

# KAPASITETSVURDERINGER AVLØP – UTBYGGING HØYDEN

## INNHold

1	Innledning	3
2	Utviklingsområder	4
3	Dimensjoneringskriterier	4
3.1	Anbefaling i veiledere	4
3.2	Valg av dimensjoneringskriterier	7
4	Forutsetninger	7
4.1	Forutsetninger og antagelser spillvann	7
4.2	Forutsetninger og antagelser overvann	8
5	Kapasitet på eksisterende spillvannsystem	9
5.1	Kapasitet ledningsnett spillvann	9
5.2	Kapasitet pumpestasjoner og pumpeledninger	9
5.3	Oppsummering kapasitet spillvann	10
6	Dagens belastning på avløpssystemet	12
6.1	Dimensjonerende spillvannsmengde i avløpssone 224	12
6.2	Dimensjonerende spillvannsmengde i avløpssone 220	12
7	Restkapasitet på spillvannsystem	12
7.1	Restkapasitet med én pumpe i drift	12
7.2	Restkapasitet med to pumper i drift	13
7.3	Forventet utbygging	13
7.4	Oppsummering spillvann	13
8	Overvann	15
8.1	Kapasitet ledningsnett overvann	15
8.2	Beregning av overvannsmengder	16
8.3	Vurdering av kapasitet på overvannsnett	17
9	Konklusjon	21

OPPDRAGSNR.

A226311-001

DOKUMENTNR.

A226311-001-001

VERSJON

1.0

UTGIVELSESDATO

29.04.2021

BESKRIVELSE

Kapasitetsvurdering-utbygging TSMN

UTARBEIDET

TSMN

KONTROLLERT

BSB

GODKJENT

TSMN

## BILAG

Bilag A	Ledning A	22
Bilag B	Ledning B	23
Bilag C	Ledning C	24
Bilag D	Ledning D	25
Bilag E	Pumpeledning PA220	26
Bilag F	Pumpeledning PA224	27
Bilag G	OV1 315 PVC	28
Bilag H	OV1 300 PP	29
Bilag I	OV2 400 BET	30
Bilag J	OV2 500 BET	31
Bilag K	OV2 600 BET	32
Bilag L	OV3 600 BET	33
Bilag M	OV4 400 BET	34
Bilag N	OV4 600 BET	35
Bilag O	OV4 800 BET	36
Bilag P	OV5 315 PVC	37
Bilag Q	OV5 400 BET	38
Bilag R	OV5 500 BET	39
Bilag S	OV5 600 BET	40
Bilag T	OV6 800 BET	41

## 1 Innledning

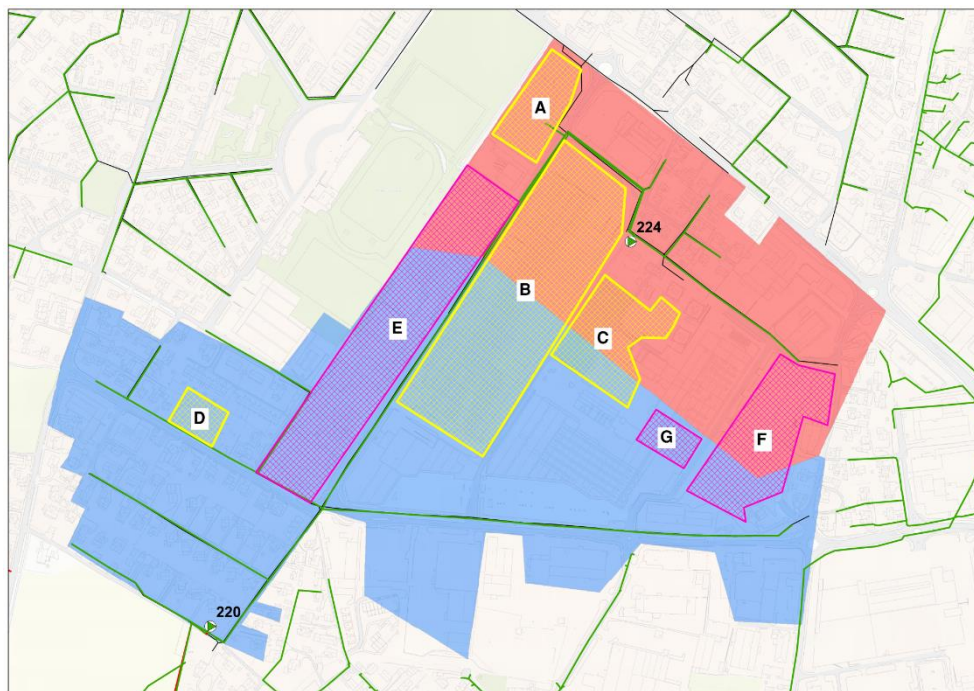
Høyden-området er under stadig større utvikling. Det er et område som har mye industri/detaljhandel, men hvor det pågår boligbygging. Det er planlagt en betydelig boligbygging fremover.

I rapporten "Kapasitetsberegninger avløp – Rabekkgata/Høyden" fra 2019 ble planlagt utbygging for Rosenvinge Park (104 nye boenheter er ferdig), Ryggeveien 33, Varnaveien 10 og Rabekkgata 4-6 behandlet, se gule polygon i figur 1. Det dreide seg da om totalt ca. 1250 boliger.

I forbindelse med ny kommunedelplan er det flere områder som skal utvikles. Denne oppdaterte rapporten tar for seg disse nye områdene i tillegg til områdene behandlet i 2019.

Denne rapporten beskriver kapasitet på spillvanns- og overvannsnett, og hvor stor økning i antall PE spillvannsnett kan tåle uten at det er behov for oppgraderinger.

Det er to avløpssoner i området, se figur 1. Avløpssvannet fra sone 224 pumpes til avløpssone 220.



**Figur 1: Høyden-området. Gule polygon er områder med boligbygging fra rapport i 2019. Rosa polygon er nye utviklingsområder. Rød polygon er avløpssone 224 og blå polygon er avløpssone 220.**

I tillegg er det gjort en vurdering spesifikk spillvannsmengde, døgnfaktor og timefaktor for dimensjonering dette området.

## 2 Utviklingsområder

I etterfølgende beregninger er følgende utbygging beregnet.

- > Felt A: Ryggeveien 33 - 150 boliger
- > Felt B: Rabekkgata 4-6 - 800 boliger
- > Felt C: Rosenvinge park - 160-190 boliger
- > Felt D: Varnaveien 10 - 40 boliger
- > Felt E: Rabekkgata 5-23 - 500 boliger
- > Felt F: Trioivinveien - 100 boliger
- > Felt G: Lilleengveien 4 - 150 hotellrom
- > Totalt for feltet - 200-300 kontorplasser

Øvre estimat benyttes i etterfølgende beregninger. Det er ikke avklart om hotell i felt G blir realisert, men det beregnes med det i etterfølgende beregninger.

## 3 Dimensjoneringskriterier

I små avløpsfelt vil variasjonene være større enn i store områder.

Hovedplan vann og avløp for Moss kommune anbefaler å benytte spesifikk spillvannsmengde  $q=150$  l/pd. Hovedplanen sier ikke noe om timefaktor og døgnfaktor.

VA norm for Moss kommune anbefaler å benytte spesifikk spillvannsmengde  $q=170$  l/pd og maks timefaktor  $k_{maks}= 2,75$ , VA-normen sier ikke noe om maks døgnfaktor  $f_{maks}$ .

Moss kommune har tidligere blitt anbefalt disse to alternativene modeller, se tabell 1. Der  $M=\text{timefaktor} \times \text{døgnfaktor}$

**Tabell 1: To alternative modeller for dimensjonering**

	Modell 1	Modell 2
<b>L/person/døgn</b>	150	170
<b>Timefaktor</b>	2,75	2
<b>Døgnfaktor</b>	1,5	2
<b>M</b>	4,125	4

Da det er sprikende anbefalinger for dimensjoneringskriterier, har COWI fått i oppdrag av Moss kommune å se nærmere på anbefalte dimensjoneringskriterier.

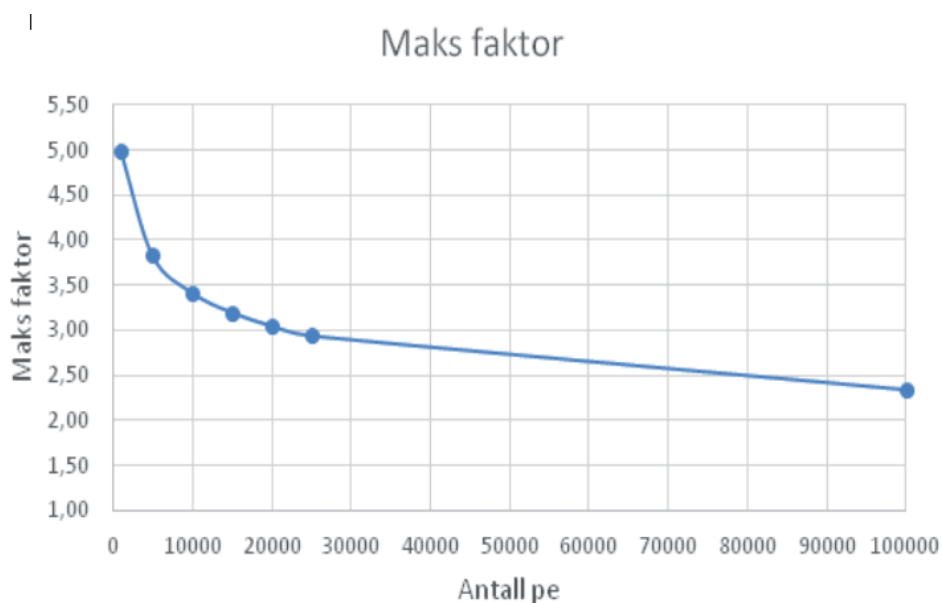
### 3.1 Anbefaling i veiledere

I VA Miljø blad nr.115/2015 er anbefalte faktorer oppsummert i tabell 2. Den anbefaler å benytte spesifikk spillvannsmengde  $q=150$  l/pd.

**Tabell 2: Faktorer anbefalt i VA-miljøblad**

Type område	Døgnfaktor $f_{maks}$	Timefaktor $k_{maks}$
>10 000 pe	1,3-1,8	
3 000 – 10 000	1,3-2,1	1,4-2,7
1 000 – 3 000	1,5-2,3	1,7-3,0
Mindre	2,0-4,0	2,0-4,0

Det henvises til figuren under for maks faktor (M).

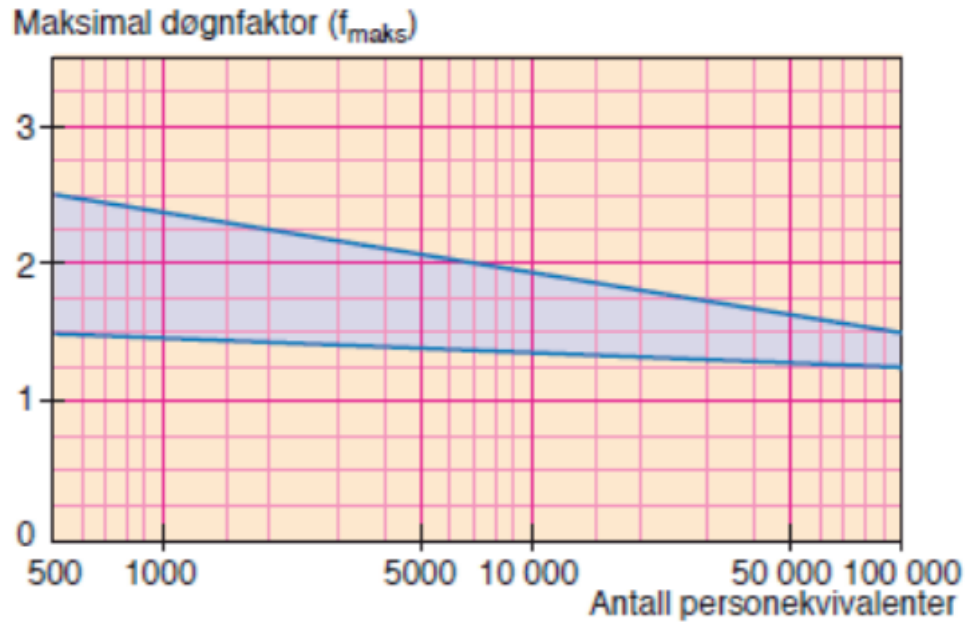


**Figur 2: Maks faktor ( $f_{maks} \times k_{maks}$ ) som funksjon av områdets antall pe. (Butler & Davies 2010).**

Norsk Vann rapport 193/2012 "Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportssystem" anbefaler å benytte spesifikk spillvannsmengde  $q=150$  l/pd for nye anlegg.

