

EKSAMENSOPPGAVE

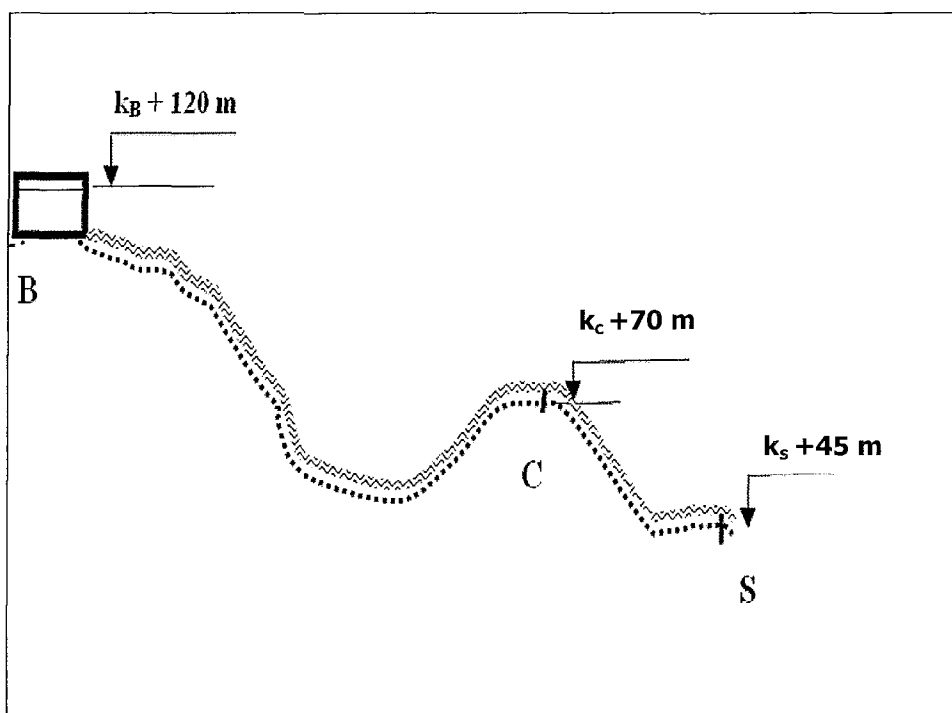
Fag: IRB36012 000 Vann- og miljøteknikk

Lærer: Geir Torgersen

Grupper: Bygg	Dato: 18.12.14	Tid: 0900 - 1300
Antall oppgavesider: 6	Antall vedleggsider: 5	
Sensurfrist: 14.01.15		
Hjelpemidler: Utdelt lommekalkulator		
Merknad: Oppgave 1 og 2 teller 30 % hver. Oppgave 3 og 4 teller 20 % hver Aktuelle formuler er vist i vedlegg 1 og 2.		
KANDIDATEN MÅ SELV KONTROLLERE AT OPPGAVESETTET ER FULLSTENDIG		

Oppgave 1 – VANN

Et lengdesnitt av et vannforsyningsystem er vist i figur 1. B er et høydebasseng. C er påkøplingspunkt for et tettsted med 1000 personer. S er påkøplingspunktet for en liten by der det bor 5000 personer. Ledningen fra bassenget B til C (BC) transporterer vann til begge stedene, mens ledning CS forsyner til byen som ligger ved S. Nøkkeldata er vist i tabell 1.



Figur 1: Lengdesnitt av vannforsyningssystemet

Antall personer ved C	1000 p
Antall personer ved S	5000 p
Nivå høydebasseng (B) topp vannstand	kt 120
Høyde pkt. C	kt 70
Høyde pkt. S	kt 45
Spesifikt totalt vannforbruk (q_d)	600 l/p*d
Maks timefaktor ¹⁾ k_{maks}	1,5
Maks døgnfaktor ¹⁾ f_{maks}	1,3
$Q_{brannvann}$ til pkt C	12 l/s
$Q_{brannvann}$ til pkt S	24 l/s
Lengde B-C	2800 m
Lengde C-S	1200 m
f (friksjonskoeffisient) i ledningene	0,02

Tabell 1: Nøkkeldata for vannforsyningsystemet

¹⁾ Maks timefaktor og maks døgnfaktor er basert på målinger ut fra bassenget. De brukes derfor til å beskrive det totale vannforbruket i maksimalsituasjonen.

