmosfærer
50	1,5	7,3	1,22	20
70	1,5	10,5	1,75	20
89	2,0	15,0	2,50	20
108	2,0	22,0	3,67	20
133	2,0	30,0	5,00	20
159	2,0	46,0	7,67	20

Til stålblekkør finnes det et rikt utvalg av koblingsdeler og en viser her til firmaenes kataloger.

Det viser seg at stålblekkørerne har lang levetid når de behandles pent. Sår i galvaniseringen bør påstrykes rusthindrende stoffer og før lagring skal gummipakningene tas ut, og behandles med talkum.

Koblinger for stålblekkør.

Koblingene på de rørene som selges her i landet, er i prinsippet de samme sjøl om de ulike fabrikantene har noe forskjellig utforming.



I mufteenden på røret ligger det en rund gummipakning. Spissenden presses inn i muffa ved hjelp av en klemme og gummiringen gir tetning mellom rørendene.

Koblingen er tett både for trykk og for sug og disse rørene kan derfor med fordel også brukes i sugeledningen.

Koblingen gir mulighet for avbøyning mellom to rør ($15 - 30^{\circ}$) men rørene må legges i stilling før de presses sammen.

b. Aluminiumsrør.

Dette er den typen lettere rør som først ble tatt i bruk i flyttbare vatningsanlegg. Sjøl om det i dag selges lite aluminiumsrør, er det betydelige mengder av $1\frac{1}{2}$ " og 2" rør i bruk. Godstjukkelsen og vekta varierer noe, men rørene er betydelig lettere enn stålblekkørerne. Følgende tabell over danske aluminiumsrør viser dette.

viser dette.

DVI-rør.

Diameter utv. mm	60	76	89	102
- " -innv. mm	56	72	85	98
Vekt pr. 6 m rør med kobling og støttefot, kg	8	10	11,5	13

En har ikke tilsvarende data for norske rør, men det kan opplyses at det er solgt norske rør med diameter på opp til 4". I dag ligger prisen på aluminiumsrør betydelig over prisen på stålblikkrør og det er den vesentligste årsaken til at det nå selges lite aluminiumsrør.

Koblinger til aluminiumsrør.

Kløkoblingen er mest brukt på aluminiumsrør. Koblingen har tre haker som griper i hverandre, men den tillater ingen avbøyning mellom rørene og er derfor altfor stiv. Koblingen kan valsas på aluminiumsrørene, men den leveres også med rørgjenger eller slangestuss. Hakene er det svakeste punktet på koblinga og de har lett for å bli slått av under transport eller når en forsøker å presse rørene til siden. Nye kløkoblinger koster kr. 15,- - 20,- pr. par eller kr. 3,- - 3,50 pr. m rør.

BG-koblingen som er av sveitrisk fabrikk, blir en del brukt på aluminiumsrør. Den ene halvparten av koblingen består av en kule og en låsering, mens den andre halvparten er skålformet og har en flat gummipakning. Koblingen tillater stor avbøyning mellom rørene. BG-koblingen er enkel å montere på aluminiumsrørene.

Det er ofte spørsmål om å bytte ut de stive kløkoblingene på aluminiumsrørene, men det faller dyrt sjøl med en så enkel kobling som BG-koblingen. En må i dag (1964) regne kr. 20,- - 25,- pr. kobling til 1½" og kr. 30,- - 35,- pr. kobling til 2" rør. Dette utgjør ca. kr. 5,50 pr. m for 2" rør.

Gjerdekoblingen er en norsk kobling for aluminiumsrør. Det er en enkel og solid kobling som har vært brukt på en del av de norske aluminiumsrørene.

c. Plastrør.

Plastrør blir i dag brukt en del i flyttbare anlegg. Den vesentligste årsaken til dette er at rørene faller rimelige i innkjøp. Skal rørene kappes opp i rimelige lengder, må de forsynes med rasjonelle hurtigkoblinger og det betyr en vesentlig økning av meterprisen på rørene. Enkelte plasser kan det være hensiktsmessig å bruke plastrør i store lengder, men de er da tunge å flytte.

Plastrør kommer sikkert til å bli brukt i større utstrekning enn nå, men en skal være oppmerksom på rørenes begrensning. Det selges mange kvaliteter av plastrør og en må ikke bruke rørkvaliteter som ikke tåler det trykket en har i anlegget. Dessuten skal en undersøke hva rørene vil koste når koblingene er tatt med. Prisen på rør uten koblinger kan bli temmelig missvisende.

PVC-rør med hurtigkobling i samme materiale er nå på markedet, men de er ikke i handelen her i landet ennå.

7. Spredere.

Det finnes en rekke ulike typer av spredere som kan deles i to grupper, sirkelspredere og linjespredere. Sirkelsprederne deles igjen i store og små spredere

a. Sirkelspredere.

En del trekk er felles for alle disse sprederne. De har strålerør med dyse, strålebryter i en eller annen form og en drivmekanisme som kan ha sektorinnstilling. Spredernes oppgave er med minst mulig tap av energi å spre vatnet så jevnt som mulig ut over størst mulig flate når sprederen stilles opp og flyttes etter et bestemt mønster.

Kastevidda blir størst når strålerøret danner en vinkel på $30-35^{\circ}$ med horisontalplanet slik en har det hos alle store og de fleste små sprederne. Hos små spredere kan denne vinkelen i enkelte tilfelle være langt mindre, f.eks. 12 eller 6 grader. Det hevdes at en lav-vinklet spreder er mindre påvirket av vind og de er dessuten mer hensiktsmessige når en f.eks. ønsker å vatne under tre-kronene i en frukthage. Kastevidda hos lav-vinklede spredere er mindre enn hos vanlige spredere, men i en frukthage kan en aldri regne med stor kastevidde på spredere som ikke vatner over tre-kronene.

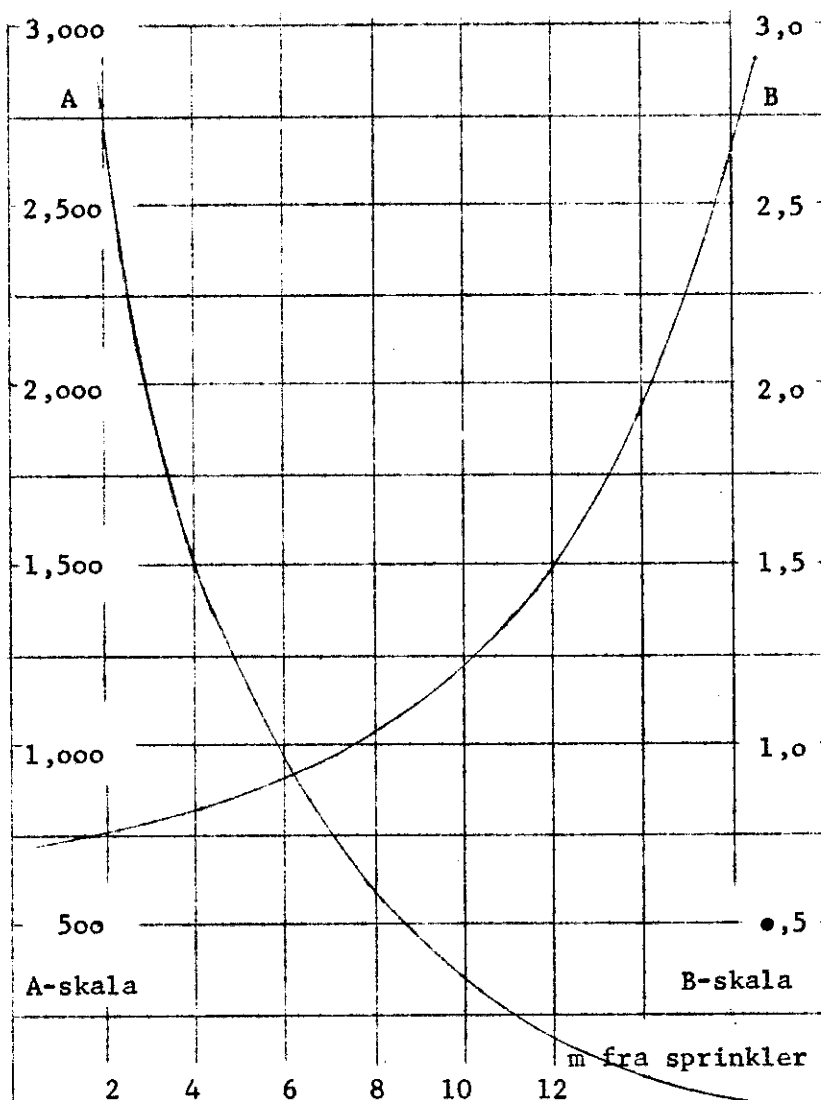
God lengde på strålerøret gir også større kastevidde og dermed større effektivt vatnet flate for hver oppstilling av sprederen. Turbulent strømming gjør spredere mindre effektiv og det bygges derfor ofte inn en likeretter i strålerøret.

Likeretteren kan bestå av flere mindre rør, det kan være plater som står rett ut fra veggen i strålerøret eller det kan være to plater som danner et kors i strålerøret. Det er helst de noe større sprederne som er forsynt med likerettere. Forurensninger i vatnet kan henge seg på likeretteren og redusere kastevidden og en bør derfor undersøke formen på likeretteren der en har urent vatn.

Dysa har mindre åpning enn strålerøret og vatnet får her en stor hastighet i det det forlater sprederen. Formen på dya har betydning for stråledannelsen.

Antall dråper pr.
100 cm² pr. time.

Gjennomsnittlig dråpe-
diameter i mm.



Turbulens i dysa gjør at stråla raskere rives opp og en større del av vatnet faller nærmere sprederen. Trykket har også stor innvirkning på stråla og det er forholdet mellom trykk og dysestørrelse som er avgjørende for dråpestørrelsen, og for såvidt også for fordelingen av vatnet. Et svakt trykk kan gi en stråle som er praktisk talt sammenhengende til den når bakken, mens høgt trykk gir forstøvning av vatnet. Spredere som skal ha stor kastevidde må ha relativt stor dyse og høgt trykk. Det er de store dråpene som på grunn av sin tyngde faller lengst ut mot periferien. Med bare små dråper oppnår en ikke stor kastevidde.

Ved bygging av sprederer skal en ivareta to motstridende interesser, sprederne skal ha størst mulig kastevidde med en bestemt dyse og et bestemt trykk samtidig som en også skal ha vatn nær sprederen.

Enkelte sprederer er utstyrt med to motsatt stilte dyser. Hensikten med dette kan være å øke vassmengden eller å få en bedre fordeling av vatnet. Det kan også være et moment at sprederen blir mer stabil, noe som er av betydning f.eks. ved slangevatning.

Det ser imidlertid ut til at det i de fleste tilfelle er liten fordel med to dyser da vassforbruket pr. spreder og regnintensiteten helst blir for stor. I tilfelle det brukes to dyser, bør det være stor forskjell på størrelsen.

Hos store sprederer har en i blandt også en liten dyse som driver et turbinhjul og dreier sprederen rundt samtidig som den vatnet området nærmest sprederen.

For å oppnå en jevn fordeling av vatnet nyttes det ofte strålebrytere som river opp stråla. Strålebryteren kan være fast montert så den griper inn i stråla hele tida eller den arbeider periodisk så en i ett øyeblikk har hel stråle og full kastevidde og i neste øyeblikk har brutt stråle. De fleste sprederne som brukes i dag, har drivmekanismen utformet slik at den samtidig virker som strålebryter.

Vassføring og omtrentlig kastevidde for forskjellig dyseåpning og forskjellig arbeidstrykk.

Dyse- åpning i mm	Arbeids- trykk i m	Vass- føring i l/sek.	Kastevidde i m (vatningsradius)		Jamt vatnet flate	
			Til de ytterste dråper	Jamt vatnet flate	Areal i m ²	Nedbør i mm/time
6	15	0,50	13,5	11,3	400	4,1
	20	0,56	13,5	11,3	400	4,5
	25	0,61	14,0	11,7	430	4,6
	30	0,68	14,0	11,7	430	5,1
	35	0,73	14,5	12,1	460	5,1
	40	0,82	14,5	12,1	460	5,7
8	20	1,22	21,0	17,5	960	4,1
	30	1,44	23,0	19,0	1130	4,1
	40	1,61	23,0	19,0	1130	4,6
	50	1,85	23,0	19,0	1130	5,3
10	20	1,68	20,5	16,0	800	6,8
	30	2,03	24,0	20,0	1250	5,2
	40	2,38	24,0	20,0	1250	6,2
	50	2,63	24,0	20,0	1250	6,8
12	20	2,41	20,0	16,5	850	9,2
	30	2,88	24,0	20,0	1250	7,5
	40	3,26	26,0	21,5	1450	7,2
	50	3,93	27,0	22,5	1590	8,0
	60	4,02	28,0	23,5	1730	7,5
14	30	3,26	26,0	21,5	1450	7,3
	40	3,67	32,0	26,5	2200	5,4
	50	4,50	37,0	30,5	2920	5,0
	60	5,00	38,0	32,0	3220	5,0
16	30	4,72	32,5	27,1	2310	6,6
	40	5,28	36,0	30,0	2830	6,0
	50	6,39	38,0	31,7	3160	6,6
	60	6,83	39,0	32,5	3320	6,7
18	30	5,85	35,0	29,2	2680	7,1
	40	6,80	36,0	30,4	2900	7,6
	50	7,65	38,0	32,2	3260	7,6
	60	8,35	39,0	33,0	3420	7,9

Tabellen er utarbeidd på grunnlag av målinger utført på Klones. Det er brukt riktig utbora dyse og en spreder med kastevinkel 35°. For dyseåpninger 16 og 18 mm er tallene delvis henta fra utenlandske kilder.

Ved utrekninga av "Nedbør mm/time" er total vassmengde redusert med 10 % til utligning av fordunstingstap, ujamnt nedslag m.v. Etter K.K. Sortdal.

Drivmekanismen er utformet på mange måter. På enkelte større spredere driver hovedstråla eller stråla fra en liten ekstra dyse et turbinhjul. Denne bevegelsen overføres så ved hjelp av et eksenter på en tannkrans og får strålerøret til å dreie rundt med en passende hastighet. På andre spredere danner dysa en vinkel med aksens i strålerøret så en får et reaksjonstrykk som driver strålerøret rundt. Samtidig er det en bremsemekanisme som regulerer omløpstida. Et tredje system som blir brukt til å drive sprederen rundt, er et sett skovler som roterer i horisontalplanet over sprederen og som drives rundt av stråla. Skovlene kan stilles mer og mindre på skrå og omløpstida forandres med hastigheten på skovlene.

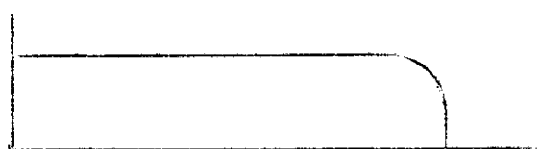
På små spredere er det en svingarm som pendler fram og tilbake i horisontal eller vertikal planet og som får strålerøret til å dreie noen grader hver gang den slår an mot strålerøret. Det er vass-stråla som tvinger svingarmen ut til siden, mens det er en fjær som presser armen tilbake mot sprederen. Stråla brytes hver gang armen slår inn i stråla.

En liten spreder som kaster vatnet 15 m, vatner en sektor med bredde på ca. 50-75 cm i en bestemt stilling. For å få vatnet noenlunde jevnt fordelt over sirkelflata for hver omdreining av sprederen, bør svingarmen slå 125-200 slag pr. omdreining. Sprederne bør ikke rotere fortere enn at en får vatnet hele sirkelflata for hver omdreining.