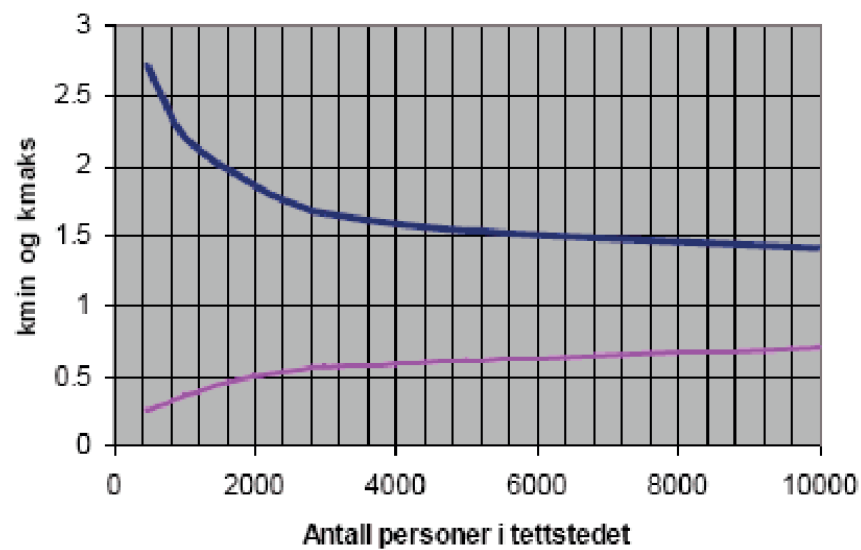
Når det kommer til timefaktor, døgnfaktor eller M kommer ikke veilederen med noen klare anbefalinger.

For døgnfaktor sier veilederen at 1,3 er vanlig for store anlegg og 1,6 for små anlegg uten å utdype hva som er store og små anlegg. veilederen har også med figur for døgnfaktor fra Svenskt vattens publikasjon P83 fra 2001, se figur 3.

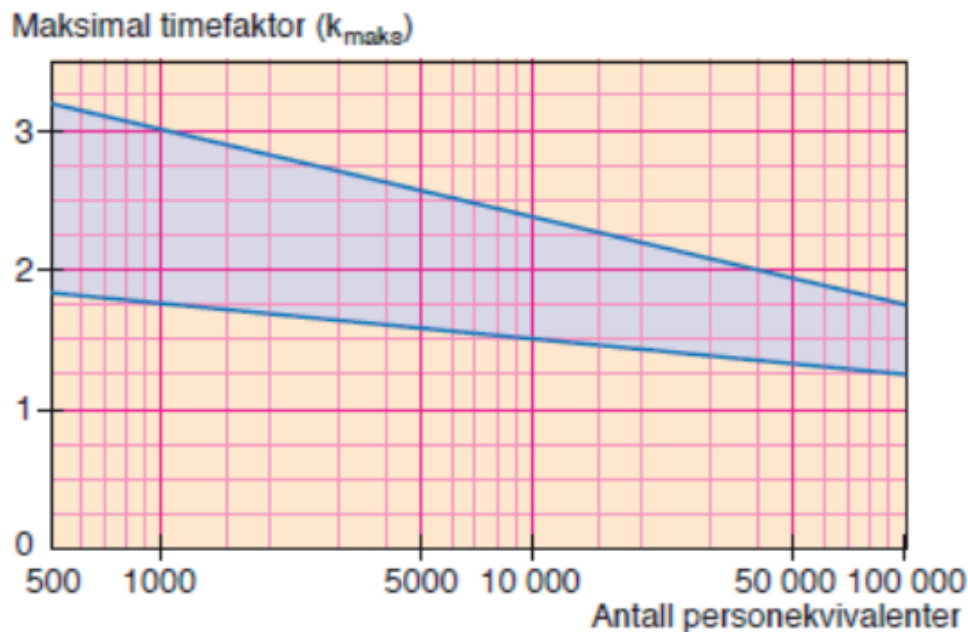


Figur 3: Døgnfaktor fra Svenskt vatten P83.

Når det gjelder timefaktor har veilederen en egen figur fra Norsk Vann 2012 og en fra Svenskt vattens publikasjon P83, se figur 4 og 5.



Figur 4: Prinsipp for maks (blå linje) og min (rosa linje) timefaktor (Norsk Vann 2012).



Figur 5: Maks timefaktor (Svenskt Vatten P83, 2001).

### 3.2 Valg av dimensjoneringskriterier

Etter en samlet vurdering av anbefalinger i veilederene og dialog med Moss kommune er det besluttet å benytte følgende kriterier for dette området:

- > Spesifikk spillvannsmengde  $q=150$  l/pd
- > Maks døgnfaktor  $f_{maks}=2,1$
- > Maks timefaktor  $k_{maks}=1,8$

Dette gir en  $M=3,8$ . Dette harmonerer bra med pumpet mengde fra PA220.

Det anbefales at det utarbeides en egen graf/tabell som kan benyttes for hele Moss kommune som gir faktorer ut fra antall pe i de aktuelle områdene.

## 4 Forutsetninger

Etterfølgende formler er basert på Norsk Vann rapport 193/2012 "Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem" og "Overvannsveileder for kommunene i vannområdene Morsa og Glomma sør", COWI 2018.

### 4.1 Forutsetninger og antagelser spillvann

- > Det antas at det i snitt vil være 1,7 pe per ny boenhet
- > Per juni 2017 var det registrert 248 PE i sone PA224 og 561 PE i sone PA220, totalt 809 PE. I tillegg har 110 nye boenheter blitt ferdigstilt i Rosenvinge park. Det er antatt er det 1,7 PE per ny boenhet som er ferdig bygget, dette gir 187 PE. Totalt føres det i dag avløpsvann fra 435 PE til pumpestasjon PA224 Sophus Lies vei og 996 PE til pumpestasjonen i PA220 Borgermester Aases gate.

- > Måledata fra PA220 for 2020 viser en gjennomsnittlig vannmengde på 215 m<sup>3</sup>/d. Målt spillvannsproduksjon per PE beregnes med følgende formel:

$$Q_{\text{middel,målt}} = q_{\text{middel,PE}} \times PE$$

$$q_{\text{middel,PE}} = \frac{Q_{\text{middel,målt}}}{PE} = \frac{216 \text{ m}^3/\text{d} \times 1000 \text{ l/m}^3}{996 \text{ PE}} = 216 \text{ l/p} * d$$

Det produseres altså i gjennomsnitt 216 l/person\*døgn, dette inkluderer eventuell innlekking av fremmedvann. I tillegg til personforbruk tilsvarende 150 l/pd vil det legges til innlekking tilsvarende 66 l/pd (996 pe), dette utgjør 0,76 l/s som legges til som konstant innlekking med 0,38 l/s i hver avløpssone.

- > Det antas to hotellsenger per hotellrom
- > Det beregnes 375 l/hotellseng\*døgn (Norsk Vann)
- > Det beregnes 50 l/ansatt\*døgn for kontor.
- > Det benyttes ikke døgnfaktor på hotell og kontor da det allerede beregnes med fullt belegg.

## 4.2 Forutsetninger og antagelser overvann

For å beregne overvannstilførselen benyttes den rasjonelle formel:

$$Q = \varphi * A * I$$

Der:

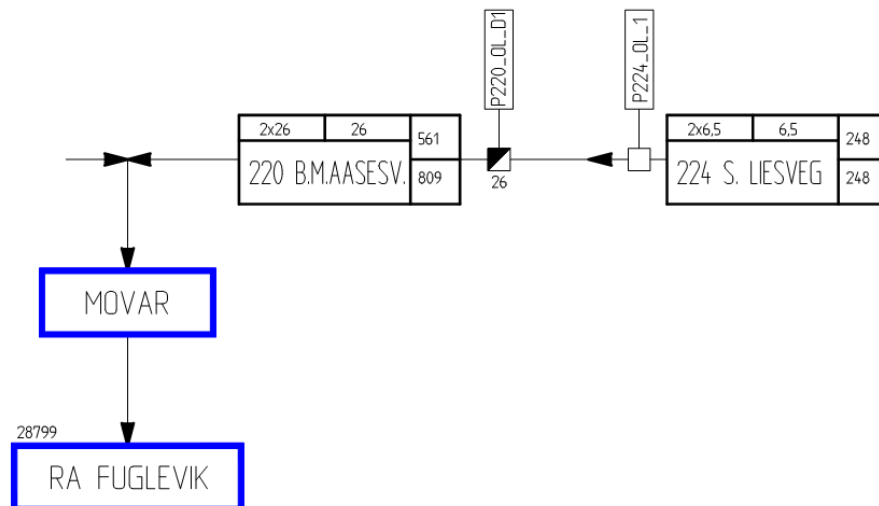
- Q=Overvannets maksimale vannføring/overflateavrenning (l/s)
  - $\varphi$ =Nedbørfeltets midlere avrenningskoeffisient
  - A=Nedbørsfeltets areal (ha)
  - I=Nedbørintensitet (l/s\*ha)
- > Ifølge VA-normen skal overvannsnettets dimensjoneres etter 25-årsflom, og dimensjonerende nedbørintensitet er satt til I=220 l/s\*ha.
  - > Midlere avrenningskoeffisient settes til  $\varphi=0,45$  basert på forholdet mellom permeable og tette flater, og topografi.
  - > For å ta høyde for fremtidige klimaendringer benyttes en klimafaktor på 1,5.



## 5 Kapasitet på eksisterende spillvannsystem

### 5.1 Kapasitet ledningsnett spillvann

Spillvann fra avløpssone PA224 pumpes til avløpssone PA220. Avløpssvann fra avløpssonene PA220 pumpes via Dyreveien til MOVARs pumpestasjon og videre til Fuglevik renseanlegg, se figur 6.



**Figur 6: Fra systemskisse avløp - Moss kommune, 2019.**

Det er beregnet kapasitet for selvfallsledningene frem til pumpestasjonene Sophus Lies vei (PA224) og Borgermester Aases gate (PA220) basert på registrert fall og dimensjon i Gemini VA for hele ledningsstrek mellom knutepunkter, se figur 8 og 9.

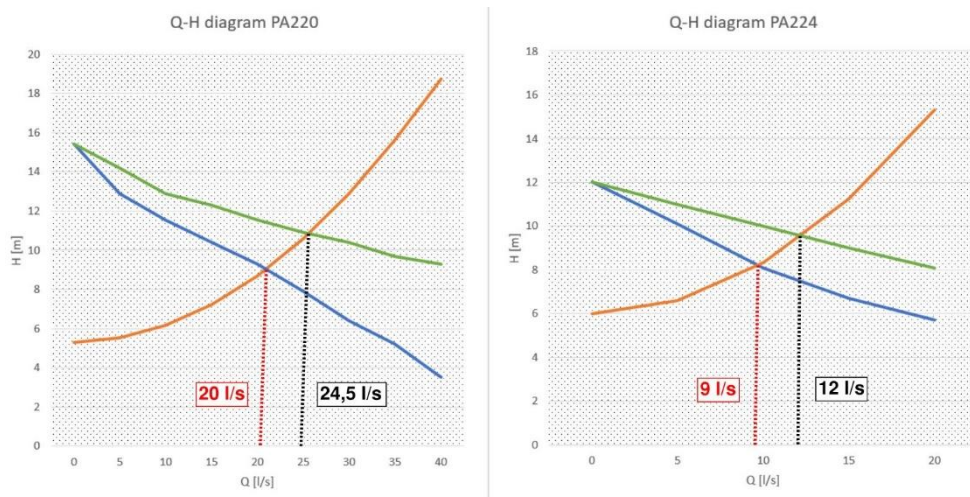
- > Ledning A: Spillvannsledningen (Ø200 mm PP) fra Rabekkgata til PA224 Sophus Lies vei har en kapasitet på 20 l/s, se Bilag A.
- > Ledning B: Spillvannsledningen (Ø200 mm PVC) i Rabekkgata med selvfall mot Varnaveien har en kapasitet på 23 l/s, se Bilag B.
- > Ledning C: Spillvannsledningen (Ø250 mm PVC) i Rabekkgata mellom Varnaveien og Borgermester Aases gate har en kapasitet på 55 l/s, Bilag C.
- > Ledning D: Spillvannsledningen (Ø160 mm PVC) i Borgermester Aases gate mellom Rabekkgata og PA220 Borgermester Aases gate har en kapasitet på 21 l/s, se Bilag D.

### 5.2 Kapasitet pumpestasjoner og pumpeledninger

Pumpestasjonene PA220 Borgermester Aases gate og PA 224 Sophus Lies vei har to pumper, men bare en er i drift av gangen.

Ved å se på Q-H diagrammene til de to pumpestasjonene, figur 7, kan kapasiteten til pumpestasjonene fastsettes ved å se på skjæringspunktene til pumpekurvene og ledningskurven.

- > Oransje: Pumpeledningens karakteristikk, se bilag E og F.
- > Blå: Pumpekurve med en pumpe
- > Grønn: Pumpekurve med to pumper



**Figur 7: Q/H-kurve for PA220 og PA224 med en pumpe og to pumper.**

PA224 har en beregnet kapasitet på ca. 9 l/s med en pumpe og en kapasitet på 12 l/s med begge pumpene i drift. PA220 har en beregnet kapasitet på 20 l/s med en pumpe og 24,5 l/s med to pumper i drift.