- a) Ta utgangspunkt i figur 1 og en tenkt situasjon med minimalt forbruk og ingen lekkasje i ledningsnett. Hva ville vanntrykket i C og S ha vært da? Begrunn svaret og vis med en skisse hvordan du kom fram til svaret.

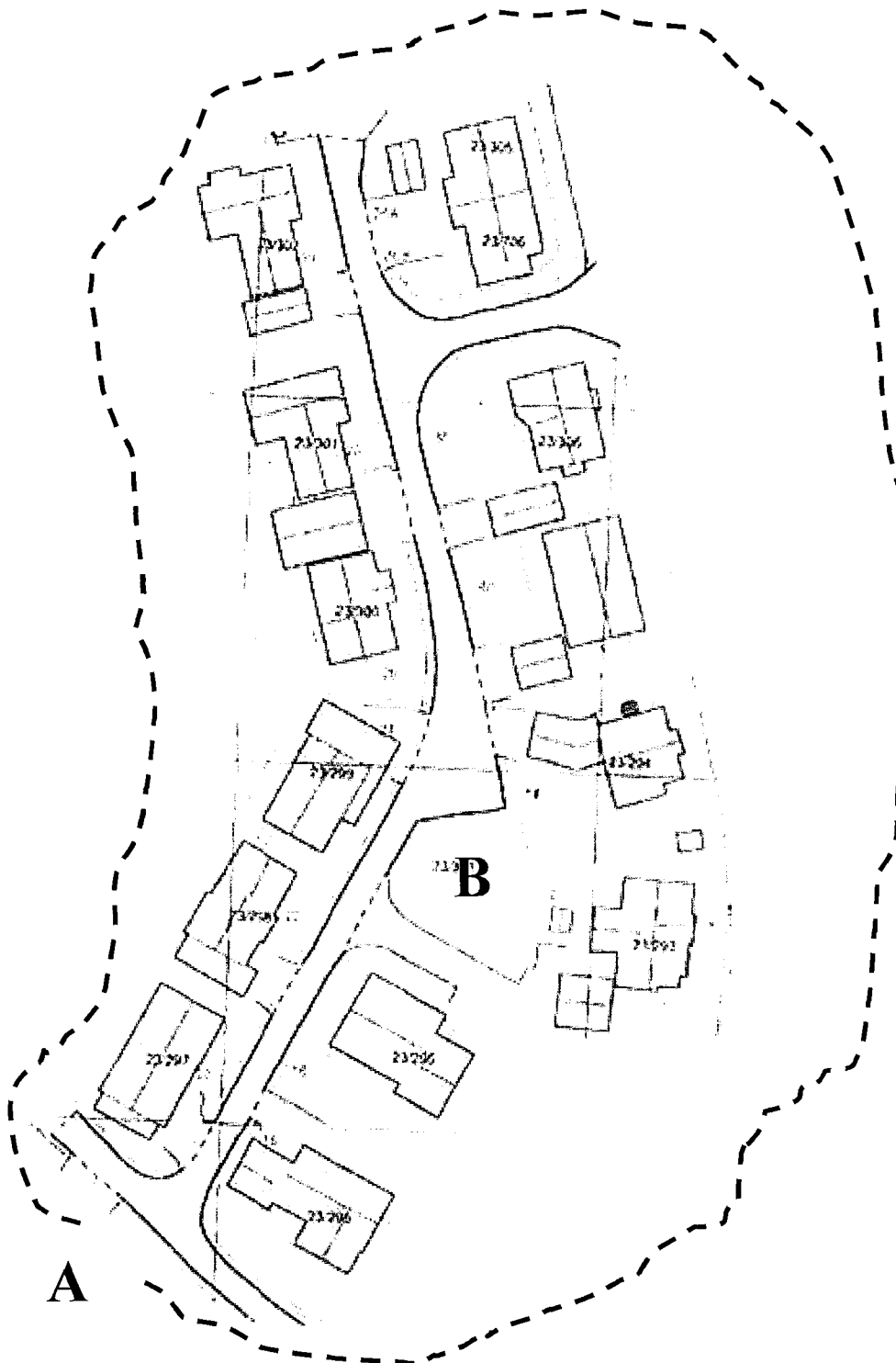
Hvis det plutselig oppstår en stor vannlekkasje på hovedledningen mellom C og S vil de som bor ved S kunne miste vannet. Hvordan vil de som bor ved C kunne merke vannlekkasjen?