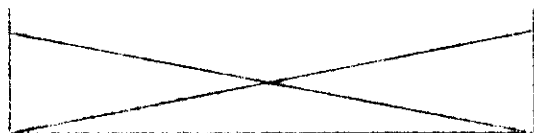
Det er mange forhold som virker på spreders omløpstid så som svingarmens konstruksjon, fjæra som driver svingarmen og vasstrykket i sprederen. Er trykket svakt, dreier svingarmen bare et kort stykke ut til siden og slaget blir svakt. En får mange korte slag, stråla brytes ofte og en får mer vatn nær sprederen. Når svingarmen dreier lagt ut til siden, bryter den stråla med lengere mellomrom og en får mer vatn i den ytre delen av sirkelen. En skal ikke justere fjæra på svingarmen uten å kontrollere resultatet da virkningen kan bli helt forskjellig fra det som er tilsiktet.

Til å begynne med la en an på å få fordelt vatnet så jevnt som mulig ut over sirkelflata, A, men sprederen skal flyttes og det er fordelingen av vatnet ved flere oppstillinger av sprederen som må være avgjørende.

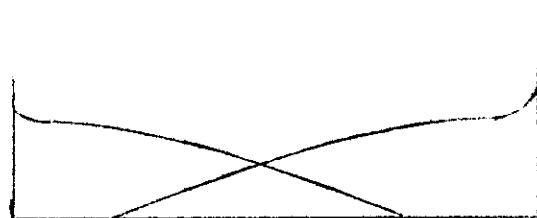
Når sprederen stilles opp med en avstand lik den effektive kastevidda, vil fordelingskurver som vist i B være ønskelig. Dette oppstillingsmønstrer er mye brukt i U.S.A., men det fordrer et stort antall spredere og fordelingen blir ikke så god i firkantforband.



A



B



Spreder

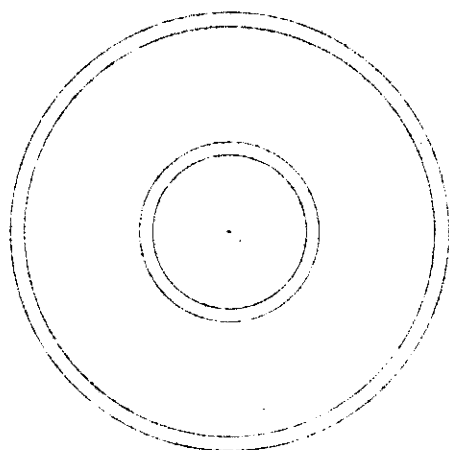
C

Spreder

mm vatning

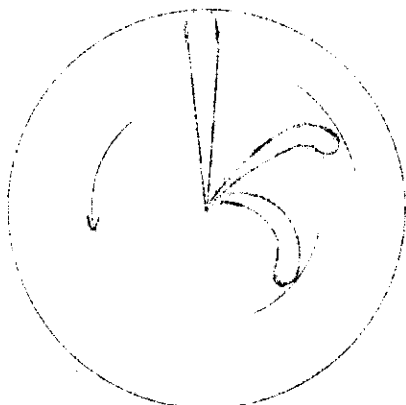
Fordelingskurvene som er vist i C, er de mest realistiske og gir en ganske god fordeling når sprederne stilles opp i trekant og firkantforband.

I praksis er det vanskelig å bedømme fordelingen av vatnet rundt sprederen. Et belte som er 1 m bredt og ligger 15 m fra sprederen er $94,2 \text{ m}^2$ mens et tilsvarende belte i 5 m's avstand fra sprederen er på $31,4 \text{ m}^2$. Det må derfor falle mye mer vatn i den ytre delen av sirkelen. Når en justerer fordelingen av vatnet, må en kontrollere resultatet ved å sette opp nedbørmålere på sirkelflata og måle hvordan fordelingen er fra sprederen og utover.



Regnintensiteten, antall mm pr. time, for en bestemt spreder blir regnet ut etter vassforbruket (l/time) dividert med vatnet flate (m^2). Den regnintensiteten en har i et sektorutsnitt i det øyeblikk stråla passerer er betydelig større og den øker når omdreiningshastigheten avtar. I de fleste tilfelle ønsker en liten regnintensitet og sprederen må derfor ikke gå for sakte. Hvis sprederen på den annen side roterer raskt, bøyer stråla av og kastevidda avtar. Det gjelder derfor å finne et optimalt område og for små sprederer regner en at dette ligger ved 30-150 sek. pr. omdreining. Store sprederer med større kastevidde bør ha noe lengre omløpstid enn små sprederer.

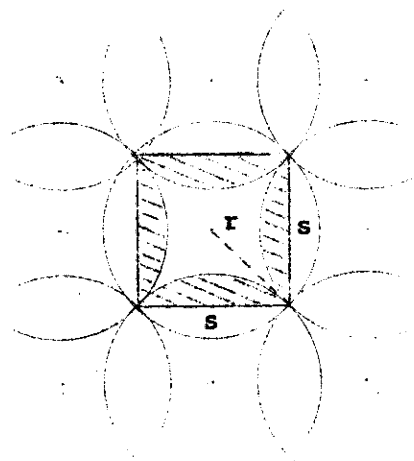
Sprederne kan stilles opp etter forskjellige mønstre, men en bør så langt det er praktisk gjennomførlig velge et mønster som gir minst mulig overlapping og



dermed størst mulig effektivt vatnet flate for hver oppstilling av sprederen. En trenger da færre oppstillinger for å dekke et bestemt areal og det blir mindre arbeid med anlegget.

Anlegg med mange små sprederer på en sprederledning kan ha større eller mindre avstand mellom sprederne på sprederledningen uten at dette betyr noe nevneverdig for arbeidet med anlegget. Stor overlapping vil imidlertid i dette tilfelle øke anleggskostnadene da det krever flere sprederer og dette er også noe en helst vil unngå.

Firkantforband kaller en det oppstillingsmønsteret en har når sprederens eller sprederens oppstillingspunkter danner hjørnene i rettvinklede firkanter.



Kaller en radien i sirkelen for r og sida i den effektivt vatnede flata for s , får en:

Sirkelflata: πr^2

Kvadratet: s^2

Nå har en at $r^2 + r^2 = s^2$ og at

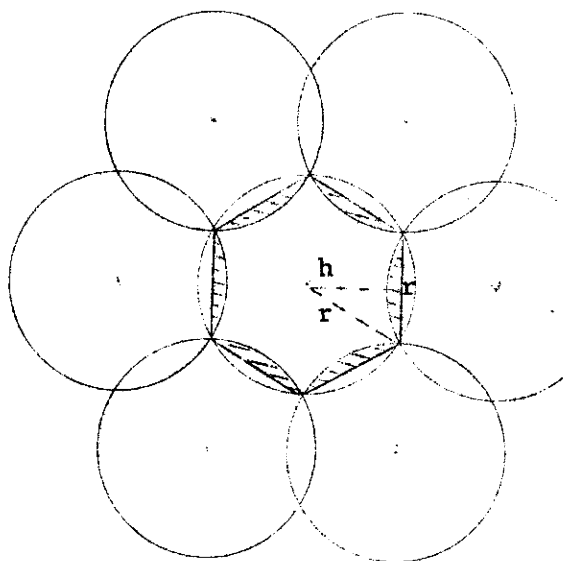
$$s^2 = 2 r^2 \text{ eller } s = \frac{\sqrt{2} \cdot r}{1}$$

Forskjell mellom sirkel og kvadrat er $\pi r^2 - 2 r^2$ og regner en dette i % av kvadratet får en:

$$\frac{\pi r^2 - 2 r^2}{2 r^2} \cdot 100 = \underline{57}$$

Firkantforband gir i dette tilfelle en overlapping på 57 %.

Trekantforband har en når oppstillingspunktene for sprederne danner trekant. Kaller en radien i den effektivt vatnede sirkelflata for r , blir også siden i den innskrevne sekskanten r .



En får her:

$$h^2 = r^2 \div \left(\frac{r}{2}\right)^2 = r^2 \div \frac{r^2}{4} = \frac{3}{4} r^2$$

$$h = \frac{r}{2} \sqrt{3}$$

Sekskantens areal:

$$6 \cdot \frac{r}{2} \cdot \frac{r}{2} \sqrt{3} = \frac{3}{2} r^2 \cdot \sqrt{3}$$

$$\frac{\pi \cdot r^2 \div \frac{3}{2} r^2 \cdot \sqrt{3}}{\frac{3}{2} \cdot r^2 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 =$$

$$\frac{2\pi \div 3\sqrt{3}}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 = \underline{21}$$

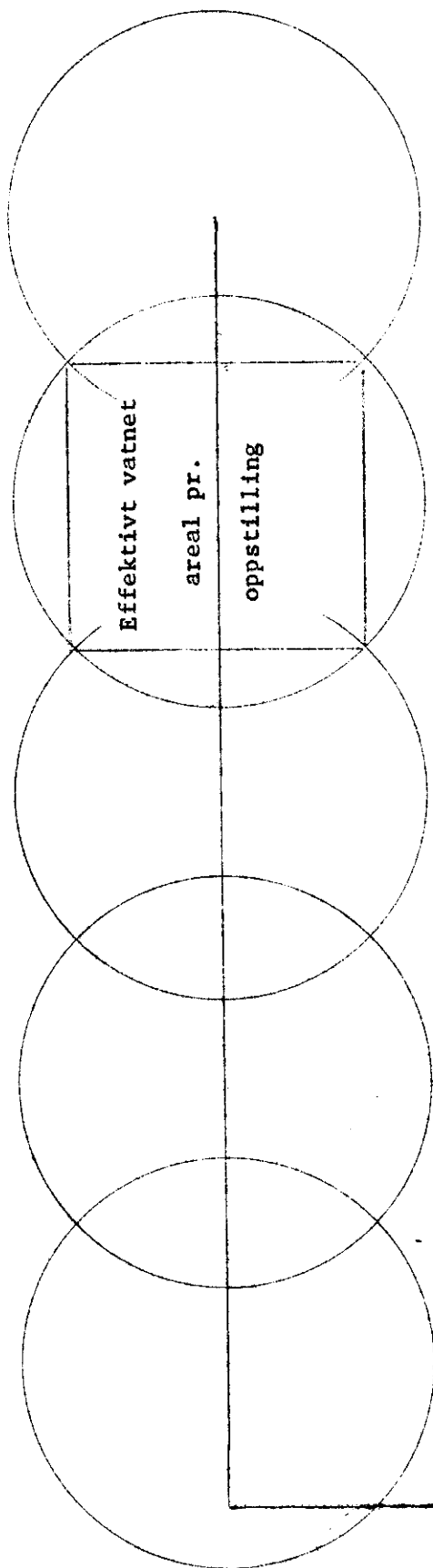
Etter dette skulle trekantforband gi en overlapping på 21 %. I praksis vil det bli større overlapping både med firkantforband (□) og med trekantforband (△). Dette viser at trekantforband gir best fordeling av vatnet for de oppstillingsmønstre som det er vanlig å bruke her i landet.

Store spredere - små spredere.

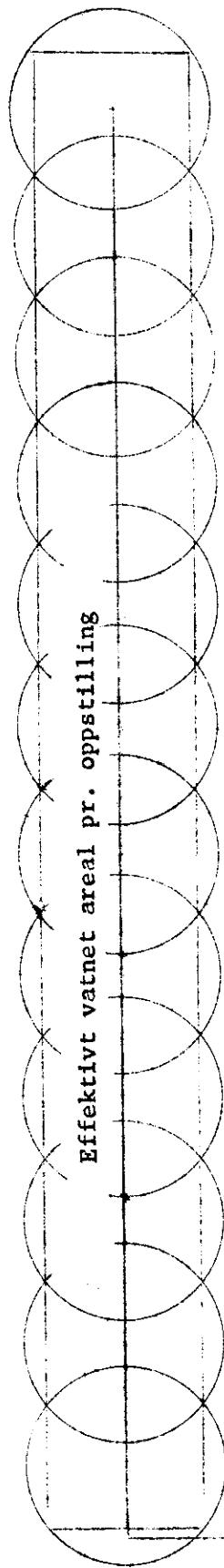
Størrelsen på spredere som brukes i dag, varierer mye og det er ikke noe skarpt skille mellom det en kaller for store og små spredere. Når vi taler om store spredere mener vi imidlertid spredere med en dyse på 8 mm eller større. De største spredere som brukes her i landet har dyser på 20-22 mm. Kastevidden og regnintensiteten blir vesentlig større enn hos små spredere og arbeidsrytmen og bruken av anlegget blir derfor også forskjellig fra anlegg med små spredere.

De små spredere har vanligvis dyser på 4-7 mm og en regnintensitet som ligger mellom 3 og 6 mm/time. Spredere vatner et areal på 0,4-0,7 da for hver oppstilling og det må derfor brukes mange små spredere samtidig for å få like stor kapasitet på anlegget som en har med f.eks. en eller to store spredere.

En av fordelene med de små spredere er at de gir et finere regn. Dette har særlig betydning på tyngre jordarter der en risikerer skorpedannelse etter et kraftig regnvær. En jord med mye finpartikler har dessuten lett for å bli tett så den ikke tar til seg så mye vatn pr. tidsenhet og vatning med en stor spredere kan da føre til avrenning på overflata.



Eks: Dyse 16 mm, Trykk 40 m, Regnhøgde 11 mm/time. (1 spredere).



Eks: Dyse 5 mm, Trykk 35 m, Regnhøgde 4 mm/time. (12 spredere).

Låg regnintensitet betinger lengre vatningstid for hver oppstilling. Små sprederer kan med fordel flyttes tre ganger i døgnet når en skal vatne med ca. 30 mm. En regnintensitet på 4 mm/time gir 30 mm i løpet av $7\frac{1}{2}$ time.

Vatning om natta har mange fordeler. En har lite tap av vatn, bedre sprenning på motoren og som regel stillere vær enn om dagen. Med små sprederer kan en gjennomføre nattvatning uten særlig overtidsarbeide og det må betegnes som en vesentlig fordel.

Vasstapet under sjølve spredningen av vatnet kan bli stort på varme og tørre dager. Vasstapet blir størst der en har stor overflate under spredningen og små sprederer har derfor større tap av vatn enn store sprederer. Om natta er det ubetydelig tap av vatn og en har de beste forhold for vatning på den tid. En av grunnene til at en ikke anbefaler sprederer med svært låg regnintensitet (mindre enn 3-4 mm/time), er at en får uforholdsmessig stort tap av vatn under vatning i varmt og tørt vær.

Oppstilling og flytting.

De store sprederne stilles som regel opp på spesielle stativer, men de kan også monteres på sprederledningen. Kastevidda blir om lag den samme i begge tilfelle, men det er lettere å få stilt opp sprederne i bakker når en har stillbare stativer.

Oppstillingsmønstrer for store sprederer bør være trekantforband. Dette gir minst overlapping og en får færre oppstillinger og mindre arbeid med flytting av anlegget. En må være omhyggelig ved valg av oppstillingspunkter og til å begynne med bør en måle ut hvor sprederer skal stå. Det er ikke så sjelden en ser at det står igjen trekkanter som har fått for lite vatn, fordi sprederer har vært flyttet for langt. Avstanden mellom oppstillingspunktene er avhengig bl.a. av dysestørrelsen og trykket og de data som oppgis av fabrikanten, må bare betraktes som rettleidende. Er det f.eks. vind når en vatner, må en ta hensyn til det når en flytter sprederer.