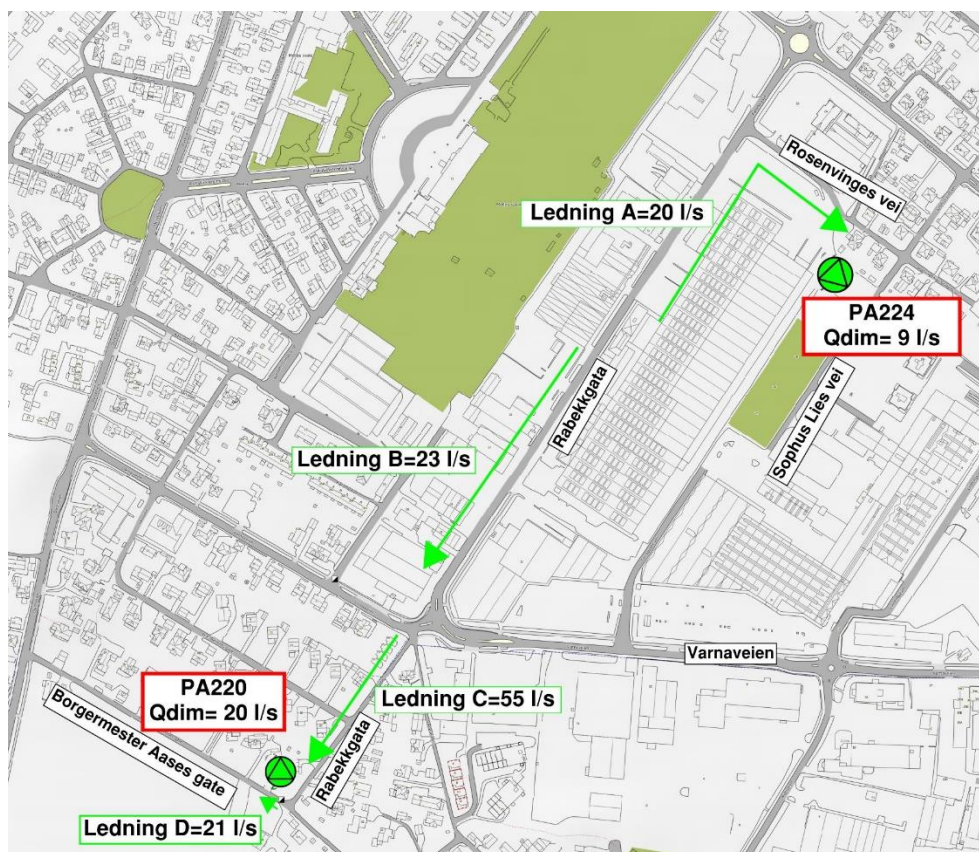
PA220 vil på sikt bli lagt ned, avløpsvannet vil i fremtiden gå på selvføll til en pumpestasjon som ligger i Rygge kommune.

### 5.3 Oppsummering kapasitet spillvann

Spillvannsledningene har høyere kapasitet enn pumpestasjonene i begge avløpssonene. Ledningen med dårligst kapasitet ledningsstrek D, 21 l/s.

For sone 224 er det pumpestasjonen PA224 som er den begrensende faktoren i avløpssystemet med en kapasitet på 9 l/s med én pumpe i drift.

For sone 220 er det også pumpestasjonen som er den begrensende faktoren i avløpssystemet med en kapasitet på 20 l/s med én pumpe i drift.



**Figur 8: Kapasiteten til selvføllsledninger og pumpestasjoner.**



**Figur 9: Ledningsstrek D er 160 PVC med beregnet kapasitet på 21 l/s.**

## 6 Dagens belastning på avløpssystemet

### 6.1 Dimensjonerende spillvannsmengde i avløpssone 224

I avløpssone PA224 er det 435 PE.

Dagens dimensjonerende spillvannsmengde beregnes etter følgende formel:

$$Q_{dim,PA224} = \frac{f_{maks} \times k_{maks} \times q_{PE} \times PE}{24 \times 3600} + Q_{Innlekk}$$

$$Q_{dim,PA224} = \frac{2,1 \times 1,8 \times 150 \text{ l/pd} \times 435}{24 \times 3600} + 0,38 \text{ l/s} = 3,23 \text{ l/s}$$

### 6.2 Dimensjonerende spillvannsmengde i avløpssone 220

I avløpssone 220 er det 561 PE.

Dagens dimensjonerende spillvannsmengde beregnes etter følgende formel:

$$Q_{dim,PA220} = \frac{f_{maks} \times k_{maks} \times q_{PE} \times PE}{24 \times 3600} + Q_{Innlekk}$$

$$Q_{dim,PA220} = \frac{2,1 \times 1,8 \times 150 \text{ l/pd} \times 561}{24 \times 3600} + 0,38 \text{ l/s} = 4,06 \text{ l/s}$$

## 7 Restkapasitet på spillvannsystem

I pumpestasjonene er det to pumper. Under normal drift går en pumpe av gangen. I dette kapitlet sees det på hva restkapasiteten er med én pumpe i drift, og hva den mulig kan bli dersom to pumper er i drift samtidig.

### 7.1 Restkapasitet med én pumpe i drift

PA224 Sophus Lies vei har en kapasitet på 9 l/s og dagens belastning er beregnet til 3,23 l/s. Denne avløpssonen har da en restkapasitet på 5,77 l/s som tilsvarer 499 m<sup>3</sup>/d.

Hvor mange PE dette tilsvarer er:

$$PE = \frac{Q}{q_{middel,PE} \times f_{maks} \times k_{maks}} = \frac{499 \text{ m}^3/\text{d} \times 1000 \text{ l/m}^3}{150 \text{ l/pd} \times 2,1 \times 1,8} = 879 \text{ PE}$$

PA220 Borgermester Aases gate har en kapasitet på 20 l/s og dagens belastning i tørrvær er beregnet til 4,06 l/s i egen sone i tillegg til at det kommer 9 l/s når det pumpes fra PA224. Denne avløpssonen har da en restkapasitet på 6,94 l/s som tilsvarer 600 m<sup>3</sup>/d.

Hvor mange PE dette tilsvarer er:

$$PE = \frac{Q}{q_{middel,PE} \times f_{maks} \times k_{maks}} = \frac{600 \text{ m}^3/\text{d} \times 1000 \text{ l/m}^3}{150 \frac{\text{l}}{\text{pd}} \times 2,1 \times 1,8} = 1057 \text{ PE}$$

Med én pumpe i drift på begge stasjonene kan avløpssonene samlet håndtere en utbygging tilsvarende 1936 PE dette tilsvarer ca. 1140 boliger.

## 7.2 Restkapasitet med to pumper i drift

PA224 Sophus Lies vei kan få en kapasitet på ca. 12 l/s og dagens belastning er beregnet til 3,23 l/s. Denne avløpssonen har da en restkapasitet på 8,77 l/s som tilsvarer 758 m<sup>3</sup>/d.

Hvor mange PE dette tilsvarer er:

$$PE = \frac{Q}{q_{\text{middel,PE}} \times f_{\text{maks}} \times k_{\text{maks}}} = \frac{758 \text{ m}^3/\text{d} \times 1000 \text{ l/m}^3}{150 \frac{\text{l}}{\text{pd}} \times 2,1 \times 1,8} = 1336 \text{ PE}$$

PA220 Borgermester Aases gate kan få en kapasitet på 24,5 l/s og dagens belastning i tørrvær er beregnet til 4,06 l/s i egen sone i tillegg til 12 l/s fra PA224 når begge pumpene er i drift. Denne avløpssonen har da en restkapasitet på 8,44 l/s som tilsvarer 729 m<sup>3</sup>/d.

Hvor mange PE dette tilsvarer er:

$$PE = \frac{Q}{q_{\text{middel,PE}} \times f_{\text{maks}} \times k_{\text{maks}}} = \frac{729 \text{ m}^3/\text{d} \times 1000 \text{ l/m}^3}{150 \frac{\text{l}}{\text{pd}} \times 2,1 \times 1,8} = 1286 \text{ PE}$$

Med to pumpe i drift på begge stasjonene kan avløpssonene samlet håndtere en utbygging tilsvarende 2622 PE som tilsvarer ca. 1540 boliger, men dette forutsetter at ledning D i figur 8 oppdimensjoneres.

## 7.3 Forventet utbygging

Totalt forventes det en utbygging på ca. 1780 boenheter, 150 hotellrom og 300 kontorplasser. Det antas at det vil være omtrent 1,7 PE per boenhet.

Økningen i antall PE fra dagens situasjon forventes å bli:

$$1780 \text{ boliger} \times 1,7 \text{ PE/bolig} = 3026 \text{ PE.}$$

Resterende utbygging vil trolig fordele seg med ca. 1853 PE til sone 224 og ca. 1173 PE i sone 220.

## 7.4 Oppsummering spillvann

Med én pumpe i drift på pumpestasjonene vil ikke disse ha kapasitet til å håndtere den forventede framtidige avløpsmengden. Kapasiteten forventes å være nådd ved 517 boliger i sone 224 og 622 boliger i sone 220. Dersom det ikke bygges hotell i felt G kan det bygges ytterligere 210 boliger før kapasiteten er sprengt.

Med to pumper i drift på pumpestasjonene og oppdimensjonering av ledningsstrek D vil disse likevel ikke ha kapasitet til å håndtere den forventede

framtidige avløpsmengden. Kapasiteten forventes å være nådd ved 785 boliger i sone 224 og 755 boliger i sone 220. Dersom det ikke bygges hotell i felt G kan det bygges ytterligere 210 boliger før kapasiteten er sprengt.

**Tabell 3 Viser antall boliger som kan bygges ut før tiltak må være utført**

	Avløpssone 224	Avløpssone 220
<b>Planlagte nye boliger</b>	1090	690
<b>Kapasitet nye boliger med én pumpe med hotell</b>	517 (-573)	622 (-68)
<b>Kapasitet nye boliger med én pumpe uten hotell</b>	727 (-363)	622 (-68)
<b>Kapasitet nye boliger med to pumper med hotell</b>	786 (-304)	756 (+66)
<b>Kapasitet nye boliger med to pumper uten hotell</b>	996 (-94)	756 (+66)

Det anbefales å gjøre tiltak på pumpestasjonene og ledningsstrek D i rimelig tid før grensen er nådd, for å kunne møte den forventede utbyggingen.

#### 7.4.1 Mulige tiltak

- 1 Øke pumpekapasiteten i PA224 Sophus Lies vei. Det er to pumper i stasjonen i dag, men bare en pumpe er i drift av gangen.
- 2 For å begrense belastningen på pumpestasjonen PA224 Sophus Lies vei bør alt spillvannet fra utbyggingen i Rabekkgata kobles til selvfallsledningen i Rabekkgata, ledningsstrek B.
- 3 Oppdimensjonere ledningsstrek D i forkant av PA220 Borgermester Aases gate, se figur 5.
- 4 Øke pumpekapasiteten i pumpestasjon PA220 Borgermester Aases gate, eller føre vannet på selvfall til en pumpestasjon i tidligere Rygge kommune. Ny selvfallsledning fra sone 220 til pumpestasjon i Rygge bør da legges fra SID 50355.



## 8 Overvann

### 8.1 Kapasitet ledningsnett overvann

Overvann i avløpssone 224 føres til Ryggeveien og overvann i avløpssone 220 føres mot jordet ved Borgermester Aases gate. Kapasiteten på eksisterende overvannsnett er vist i tabell 4 og 5, og bilag G-T.