- b) Det planlegges ny ledning fra bassenget B til C og fra C til S. Nøkkeltall som skal brukes i beregningen er vist i tabell 1. Det antas at det i dimensjonerende situasjon begge steder er maksimalt forbruk og at det er behov for brannvannsutttak i begge stedene samtidig. Finn dimensjonerende vannmengde (Q_{dim}) for ledningene BC og CS.
- c) Finn dimensjonene på ledningene BC og CS når vi krever et disponibelt trykk på minst 20 mVS i C og 30 mVS i punkt S. Bruk Darcy-Weisbachs formel og anta at ledningene skal være i duktilt støpejern med friksjonskoeffisient $f=0,02$. Aktuelle dimensjoner for duktilt støpejern er som vist i vedlegg 5.

Oppgave 2 - AVLØP

Figur 2 viser et boligområde på 2 ha som er under planlegging. Grensene som er inntegnet med stiplet strek rundt området, utgjør nedbørsfeltet.

Terrenget heller nedover på figuren og overvannet skal ledes ut fra feltet via overvannsledning i gata som går gjennom feltet og ned til pkt A (ledningen er ikke inntegnet på figuren).



Figur 2: Plantegning over nedbørsfeltet

- a) Anta at den rasjonelle formel gjelder for dette feltet. Anta videre følgende:
- Feltets areal er på totalt 2 ha og har en gjennomsnittlig avrenningsfaktor $\phi=0,35$
 - Overvannssystemet skal dimensjoneres for 10 års regn iht. IVF-kurve for Blindern (se vedlegg 3).
 - Tilrenningstiden (t_s) fram til ledningen er 6 min
 - Strømningstiden i rørene (t_r) ved dimensjonerende situasjon er 2 min

Finn konsentrasjonstiden (t_k) for feltet i figur 2.

Finn Q_{dim} ved pkt A, helt nederst i dette feltet

- b) Ledningen som skal føre vannet videre fra pkt. A på figur 2 og ut av feltet er bygget allerede. Det er en $\phi 315$ PVC-ledning med ruhet $k=0,2$ mm. (Se vedlegg 5 for nærmere spesifikasjoner om PVC-ledningen). Denne ledningen ligger med 10 % fall fra pkt. A til nærmeste bekk.

Vis ved hjelp av Colebrooks diagram i vedlegg 4 at dette er for liten diameter i dimensjonerende situasjon og kan føre til oversvømmelse.

- c) Kommunen har foreslått at man skal lage en åpen dam ved pkt. B på figur 2 som kan fordøye overvannet ved kraftig regnvær, men beboerne ønsker ikke åpne vannspeil siden det vil bo mange barn i området. Hvilke andre tiltak kan være aktuelle her for å unngå oversvømmelse i den nederste delen av området? Hvilke fordeler og ulemper ser du med de tiltakene du foreslår?

Oppgave 3 – VANN OG AVLØP

- a) Modellering av vannforsyningsystemer kan gjøres i dataprogrammer som f.eks. EPANET. Beskriv hvilke inputparametere som er nødvendig å knytte til ledninger (pipes) og knutepunkt (junctions) når du lager en modell i EPANET.

Du har kjørt en simulering av modellen i EPANET og modellen fungerer. Hvilke resultater har modellen da beregnet for ledninger og knutepunkt?

Hva vil det si å kalibrere en modell av et vannforsyningsystem?

Du har laget en EPANET-modell av et vannforsyningsystem. Beskriv hvordan du kan kalibrere modellen.

- b) Drikkevannsprøver fra to forskjellige steder er analysert ved et laboratorium. Det er:
1. Råvann (ubehandlet vann) fra en elv, f.eks. Glomma
 2. Drikkevann hentet fra vannkrana i en bolig som er tilknyttet kommunalt drikkevann, f.eks. Sarpsborg eller Fredrikstad