Eks. på kapasiteten hos en stor spreder.
(Perrot P 46 BZ).

Dyse mm	Arbeids- trykk m	Kaste- vidde m	Vass- forbruk m ³ /time	Avstand mellom sprederne m.		Vatnet areal m ²		Vatning mm/time	
				□	△	□	△	□	△
12	35	28,0	10,13	30/36	36/42	1080	1512	9,40	6,71
	40	29,2	10,83	36/36	42/42	1296	1764	8,36	6,13
	45	29,6	11,49	36/36	42/42	1296	1764	8,87	6,51
	50	30,4	12,11	36/36	42/42	1296	1764	9,36	6,87
14	35	30,0	13,87	36/36	42/42	1296	1764	10,74	7,87
	40	31,2	14,82	36/42	42/48	1512	2016	9,80	7,36
	45	32,2	15,72	36/42	42/48	1512	2016	10,40	7,81
	50	32,8	16,58	42/42	42/48	1764	2016	9,38	8,22
16	35	32,2	18,11	36/42	42/48	1512	2016	11,97	9,00
	40	33,6	19,38	42/42	48/48	1764	2304	10,98	8,40
	45	34,6	20,56	42/42	48/48	1764	2304	11,65	8,91
	50	35,5	21,66	42/48	48/54	2016	2592	10,75	8,36
18	35	34,3	23,05	42/42	48/48	1764	2304	13,05	10,00
	40	35,5	24,64	42/48	48/54	2016	2592	12,25	9,52
	45	36,7	26,12	42/48	48/54	2016	2592	12,95	10,05
	50	37,6	27,53	42/48	54/54	2016	2916	13,65	9,45
20	35	35,8	29,00	42/48	48/54	2016	2592	14,40	11,20
	40	37,4	31,20	42/48	54/54	2016	2916	15,50	10,70
	45	38,5	32,80	48/48	54/54	2304	2916	14,22	11,25
	50	39,6	34,60	48/48	54/60	2304	3240	15,00	10,68
22	35	37,5	34,45	42/48	54/54	2016	2916	17,12	11,83
	40	38,9	37,50	48/48	54/54	2304	2916	16,27	12,88
	45	40,3	39,05	48/54	54/60	2592	3240	15,06	12,05
	50	41,4	41,10	48/54	60/60	2592	3600	15,85	11,42

Eks. på kapasiteten hos en liten spreder
(Perrot LKA 30).

Dyse mm	Arbeids- trykk m	Kaste- vidde m	Vass- forbruk m ³ /time	Avstand mellom sprederne m.		Vatnet areal m ²		Vatning mm/time	
				□	△	□	△	□	△
4,5	20	13,7	1,07	12/18	18/18	216	324	4,96	3,30
	25	14,8	1,20	18/18	18/24	324	432	3,71	2,78
	30	15,7	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	35	16,4	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	40	17,0	1,52	18/24	24/24	432	576	3,52	2,64
5,0	20	13,8	1,33	12/18	18/18	216	324	6,16	4,11
	25	15,0	1,48	18/18	18/24	324	432	4,57	3,43
	30	16,0	1,63	18/18	18/24	324	432	5,04	3,77
	35	16,7	1,76	18/24	24/24	432	576	4,08	3,05
	40	17,3	1,88	18/24	24/24	432	576	4,35	3,26
5,5	20	14,4	1,62	18/18	18/24	324	432	5,00	3,75
	25	15,6	1,82	18/18	18/24	324	432	5,62	4,22
	30	16,6	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	35	17,3	2,14	18/24	24/24	432	576	4,95	3,71
	40	17,8	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	20	15,6	1,94	18/18	18/24	324	432	5,98	4,48
	25	16,8	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	30	17,6	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	35	17,9	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	40	18,1	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	20	17,3	2,64	18/24	24/24	432	576	6,11	4,58
	25	18,5	2,96	24/24	24/30	576	720	5,13	4,12
	30	19,4	3,22	24/24	24/30	576	720	5,58	4,48
	35	20,0	3,48	24/24	24/30	576	720	6,04	4,84
	40	20,6	3,73	24/24	30/30	576	900	6,48	4,14

Anlegg med små sprederer krever som allerede nevnt et stort antall sprederer. Disse stilles opp i serier og antallet i hver serie er i første rekke avhengig av lengden på feltet som vatnes. Sprederne monteres fast på sprederledningen med et anboringsklammer og ved hver spreder skal det være en støt-tefot på røret. Mellom anboringsklammeret og sprederen kan det settes inn et 1" rør på 15-20 cm så en får sprederen i passende høyde over bakken. Sprederen behøver ikke stå helt over den veksten som vatnes, det er nok at stråla så vidt går klar av bladverket.

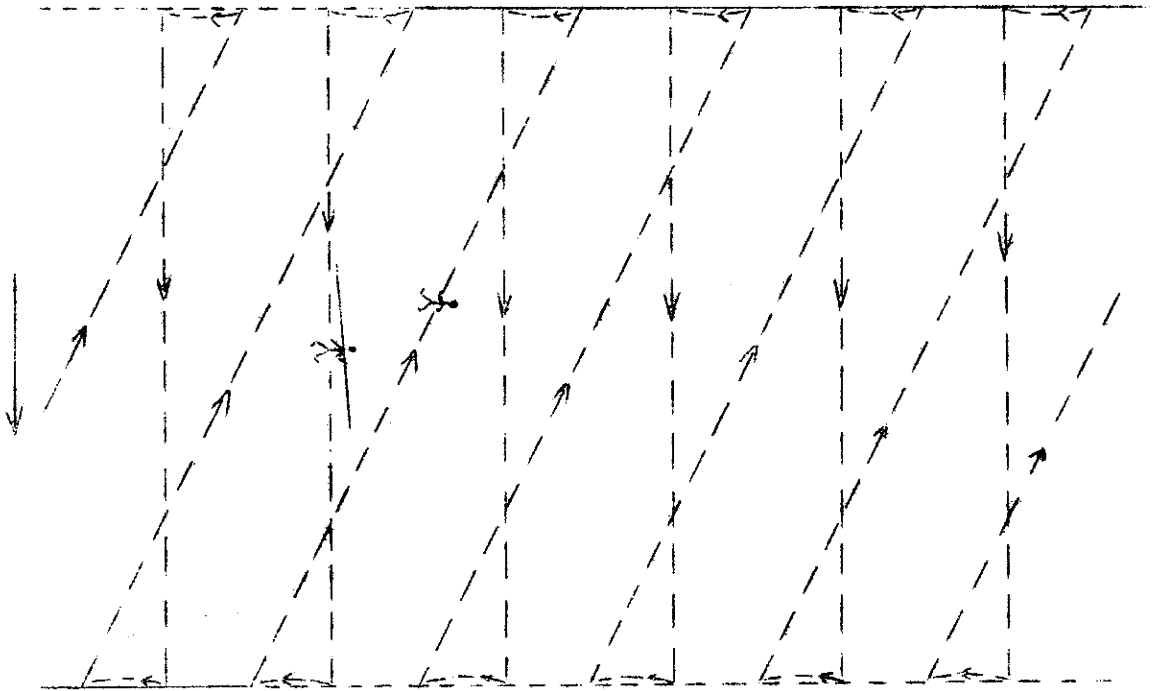
Avstanden mellom sprederne vil også her variere med dysestørrelsen og trykket. Dessuten er avstanden tilpasset lengden på hurtigkoblingsrørene (6 m). Vanlige avstander mellom sprederne og sprederledningene er henholdsvis 18 og 18 m, 18 og 24 m eller 24 og 24 m.

Trekantforband kompliserer flyttingen av sprederne og det brukes derfor svært ofte firkantforband. Med et oppstillingsmønster på 18 x 24 m bør en som regel ha den korteste avstanden mellom sprederne og den lengste mellom sprederledningene. Dette gir mindre arbeide med flytting av anlegget. I enkelte tilfelle kan det imidlertid bli nødvendig å øke avstanden mellom sprederne og ta kortere flytt av sprederledningen for å rekke over et ekstra langt felt.

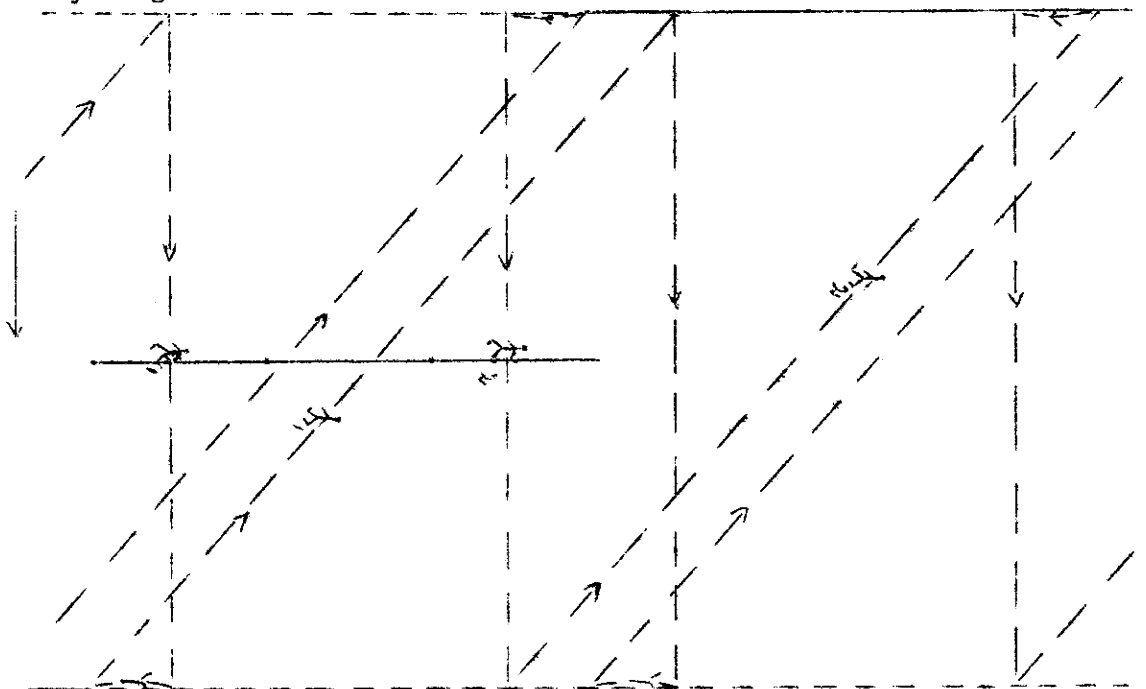
Anlegg med små sprederer er under de fleste forhold mindre arbeidskrevende enn anlegg med store sprederer. Dette skyldes for en stor del at en slipper å ta så mange turer ut til vatningsanlegget og en får en mer systematisk og forsåvidt enklere flytting av rørene.

En ledningsstreng kan flyttes på mange måter og arbeidsforbruket kan variere en god del. Som et eksempel kan en nevne en ledning på 17 rør (102 m) som skal flyttes 24 m til siden. Hvis én mann flytter ett og ett rør vil han måtte tilbakelegge en strekning på 1065 m. Er det to som flytter ledningen ved å ta ett og ett rør, tilbakelegger de tilsammen 1225 m, men bærer de tre sammenkoblede rør mellom seg, tilbakelegger de i alt bare 865 m.

Flytting av ett og ett rør.

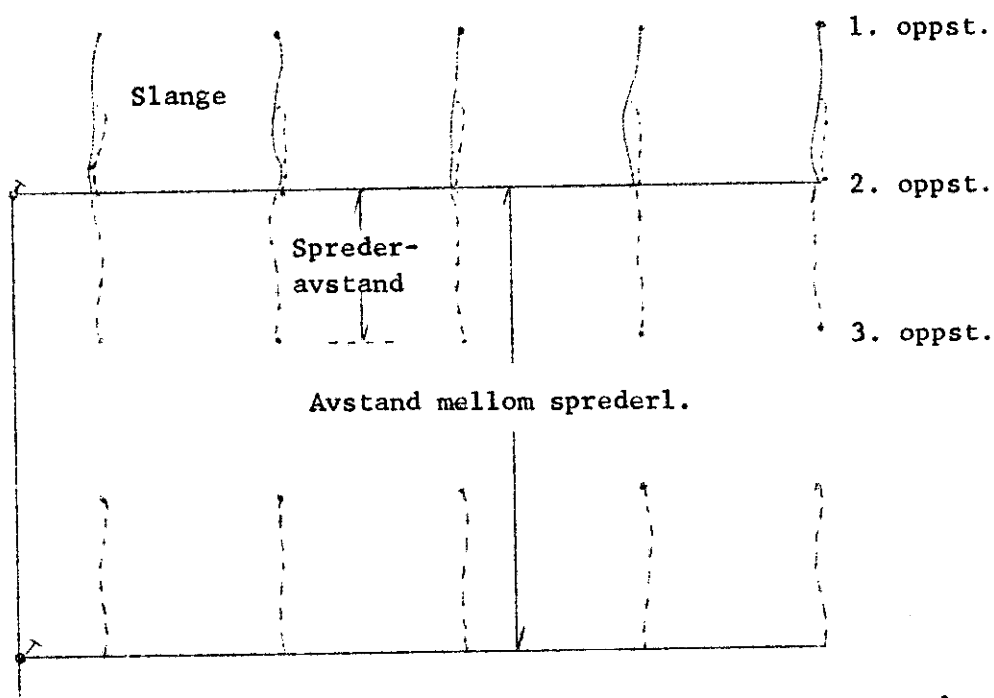


Flytting av tre sammenkoblede rør.



Etter hvert er det kommet en rekke nye system som går ut på å forenkle oppstillinger og flyttinger av sprederne. En taler gjerne om rekkevatning når en bruker mange små sprederer som er montert i serie på en lengere sprederledning. Enkelte ganger kobles det inn en $\frac{1}{2}$ " - 1" slange mellom anboringsklammeret på sprederledningen og sprederen og en taler da om slangevatning. Lengden på slangen kan variere fra 10-12 m oppover til 25-30 m.

Hensikten med et slikt system skal være at en kan velge et friere oppstillingsmønster for sprederen og at en får lettere arbeide med flytting av anlegget. Når sprederledningen er lagt ut, kan en få en 3-4 oppstillinger av sprederen før det er nødvendig å flytte sprederledningen. Arbeidet med flytting av



sprederne er lett og en kan ta traktor med tilhenger til hjelp når en flytter rørene.

Det kan være vanskelig å få sprederne til å stå når jorda blir oppbløtt, men det går bra når sprederen er montert på en pigg som trækkes ned i bakken.

Det er ellers utviklet mange patenter i forbindelse med denne typen av vatningsanlegg og en del er allerede tatt i bruk i praksis.

b. Linjesprederer.

Linjesprederne representerer en form for rekkevatning uten at de derfor blir brukt til vanlig vatning på friland. Utformingen er forskjellig og en kan ha rør som er perforert eller det kan være rør som har dyser (firkantdyser) i en avstand av 6 - 12 m. Rørene ligger stille på bakken og en vatner en bredde på ca 10 m for hver oppstilling. Regnintensiteten er som regel svært høy for

denne typen av spredere.

Den egentlige linjesprederen har et dyserør som er forsynt med små dyser i en avstand av ca. 50 cm. Røret ligger på et stativ og dreier fram og tilbake så en får vatnet 6-8 m til hver side. Dysen har vanligvis en boring på ca. 1 mm og diameteren på dyserøret må avpasses etter den totale lengden. Røret svinges fram og tilbake av en pulsator som drives av vasstrykket.