**Tabell 4: Kapasitet overvannsnett i PA224**

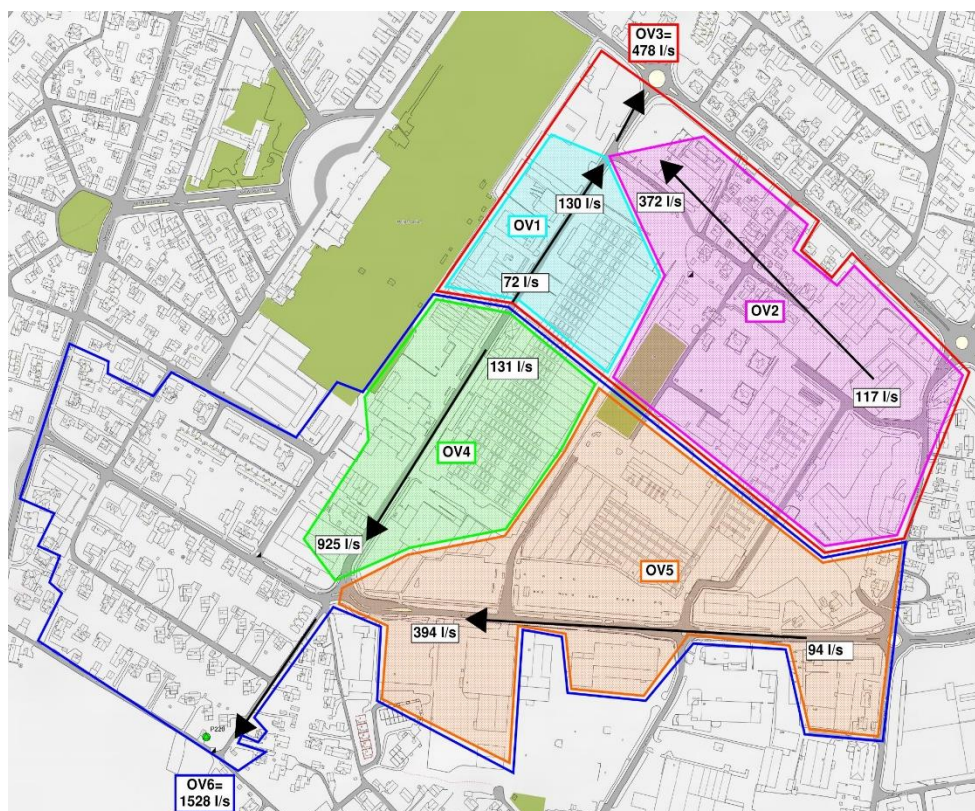
Overvann PA224						
Gate	Rabekkgata-224		Rosenvinges vei			Til Ryggeveien
Ledningsstrek	OV1		OV2			OV3
Type	OV		OV			OV
Dimensjon [mm]	315	400	400	500	600	600
Materiale	PPP		BET			BET
Indre diameter [mm]	292.2	371	400	500	600	600
Fra SID	52380	52887	53052	52905	52965	53097
Til SID	52887	53097	52905	52965	53097	7261
Z inn [m]	49.8	49.3	49.8	49.19	49	48.29
Z ut [m]	49.32	48.29	49.21	49	48.3	47.36
Høydeforskjell [m]	0.48	1.01	0.59	0.19	0.7	0.93
Lengde [m]	85	194	172	57.45	173.55	140.14
Fall [‰]	5.6	5.2	3.4	3.3	4.0	6.6
<b>Kapasitet [l/s]</b>	<b>72</b>	<b>130</b>	<b>117</b>	<b>208</b>	<b>372</b>	<b>478</b>

**Tabell 5: Kapasitet overvannsnett i PA220**

Overvann PA220								
Gate	Rabekkgata-220			Varnaveien				Rabekkgata-220 sør
Ledningsstrek	OV4			OV5				OV6
Type	OV			OV				OV
Dimensjon [mm]	400	600	800	315	400	500	600	800
Materiale	BET	BET	BET	PVC	BET	BET	BET	BET
Indre diameter [mm]	400	600	800	297	400	500	600	800
Fra SID	52379	52377	52363	52438	50799	50783	50815	50804
Til SID	52377	52363	50804	50799	50783	50815	50804	41619
Z inn [m]	50.51	50.02	49.45	52.96	52.61	51.97	51.05	49.13
Z ut [m]	50.03	49.46	49.13	52.61	51.97	51.5	49.13	46.28
Høydeforskjell [m]	0.48	0.56	0.32	0.35	0.64	0.47	1.92	2.85
Lengde [m]	112.4	118.28	59.34	40.08	86.76	63.06	422.8	194
Fall [‰]	4.3	4.7	5.4	8.7	7.4	7.5	4.5	14.7
<b>Kapasitet [l/s]</b>	<b>131</b>	<b>403</b>	<b>925</b>	<b>94</b>	<b>190</b>	<b>346</b>	<b>394</b>	<b>1528</b>

Dimensjonene øker gradvis på ledningsstrekene. Ved vurdering av kapasiteten på overvannsnettet vil kapasiteten til de største dimensjonene bli vurdert i beregningene.

Overvannet fra avløpssone 224 renner mot Ryggeveien og overvannet fra avløpssone 220 renner ned Rabekkgata mot Borgermester Aases gate. Kapasiteten til de forskjellige ledningsstrekene er vist i figur 10.



**Figur 10: Viser overvannsmengdene dagens ledningsnett har kapasitet til og nedbørssonene.**

Arealet til nedbørfeltene til de forskjellige ledningsstrekene er vist i tabell 6.

**Tabell 6: Nedbørfeltenes areal**

Ledningsstrek	OV1	OV2	OV3	OV4	OV5	OV6
Areal [ha]	3,7	11	15,9	6,6	12,5	30

## 8.2 Beregning av overvannsmengder

For beregning av overvannsmengder benyttes den rasjonelle formel og faktorene som beskrevet i kapittel 4.2, og arealene i tabell 6.

### 8.2.1 Dimensjonerende overvannsmengder sone 224

For ledningsstrek OV1 er beregnet dimensjonerende overvannsmengde:

$$Q_{\text{dim,OV1}} = 0,45 * 3,7 \text{ ha} * 220 \text{ l/s} * \text{ha} = 366 \text{ l/s}$$

Med klimafaktor:

$$Q_{\text{dim,OV1, klimafaktor}} = 366 \text{ l/s} * 1,5 = 549 \text{ l/s}$$

For ledningsstrek OV2 er beregnet dimensjonerende overvannsmengde:



$$Q_{\text{dim,OV2}}=0,45*11\text{ha}*220 \text{ l/s*ha}=1089 \text{ l/s}$$

Med klimafaktor:

$$Q_{\text{dim,OV2, klimafaktor}}=1089 \text{ l/s}*1,5=1634 \text{ l/s}$$

For ledningsstrekke OV3 er beregnet dimensjonerende overvannsmengde:

$$Q_{\text{dim,OV3}}=0,45*15,9\text{ha}*220 \text{ l/s*ha}=1574 \text{ l/s}$$

Med klimafaktor:

$$Q_{\text{dim,OV3, klimafaktor}}=1574 \text{ l/s}*1,5=2361 \text{ l/s}$$

## 8.2.2 Dimensjonerende overvannsmengder sone 220

For ledningsstrekke OV4 er beregnet dimensjonerende overvannsmengde:

$$Q_{\text{dim,OV4}}=0,45*6,6\text{ha}*220 \text{ l/s*ha}=653 \text{ l/s}$$

Med klimafaktor:

$$Q_{\text{dim,OV4, klimafaktor}}=653 \text{ l/s}*1,5=980 \text{ l/s}$$

For ledningsstrekke OV5 er beregnet dimensjonerende overvannsmengde:

$$Q_{\text{dim,OV5}}=0,45*12,5\text{ha}*220 \text{ l/s*ha}=1238 \text{ l/s}$$

Med klimafaktor:

$$Q_{\text{dim,OV5, klimafaktor}}=1238 \text{ l/s}*1,5=1857 \text{ l/s}$$

For ledningsstrekke OV6 er beregnet dimensjonerende overvannsmengde:

$$Q_{\text{dim,OV6}}=0,45*30\text{ha}*220 \text{ l/s*ha}=2970 \text{ l/s}$$

Med klimafaktor:

$$Q_{\text{dim,OV6, klimafaktor}}=2970 \text{ l/s}*1,5=4455 \text{ l/s}$$

## 8.3 Vurdering av kapasitet på overvannsnett

### 8.3.1 Restkapasitet etter beregning med den rasjonelle formel

De beregnede overvannsmengdene med gjentakintervall 25 år, er høyere enn kapasiteten på ledningsnettet på samtlige ledningsstrekke bortsett fra O4. Dette gjelder uten klimafaktor, med klimafaktor på 1,5 har ingen av ledningsstrekke kapasitet, se tabell 7.

**Tabell 7: Kapasitet, belastning og restkapasitet på overvannsnett**

Ledningsstrek	OV1	OV2	OV3	OV4	OV5	OV6
Kapasitet [l/s]	130	372	478	925	394	1528
Qdim u/klimafaktor [l/s]	366	1089	1574	653	1238	2970
Qdim m/klimafaktor [l/s]	549	1634	2361	980	1857	4455
Restkapasitet u/klimafaktor [l/s]	-236	-717	-1096	272	-844	-1442
Restkapasitet m/klimafaktor [l/s]	-419	-1262	-1883	-55	-1463	-2927

Dersom alt overvann føres til ledningsnettet, vil ikke ledningsstrekene ha kapasitet til å håndtere nedbør med 25-års gjentaksintervall.

Beregningsmetoden beregner maksimal avrenning, og tar ikke hensyn til forsenkninger i terrenget, eventuelle infiltrasjons- eller fordrøyningsystemer i sonene.

Skal disse beregningene legges til grunn vil ikke overvannsnettet i de to sonene ha tilstrekkelig kapasitet.

### 8.3.2 Overflatevann

Volumet av nedbør med 25 års gjentaksintervall og klimafaktor på 1,5 for de to overvannssonene med varighet på hhv. 10 minutter, 30 minutter og 60 minutter er vist i tabell 8. Nedbøren baseres på statistikk fra Rustadskogen, Ås i Akershus.

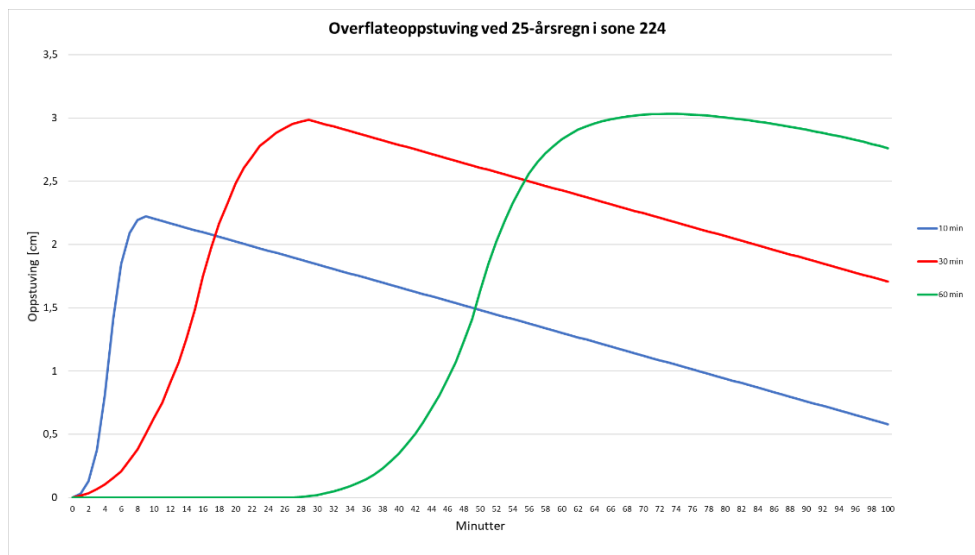
**Tabell 8: Volum overvann ved 25-årsregn med forskjellig varighet**

Sone	Volum med varighet på 10 min [m <sup>3</sup> ]	Volum med varighet på 30 min [m <sup>3</sup> ]	Volum med varighet på 60 min [m <sup>3</sup> ]
220	7 155	10 530	12 960
224	3 792	5 581	6 869

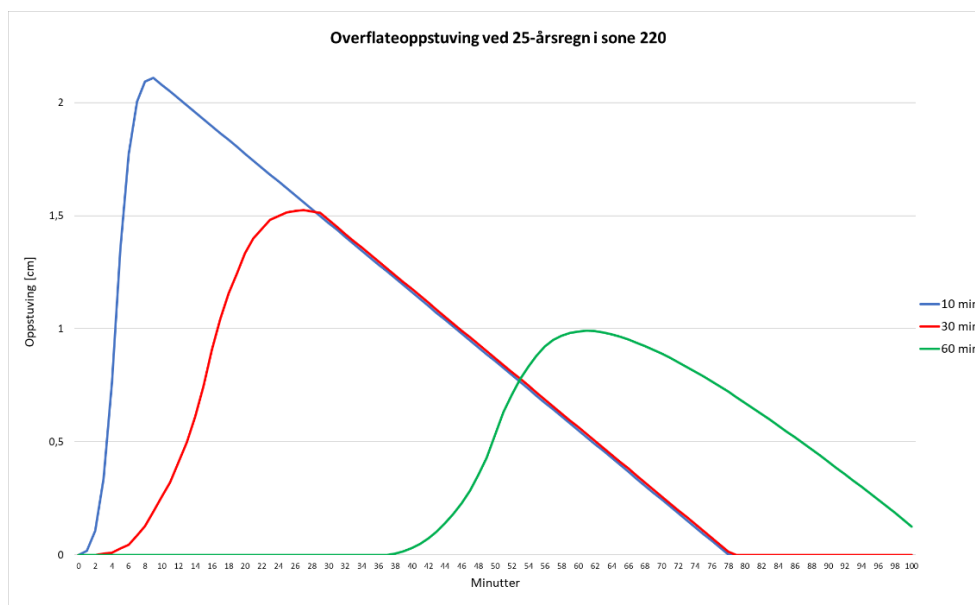
Når disse volumene fordeles utover sonene og ledningsnettets kapasitet utnyttes, men ser bort fra infiltrasjon, vil gjennomsnittlig nivå på overflatevann over en periode på 100 minutter utvikle seg som vist i figur 11 og 12.

Maksimalt gjennomsnittlig nivå på overflatevann i de to sonene vil være på 2-3 cm. Overvannet som ikke føres direkte til ledningsnettets vil samle seg i lavbrekk og svanker i sonene, eller renne av på overflaten.