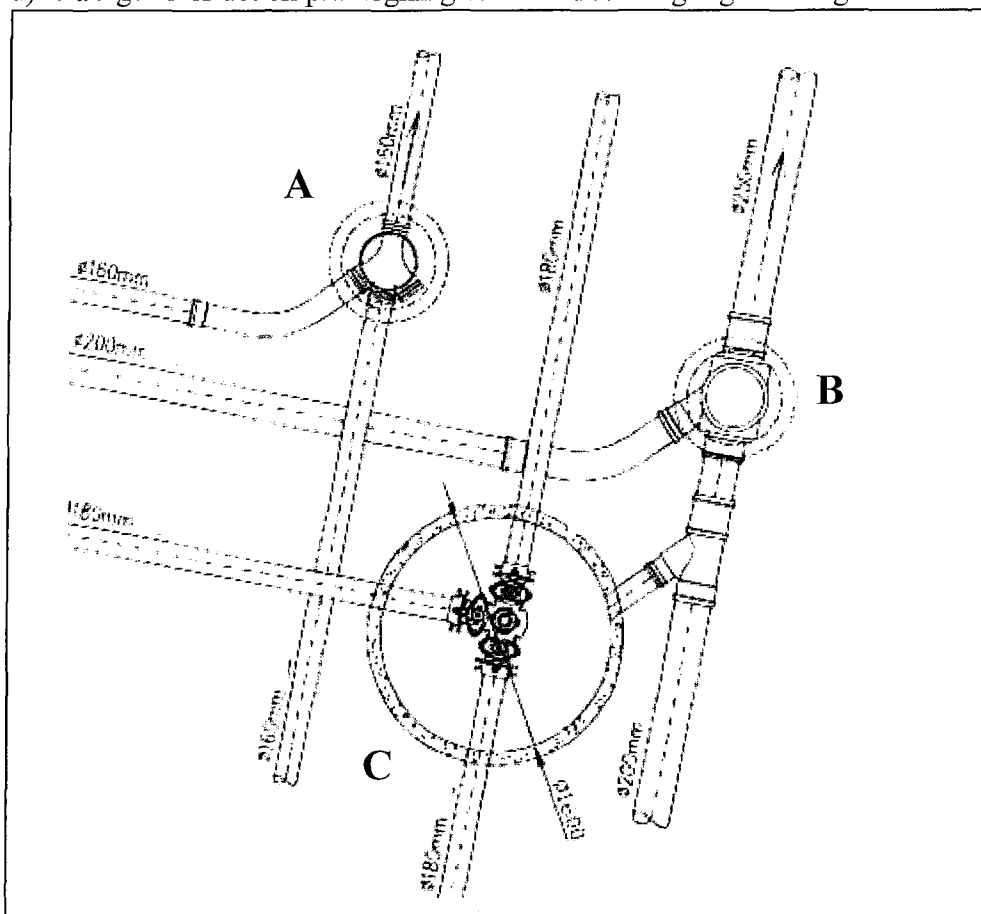
Hvis du skal vurdere vannkvaliteten ut fra resultatene i laboratorieprøvene. Hvilke parametere vil være typiske «kjennetegn» for hver av disse og kan skille dem fra hverandre dersom du ikke visste hvor prøvene var tatt?

- c) På mange avløpsrenseanlegg (som f.eks. Fuglevik renseanlegg) fjernes det ca 90% fosfor fra avløpsvannet gjennom renseprosessen.

Beskriv, gjerne med en skisse, hvordan fosfor og andre stoffer fjernes fra avløpsvannet i et kjemisk avløpsrenseanlegg.

Beskriv hva som kan skje dersom man får for store fosforutslipp i resipienten?

- d) På figur 3 er det en plantegning som viser ledninger går inn og ut av 3 kummer.



Figur 3: Plantegning av VA-ledninger og kummer

Kummene på figur 3 er gitt bokstavene A, B og C. Hvilken kum (A, B og C) på figuren er for vann, spillvann og overvann?

Forklar på så mange måter som mulig hvordan du kan se hvilken kum som er henholdsvis vann, spillvann og overvann.

Kummen merket med bokstaven C på figuren er større og inneholder mer enn de to andre. Forklar hva som er i denne kummen og hvilken funksjon dette har.

Det står ikke på figuren hva slags ledningsmateriale som er på de forskjellige ledningene. Forutsett at dette er et vanlig boligfelt med vanntrykk (40-60 mVS). Hvilke ledningsmaterialer ville du ha brukt her på hhv. vann, spillvann og overvannsledninger her? Begrunn svaret.