Linjesprederen har den fordelen at den vatner en rektangulær flate, og fordelingen av vatnet er bra når sprederen arbeider med riktig hastighet og trykk. Sprederen er brukt en del i gartnerier og planteskoler, men den kan ikke anbefales på større felter da flyttingen av sprederen er arbeidskrevende.

IV TRYKKTAP I ANLEGGET

=====

a. Trykktap i hoved- og fordelingsledninger.

I begrepet manometrisk oppfordringshøge inngår trykktap i anlegget. Grunnlaget for forståelsen og beregningen av trykktapet er gitt i hydrodynamikken og skal ikke omtales her. En skal bare repetere de vesentligste punktene.

En enkel formel for beregning av trykktapet er Langs formel:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

h_f er trykktapet i en rett ledning, λ er rørfriksjonskoeffisienten, l er rørlengden i m, d er innvendig rørdiameter i m, v er hastigheten i m sek⁺¹ og g er tyngdens akselerasjon, 9,81 m sek⁺².

Rørfriksjonskoeffisienten kan beregnes etter en formel:

$$= \alpha + \frac{0,0018}{v \cdot d}$$

α er en koeffisient som bestemmes av rørets innvendige overflate. For svært glatte rør kan α være 0,012. For galvaniserte stålrør med mer ru overflate, settes α til 0,02.

Vassmengden gjennom en rørledning, Q , er lik arealet av lysåpningen ganger vasshastigheten:

$$Q = F \cdot v$$

Tverrsnittet er konstant og en økning av Q betyr en økning av v. Av Langs formel ser en et trykktapet øker med kvadratet av hastigheten og at en derfor meget raskt kommer opp i store trykktap når vassmengden og dermed hastigheten øker.

Hvor store hastigheter en kan tillate vil variere med forholdene på stedet og utformingen av anlegget. Som en regel kan en si at hastigheten ikke bør overstige 2 m sek^{-1} og slett ikke $2,5 \text{ m sek}^{-1}$. Det er også en nedre økonomisk grense som med samme forbehold kan settes til ca. 1 m sek^{-1} for vanlige store dimensjoner. For mindre dimensjoner må en ned på lågere hastigheter.

For flere typer av rørledninger er trykkfallet regnet ut etter Kutter og Ganguillets formel:

$$v = \frac{50 \cdot d}{2m + \sqrt{d}} \cdot \sqrt{t}$$

v = hastighet i m/sek.

t = spesif. trykktap i m/m rør.

m = rørkoeffesient.

I vanlige støpejernsrør og galvaniserte smijernsrør har en ganske ru overflate og m settes her lik 0,25. I de samme rørene er det vanlig å regne 2 mm reduksjon av diameteren for framtidig rustbelegg.

I glattere rør har m en mindre verdi og for plastrør er det vanlig å sette $m = 0,15$. Den samme verdien skulle også kunne brukes for sementasbestør, men for disse to rørtypene er det ingen grunn til å regne noen reduksjon av diameteren.

Ved henvendelse til fabrikanten kan en som regel få trykktapstabeller for rørene, men det er grunn til å undersøke hvilken formel og hvilken koeffesient det er regnet med i hvert enkelt tilfelle.

En ser alt for ofte at rørledningene er underdimensjonert i eldre anlegg. Da anlegget ble bygt, valgte en en snau dimensjon og etter hvert har en fått et rustbelegg som reduserer lysåpningen i rørene. Dette har relativt sett størst virkning i mindre rørdimensjoner der et rustbelegg på f.eks. 1 mm gir en betydelig økning i trykktapet. Rustbelegg er en faktor det må tas hensyn til når en dimensjonerer anlegg med metallrør.

Foruten trykktapet i den rette ledningen har en trykktap i botnventil, bend, skjøter og ventiler. En kan i følge hydromeknikken beregne dette trykktapet ved å bruke en faktor for vedkommende del og multiplisere med hastighets-
høgda.

Det forekommer også at en angir hvor mange meter rett ledning f.eks. en botnventil tilsvarer med hensyn på trykktapet. Dette gir en enklere trykktapsberegning.

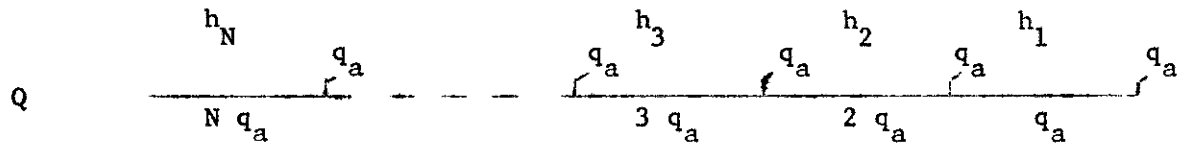
Ved dimensjonering av et vatningsanlegg er det mange usikre og varierende faktorer. Lengden på innkoblet ledning, geometrisk høyde og vassmengden varierer etter som en flytter sprederne rundt om på eiendommen. Det er derfor ingen grunn til å regne trykktapet med overdreven nøyaktighet.

Når en har beregnet trykktapet i en rett ledning, setter en i praksis trykktapet i bend, skjøter, ventiler o.l. til 10 % av det trykktapet en har i den rette ledningen.

Trykktapet i en sprederledning med mange små sprederer.

I anlegg med mange små sprederer kobler en vanligvis sprederne til sprederledningen med en inbyrdes avstand på 12, 18 eller 24 m. Antall sprederer varierer mye og i større anlegg kan en ha over 20 sprederer på en sprederledning.

Størrelsen av trykktapet i en sprederledning med mange sprederer kan beregnes på følgende måte.



$$q_a = \frac{Q}{N}$$

N = antall sprederer
L = lengden av sprederledningen
s = avstand mellom sprederne

Trykktapet i følge Lang's formel:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d^2} = K_1 \cdot \frac{Q}{d^2}$$

Da er:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{K \cdot \frac{Q^2}{d^4}}{2g} = K_2 \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{Q^2}{d^4}$$

$$h_1 = K_2 \cdot \frac{s \cdot (q_a)^2}{d^5}$$

$$h_2 = K_2 \cdot \frac{s \cdot (2 q_a)^2}{d^5}$$

$$h_N = K_2 \cdot \frac{s \cdot (N \cdot q_a)^2}{d^5} = \frac{(K_2 \cdot s \cdot q_a^2) \cdot N^2}{d^5}$$

Trykktapet i hele ledningen: H_f

$$H_f = \sum (h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_N)$$

$$= \frac{K_2 \cdot s \cdot q_a^2}{d^5} \sum (1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + N^2)$$

Setter en så:

$$\frac{L}{N} = s, \quad \frac{Q}{N} = q_a \quad \text{og} \quad \sum N^2 = (1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + N^2)$$

får en:

$$H_f = \frac{K_2}{d^5} \cdot \frac{L}{N} \cdot \frac{Q^2}{N^2} \cdot \sum N^2 = \frac{\sum N^2}{N^3} \cdot \left[\frac{K_2 \cdot L \cdot Q^2}{d^5} \right]$$

På generell form har en

$$H_f = \frac{\sum N^m}{N^{m+1}} \cdot \left(\frac{K \cdot L \cdot Q^m}{d^{2m+1}} \right)$$

I denne formelen er det som står i parentes, trykktapet i den rette ledningen ved full vassføring. Trykktapet i en ledning med én eller flere spredere er derfor lik trykktapet i den rette ledningen multiplisert med en faktor:

$$F = \frac{\sum N^m}{N^{m+1}} \quad . \quad \text{Her bruker vi } m = 2 \text{ og får følgende verdier for } F.$$

Antall spredere (N)	F	Antall spredere (N)	F
1	1,0	16	0,365
2	0,625	17	0,363
3	0,518	18	0,361
4	0,469	19	0,360
5	0,440	20	0,359
6	0,421	22	0,357
7	0,408	24	0,355
8	0,398	26	0,353
9	0,391	28	0,351
10	0,385	30	0,350
11	0,380	35	0,347
12	0,376	40	0,345
13	0,373	50	0,343
14	0,370	100	0,338
15	0,367	∞	0,333

Eks. Beregn trykktapet i en 350 m lang hovedledning og en sprederledning med 10 sprederer. Hver spreder tar 30 l/min. og avstanden mellom sprederne er 18 m. En forutsetter samme vassføring i alle sprederne og setter sprederledningens totale lengde til $(9 \times 18) + 12 = 174$ m.

Vassføringa blir her 300 l/min. = 5 l/sek. En prøver med en 3" ledning, innvendig diameter 76 mm.

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{5 \cdot 4}{\pi \cdot (0,76)^2} = \frac{20}{3,14 \cdot 0,5776} = 11,03 \text{ dm/sek.} = \underline{1,10 \text{ m/sek.}}$$

Trykktapet i hovedledningen blir da når vi beregner λ :

$$\lambda = \alpha + \frac{0,0018}{\sqrt{v} \cdot d} = 0,02 + \frac{0,0018}{\sqrt{1,1} \cdot 0,076} = 0,02 + \frac{0,0018}{0,2891} =$$

$$0,02 + 0,0062 = \underline{0,0262}$$

$$h_f = 0,0262 \cdot \frac{350}{0,076} \cdot \frac{1,1^2}{19,62} = 0,0262 \cdot 4605,2 \cdot 0,06167 = \underline{7,4 \text{ m}}$$

Trykktapet i sprederledningen blir når en bruker 70/67 mm rør:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{5 \cdot 4}{\pi \cdot 0,067^2} = \frac{20}{3,14 \cdot 0,4489} = 14,19 \text{ dm/sek.} = 1,42 \text{ m/sek.}$$

$$= + \frac{0,0018}{\sqrt{v} \cdot d} = 0,02 + \frac{0,0018}{\sqrt{1,42} \cdot 0,067} = 0,02 + \frac{0,0018}{0,30844} =$$

$$0,02 + 0,0058 = \underline{0,0258}$$

$$h_f = 0,0258 \cdot \frac{174}{0,067} \cdot \frac{1,42^2}{19,62} = 0,0258 \cdot 2597,0 \cdot 0,1028 = \underline{6,9 \text{ m}}$$

Bruker en 50/47 mm rør, blir hastigheten 2,9 m/sek, $\lambda = 0,0249$ og $h_f = 39,5$ m. Med en faktor $F = 0,385$ blir trykktapet vel 15 meter og det er for mye. En må derfor stå fast ved 70/67 mm rør.

Trykktapet i sprederledningen blir $6,9 \cdot 0,385 = 2,7$ m

- " - i hovedledningen 7,4 m

- " - i bend, skjøter, ventiler (ca. 10%) 1,1 m

11,2 m

Trykktapet i anlegget blir 11,2 m.

Det er arbeidssomt å beregne trykktapet i alle ledningene i et anlegg. Trykktapstabeller er utarbeidet for å forenkle planleggingsarbeidet, men en må være kritisk når en bruker trykktapstabeller. En må vite om tabellene passer for de rørene en skal bruke og om det er tatt hensyn til rustbelegg for metallrørene.

Det er også satt opp trykktapsdiagrammer for enkelte rørtypen som f.eks. stålblikkrør og eternittrør. Diagrammene viser trykktapet for enhver vassmengde i det aktuelle området.

Trykktapstabell for støpejernsrør og galv. stålrør.

Kutter og Ganguillet: $V = \frac{50 \cdot d}{2m + \sqrt{d}} \cdot \sqrt{t}$ (m = 0,25).

Q = vassmengde i l/min. V = hastighet i m/sek. t = spesifikt trykktap i m/l m rø

I diameterne er medregnet 2 mm reduksjon for rustbelegg.

Trykk- linjens fall	t	Innvendig diameter									
		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"	
		V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q
1: 1,0	1,0000	1,35	18	1,76	44	2,23	95	2,61	159		
1: 1,25	0,8000	1,21	16	1,58	39	1,99	85	2,33	142		
1: 1,5	0,6667	1,10	15	1,44	36	1,82	77	2,13	130	2,77	314
1: 2,0	0,5000	0,95	13	1,25	31	1,57	67	1,85	113	2,40	272
1: 2,5	0,4000	0,85	12	1,12	28	1,41	60	1,65	101	2,15	243
1: 3,3	0,3030	0,74	10	0,97	25	1,23	52	1,44	88	1,87	211
1: 5,0	0,2000	0,60	8	0,79	20	1,00	42	1,17	71	1,52	172
1: 7,5	0,1333	0,49	7	0,64	16	0,81	35	0,95	58	1,24	140
1: 10	0,1000			0,56	14	0,70	30	0,83	50	1,07	127
1: 15	0,0667			0,46	11	0,58	24	0,67	41	0,88	99
1: 20	0,0500			0,39	10	0,50	21	0,58	36	0,76	86
1: 25	0,0400			0,35	9	0,45	19	0,52	32	0,68	77
1: 30	0,0333					0,41	17	0,48	29	0,62	70
1: 35	0,0285					0,38	16	0,44	27	0,57	65
1: 40	0,0250					0,35	15	0,41	25	0,54	61
1: 45	0,0222							0,39	24	0,51	57
1: 50	0,0200							0,37	23	0,48	54
1: 60	0,0167									0,44	50
1: 70	0,0143									0,41	46
1: 80	0,0125									0,38	43
1: 90	0,0111									0,36	40
1: 100	0,0100									0,34	38

Trykk- linjens fall	t	Innvendig diameter									
		2 1/2"		3"		4"		5"		6"	
		V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q
1: 2,0	0,5000	2,93	530								
1: 2,5	0,4000	2,62	474								
1: 3,3	0,3030	2,28	413	2,64	681						
1: 5,0	0,2000	1,85	335	2,14	553	2,74	1291				
1: 7,5	0,1333	1,51	274	1,75	452	2,24	1054	2,66	1925		
1: 10	0,1000	1,31	237	1,52	391	1,94	913	2,30	1667	2,67	2834
1: 15	0,0667	1,07	194	1,24	319	1,58	745	1,88	1361	2,18	2314
1: 20	0,0500	0,93	168	1,07	276	1,37	645	1,63	1179	1,89	2004
1: 25	0,0400	0,83	150	0,96	247	1,23	572	1,46	1054	1,69	1792
1: 30	0,0333	0,76	137	0,87	226	1,12	527	1,33	962	1,54	1635
1: 35	0,0285	0,70	127	0,81	209	1,03	487	1,23	890	1,43	1513
1: 40	0,0250	0,65	119	0,76	196	0,97	456	1,15	833	1,34	1417
1: 45	0,0222	0,61	111	0,71	184	0,91	430	1,08	785	1,26	1335
1: 50	0,0200	0,58	106	0,68	175	0,87	408	1,03	745	1,20	1267
1: 60	0,0167	0,53	97	0,62	160	0,79	372	0,94	680	1,09	1157
1: 70	0,0143	0,49	90	0,57	148	0,73	345	0,87	630	1,01	1072
1: 80	0,0125	0,46	84	0,54	138	0,69	323	0,81	589	0,95	1002
1: 90	0,0111	0,44	79	0,51	130	0,65	304	0,77	555	0,89	944
1: 100	0,0100	0,41	75	0,48	124	0,61	289	0,73	527	0,85	896

Trykktapstabell beregnet etter Kutter og Ganguiellets formel med $m = 0,25$.

v = hastighet i m/sek.