Under forutsetning av at overvannet ledes til ledningsnettets, ser man av figur 11 og 12 at sone 220 har kapasitet til å lede overvannet bort fra sonene raskere enn sone 224.



**Figur 11: Nivå på overflatevann i sone 224**



**Figur 12: Nivå på overflatevann i sone 220**

### 8.3.3 Pragmatisk vurdering

I tillegg til takvann er avrenning fra parkeringsplasser og veier de største bidragsyterne via sluk. Et sluk har en kapasitet på ca. 15 l/s. Ved gjennomgang

av registrerte sluk i Gemini VA og ved bruk av Google Street View så er det anslått en maksimal mengde sluk for de to sonene. Det anslås maksimalt 25 sluk i sone 224 og 60 sluk i sone 220. Med maksimal tilrenning til alle sluk samtidig kan dette gi 375 l/s i sone 224 og 900 l/s i sone 220.

Med full belastning på alle sluk vil det være en restkapasitet på hhv. 100 l/s i sone 224 og 625 l/s i sone 220 til takkvann og drensvann.

Det er lite sannsynlig at samtlige sluk tar unna så mye vann samtidig. Den tilførte overvannsmengden via sluk er reelt sett vesentlig lavere, og kapasiteten til takvann og drensvann tilsvarende høyere.

### 8.3.4 Historikk og utvikling

Det har ikke vært registrert overvannsproblemer i de to sonene tidligere.

Utviklingen av tidligere næringsarealer til boligbebyggelse i disse to sonene vil føre til mindre andel tette flater enn det er i dag, dette gjelder spesielt for Rabekkgata 4-6 som er det største utbyggingsområdet og strekker seg over begge sonene. Det kan da forventes at mer overvann vil infiltreres i grunnen og avrenningen på overflaten vil gå noe saktere enn det har gjort i dag.

### 8.3.5 Oppsummering overvannsnett

Det har ikke vært registrert overvannsproblemer i dette området tidligere, andelen tette flater vil bli noe lavere enn i dag og det er et begrenset antall sluk til å ta unna overflatevann. På bakgrunn av dette vurderes kapasiteten på overvannsnettet til å være god nok, selv om beregninger av maksimal overflateavrenning ved et 25-årsregn med den rasjonelle formel kan tyde på at overvannsledningene ikke har kapasitet.

For å begrense belastningen på overvannsledningene bør stilles krav til utbyggere om å samle opp, fordrøye og infiltrere overvann på egen tomt. I de tilfellene det ikke er mulig kan det stilles krav til hvor mange liter/sekund de kan slippe på offentlig ledningsnett.

Det bør ikke tillates sluk på parkeringsplasser. Parkeringsplasser bør fortrinnsvis legges med en forsenkning i terrenget og eventuelt forhøyet kuppelrist. Parkeringsplasser kan da fungere som fordrøyningsvolum. Tilsvarende forsenkninger kan også benyttes i grøfter langs veier der det er mulig, og i parker/hager. Grønne tak kan også bidra til å fordrøye overvannet.

Som vist i kap. 8.3.2 er det ikke mange cm overvann på bakken, men det avhenger også av at avrenning på overflaten ikke ledes inn i bygninger og kjellere. Det har som beskrevet tidligere ikke vært registrert problemer med dette i området, men nedbøren med klimapåslag har kanskje ikke inntruffet enda. Selv om det har gått bra til nå, må kommunen likevel ta høyde for økte nedbørsmengder i fremtiden, og stille krav til utbyggere om å følge tretrinnsstrategien og begrense overvannsmengdene som ledes til det offentlige overvannsnettet.

## 9 Konklusjon

For at spillvannssystemet skal kunne håndtere den planlagte utbyggingen anbefales det å utføre tiltak 1 og/eller 2 i tillegg til tiltak 3 eller 4, se kapittel 7.4.1.

På bakgrunn av at det ikke har vært registrert overvannsproblemer i området tidligere, at andelen tette flater vil bli noe mindre som følge av boligutviklingen og dersom det stilles krav til utbygger som beskrevet i kapittel 8.3.5, bør det ikke være behov for å gjøre tiltak på overvannsnett, men heller gjøre tiltak og stille krav om tiltak på overflaten for å fordrøye og infiltrere overvann.

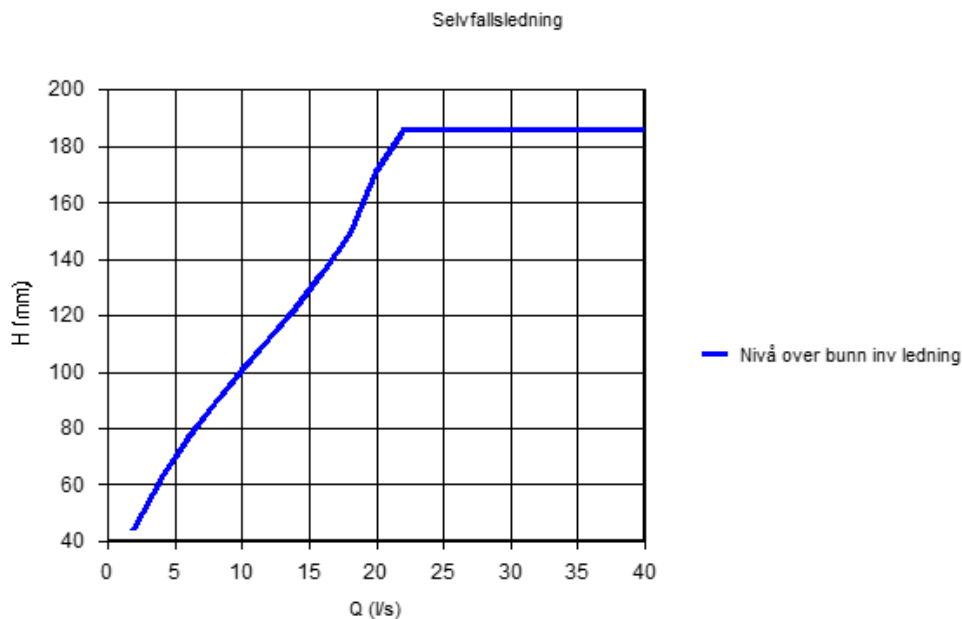
Dersom det planlegges kjellere i nybygg bør det utføres egne konkrete beregninger på dette, der man ser på trykklinjer, og fare for vanninntrengning i kjellere.

## Bilag A Ledning A

### Selvfallsledning SP til PA224 Sophus Lies vei

Fra SID 52887 til SID 52969

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	185,4	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	5	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	0.755	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>20.384</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.981	
Nivå over bunn inv ledning	171.236	mm
Skjærspenning fylt ledning	2.273	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	2.669	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	2.71	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.768	m/s
Spesifikk energilinje	0.201	m
Magasinering	26.051	liter pr meter
Vått areal	0.026051	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.098	m
Våt omkrets	0.479	m
Hydraulisk radius	0.054	m
Hydraulisk dyp	0.264	m
Reynolds tall	155104	Turbulent
Froudes nummer	0.477	Subkritisk



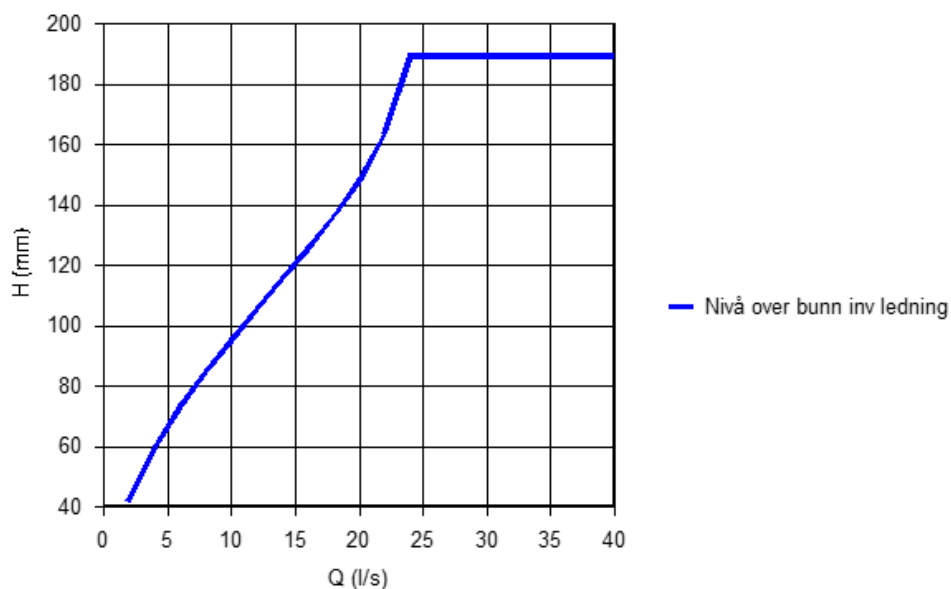
## Bilag B Ledning B

## Selvfallsledning SP Rabekkgata

Fra SID 52381 til 50806

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	189	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	5.9	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	0.832	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>23.329</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.857	
Nivå over bunn inv ledning	148.111	mm
Skjærspenning fylt ledning	2.734	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	3.321	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	3.465	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.848	m/s
Spesifikk energilinje	0.185	m
Magasinering	23.587	liter pr meter
Vått areal	0.023587	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.156	m
Våt omkrets	0.411	m
Hydraulisk radius	0.057	m
Hydraulisk dyp	0.152	m
Reynolds tall	98157	Turbulent
Froudes nummer	0.696	Subkritisk

Selvfallsledning



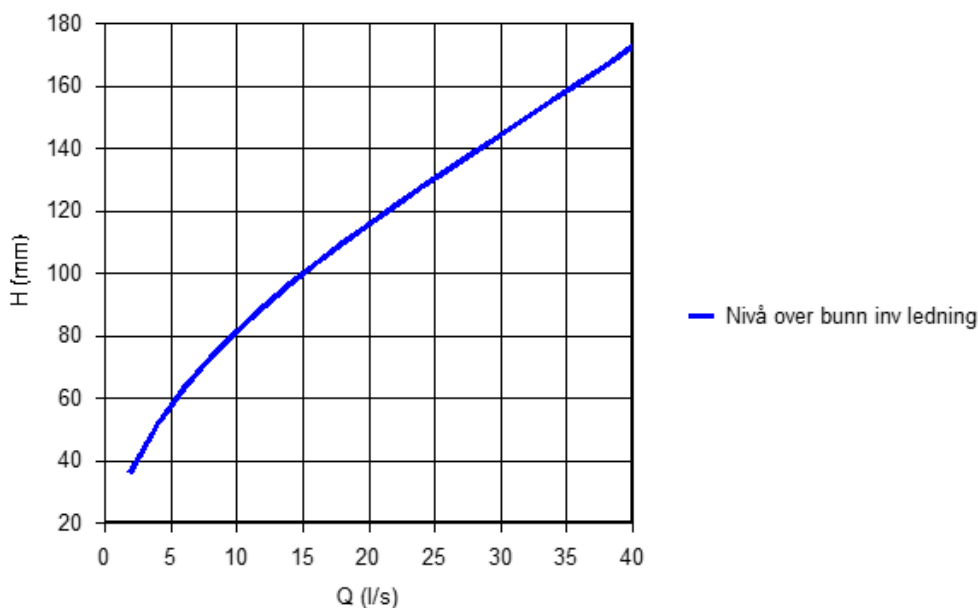
## Bilag C Ledning C

### Selvfallsledning SP Rabekkgata

Fra SID 50806 til SID 50355

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	250	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	9.1	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.121	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>55.037</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.363	
Nivå over bunn inv ledning	115.801	mm
Skjærspenning fylt ledning	5.578	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	5.304	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	5.874	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.899	m/s
Spesifikk energilinje	0.157	m
Magasinering	22.246	liter pr meter
Vått areal	0.022246	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.249	m
Våt omkrets	0.374	m
Hydraulisk radius	0.059	m
Hydraulisk dyp	0.089	m
Reynolds tall	61276	Turbulent
Froudes nummer	0.961	Subkritisk