Oppgave 4 RENOVASJON

a) Nettsiden miljøstatus.no viser hvordan Norge ligger an i avfallspolitikken. Her er det flere miljømål som f.eks:

- Miljømål nr 1: Lavere vekst i mengden avfall enn i økonomien
- Miljømål nr 2: Mer avfall til gjenvinning

Hvordan har utviklingen på disse to målene vært i Norge de siste årene?

Hva er årsaken til denne utviklingen, og hva kan evt. Norge gjøre for å bli enda bedre?

b) Matavfall kan behandles på flere måter. Hvilke ulike metoder er i dag tillatt i Norge for håndtering av matavfall? Beskriv fordeler og ulemper med disse metodene.

c) Fylkesmannen i Østfold, miljøvernavdelingen fører tilsyn med bedrifter i Østfold i forhold til avfallsvirksomhet.

Hva er hensikten med slike tilsyn?

Hvordan går de fram når de skal ha tilsyn med en bedrift?

Hva kan konsekvensen av slike tilsyn bli?

d) Hva menes med farlig avfall?

Hvordan skal man håndtere farlig avfall fra bygg- og anleggssektoren på korrekt måte?

Nevn to eksempler på byggavfallstyper som kan være farlig avfall fordi det inneholder miljøgifter.

FORMELARK 1 – IRB 36012 Vann- og miljøteknikk

(ikke alle formlene er nødvendige å bruke i eksamensbesvarelsen)

VANNFORBRUK

Ved beregning av vannverkets **totale vannforbruk** (ofte målt i m³/år):

- Q_p = privat forbruk
- Q_i = industriforbruk
- Q_o = offentlig forbruk
- Q_t = tap og sløsing (lekkasjer)

Totalt vannforbruk, $Q_T = Q_p + Q_i + Q_o + Q_t$

Spesifikt vannforbruk måles ofte i l/p*d

- q_p = spesifikt privat forbruk
- q_T = spesifikt totalforbruk

Variasjonsfaktorer vannforbruk:
 f er døgnfaktor, Q_d er døgnforbruk
 k er timefaktor, Q_h er timeforbruk

$$f_{maks} = \frac{Q_{d maks}}{Q_{d midlere}}$$

$$f_{min} = \frac{Q_{d min}}{Q_{d midlere}}$$

$$k_{maks} = \frac{Q_{h maks}}{Q_{h midlere}}$$

$$k_{min} = \frac{Q_{h min}}{Q_{h midlere}}$$

HYDRAULIKK Bernoullis likning

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta h_{tap}$$

I praktiske problemstillinger innen vannforsyningen kan likningen forenkles til:

$$z_1 + h_1 = z_2 + h_2 + \Delta h_{tap}$$

Der:

z_1 er kotehøyden i pkt 1, z_2 i pkt 2

h_1 er trykkhøyden i pkt 1, h_2 i pkt 2

Δh_{tap} er trykktapet fra 1 til 2

Kontinuitetslikningen:

$$Q = V \cdot A$$

Q = Vannføring (m³ / sek)

V = Vannhastighet (m / sek)

A = Tverrsnittsareal (m²)

Darcy Weissbachs formel:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Her er: h_f = falltap i m

L = ledningslengde i m

D = ledningsdiameter i m

v = vannhastigheten i m/s

g = gravitasjonskonstanten m/s²

f = friksjonskoeffisienten

Kombinasjon av Kontinuitetslikningen og Darcy Weissbachs formel for å finne diameter

$$D^5 = \frac{f \cdot L \cdot Q^2 \cdot 8}{g \cdot \pi^2 \cdot h_f}$$

FORMELARK 2 – IRB 36012 Vann- og miljøteknikk

(ikke alle formlene er nødvendige å bruke i eksamensbesvarelsen)

AVLØPSMENGDER

Dimensjonerende avløpsmengder
spillvannsledninger

$$Q_{dim} = Q_{midl} * f_{maks} * k_{maks} + Q_{inf}$$

Q_{inf} = maksimal infiltrasjonsmengde
 $f_{maks} = Q_{maks \text{ døgn}} / Q_{midl \text{ døgn}}$
 $k_{maks} = Q_{maks \text{ time}} / Q_{midlere \text{ time}}$

fellesledninger

$$Q_{dim} = Q_{midl} * f_{maks} * k_{maks} + Q_{inf} + Q_o$$

Q_o = overvannsmengde

● **spesifikt vannforbruk** måles ofte i $l/p \cdot d$

- q_p = spesifikt privat forbruk
- q_T = spesifikt totalforbruk

Hvis Q_T er totalforbruket for et år målt i $m^3/\text{år}$. Da er midlere spesifikke forbruk q_T (med enhet $l/p \cdot d$)

$$q_T = \frac{Q_T \cdot 10^3}{365 \cdot p}$$

Beregning av overvannsmengde

Rasjonelle formel $Q = \phi A I$

Q = Avrent vannføring fra bydelen i liter pr. sekund. (liter / s)

ϕ = Forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og total nedbørmengde.