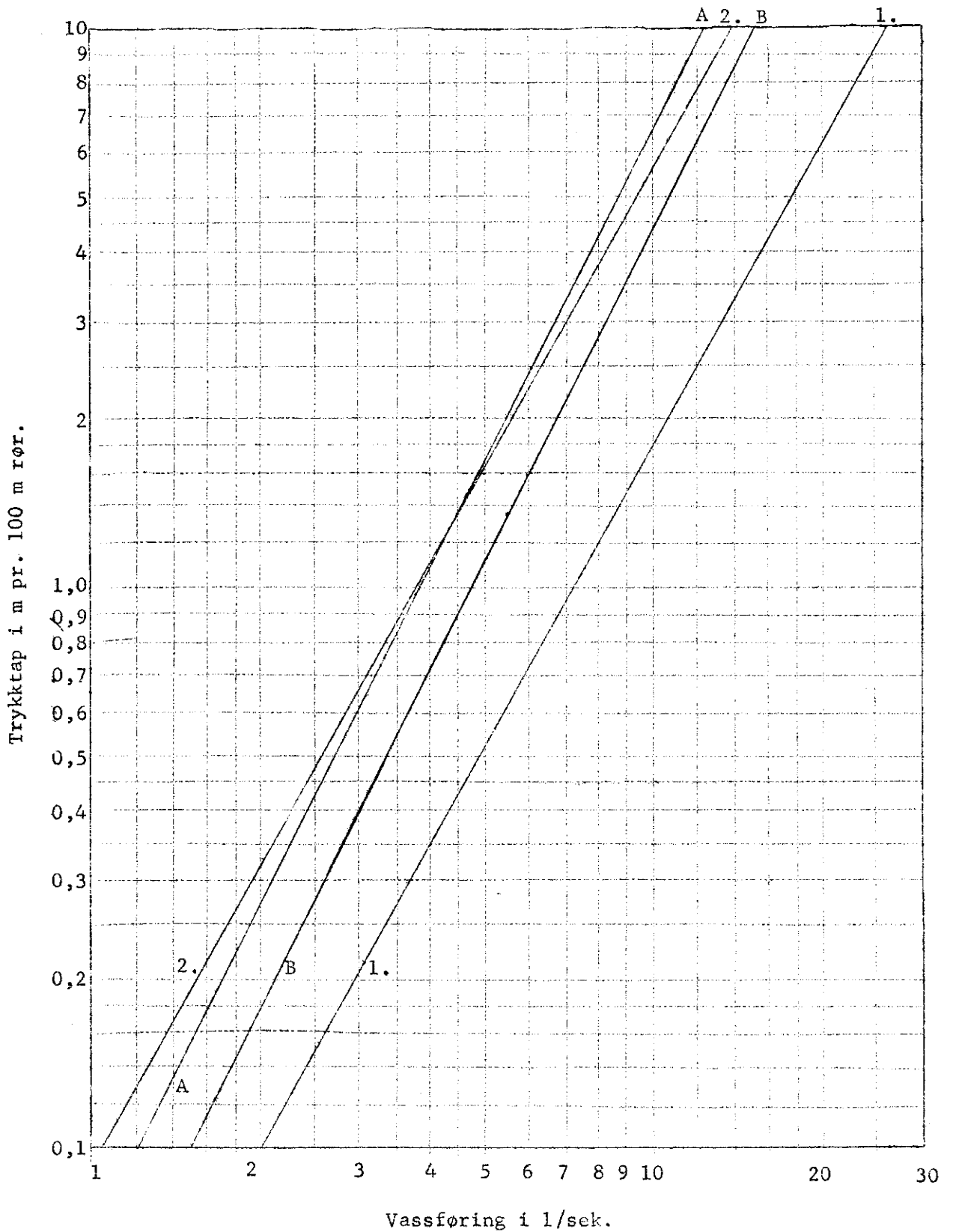
Q = vassmengde i l/sek.

Fall			Diameter					
			40 mm		50 mm		65 mm	
			v	Q	v	Q	v	Q
1: 10	0,10000	0,90	1,1	1,09	2,1	1,33	4,6	
1: 15	0,06667	0,74	0,9	0,89	1,8	1,11	3,7	
1: 20	0,05000	0,64	0,8	0,77	1,5	0,97	3,3	
1: 25	0,04000	0,57	0,7	0,69	1,4	0,87	2,9	
1: 30	0,03333	0,52	0,7	0,63	1,2	0,79	2,7	
1: 35	0,02857	0,48	0,6	0,59	1,1	0,73	2,5	
1: 40	0,02500	0,45	0,6	0,55	1,0	0,68	2,3	
1: 45	0,02222	0,43	0,5	0,52	1,0	0,64	2,2	
1: 50	0,02000	0,40	0,5	0,49	0,9	0,61	2,1	
1: 60	0,01667	0,37	0,5	0,45	0,9	0,56	1,9	
1: 70	0,01429	0,34	0,4	0,41	0,8	0,52	1,8	
1: 80	0,01250	0,32	0,4	0,39	0,8	0,48	1,7	
1: 90	0,01111	0,30	0,4	0,37	0,7	0,45	1,6	
1: 100	0,01000	0,29	0,4	0,35	0,7	0,43	1,5	
1: 125	0,00800	0,26	0,3	0,31	0,6	0,39	1,3	
1: 150	0,00667	0,23	0,3	0,28	0,6	0,35	1,2	
1: 175	0,00571	0,21	0,3	0,26	0,5	0,33	1,1	
1: 200	0,00500	0,20	0,3	0,24	0,5	0,31	1,0	
1: 225	0,00444	0,19	0,2	0,23	0,5	0,29	1,0	
1: 250	0,00400	0,18	0,2	0,22	0,4	0,27	0,9	
1: 275	0,00364	0,17	0,2	0,21	0,4	0,26	0,9	
1: 300	0,00333	0,17	0,2	0,20	0,4	0,25	0,9	
1: 325	0,00308	0,16	0,2	0,19	0,4	0,24	0,8	
1: 350	0,00286	0,15	0,2	0,19	0,4	0,24	0,8	
1: 375	0,00267	0,15	0,2	0,18	0,4	0,23	0,8	
1: 400	0,00250	0,14	0,2	0,17	0,3	0,22	0,8	
1: 425	0,00235	0,14	0,2	0,17	0,3	0,21	0,8	
1: 450	0,00222	0,13	0,2	0,16	0,3	0,21	0,7	
1: 475	0,00210	0,13	0,2	0,16	0,3	0,20	0,7	
1: 500	0,00200	0,13	0,2	0,15	0,3	0,20	0,7	
1: 550	0,00182	0,12	0,2	0,15	0,3	0,19	0,7	
1: 600	0,00167	0,12	0,1	0,14	0,3	0,18	0,6	
1: 650	0,00154	0,11	0,1	0,14	0,3	0,17	0,6	
1: 700	0,00143	0,11	0,1	0,13	0,3	0,16	0,6	
1: 750	0,00133	0,10	0,1	0,13	0,2	0,16	0,5	
1: 800	0,00125	-	-	0,12	0,2	0,15	0,5	
1: 850	0,00117	-	-	0,12	0,2	0,15	0,5	
1: 900	0,00111	-	-	0,11	0,2	0,14	0,5	
1: 950	0,00105	-	-	0,11	0,2	0,14	0,5	
1: 1000	0,00100	-	-	0,11	0,2	0,14	0,5	
1: 1200	0,00083	-	-	-	-	0,13	0,4	
1: 1500	0,00066	-	-	-	-	0,11	0,4	
1: 2000	0,00050	-	-	-	-	-	-	
C_m -	$m = 0,35$	0,78		0,78		0,79		
regnings-	$m = 0,15$	1,40		1,38		1,36		
faktor for	Bazin:	1,17		1,16		1,15		
	Sonne:	1,49		1,44		1,40		

Fortsettelse av tabell på foregående side.

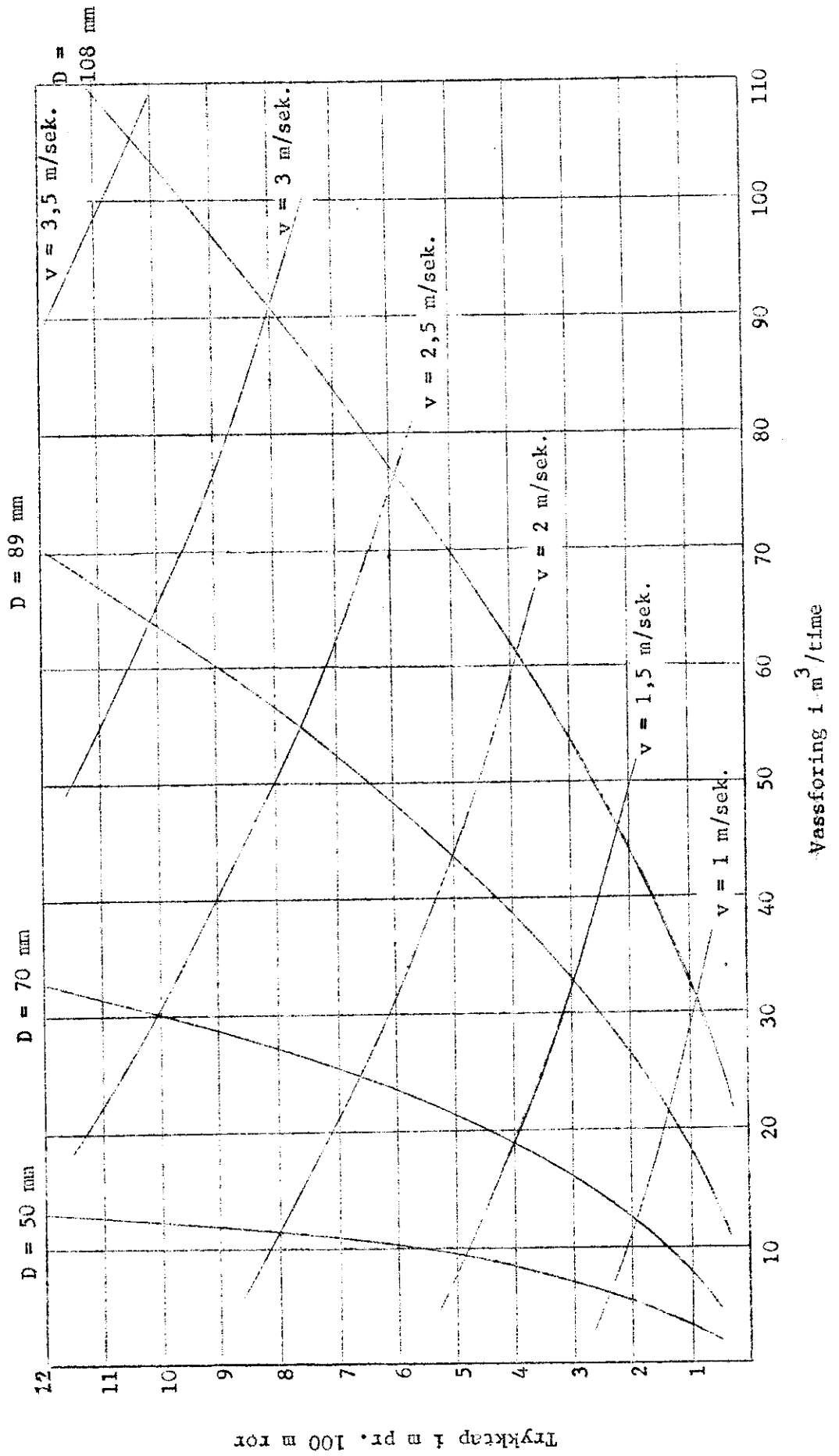
Føll			Diameter							
			80 mm		100 mm		125 mm		150 mm	
			v	Q	v	Q	v	Q	v	Q
1:	10	0,10000	1,61	8,1	1,94	15,2	2,31	28,4	2,68	47,3
1:	15	0,06667	1,32	6,6	1,58	12,4	1,89	23,2	2,19	38,6
1:	20	0,05000	1,14	5,7	1,37	10,8	1,64	20,1	1,89	33,4
1:	25	0,04000	1,02	5,1	1,22	9,6	1,46	18,0	1,69	29,9
1:	30	0,03333	0,93	4,7	1,12	8,8	1,34	16,4	1,55	27,3
1:	35	0,02857	0,86	4,3	1,03	8,1	1,24	15,2	1,43	25,2
1:	40	0,02500	0,81	4,1	0,97	7,6	1,16	14,2	1,34	23,6
1:	45	0,02222	0,76	3,8	0,91	7,2	1,09	13,4	1,26	22,3
1:	50	0,02000	0,72	3,6	0,87	6,8	1,04	12,7	1,20	21,1
1:	60	0,01667	0,66	3,3	0,79	6,2	0,95	11,6	1,09	19,3
1:	70	0,01429	0,61	3,1	0,73	5,8	0,88	10,7	1,1	17,9
1:	80	0,01250	0,57	2,9	0,68	5,4	0,82	10,0	0,95	16,7
1:	90	0,01111	0,54	2,7	0,65	5,1	0,77	9,5	0,89	15,8
1:	100	0,01000	0,51	2,6	0,61	4,8	0,73	9,0	0,85	14,9
1:	125	0,00800	0,46	2,3	0,55	4,3	0,65	8,0	0,76	13,4
1:	150	0,00667	0,42	2,1	0,50	3,9	0,60	7,3	0,69	12,2
1:	175	0,00571	0,39	1,9	0,46	3,6	0,55	6,8	0,64	11,3
1:	200	0,00500	0,36	1,8	0,43	3,4	0,52	6,4	0,60	10,6
1:	225	0,00444	0,34	1,7	0,41	3,2	0,49	6,0	0,56	10,0
1:	250	0,00400	0,32	1,6	0,39	3,0	0,46	5,7	0,54	9,5
1:	275	0,00364	0,31	1,5	0,37	2,9	0,44	5,4	0,51	9,0
1:	300	0,00333	0,30	1,5	0,35	2,8	0,42	5,2	0,49	8,6
1:	325	0,00308	0,28	1,4	0,34	2,7	0,41	5,0	0,47	8,3
1:	350	0,00286	0,27	1,4	0,33	2,6	0,39	4,8	0,45	8,0
1:	375	0,00267	0,26	1,3	0,32	2,5	0,38	4,6	0,44	7,7
1:	400	0,00250	0,26	1,3	0,31	2,4	0,37	4,5	0,42	7,5
1:	425	0,00235	0,25	1,2	0,30	2,3	0,36	4,4	0,41	7,3
1:	450	0,00222	0,24	1,2	0,29	2,3	0,35	4,3	0,40	7,0
1:	475	0,00210	0,23	1,2	0,28	2,2	0,34	4,1	0,39	6,9
1:	500	0,00200	0,23	1,1	0,27	2,2	0,33	4,0	0,38	6,7
1:	550	0,00182	0,22	1,1	0,26	2,1	0,31	3,8	0,36	6,4
1:	600	0,00167	0,21	1,0	0,25	2,0	0,30	3,7	0,35	6,1
1:	650	0,00154	0,20	1,0	0,24	1,9	0,29	3,5	0,34	5,8
1:	700	0,00143	0,19	1,0	0,23	1,8	0,28	3,4	0,32	5,6
1:	750	0,00133	0,19	0,9	0,22	1,8	0,27	3,3	0,31	5,5
1:	800	0,00125	0,18	0,9	0,22	1,7	0,26	3,2	0,30	5,3
1:	850	0,00117	0,18	0,9	0,21	1,7	0,25	3,1	0,29	5,1
1:	900	0,00111	0,17	0,9	0,20	1,6	0,24	3,0	0,28	5,0
1:	950	0,00105	0,17	0,8	0,20	1,6	0,24	2,9	0,27	4,9
1:	1000	0,00100	0,16	0,8	0,19	1,5	0,23	2,8	0,27	4,7
1:	1200	0,00083	0,15	0,7	0,18	1,4	0,21	2,6	0,24	4,3
1:	1500	0,00066	0,13	0,7	0,16	1,2	0,19	2,3	0,22	3,9
1:	2000	0,00050	0,11	0,6	0,14	1,1	0,16	2,0	0,18	3,3
Cur-	m = 0,35		0,80		0,80		0,81		0,82	
regnings-	m = 0,15		1,34		1,32		1,31		1,29	
faktor	Bazin:		1,13		1,12		1,10		1,09	
for	Sonne:		1,36		1,31		1,27		1,23	

Trykktap i støpejernsrør og Everite asbest sementrør.