Selvfallsledning





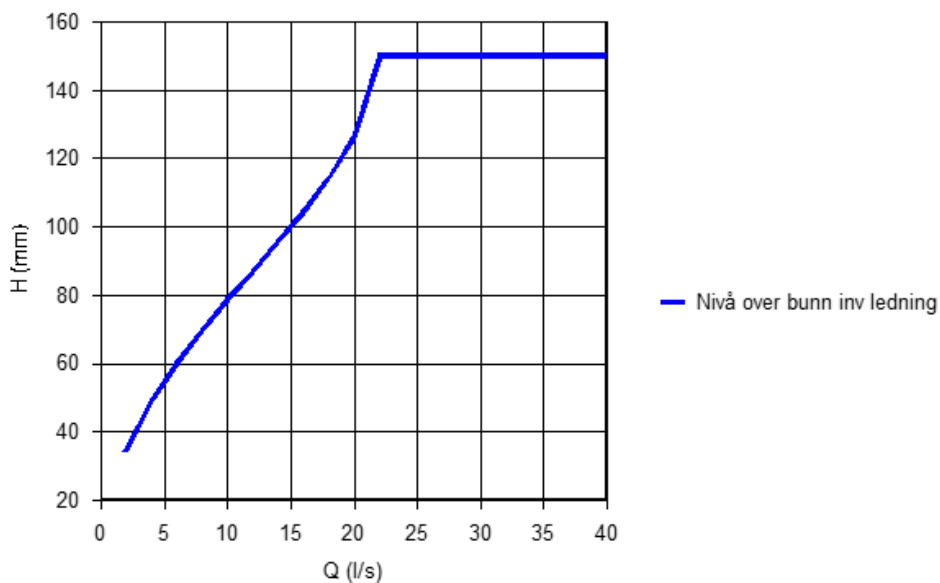
## Bilag D Ledning D

## Selvfallsledning Borgermester Aases gate

Fra SID 50355 til SID 41614

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	150	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	17.3	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.228	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>21.709</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.921	
Nivå over bunn inv ledning	126.266	mm
Skjærspenning fylt ledning	6.362	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	7.728	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	7.973	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	1.26	m/s
Spesifikk energilinje	0.207	m
Magasinering	15.876	liter pr meter
Vått areal	0.015876	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.109	m
Våt omkrets	0.349	m
Hydraulisk radius	0.046	m
Hydraulisk dyp	0.145	m
Reynolds tall	139537	Turbulent
Froudes nummer	1.056	Superkritisk

Selvfallsledning

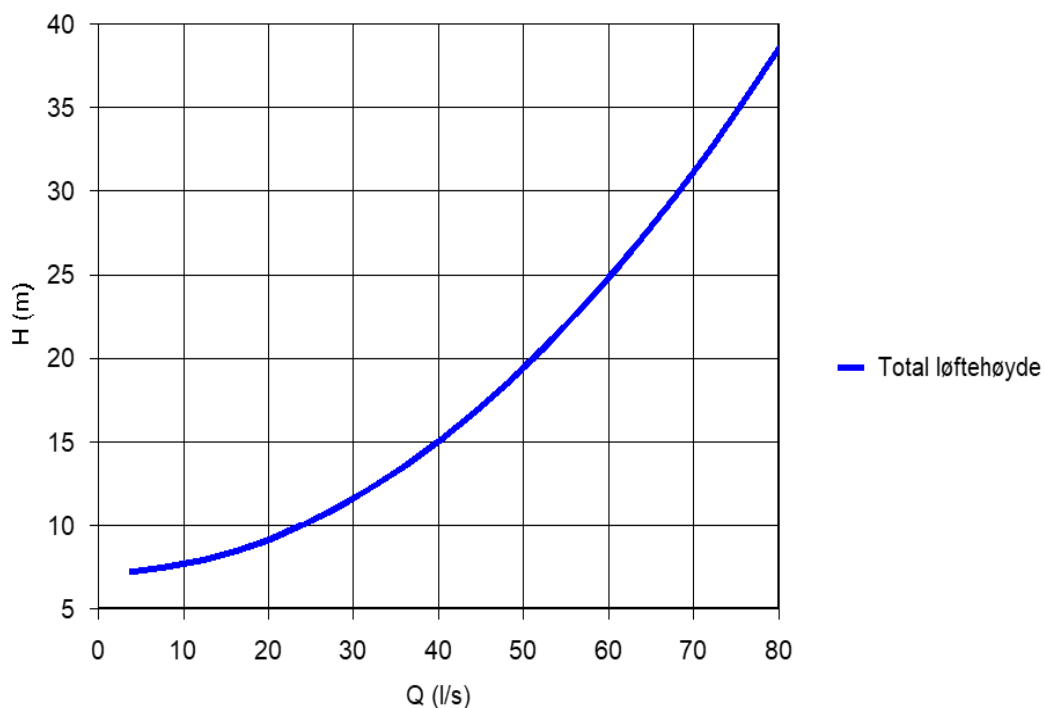


## Bilag E Pumpeledning PA220

### Pumpeledning PA220

Dimensjonerende vannmengde	40	l/s
Innvendig diameter	200	mm
Ruhet	2	k i mm
Ledningslengde	445	m
Vanntemperatur	10	°C
Sum singulærtapskoeffisienter	10	
Statisk løftehøyde	7.18	m
Vannhastighet	1.273	m/s
Reynholdstall (Re)	194518	
Friksjonsfaktor (f)	0.038214941	
Friksjonstap	15.793	mm/m
Friksjonstap totalt	7.028	m
Sum singulærtap	0.827	m
Totalt tap	7.855	m
Total løftehøyde	15.035	m
Skjærspenning fylt ledning	7.744	N/m <sup>2</sup>
Volum i ledning	13.98	m <sup>3</sup>

Pumpeledning

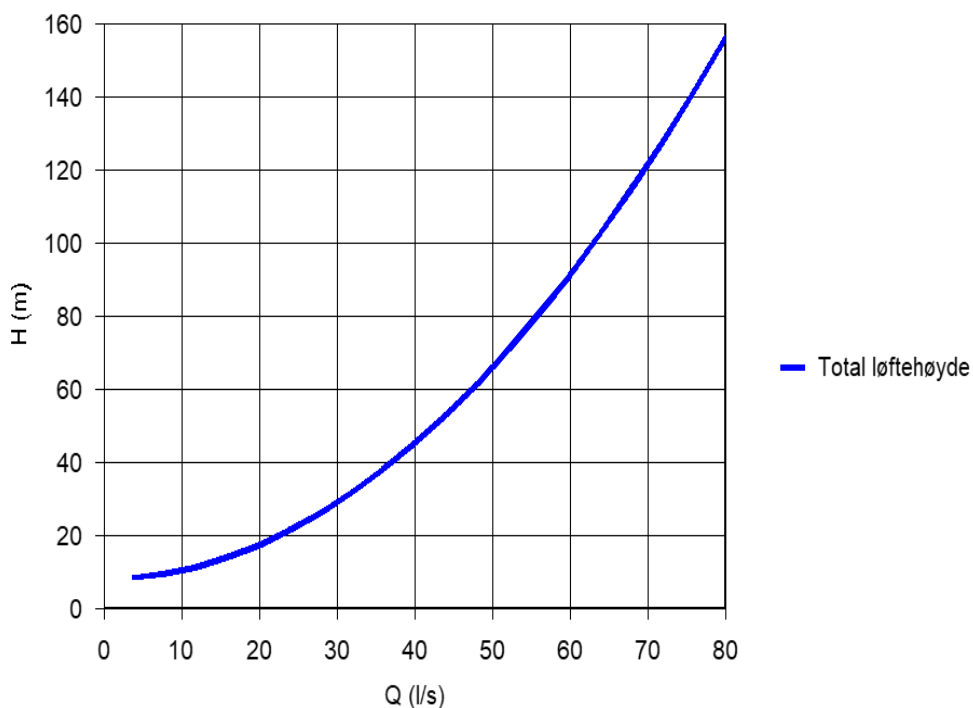


## Bilag F Pumpeledning PA224

## Pumpeledning PA224

Dimensjonerende vannmengde	40	l/s
Innvendig diameter	150	mm
Ruhet	2	k i mm
Ledningslengde	470	m
Vanntemperatur	10	°C
Sum singulærtapskoeffisienter	10	
Statisk løftehøyde	8.27	m
Vannhastighet	2.264	m/s
Reynholdstall (Re)	259358	
Friksjonsfaktor (f)	0.042073653	
Friksjonstap	73.273	mm/m
Friksjonstap totalt	34.438	m
Sum singulærtap	2.612	m
Totalt tap	37.051	m
Total løftehøyde	45.321	m
Skjærspenning fylt ledning	26.946	N/m <sup>2</sup>
Volum i ledning	8.306	m <sup>3</sup>

Pumpeledning



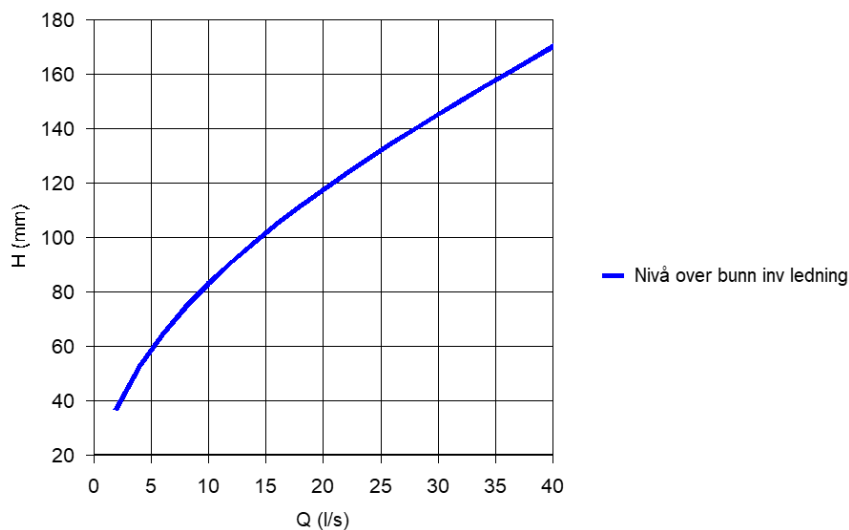
## Bilag G OV1 315 PVC

### Selvfallsledning OV 315 PVC

Rabekkgata fra SID 52380 til SID 52887

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	292.2	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	5.6	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.077	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>72.235</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.277	
Nivå over bunn inv ledning	117.69	mm
Skjærspenning fylt ledning	4.012	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	3.455	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	3.868	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.791	m/s
Spesifikk energilinje	0.15	m
Magasinering	25.28	liter pr meter
Vått areal	0.02528	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.287	m
Våt omkrets	0.402	m
Hydraulisk radius	0.063	m
Hydraulisk dyp	0.088	m
Reynolds tall	53302	Turbulent
Froudes nummer	0.851	Subkritisk

Selvfallsledning



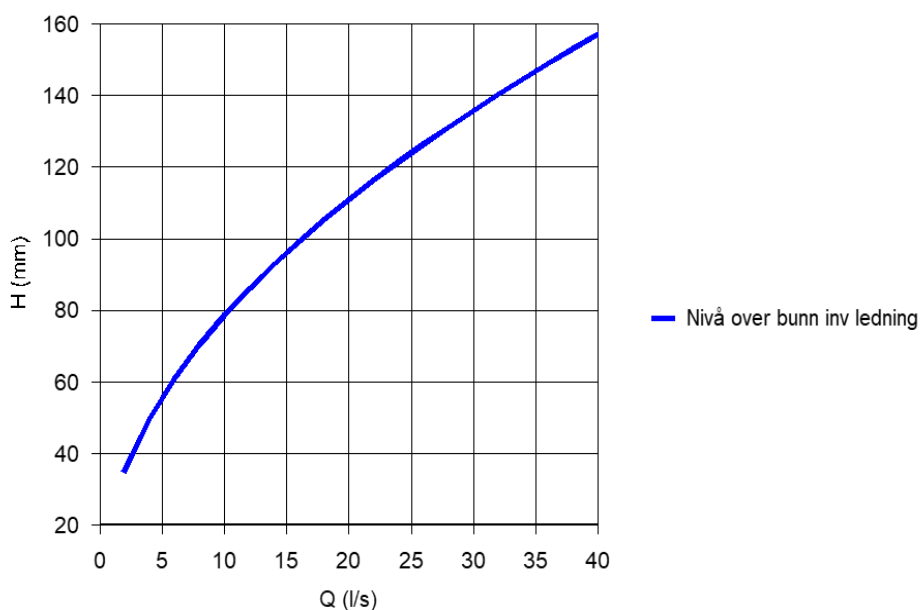
## Bilag H OV1 300 PP

## Selvfallsledning OV 300 PP

Rabekkgata fra SID 52887 til SID 53097

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	371	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	5.2	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.211	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>130.894</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.153	
Nivå over bunn inv ledning	110.957	mm
Skjærspenning fylt ledning	4.73	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	3.226	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	3.678	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.736	m/s
Spesifikk energilinje	0.139	m
Magasinering	27.16	liter pr meter
Vått areal	0.02716	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.34	m
Våt omkrets	0.429	m
Hydraulisk radius	0.063	m
Hydraulisk dyp	0.08	m
Reynolds tall	44970	Turbulent
Froudes nummer	0.832	Subkritisk