● A = Området innenfor vannskillene rundt feltet i ha.

I = Nedbørintensitet i liter pr. sekund og ha (l/s ha).

Konsentrasjonstid

t_k er konsentrasjonstiden er tiden en regndråpe bruker fra den faller helt i ytterkant av feltet til den når frem til utløpet av feltet.

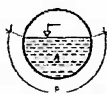
$$t_k = t_s + t_i \text{ der}$$

- t_s er strømningstid på overflaten frem til et sluk
- t_i er strømningstiden i rørene

SELVRENSING

Hydraulisk radius

$$R = \frac{A}{P}$$



A = "Vått" areal av tverrsnittet

P = "Lengden av den "våte" periferien i tverrsnittet

For et fylt rør er: $R = \frac{A}{P} = \frac{\pi \cdot (\frac{D}{2})^2}{\pi \cdot D} = \frac{D}{4}$

Jevnt fordelt skjærspenning:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot I$$

τ_0 = jevnt fordelt skjærspenning i N/m^2

γ = vannets spesifikke vekt i N/m^3

$$\gamma = \rho \cdot g = 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \approx 10^4 \text{ N/m}^3$$

$R = A/P$ = hydraulisk radius i m

$I = \sin \alpha$ = helning i m/m

(Vi forutsetter et helningsvinkelen α er såvidt liten at vi kan sette $\sin \alpha = I$, dvs. helningen på bunnen.)

Gjennomsnittlig skjærspenning for fylte rør

$$\tau_{fylt} = \gamma \cdot \frac{D}{4} \cdot I$$

Maksimal skjærspenning:

$$\tau_{maks} = 4 \cdot \frac{h}{D} \cdot (1 - \frac{h}{D}) \cdot \gamma \cdot \frac{D}{4} \cdot I$$

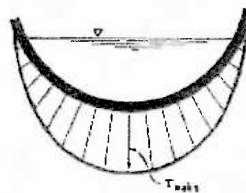


Fig. 5.5. Skjærspenningen varierer langs den våte periferi.

OVERLØP

Kritisk overløp



Vannføring til overløpet: $Q_T = Q_S + Q_{inf} + Q_o$

Overvannsmengden Q_o er kritisk:

$$Q_o = \phi \cdot A \cdot i \text{ (den rasjonelle formel)}$$

(For enkelthets skyld benevnes: $\phi \cdot A = A_{red}$ redusert areal)

Når Q_T har nådd en bestemt grense trer overløpet i funksjon.

Denne vannføringen kalles kritisk vannføring Q_{TKr} :

$$Q_{TKr} = Q_S + Q_{inf} + (A_{red} \cdot i_{kr})$$

i_{kr} er den kritiske regnintensiteten målt i l/s*ha. Når $i > i_{kr}$ trer overløpet i funksjon