- A: 100 mm støpejernsrør $m = 0,35$
- B: 100 " støpejernsrør $m = 0,25$
- 1: 100 " Everite asbest sementrør klasse C
- 2: 75 " Everite asbest sementrør klasse C.

Trykktap i hurtigkoblingsrør
Stålblikkør



Trykktap i m pr. 100 m rør

Vassføring i m³/time

V PLANLEGGING AV VATNINGSANLEGG

=====

Det er mange faktorer som er med å bestemmer lønnsomheten av et vatningsanlegg. Grunnlaget for et økonomisk og lettbrukt anlegg legges allerede på planleggingsstadiet og det er derfor planleggerens plikt å tenke nøye over alle de momentene som virker inn på utformingen av anlegget. Planutkastet skal legges fram for brukeren og alle detaljene diskuteres før en legger fram den endelige planen med plankart og beskrivelse av anlegget.

Ved planlegging av større anlegg må en ha et kart i målestokken 1 : 2000 eller 1 : 1000. For mindre eiendommer kan en skisse være god nok, men for større anlegg må en ha mulighet for å vurdere alternative løsninger på skrivebordet og da er det nødvendig å ha kart med nøyaktig målestokk. Kart laget av flyfoto er fine å arbeide med da de har mange detaljer.

De nødvendige data for planleggingen innhentes under en befaring på eiendommen og det gjelder da å notere seg alle de forhold som har betydning for utformingen av anlegget. Ikke minst bør en merke seg eierens innstilling til fast eller flyttbart anlegg og store eller små spredere. Hvis det er så at eierens ønskemål ikke er i samsvar med det som en mener forholdene tilsier, bør en legge fram alternative løsninger. En har da grunnlag for å diskutere saken før det tas en endelig avgjørelse.

Sjølve utformingen av anlegget, om det skal være fast eller flyttbart, valg av spredertype, plassering av ledningsnett o.l., bestemmes av en rekke faktorer. Det er sikkert nok at et vatningsanlegg i de mest utpregede vatningsdistriktene vi har, vil og bør få en annen utforming enn i mer nedbørrike områder der det kan gå år uten at anlegget blir brukt i det hele tatt. Arbeidet med vatninga er større enn folk ofte regner med, og et anlegg som brukes ofte bør derfor være bedre utbygd sjøl om det betyr økte anleggskostnader. Et anlegg som brukes mer sjelden, kan baseres på en traktorpumpe uten at det medfører altfor store ulemper. Anlegget kan bygges med mindre faste ledninger så en kommer ned med anleggskostnadene, men en må da være villig til å ta et større arbeidsforbruk den gangen anlegget brukes.

Driftsplanen må også drøftes med eieren før planleggingsarbeidet tar til. I svært mange tilfelle er det riktig å legge om drifta etter at en får vatningsanlegg på gården. Spesialkulturer kan få inn virkning på plasseringen av ledningsnett og valget av spredere. Som mer drastiske tiltak nevner en flytting og utretting av skiftegrenser for at en kan få en mer rasjonell form

på skiftene. En ser stadig eksempler på at små forandringer kan føre til vesentlige besparelser i arbeidet med vatningsanlegget.

Sjølve planleggingen av vatningsanlegget kan settes opp i følgende 12 punkter:

1. Antall mm/time.

Hvilken regnintensitet en kan tillate, er i første rekke bestemt av jordarten og plantedekket. For høy regnintensitet kan ødelegge strukturen i jorda og en kan få avrenning på overflata. Aggregatene i en jord med mye finpartikler har lett for å brytes ned når de blir helt oppbløtt og samtidig utsettes for slag av vassdråper. Finpartiklene vaskes ned i forsenkninger og gjør overflata tettere så jorda ikke tar til seg vatnet så raskt. Resultatet kan bli avrenning og hard skorpe når jorda tørker opp.

Et tett plantedekke kan beskytte jorda mot et kraftig regn, men en risikerer likevel avrenning. En må derfor vurdere brukbarheten av store og små spredere og finne ut om jordarten setter noen begrensning ved valg av spredere.

2. Antall mm/vatning.

Vatningsanlegget skal bygges med så stor kapasitet at det kan tilføre nok vatn i en tørkeperiode. Forsåvidt kan en forutsette at det skal tilføres like mye vatn som det forbrukes (potensiell evapotranspirasjon). En del vatn vil gå tapt under spredningen og derfor bør en regne noe mer, og setter en i det sydlige Norge forbruket til ca. 5 mm/døgn, skulle en få tilstrekkelig kapasitet på anlegget. Dette vil si at en må kunne tilføre det interesserte areal ca. 30 mm pr. uke.

Plantenes forbruk av vatn er i første rekke avhengig av klimaet og tallet må derfor justeres etter dette

En skjematisk regel kan imidlertid ikke brukes uten en viss tilpasning og det gjelder også i dette tilfelle. Det er ikke sikkert at jorda i rotsjiktet kan ta opp å holde denne vassmengden nyttbar for plantene. Sandjord, f.eks., har liten vasskapasitet og har en dessuten planter med grunt rotsystem, må en gi tjue eller kanskje bare 15 mm. Her må en studere jordas vasskapasitet for nyttbart vatn og retensionkurva (pF-kurva) så en vet hvor mye vatn det er plass for pr. dm djup på det tidspunktet det er aktuelt å vatne. Tidspunktet for vatninga skal en ikke drøfte i denne forbindelse.

Djupet av rotsjiktet spiller også en vesentlig rolle. En kan bare nevne luserne eller f.eks. frukttrær som under gunstige forhold har relativt djupe

røtter. Til slike vekster kan en gi til dels store vassmengder uten at en får utvasking av næringsstoffer, men samtidig kan en vente lenger mellom hver vatning. Har en mellomkulturer, kan disse stille andre krav og betinge vatning noe oftere. En må i det hele tatt vurdere den produksjonen som drives og tilpasse vatningsanlegget til de spesielle forholdene en har.

3. Antall timer pr. oppstilling av sprederen.

Dette spørsmålet er besvart i og med at en har tatt stilling til spørsmålene i de to foregående punktene. Hvis jordarten er slik at en står fritt med hensyn til regnintensiteten, står en også fritt med å velge sprederer. Har en i pkt. 1 måttet velge en liten regnintensitet, f.eks. 4 mm/time, må sprederen stå $7\frac{1}{2}$ time for å gi 30 mm. Skal en gi 30 mm med en intensitet på 10 mm/time, må oppstillingstida bli 3 timer.

4. Antall oppstillinger pr. døgn.

For små sprederer vil det i de fleste tilfelle bli tale om 2 eller 3 oppstillinger i døgnet. Når oppstillingstida er 7 - $7\frac{1}{2}$ time, vil det passe bra med 3 oppstillinger. Anlegget flyttes f.eks. tidlig om morgenen, om ettermiddagen og tredje gang sent om kvelden. Når det ikke er behov for å utnytte hele den kapasiteten anlegget har, kan en bruke to oppstillinger i døgnet og en står da friere med flyttinga av anlegget. Alt flyttearbeidet kan da konsentreres innenfor et tidsrom av ca. 8 timer og en kan f.eks. vatne om natta og om formiddagen. Den andre flyttinga foretas før arbeidstidas slutt og anlegget står til passende tid på kvelden da en starter opp igjen og lar det gå til neste morgen.

Enkelte vil ha bare to oppstillinger i døgnet, men en vatning på 30 mm krever da svært låg regnintensitet, og en må regne med forholdsvis stort tap av vatn om dagen.

Med store sprederer vil antall oppstillinger i døgnet være avhengig av sprederens regnintensitet og dessuten av hvor lang tid en er villig til å arbeide med vatningsanlegget i døgnet. Skal sprederen flyttes f.eks. hver 3. time, kan det bli tale om 3-5 oppstillinger i døgnet. En må regne noe tid til flytting mellom hver oppstilling og den totale tida anlegget er i gang kan komme opp i henholdsvis ca. 10 og ca. 17 timer. Jo færre oppstillinger en har, desto større kapasitet må anlegget ha og det betyr en vesentlig økning av anleggskostnadene å skjære ned på vatningstida. Nå er det ofte slik at en ikke behøver å vatne hele arealet hver gang. En kan da innrette seg så en får rimelig vatningstid i middels tørre år mens en tar lange dager når tørken slår til for fullt.

I riktig tørre distikter vil en nok regne noe kortere vatningstid i døgnet, færre oppstillinger, enn der en ikke kommer til å bruke anlegget så mye.

5. Døgn mellom hver vatning. Vatningsintervall.

Det er også planleggerens oppgave å ta stilling til hvor lang tid det kan gå mellom hver gang en må vatne på hvert skifte. Dette vil i første rekke være bestemt av vasskapasiteten i jorda (rotsona) og av vatnets binding i vedkommende jord (retensionkurva eller pF-kurva). Dessuten må en ta hensyn til den produksjonen som skal drives og da spesielt plantenes rotsystemer. På lett jord og med planter som har grunne rotsystemer, må en vatne ofte mens en kan vente både 10 og 14 dager når en har vekster med djupe rotsystemer.

Det er ikke alltid så lett å fastsette vatningsintervallet. En må imidlertid vurdere forholdene på hvert enkelt sted så en har et holdbart grunnlag for den løsning en anbefaler.

6. Antall vatningsdøgn pr. intervall.

Etter at en har kommet fram til hvor lang tid det kan gå mellom hver gang en skal vatne i en vedvarende tørkeperiode, må en ta stilling til om en skal bruke hele den tida for å vatne hele arealet. Skal en f.eks. vatne hver 6. eller 8. dag, kan det neppe være riktig å regne med å bruke 6 eller 8 døgn for å vatne hele eiendommen. Driver en med leid hjelp, kan en vel snart regne bare fem dagers uke og det er da spørsmål om en ikke også må regne med å vatne bare fem døgn pr. uke.

Folk flest vil ha søndagen fri og det kan også være de som må disponere én eller flere dager utenom gården. I de fleste tilfelle er det derfor ikke riktig å regne med vatning hver dag i et vatningsintervall.

7. Anleggets kapasitet i m³/time eller l/min.

En har nå tilstrekkelig grunnlag for å beregne den kapasiteten som anlegget bør ha. Er arealet f.eks. 60 da og en har bestemt at det skal vatnes med 30 mm i løpet av 6 døgn å 12 timer, må kapasiteten være:

$$\frac{60 \cdot 30}{6 \cdot 12} \text{ m}^3/\text{t} = 25 \text{ m}^3/\text{t} \text{ eller ca. } 420 \text{ l/min.}$$

Kan en i stedet regne med en vatningstid på 21 timer i døgnet, klarer en seg eksempelvis med noe mindre kapasitet:

$$\frac{60 \cdot 30}{6 \cdot 21} \text{ m}^3/\text{t} = 14,3 \text{ m}^3/\text{t} \text{ eller ca. } 240 \text{ l/min.}$$

Kapasiteten som er beregnet her gir utgangspunktet for å velge sprederne. Når

en har bestemt hvilke sprederer det er som skal brukes, korrigerer en kapasiteten etter det vassforbruket som sprederne har.

8. Valg av sprederer.

En har tidligere omtalt noen forhold som virker inn på valget av sprederer og en skal her bare drøfte hvordan valget av sprederer virker inn på dimensjoneringen av anlegget.

Vurderingen i de foregående punktene har ført fram til den kapasitet det er ønskelig at anlegget skal ha. Oppgaven er så å finne sprederer som passer for anlegget og en må da ta for seg de data som foreligger om ulike sprederer.

Når det gjelder store sprederer, vil en snart kunne se hvor mange det er nødvendig å bruke. Opplysninger om vatnet areal for ulike firkant- eller trekantoppstillinger og regnintensitet viser snart om sprederen tilfredsstillende kravene som er satt. Ofte blir det nødvendig å korrigere de tallene en gikk ut fra, og den endelige kapasiteten på anlegget bestemmes av den eller de sprederne en velger.

For små sprederer er planleggingsarbeidet mer omstendlig. Her går en også ut fra den beregnede kapasiteten på anlegget og finner ut hvor mange sprederer av en viss størrelse det er nødvendig å bruke. Så tar en for seg kartet over eiendommen og undersøker om det er mulig å gjennomføre en rasjonell vatning med så mange sprederer.

Ofte vil en finne at lengden på skiftene er slik at en burde ha noen flere sprederer for å kunne vatne hele lengden for hver oppstilling. Andre ganger kan det være urasjonelt å bruke så mange sprederer som en gikk ut fra og antallet må reduseres. I begge tilfelle må en undersøke hvordan dette virker inn på vatningstida og om det er nødvendig med et annet opplegg.

Planleggingen av et anlegg med små sprederer er mer omstendlig enn for store sprederer da en må prøve anlegget over hele eiendommen. Det er derfor det også blir sagt at anlegg med små sprederer må "skreddersys" mens et anlegg med store sprederer kan være konfeksjonsvare.

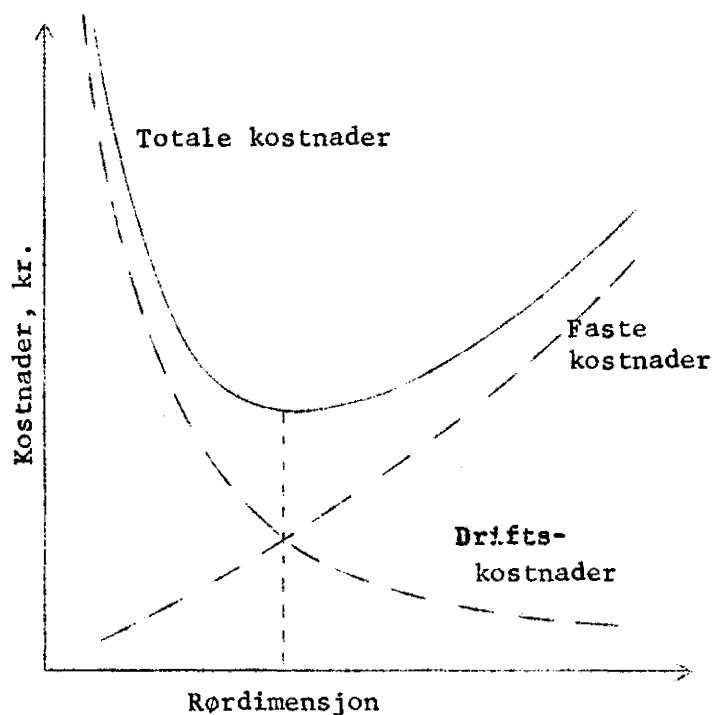
Eiendommens utforming virker sterkt inn på valget av sprederer. Når skiftene er svært uregelmessige så en må forandre antall sprederer så å si for hver oppstilling, må en ofte velge store sprederer for å få en rasjonell flytting.

9. Lengde og dimensjon på hovedledning.

Plassering, lengde og dimensjon bestemmes ut fra spesielle forhold på gården og dessuten av forholdet mellom anleggskostnader og driftskostnader.