Selvfallsledning



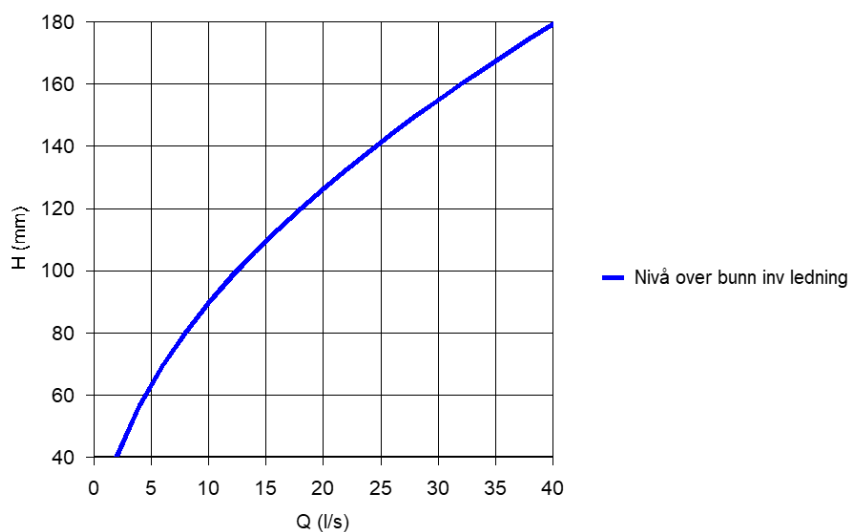
## Bilag I OV2 400 BET

## Selvfallsledning OV 400 BET

Rosenvinges vei fra SID 53052 til SID 52905

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	400	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	3.4	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	0.932	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>117.169</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.171	
Nivå over bunn inv ledning	126.403	mm
Skjærspenning fylt ledning	3.334	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	2.379	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	2.704	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.587	m/s
Spesifikk energilinje	0.144	m
Magasinering	34.071	liter pr meter
Vått areal	0.034071	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.372	m
Våt omkrets	0.478	m
Hydraulisk radius	0.071	m
Hydraulisk dyp	0.092	m
Reynolds tall	41076	Turbulent
Froudes nummer	0.619	Subkritisk

Selvfallsledning



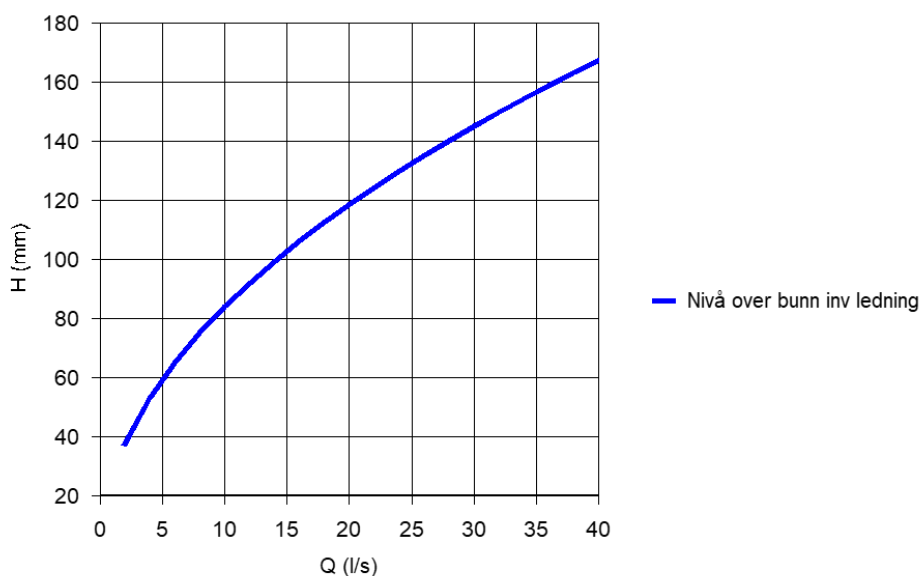
## Bilag J OV2 500 BET

## Selvfallsledning OV 500 BET

Rosenvinges vei fra SID 52905 til SID 52965

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	500	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	3.3	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.062	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>208.602</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.096	
Nivå over bunn inv ledning	118.688	mm
Skjærspenning fylt ledning	4.045	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	2.269	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	2.615	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	2.929	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.561	m/s
Spesifikk energilinje	0.135	m
Magasinering	35.677	liter pr meter
Vått areal	0.035677	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.425	m
Våt omkrets	0.509	m
Hydraulisk radius	0.07	m
Hydraulisk dyp	0.084	m
Reynolds tall	35907	Turbulent
Froudes nummer	0.618	Subkritisk

Selvfallsledning



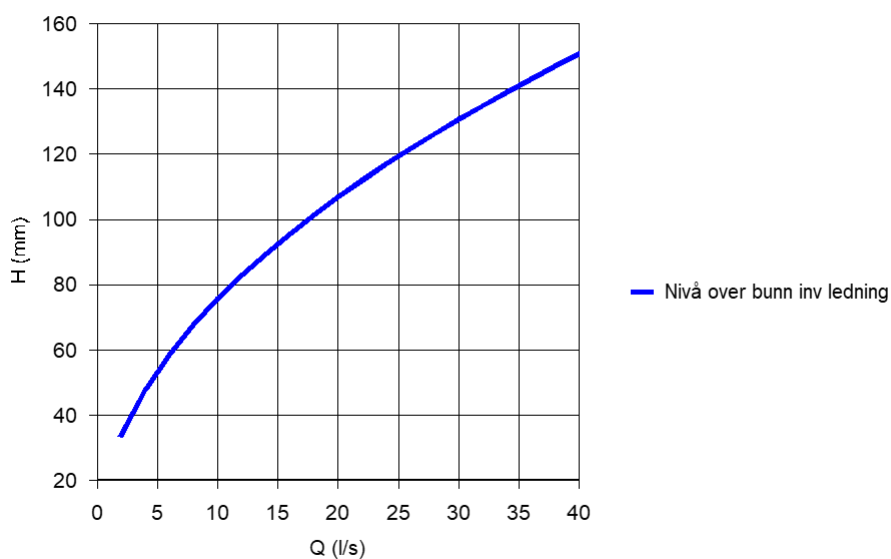
## Bilag K OV2 600 BET

### Selvfallsledning OV 600 BET

Rosenvinges vei fra SID 52965 til SID 53097

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	600	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	4	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.317	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>372.293</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.054	
Nivå over bunn inv ledning	106.875	mm
Skjærspenning fylt ledning	5.884	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	2.558	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	2.978	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	3.446	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.587	m/s
Spesifikk energilinje	0.124	m
Magasinering	34.091	liter pr meter
Vått areal	0.034091	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.459	m
Våt omkrets	0.523	m
Hydraulisk radius	0.065	m
Hydraulisk dyp	0.074	m
Reynolds tall	33274	Turbulent
Froudes nummer	0.688	Subkritisk

Selvfallsledning





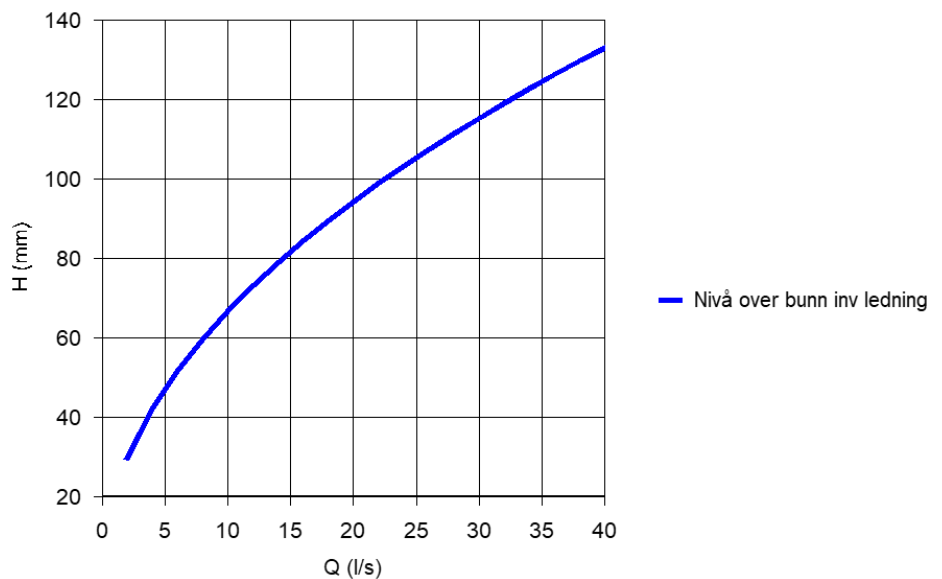
## Bilag L OV3 600 BET

### Selvfallsledning OV 600 BET

Til Ryggeveien fra SID 53907 til SID 7261

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	600	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	6.6	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.693	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>478.635</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.042	
Nivå over bunn inv ledning	94.339	mm
Skjærspenning fylt ledning	9.709	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	3.766	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	4.401	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	5.146	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.702	m/s
Spesifikk energilinje	0.119	m
Magasinering	28.472	liter pr meter
Vått areal	0.028472	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.437	m
Våt omkrets	0.489	m
Hydraulisk radius	0.058	m
Hydraulisk dyp	0.065	m
Reynolds tall	34974	Turbulent
Froudes nummer	0.879	Subkritisk

Selvfallsledning



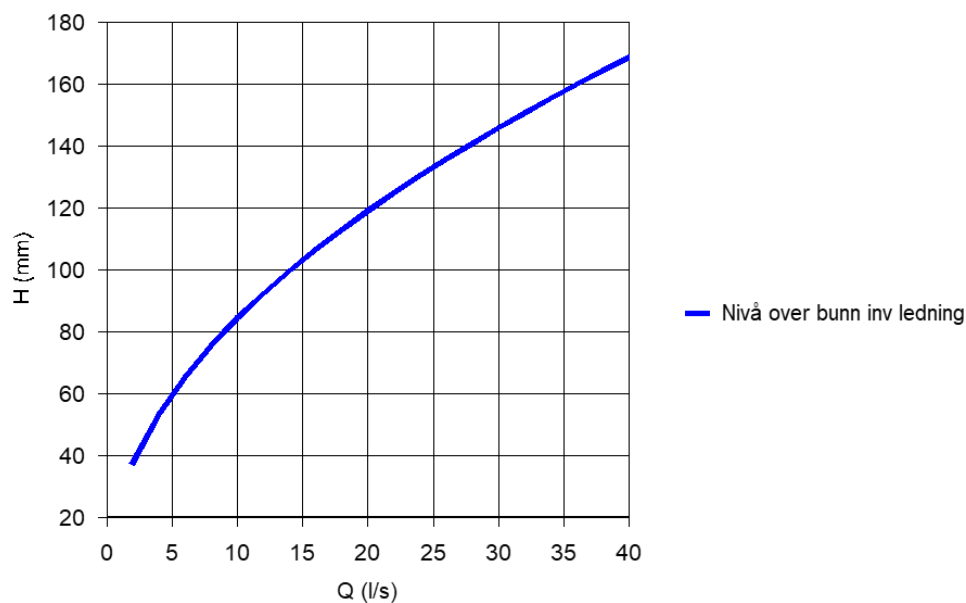
## Bilag M OV4 400 BET

### Selvfallsledning OV 400 BET

Rabekkgata fra SID 52379 til SID 52377

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	400	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	4.3	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.049	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>131.847</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.152	
Nivå over bunn inv ledning	119.2	mm
Skjærspenning fylt ledning	4.217	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	2.868	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	3.27	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.637	m/s
Spesifikk energilinje	0.14	m
Magasinering	31.414	liter pr meter
Vått areal	0.031414	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.366	m
Våt omkrets	0.462	m
Hydraulisk radius	0.068	m
Hydraulisk dyp	0.086	m
Reynolds tall	41753	Turbulent
Froudes nummer	0.694	Subkritisk

Selvfallsledning



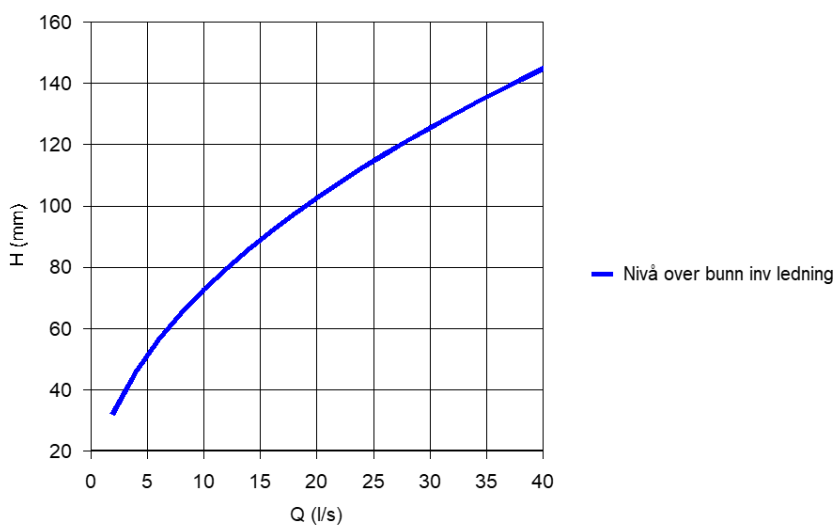
## Bilag N OV4 600 BET

## Selvfallsledning OV 600 BET

Rabekkgata fra SID 52377 til SID 52363

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	600	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	4.7	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.428	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>403.679</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.05	
Nivå over bunn inv ledning	102.666	mm
Skjærspenning fylt ledning	6.914	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	2.898	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	3.378	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	3.922	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.622	m/s
Spesifikk energilinje	0.122	m
Magasinering	32.173	liter pr meter
Vått areal	0.032173	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.452	m
Våt omkrets	0.512	m
Hydraulisk radius	0.063	m
Hydraulisk dyp	0.071	m
Reynolds tall	33805	Turbulent
Froudes nummer	0.744	Subkritisk