Overløpsinnstilling

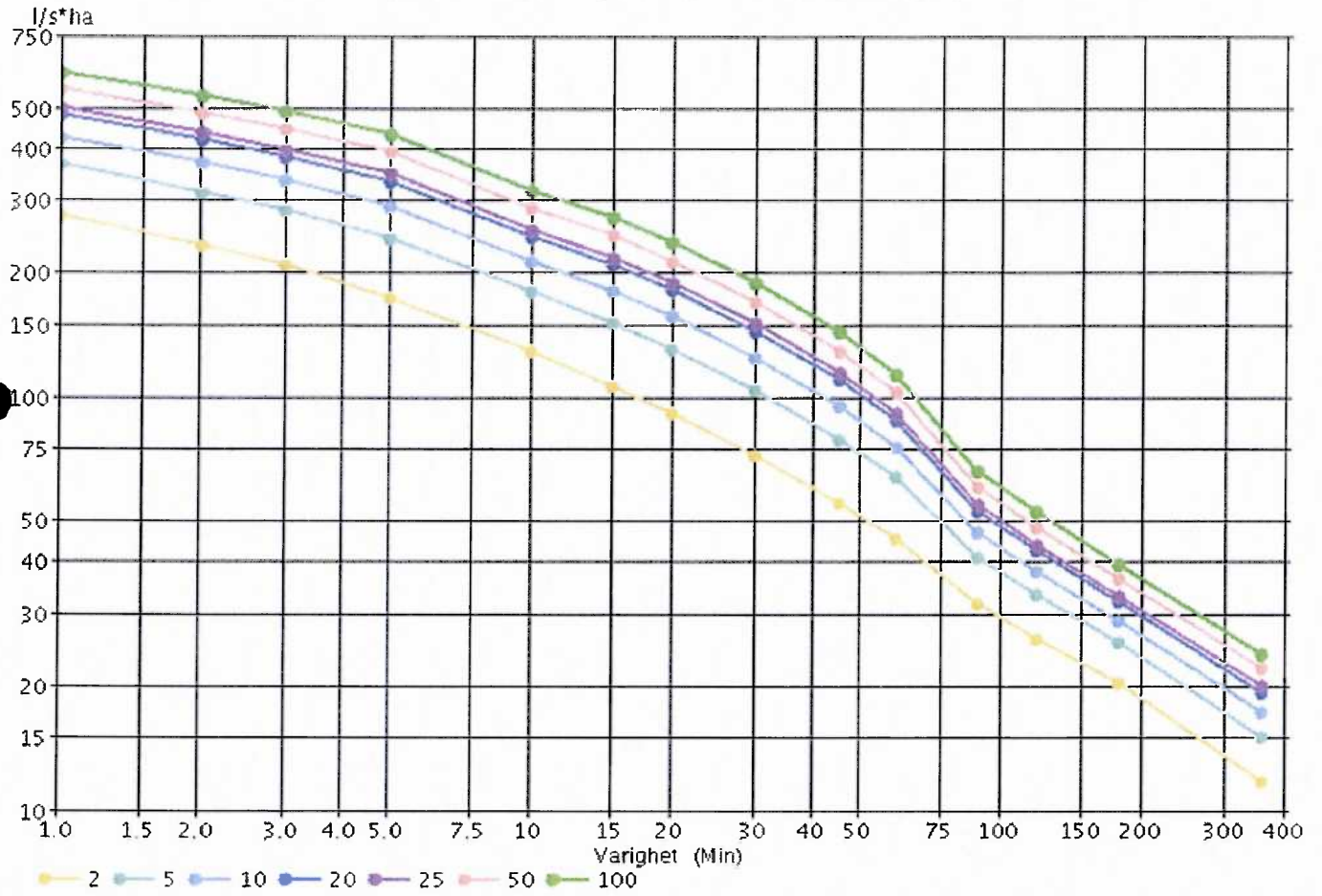
$$n = \frac{Q_{TKr}}{Q_S}$$

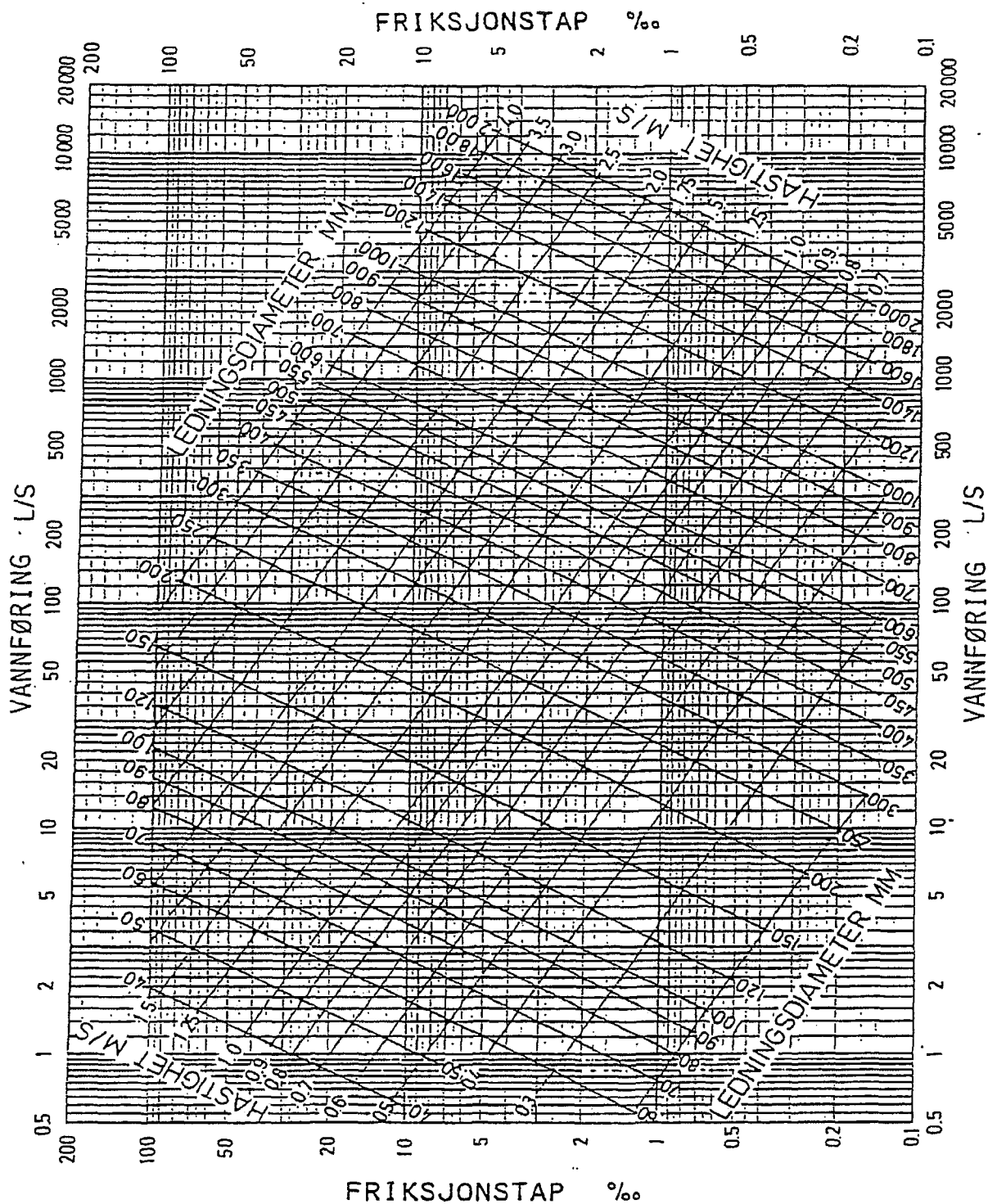
IVF kurve for Blindern

Periode:1968-2008

Intensitet

18701 OSLO - BLINDERN PLU Returperiode(år)





Trykktapsdiagram for fylte rørledninger etter Colebrooks formel med ruhet $k = 0,2 \text{ mm}$

Duktilt støpejernsrør for vannforsyning (aktuelle rørdiametere):

Tabell 1: Standard dimensjoner og største tillatte driftstrykk (PFA) for mufferrør /2/.

DN mm	PFA (bar)		
	C 40	K 9	K 10
80	64	85	85
100	64	85	85
125 *	64	85	85
150	62	79	85
200	50	62	71
250	43	54	61
300	40	49	56
350 *	40	45	51
400	40	42	48
450*	-	40	45
500	-	38	44
600	-	36	41
700	-	34	38
800	-	32	36
900	-	31	35
1000	-	30	34
1100 *	-	29	32
1200	-	28	32
1400	-	28	31
1500 *	-	27	30
1600	-	27	30
1800	-	26	30
2000	-	26	29

*) Lite kurante dimensjoner

PVC-grunnrør for overvann (aktuelle rørdiametere):

PVC-Grunnrør med en mufte klasse T8							
NRF nr.	D mm	d mm	s mm	M mm	L m	kg/ stk,	dm mm
225 10 19	75	69,0	3	54	6	6,33	92
225 10 59	110	103,4	3,2	70	6	10,13	129
225 10 79	125	117,6	3,7	71	6	13,14	145
225 11 19	160	150,6	4,7	84	6	21,06	185
225 11 59	200	188,2	5,9	165	6	32,5	242
225 11 99	250	235,4	7,3	183	6	50,25	300
225 12 39	315	296,6	9,2	205	6	79,76	373
225 12 79	400	376,6	11,7	234	6	136,71	470