Hovedledningen bør legges fram til felter som er spesielt tørkesvake slik at en får lite arbeide med bruken av anlegget der. Ellers bør ledningen plasseres så en kan klare seg med stort sett samme lengde flyttbar ledning ut fra hydrantene rundt om på eiendommen. For anlegg med små sprederer er det ønskelig å ha hovedledningen mest mulig på tvers av kotene og sprednerledningene parallelt med kotene eller med svakt fall så en får jevnest mulig trykk i hele sprednerledningen.

I hovedledningen vil en alltid få trykkforskjeller på grunn av ulik høyde og på grunn av trykktap. Terrenget stiger i de fleste tilfelle fra pumpestasjonen, og trykket avtar da utover i ledningsnett. Det er ikke mulig å sette en norm for hvor stort trykktap en kan tillate utover i ledningsnett, da det vil variere med bl.a. terrengforholdene og lengden på hovedledningen. På en flat eiendom kan en som regel tillate større trykktap i anlegget enn på en bratt eiendom.



Større trykktap betyr økte driftskostnader, mens grovre rør fører til høyere faste kostnader. Det er om å gjøre å tilpasse seg der summen av de faste kostnadene og driftskostnadene blir minst.

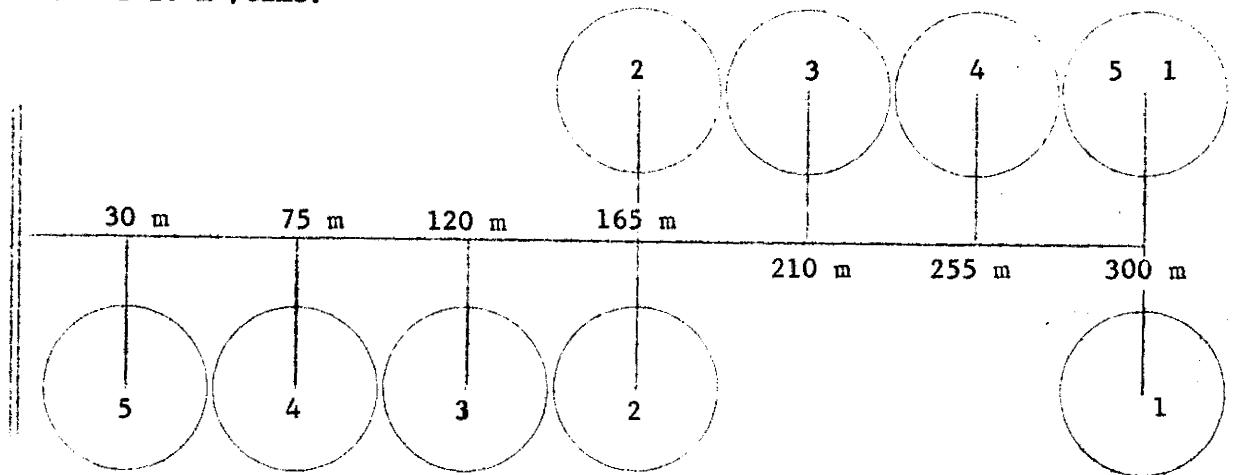
Når en dimensjonerer hovedledningen i et større anlegg, bør en samtidig se på hvilken pumpe det kan komme på tale å bruke. Vassmengden avtar når trykket øker og der en får store trykkforskjeller, skal en undersøke hvordan vassføringen

blir når sprederen flyttes utover på anlegget. Regner en samme vassføring hele vegen, får en uøkonomisk dimensjonering. Det er først og fremst på eiendommer med stor høydeforskjell og der en har lang hovedledning at en må studere pumpekarakteristikken ved dimensjonering av anlegget.

10. Lengde og dimensjon på sprederledning.

Til sprederledning brukes som regel hurtigkoblingsrør av stålblikk. Vekten av disse er angitt tidligere og en merket seg da at det helst ikke bør brukes større dimensjon enn 70 mm i ledninger som flyttes mye.

Har en anlegg med to eller flere sprederer, betyr det mye for dimensjoneringen hvordan sprederen stilles opp. I planen skal det derfor redegjøres for hvordan en har forutsatt at sprederne skal flyttes. Som eksempel kan en se på hvordan trykktapet varierer i en 300 m lang 89 mm ledning som forsyner to sprederer som hver tar $26 \text{ m}^3/\text{time}$.



Oppstilling:	1	2	3	4	5
Trykktap, m:	19,8	10,9	9,6	8,4	7,1

Anlegg med små sprederer har sprederer oppstilt langs hele sprederledningen, og trykktapet har da innvirkning på fordelingen av vatnet langs ledningen. Har en stort trykktap, vil arbeidstrykket bli vesentlig mindre i den ytre enden av ledningen hvis ikke ledningen ligger med så stort fall at det oppveier trykktapet.

Trykktapet i en ledning med mange små sprederer bør ikke være større enn 15-20 % av arbeidstrykket på sprederne. En bør unngå å bruke dimensjoner større enn 70 mm i sprederledningen til anlegg med små sprederer.

Det er ønskelig å ha sprederledningen på tvers av framherskende vindretning, men det er som regel andre forhold som teller mer ved utformingen av anlegget.

11. Pumper.

Pumpa velges så stor at den kan skaffe nok vatn under de trykkforholdene en får i anlegget. En må prøve forskjellige alternativer for oppstilling av sprederne og se hvor stort trykktapet blir i hvert tilfelle. Dessuten varierer

høgda mellom pumpe og sprederne så en i mange anlegg får forskjellig krav til trykket for hver oppstilling av sprederne.

Hvilket trykk skal så pumpe gi? Velges en pumpe som arbeider med størst virkningsgrad ved maksimalt trykkbehov i anlegget, vil den arbeide med lågere virkningsgrad største delen av den tida anlegget er i bruk. En kan også regulere trykket med sluseventilen, men det betyr tapt energi.

Ofte kan det være mest hensiktsmessig å velge et trykk som ligger noe under det en maksimalt har behov for. Særlig gjelder dette på eiendommer med stor høgdeforskjell. Når en stiller opp sprederer eller sprederne på de mest ugunstige stedene, vil trykket bli for dårlig. Skifter en imidlertid inn mindre dyse på sprederen vil vassforbruket avta og trykket som pumpe leverer, vil øke. En må derfor studere pumpekarakteristikken for å se om trykket under de nye forholdene vil øke så en får brukbart arbeidstrykk på sprederen

På eiendommer med stor høgdeforskjell kan det bli tale om å dele arealet i to eller flere avsnitt og regne forskjellig vassmengde og trykk for de ulike avsnittene. Dette får konsekvenser bl.a. for avstanden mellom sprederne og for vatningstida.

En bør nytte pumpe med god virkningsgrad da det kan bety en besparelse over et lengere tidsrom sjøl om anskaffingskostnaden er noe større.

Har en f.eks. et areal på 200 da som skal vatnes 3 ganger med 30 mm i løpet av sommeren, vil det bli et forbruk på 18000 m^3 . Settes det totale løftehøgda til 100 m og regner 50 % virkningsgrad på pumpe i stedet for 60 %, vil en få et ekstra forbruk på 1634 kWh. Med en pris på 5 øre pr. kWh sparer en kr. 81,70 pr. år med å bruke den beste pumpe.

Det er dårlig økonomi å kjøpe en gammel pumpe med låg virkningsgrad eller en pumpe som er for stor for anlegget og derfor arbeider i et område med låg virkningsgrad.

12. Motorer.

Dimensjoneringen av motoren er grei når en har bestemt seg for pumpe. En må regne med den ugunstigste belastningen en kan få og likevel plusser en på 15-20 % på antall hestekrefter. Ukyndig bruk av anlegget kan gi ekstra stor belastning på motoren.

En må ha rikelig tverrsnitt på ledningsnett mellom transformator og pumpe-stasjon og for større anlegg eller hvor avstanden til transformatoren er over

3-500 m, må en regne med egen transformator. Dårlig spenning virker som overbelastning og i slike tilfelle bør en ha rikelig dimensjonert motor.

Elektrisk motor kontra forbrenningsmotor må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Som regel vil elektrisk motor være å foretrekke da den krever mindre stell og gir et driftsikkert anlegg. Traktorpumper brukes der det faller urimelig dyrt å føre fram elektrisk kraft og hvor det f.eks. bare er behov for vatning år om annet.

Der traktor brukes som drivkraft for vatningsanlegget, er det ofte hensiktsmessig å dimensjonere anlegget større så en får kortere vatningstid. En får da tid til å nytte traktoren til annet arbeide ved siden av vatninga. Når en bruker forbrenningsmotor, skal en være påpasselig så en får riktig hastighet på pumpa. For stor hastighet gir unødig stort effektforbruk.

Pumper som kobles til kraftuttaket på traktoren er utstyrt med gearboks. Dette er et svakt punkt på mange pumper. Traktorpumpene er som regel tilpasset trepunkts hydraulikk, men det fins også pumper som henger etter traktoren.

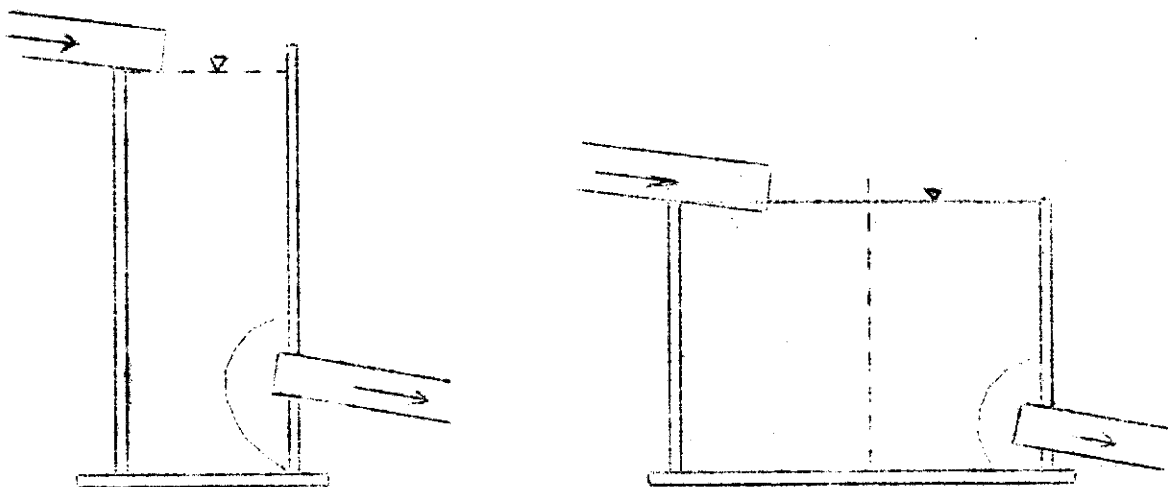
Anlegg med naturlig trykk.

Opgaven blir ofte noe anderledes nå en skal planlegge anlegg med naturlig trykk. I mange tilfelle er høgdeforskjellen mellom det vatnede arealet og inntaket gitt så det blir å disponere dette trykket så hensiktsmessig som mulig. Har en rikelig med trykk, må en velge en rørdimensjon som gir så stort trykktap at en får passende arbeidstrykk på sprederne. Det er uøkonomisk å velge så stor rørdimensjon at en må redusere trykket ved hjelp av en sluseventil.

Området som skal vatnes, kan være ganske flatt og i enkelte tilfelle kan det bli tale om å øke rørdimensjonen innen feltet så en får jevnest mulig arbeidstrykk på sprederne.

Store høgdeforskjeller kan med riktig dimensjonering gi moderate trykk når anlegget brukes (dynamisk) mens det statiske trykket kan bli så stort at det er vanskelig å få sluseventilene i hydrantene tette. Det kan da bli tale om å ha sluseventiler på hovedledningen så en kan stenge av vatnet i de deler av anlegget som ikke er i bruk.

I de fleste tilfelle tas vatnet fra elver og bekker og inntaket må da bygges slik at en ikke får forurensninger inn i ledningen.



Enklest er det å nytte inntakskasser i likhet med de som er vist på tegning. Fra elva eller bekken legges det en trerenne eller et rikelig dimensjonert rør bort i kassa. På toppen eller som skillevegg i kassa, monteres en netting som siler fra de største forurensningene. Dessuten bør det være en finere duk like foran inntaket i rørledningen. Arealet på silanordningen må være så stort at det ikke krever daglig tilsyn. En må dessuten ha god høyde på kassa så en får effektiv utnyttelse av ledningen.

Når inntaket ordnes via en inntakskasse er det meget enkelt å sette på og ta av vatnet. En må bare passe på at tilførslen til kassa er rikelig dimensjonert så det alltid er noe vatn som renner over.

Planlegging av større fellesanlegg.

Sjølve planleggingen av fellesanlegg foregår stort sett etter samme skjema som for enkeltanlegg. I tillegg melder det seg spørsmål vedrørende fordelingen av vatnet, fordelingen av kostnadene og organiseringen av samarbeidet.

Planleggeren må skaffe seg en oversikt over behovet for vatn på de forskjellige brukene. I de fleste tilfellene er det ikke mulig å dimensjonere slik at alle kan vatne samtidig, og det må settes opp en timeplan for vatninga. Hvert bruk får da beskjed om når de kan vatne og hvor lenge de kan vatne i hvert vatningsintervall. Er det mange medlemmer, kan det være hensiktsmessig å danne mindre grupper som hver disponerer ett eller flere sett spredere. Alle gruppene vatner da samtidig og oppgaven blir å fordele vatningsdagene innenfor hver gruppe.

Der en har fellesanlegg for flere eiendommer, vil det som regel være fordel-

aktig å kjøpe inn flyttbare rør og spredere i fellesskap også for å få en god utnyttelse av utstyret.

Behovet for vatning hos medlemmene i et fellesanlegg er forskjellig, og enkelte vil ha anledning til å vatne hele eiendommen, mens andre bare vil vatne en mindre del. Anlegget dimensjoneres for det arealet som er meldt inn og de samme arealene legges til grunn for fordelingen av vatnet og likeså for fordelingen av kostnadene.

Fordelingen av vatnet kan ordnes på flere måter, men det enkleste er å bestemme i hvor lang tid vedkommende kan bruke anlegget. Når en har bestemt dysestørrelsen og trykket på sprederne, er også vassforbruket kjent. Samtidig må det være en mann som har fullmakt til å kontrollere at timeplanen for vatninga blir fulgt. Fordelingen kan også skje via vassmålere på hver enkelt eiendom, men dette er vanskelig å få til der en f.eks. har flere hydranter på hovedledningen. Dessuten er det en kostbar løsning.

Anleggskostnadene fordeles på de enkelte medlemmene i forhold til arealet. Dessuten blir det fastsatt en årlig avgift til dekning av de faste kostnadene og en pris f.eks. pr. m³ vatn til dekning av driftskostnadene.

Organisasjonsformen bør velges slik at hvert medlem svarer bare for sin part og slik at det kan foretas avskrivning i gårdens regnskap. Fellesanlegg betyr en vesentlig besparelse både av anleggskostnader og driftskostnader og bør foretrekkes der forholdene ligger til rette for det. I følge reglene for statstilskott til vatningsanlegg kan en nekte tilskott til enkeltanlegg der en med fordel kan bygge fellesanlegg med mindre det ikke er noen rimelig grunn til å unngå fellesanlegg.

VI BRUK OG VEDLIKEHOLD AV ANLEGGET

=====

Betingelsen for å få full nytte av vatningsanlegget er at det brukes og vedlikeholdes på beste måte. Flytting av spredere og rør innen hvert skifte og likeså mellom skiftene er noe en må prøve seg fram med på hver enkelt eiendom.