Selvfallsledning



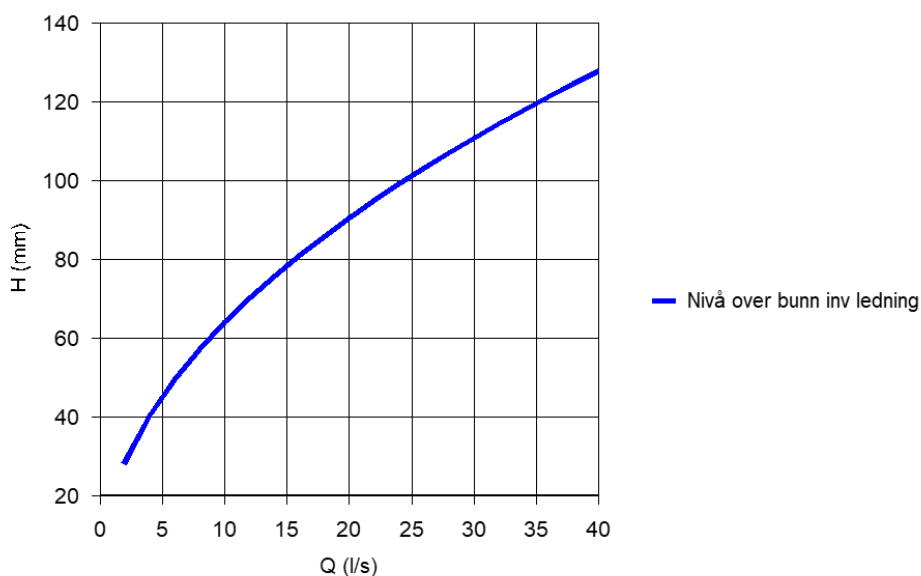
## Bilag O OV4 800 BET

### Selvfallsledning OV 800 BET

Rabekkgata fra SID 52363 til SID 50804

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	800	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	5.4	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.841	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>925.419</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.022	
Nivå over bunn inv ledning	90.61	mm
Skjærspenning fylt ledning	10.591	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	3.028	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	3.565	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	4.255	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.637	m/s
Spesifikk energilinje	0.111	m
Magasinering	31.399	liter pr meter
Vått areal	0.031399	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.507	m
Våt omkrets	0.549	m
Hydraulisk radius	0.057	m
Hydraulisk dyp	0.062	m
Reynolds tall	30129	Turbulent
Froudes nummer	0.817	Subkritisk

Selvfallsledning



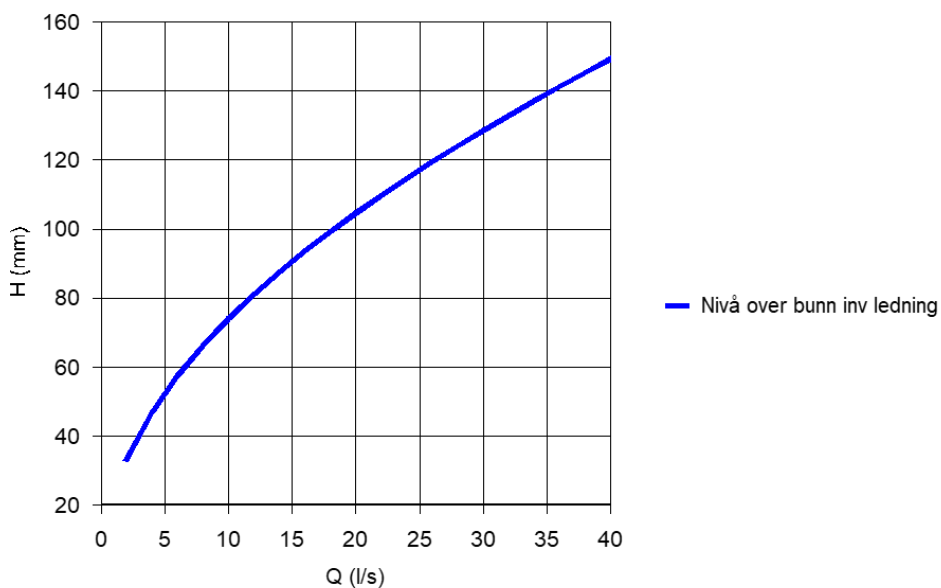
## Bilag P OV5 315 PVC

## Selvfallsledning OV 315 PVC

Varnaveien fra SID 52438 til SID 50799

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	297	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	8.7	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.359	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>94.176</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.212	
Nivå over bunn inv ledning	104.661	mm
Skjærspenning fylt ledning	6.335	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	4.929	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	5.568	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2		N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.917	m/s
Spesifikk energilinje	0.148	m
Magasinering	21.811	liter pr meter
Våt areal	0.021811	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.284	m
Våt omkrets	0.378	m
Hydraulisk radius	0.058	m
Hydraulisk dyp	0.077	m
Reynolds tall	53839	Turbulent
Froudes nummer	1.056	Superkritisk

Selvfallsledning



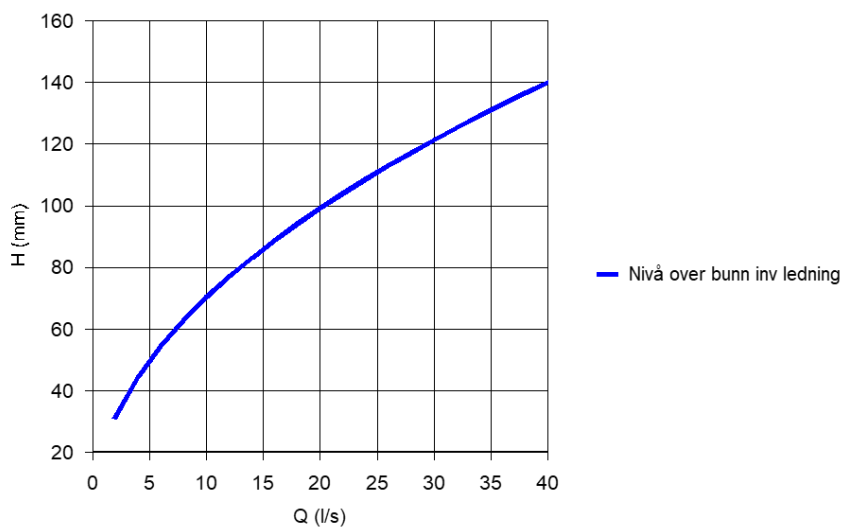
## Bilag Q OV5 400 BET

## Selvfallsledning OV 400 BET

Varnaveien fra SID 50799 til SID 50783

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	400	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	7.4	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.518	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>190.753</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.105	
Nivå over bunn inv ledning	99.253	mm
Skjærspenning fylt ledning	7.257	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	4.229	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	4.865	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	5.415	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.823	m/s
Spesifikk energilinje	0.134	m
Magasinering	24.309	liter pr meter
Vått areal	0.024309	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.346	m
Våt omkrets	0.417	m
Hydraulisk radius	0.058	m
Hydraulisk dyp	0.07	m
Reynolds tall	44213	Turbulent
Froudes nummer	0.991	Subkritisk

Selvfallsledning



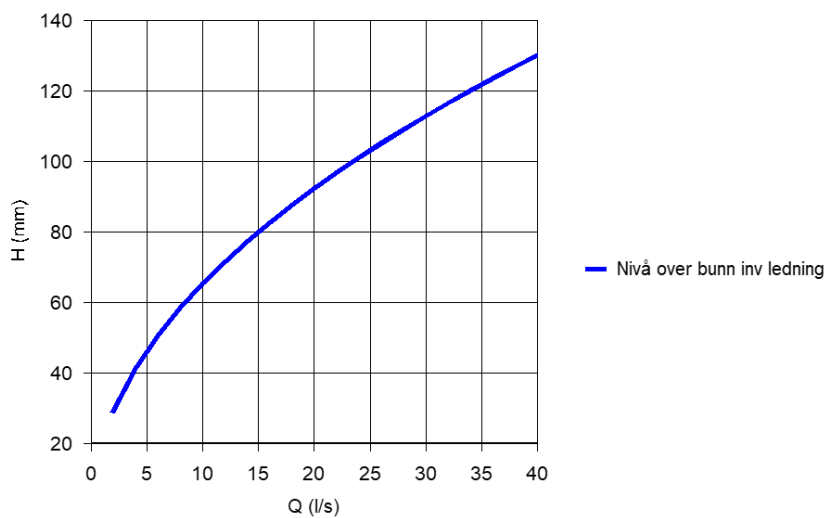
## Bilag R OV5 500 BET

### Selvfallsledning OV 500 BET

Varnaveien fra SID 50783 til SID 50815

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	500	mm
Ruhet	1	k i mm
Fall	7.5	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.762	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>346.046</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.058	
Nivå over bunn inv ledning	92.352	mm
Skjærspenning fylt ledning	9.194	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	4.129	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	4.803	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	5.538	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.802	m/s
Spesifikk energilinje	0.125	m
Magasinering	24.942	liter pr meter
Vått areal	0.024942	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.388	m
Våt omkrets	0.444	m
Hydraulisk radius	0.056	m
Hydraulisk dyp	0.064	m
Reynolds tall	39369	Turbulent
Froudes nummer	1.01	Superkritisk

Selvfallsledning



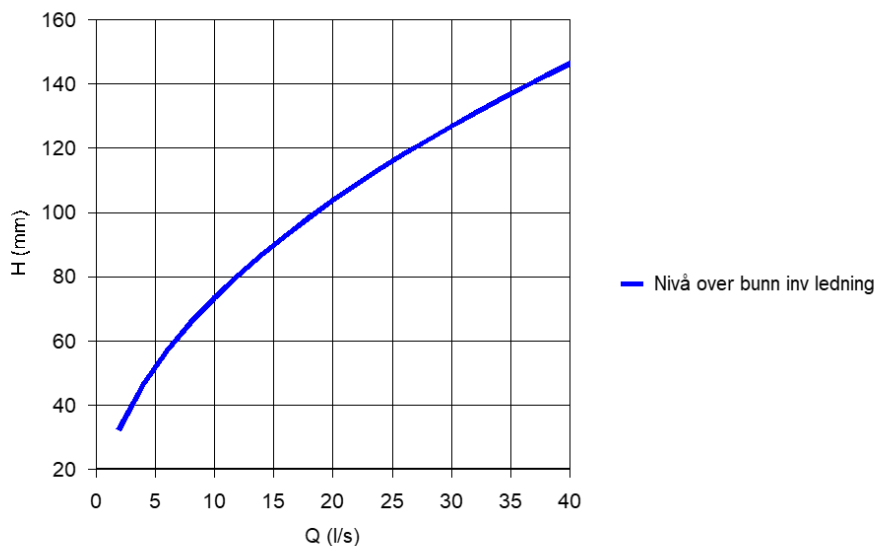
## Bilag S OV5 600 BET

### Selvfallsledning OV 600 BET

Varnaveien fra SID 50815 til SID 50804

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	600	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	4.5	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	1.397	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>394.965</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.051	
Nivå over bunn inv ledning	103.784	mm
Skjærspenning fylt ledning	6.619	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	2.802	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	3.265	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	3.788	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.612	m/s
Spesifikk energilinje	0.123	m
Magasinering	32.68	liter pr meter
Vått areal	0.03268	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.454	m
Våt omkrets	0.515	m
Hydraulisk radius	0.063	m
Hydraulisk dyp	0.072	m
Reynolds tall	33660	Turbulent
Froudes nummer	0.728	Subkritisk

Selvfallsledning





## Bilag T    OV6 800 BET

### Selvfallsledning OV 800 BET

Rabekkgata fra SID 50804 til SID 41619

Dimensjonerende vannmengde	20	l/s
Innvendig diameter	800	mm
Ruhet	2	k i mm
Fall	14.7	mm/m
Vanntemperatur	10	°C
Fylt ledning (v)	3.041	m/s
<b>Fylt ledning (Q)</b>	<b>1528.565</b>	<b>l/s</b>
Kapasitet Q(dim)/Q(fylt)	0.013	
Nivå over bunn inv ledning	70.557	mm
Skjærspenning fylt ledning	28.832	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning jevnt fordelt	6.499	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max1	7.684	N/m <sup>2</sup>
Skjærspenning max2	9.274	N/m <sup>2</sup>
Vannhastighet	0.92	m/s
Spesifikk energilinje	0.114	m
Magasinering	21.75	liter pr meter
Vått areal	0.02175	m <sup>2</sup>
Bredde på vannflate	0.454	m
Våt omkrets	0.482	m
Hydraulisk radius	0.045	m
Hydraulisk dyp	0.048	m
Reynolds tall	33671	Turbulent
Froudes nummer	1.341	Superkritisk