Flytting av rør over noe lengre avstander bør foregå på traktor. Det er konstruert stativer som festes på sjølve traktoren, men mest vanlig er det å legge rørene på en tilhenger. Mellom hvert lag av rør bør det ligge et mellomlegg. Dette kan være et vanlig bord eller et trestykke med profiler som passer for den rørdimensjonen en har. En bør ha plass til spredene på en egen hylle så de er lette å få tak i når en legger ut rørene igjen.

De fleste pumpene som brukes i vatningsanlegg er ikke sjølsugende og når en setter i gang anlegget, må en passe på at sugeledningen er fylt med vatn. Sjølet lite luftvolum i sugeledningen kan føre til at pumpa slipper vatnet. Når hovedledningen stiger fra pumpestasjonen, vil en som regel ha rikelig med vatn i trykkledningen til å fylle sugeledningen. En må da ha en lufteventil på pumpa og et omløp ved tilbakeslagsventilen. Det er tilstrekkelig å ha en 1" ledning med kran forbi tilbakeslagsventilen. Anlegg på eiendommer med små høgdeforskjeller trenger en ikke utstyre med tilbakeslagsventil.

Når anlegget startes opp om våren, er ledningen tom og en skal ikke åpne sluseventilen helt før hovedledningen er fylt. På de høyeste punktene på ledningen skal hydrantene stå åpne så lufta kommer ut. En kan ellers få kraftige trykkslag i anlegget. Når ledningsnettet tappes om høsten, må en også passe på å åpne de samme hydrantene så lufta kommer inn i ledningen. Åpner en bare på det lågeste punktet, kan en risikere kraftige trykkslag. Størrelsen av trykkslagene avhenger av den statiske trykkehøgda og av lengden og diameteren på ledningen.

Under omtalen av pumper har en drøftet pumpekarakteristikken hos sentrifugalpumpa. Ved liten motstand i anlegget øker vassmengden gjennom pumpa og likeså effektbehovet. Ved vatning nær pumpestasjonen skal en derfor skru igjen sluseventilen på trykksida av pumpa eller ved hydranten slik at en får passende arbeidstrykk på sprederen og rimelig belastning på motoren. Når en har manømeter på pumpa, kan en raskt innstille på det trykket en skal ha i anlegget.

Det er en god regel at anlegget skal startes med stengt ventil. Ventilen åpnes så snart motoren har fullt turtall. Når anlegget stanses, skal en først skru igjen sluseventilen og deretter koble ut motoren. Særlig viktig er dette på

bratte eiendommer hvor en ellers kan få kraftige trykkslag i anlegget.

Den som bruker anlegget skal kontrollere trykket på pumpa, og ved å telle omdreiningene på skiva på måleren kan en raskt regne ut hvor stor belastning det er på anlegget i øyeblikket.

Når anlegget gjøres klar for vinteren, kan en sammenfatte arbeidet i følgende 10 punkter:

1. Tøm ledningene for vatn. La tappekranene stå åpne slik at kondensvatn kommer ut.
2. Åpne ventilen på alle hydrantene og sett en blikkboks over rørenden.
3. Ta inn sugeledningen og rens botnventilen.
4. Legg flyttbare rør og deler under tak, men ikke i rom der det er kunstgjødsel.
5. Ta ut gummipakningene, ha på talkum og legg de i kjelleren.
6. Tøm pumpa for vatn. Den kan med fordel fylles med olje som står vinteren over.
7. Ta inn sprederne og smør de for å få ut gammelt fett av lagrene.
8. Ta ut sikringene til pumpemotoren.
9. Smør over anlegget med rustbeskyttende middel der det er sår i overflatene.
10. Gå over anlegget, reparer skader og bestill nye deler som må skiftes inn.

På samme måte blir arbeidet om våren:

1. Tøm pumpa for olje og vask etter med bensin.
2. Monter sugeledningen og fyll pumpa og sugeledningen med vatn. Pass på at pakningene er tette.
3. Gjør hovedledningen klar. La de øvre hydrantene stå oppe til lufta er ute av anlegget. Luftputer kan gi trykkslag.
4. Prøv om motor- og pumpeaksel dreier lett rundt.
5. Start opp anlegget og kontroller at trykket er i orden.
6. Undersøk pakkboksene på pumpa. På sugesida må det være helt tett for at pumpa ikke skal ta inn luft og slippe vatnet. På trykksida kan det komme noen dråper vatn. Trekk ikke til hardere enn nødvendig på noen av sidene.
7. Spyl ledningene før du kobler til sprederne.
8. Koble til sprederne og se etter at det ikke er lekkasje på anlegget.

VII VATNING MOT FROST

Vatning mot frost kan utføres på to måter, en indirekte og en direkte metode.

I første tilfelle vatner en før frost inntrer, og helst så lang tid som ett døgn i forvegen. Vatnet øker jordas varmeledningsevne og varmekapasitet og da en som regel har klart vær dagen før en frostnatt, kan jord som er vatnet ta opp og magasinere varme som avgis under frostperioden. Denne vatninga beskytter plantene bare mot et par kuldegrader og den er effektiv bare mot låge vekster. Fordelen med den indirekte metoden er at en kan vatne over et større areal, men det kan være vanskelig å forutsi frost så lenge som et døgn i forvegen.

Med den direkte metoden stiller en opp vatningsanlegget og vatner i den tida temperaturen er under frysepunktet. Ved avkjøling av vatnet til 0° C avgis 1 cal pr. grad, men den største varmemengden frigis i det vatnet fryser. Smeltevarmen utgjør 80 cal/gram og når det stadig fryser vatn, vil temperaturen under det islaget som dannes på plantene ligge mellom 0° og en halv kuldegrad. De vanlige vekstene som dyrkes her i landet tåler denne temperaturen.

Ved frost ned til 3-4 minusgrader er det tilstrekkelig å tilføre 2-3 mm/time. Ved lågere temperaturer må en øke regnintensiteten til 4-5 mm/time. Det må tilføres så mye vatn at islaget hele tida holdes vått og så det stadig kan dannes is. Temperaturen synker raskt hvis islaget blir tørt. Regnintensiteten avhenger som nevnt av temperaturen, men også av vekstens høyde over bakken. Frukttrær f.eks., må vatnes sterkere enn låge vekster som poteter eller jordbær. Et åpent bestand av frukttrær med lite lauvverk trenger høyere regnintensitet enn et tettere bestand med bedre utviklet lauv.

Direkte vatning mot frost kan beskytte plantene mot temperaturer på 8-9 minusgrader. Forutsetningen er imidlertid at vatnet blir jevnt fordelt over hele arealet. Sprederne må dreie rundt i løpet av 1-2 minutter, ved sterkere frost i løpet av 1 minutt. Tar det lengere tid, kan islaget fryse tørt og temperaturen bli så låg at plantene skades. Når temperaturen stiger igjen, skal en vatne til islaget er borte.

Direkte vatning mot frost forutsetter at vatningsanlegget er så stort at det dekker hele det arealet som skal beskyttes med én oppstilling. En må bruke små spreder med en regnintensitet på 2-5 mm/time og det må velges trekantforband som gis størst mulig effektivt vatnet flate pr. oppstilling.

Spredere med 5 mm dyse og 40 m trykk gir i trekantoppstilling, 24 x 24 m, 3,26 mm/time og vatner et areal på 576 m². Vassforbruket er da ca. 1,9 m³/time. Vil en f.eks. beskytte et areal på 8 da, må en bruke 14 spredere og kapasiteten må være ca. 27 m³/time.

Vatning mot frost egner seg best i veksttida da en har korte frostperioder. Om høsten kan frosten vare i lengere tid og trær og planter kan bli så tunge av is at de bryter sammen. For de fleste veksters vedkommende vil en dessuten ha størst utbytte av å beskytte de mot nattefrost tidlig i vekstperioden.

VIII SPREDNING AV GJØDSEL VIA VATNINGSANLEGGET

1. Gylle.

En del av det utstyret som nyttes i vatningsanlegget, kan mange plasser med fordel brukes i et gylleanlegg. Med gylle mener en da en blanding av fast og flytende naturgjødsel som er tilsatt så mye vatn at den lar seg pumpe ut gjennom et ledningsnett.

Gjødsla kan være samlet opp i en tett gjødselkjeller hvor det tilsettes en del vatn utover vinteren så en kan få en blanding ved hjelp av et røreapparat. Om våren tilsetter en så mye vatn at en kan pumpe gjødsla ut gjennom et ledningsnett. I andre tilfelle samles gjødsla i kjelleren om vinteren og blandes med vatn i en egen blandekum utenfor gjødselkjelleren i det den skal spres ut. I siste tilfelle kan vatn skaffes fra vatningsanlegget eller fra vassforsyningsanlegget på gården.

På bratte eiendommer kan en ofte få tilstrekkelig naturlig trykk til spredning av gyllen, men som regel er det behov for en pumpe til anlegget. Mest vanlig er det å bruke spesialbygde 1-trinns sentrifugalpumper som kan gi et trykk på inntil ca. 50 m. I anlegg med behov for større trykk kan en bruke stempel-pumper med 1-3 stempler alt etter hvilken kapasitet det er behov for. Stempel-pumpene faller imidlertid dyre og er ikke brukt her i landet.

Gyllepumpene har en meget robust utførelse og de kan lett åpnes så en får tatt ut trebiter og lign. som setter seg fast i pumpa. Stempel-pumpene har ventiler som bare med et håndgrep kan tas ut og gjøres rene. En må anbefale å pumpe ut gyllen gjennom flyttbar ledning og dimensjonen på denne bør ikke være mindre enn 70 mm. For en sjangsen på å pumpe gylle gjennom jordfast ledning, må dimensjonen være minst 4", men en kan likevel få tilstopping i

bend eller også i hydranter som vanligvis har mindre dimensjon.

Rørledninger som nyttes til spredning av gylle, må gjøres godt rene etter bruk. Gjødselester o.l. har lett for å feste seg i rørene og det gir større trykktap samtidig som en risikerer at slike forurensninger løsner og tetter til mindre dyser på spredere i vatningsanlegget. Gjødsla inneholder dessuten aggressive stoffer som lett kan angripe rørene, men holdbarheten på stålblikkørørene er god når de spyles rene både innvendig og utvendig etter bruk.

Det fins flere typer av spredere til gylleanlegg. Den jevneste spredningen oppnår en imidlertid med en spreder som hele tida betjenes av én mann. Denne sprederen består av et 7 m langt rør som i den ene enden er forbundet med sprederledningen ved hjelp av et kuleledd. I den andre enden av røret som kviler på to hjul, sitter en firkantet dyse som også ved hjelp av et kuleledd kan dreies 360° . Den som betjener sprederen kan åpne et spjell i dysa så større partikler kommer ut og han kan gjøre åpningen mindre igjen så en får god kastevidde. For hver oppstilling av sprederen kan en gjødsla over 0,8 - 1,0 da.

Under spredning av gyllen må én mann betjene sprederen mens den andre blander gyllen og har tilsyn med pumpa. Utkjøring og spredning av gjødsel på brattlendte bruk er ofte vanskelig. Gylleanlegg løser således et transportproblem på eiendommen samtidig som det gir en rask og effektiv spredning av naturgjødsla.

Kostnadene til utstyr blir ikke særlig store hvis en forutsetter at en allerede har rørene for vatningsanlegget. Både pumpe og spreder kan med fordel nyttes av flere eiendommer i fellesskap da det blir kort brukstid på hver enkelt eiendom.

2. Tvag.

Der en har tvagkum i forbindelse med gjødselekjelleren, kan en med fordel spre tvaget ut gjennom vatningsanlegget. Tapet av kvelstoff blir lite når tvaget blandes med vatn og dessuten kan en vaske ned gjødsla med rent vatn før en flytter sprederen. Blandingsforholdet tvag-vatn kan variere mellom 1:5 og 1:10 avhengig bl.a. av forholdene under spredningen av tvaget. Problemet vil i de fleste tilfelle være å få tvaget inn i vatningsanlegget på en rimelig måte. Hvis avstanden mellom tvagkummen og pumpestasjonen ikke er for stor, vil den enkleste løsningen være å legge en plastledning ned til

sugesida av pumpe. Tvaget kan da suges inn i anlegget og blandingsforholdet reguleres ved hjelp av en kran ved pumpe.

Går trykkledningen for vatningsanlegget i nærheten av driftsbygningen, kan det bli tale om å pumpe tvaget inn i trykkledningen. En må da bruke ei pumpe som leverer forholdsvis lite tvaget men som gir høgt trykk. Tannhjuls-pumpe ser ut til å passe godt i slike anlegg, men den er ømfintlig for forurensninger og en må derfor ha en rikelig dimensjonert synkekum ved inntaket til pumpe.

I enkelte tilfelle kan det bli tale om å ta tvaget inn i trykkledningen ved hjelp av en øjektor, men i de fleste tilfelle er trykkforholdene i anleggene slik at en får dårlig virkning av øjektoren.

Under spredningen må en kontrollere hvor mye tvaget er som blir spredd ut gjennom anlegget. Når en vet hvor stort areal sprederen dekker for hver oppstilling og en samtidig vet arealet av tvagekummen, kan en ved hjelp av en pellestav finne ut når en har fått spredd ut den ønskede mengden med tvaget. Det er en fordel å kjøre vatningsanlegget en tid etter at tvaget er stengt av så en får vasket av plantene og samtidig får vasket tvaget ned i jorda.

Spredning av tvaget foregår sikrest med store spredere. Har en effektiv silan-ordning foran inntaket i synkekummen, kan en godt nytte små spredere, men en dyse på 4-5 mm har lettere for å tettes til enn f.eks. en dyse på 12 - 14 mm.

3. Kunstgjødning.

Denne metoden er lite prøvd her i landet, men den kan brukes ved overgjødning av vekster som det er arbeidskrevende å gjødning på annen måte. Noen jevn fordeling av gjødning blir det ikke da en må regne med temmelig stor variasjon i vassfordelingen over en større flate. Det er ikke så uvanlig at en får dobbelt så mye vatn på én plass som på en annen. Fordelingen av gjødning vil da bli i samme forhold.

Det kreves lite ekstra utstyr for å spre kunstgjødning gjennom vatningsanlegget. Det enkleste er å ha et blandekar ved pumpestasjonen. Fra trykkledningen legges en slange bort i karet og en annen slange går fra karet og inn på sugesida av pumpe. Begge slangene utstyres med kraner.

Gjødning fylles i karet og det tilføres vatn fra trykkledningen. En åpner så for slangen på sugesida og får blandingen inn i anlegget. Innsugningen

må ikke foregå for fort. En har så mye gjødsel i karet som det skal til på det arealet sprederne dekker. Innsugningstida må være så lang at sprederen dreier mange ganger rundt under spredningen av gjødsla. Det fins også utstyr for spredning av kunstgjødsel som kan kobles inn i trykkledningen. Dette faller dyrere i anskaffelse men kan ha anvendelse der en har naturlig trykk på vatningsanlegget.

Anvendt litteratur.

Christensen, Svend Aa.: Markvanding. København 1961.

Harildstad, E.: Forelesninger om vatning og vatningsanlegg i jordbruket.
Norges Landbrukshøgskole 1950.

Rognerud, B.: Vatning. Bondens håndbibliotek. Oslo 1964.

Vatning, LOT, småskrift 11/61.

Kommunalteknikk nr. 48. Kurs i Oslo 1961.

Artikler: Norsk Landbruk nr. 13, 1961 og nr. 13 1964.