

Orbicon A/S
Vejledning i
Kapacitetsberegning og tilstandsvurdering af
vandforsyningsanlæg

Rådgiver

Orbicon A/S
Ringstedvej 20
4000 Roskilde
Telefon 46 30 03 10
Telefax 46 30 03 11

Sag nr.
Projektleder Hans Ole Hansen
Kvalitetssikring
Revisions nr.
Godkendt af
Udgivet

Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	3
2	Forsyningskrav	4
	2.1 Forbrugsmønster.....	4
	2.2 Årsforbrug	4
	2.3 Maksimaldøgnforbrug.....	4
	2.4 Maksimaltimeforbrug.....	5
	2.5 Indvindings- og behandlingsanlæg.....	5
	2.6 Beholderanlæg.....	5
	2.7 Udpumpningsanlægget.....	6
3	Forsyningsevne.....	8
	3.1 Hovedelementer.....	8
	3.2 Leveringskapacitet.....	8
	3.3 Døgnproduktion.....	9
	3.4 Årsproduktion.....	9
	3.5 Forsyningssikkerhed.....	9
4	Registrering af vandforsyningsanlæg	11
5	Beregningsprogram	12

1 Indledning

Vandforsyningsanlæg indeholder en række elementer, hvis samspil bestemmer kapaciteten af anlægget. Et vandforsyningsanlæg består typisk af følgende anlægselementer:

- Indvindingsanlæg
- Behandlingsanlæg
- Rentvandsbeholder
- Udpumpningsanlæg
- Højdebeholder/Vandtårn
- Ledningsanlæg.

Det svageste led i denne kæde af elementer bestemmer - begrænser - produktionskapaciteten og dermed forsyningsikkerheden.

Det gælder om at have den bedst mulige harmoni mellem de enkelte anlægselementer, så man undgår overinvestering i elementer, som ikke umiddelbart forøger kapaciteten eller forsyningsikkerheden. Samspillet mellem anlægselementerne er styret af det forbrugsmønster, som vandforbruget foregår med.

Ud over kapaciteten skal tilstanden og hygiejnen også være i orden, så teknisk nedbrud og uacceptabel vandkvalitet undgås.

Nærværende vejledning giver et grundlag for at beregne den nødvendige størrelse af de enkelte anlægselementer ved et vandforsyningsanlæg. Desuden opstilles et grundlag for beregning af forsyningssevnen af et givet vandforsyningsanlæg.

Ved at sammenholde forsyningssevne og forsyningskrav får man et indeks for den kapacitetsmæssige forsyningsikkerhed, der er i et givet forsyningsområde.

Vejledningen giver også et system til klassificering af vedligeholdelsesstanden og vandkvaliteten ved vandforsyningsanlæggene.

I tilknytning til nærværende vejledning er der udarbejdet et program til beregning af kapacitetsforholdene ved vandforsyningsanlæg. Programmet er udarbejdet i regnearket Excel.

2 Forsyningskrav

2.1 Forbrugsmønster

Forbrugsmønstret beskriver hvordan vandforbruget fordeles sig på dimensionsgivende spidsbelastningsforbrug - maksimaldøgnforbrug og maksimaltimeforbrug.

Spidsbelastningsforbrugene beregnes på grundlag af døgnfaktoren f_d og timefaktoren f_t . Døgnfaktoren f_d er forholdet mellem maksimaldøgnforbrug og middeldøgnforbruget:

$$f_d = \frac{\text{Maksimaldøgnforbrug}}{\text{Middeldøgnforbrug}}$$

Timefaktoren f_t er forholdet mellem maksimaltimeforbruget og middeltimerforbruget i et døgn med maksimaldøgnforbrug.

$$f_t = \frac{\text{Maksimaltimeforbrug}}{\text{Middeltimerforbrug} - i - \text{maks. døgn}}$$

f_d og f_t fastsættes enten erfaringsmæssigt eller ved at sammenholde middelforbrug med maksimalforbrug i vandforsynings driftsjournaler eller SRO-system. Døgnfaktoren varierer betydeligt fra forsyningsområde til forsyningsområde. Der er dog en tendens til, at f_d falder med stigende bystørrelse.

Når årsforbrug, samt døgn- og timefaktor er kendt eller fastlagt, kan de dimensionsgivende spidsbelastningsforbrug - forsyningskrav - beregnes.

2.2 Årsforbrug

Oplysning om årsforbruget Q_{Ar} er i de fleste tilfælde let tilgængelig, og er et vigtigt grundlag for beregningerne af de øvrige forsyningskrav.

2.3 Maksimaldøgnforbrug

Vandforbruget i et hvert forsyningsområde varierer med årstiden afhængig af klimatiske forhold, industriel aktivitet m.v.

Da det er de ekstreme belastningssituationer, der er dimensionsgivende for et vandforsyningsanlæg, er det vigtigt at få fastlagt størrelsen af maksimaldøgnforbruget. Maksimaldøgnforbruget $Q_{\max d}$ beregnes ud fra årsforbruget og døgnfaktoren f_d efter udtrykket:

$$Q_{\max d} = \frac{Q_{Ar}}{365} \times f_d \quad (\text{m}^3/\text{døgn})$$

2.4 Maksimaltimedforbrug

Timeforbruget varierer normalt betydeligt over døgnet. Det er som regel størst om dagen og mindst om natten. Timeforbrugets fordeling over døgnet er helt afhængig af forsyningsområdets karakter, men der er en tendens til, at forbrugsvariationerne udjævnes med stigende bystørrelse.

Maksimaltimedforbruget $Q_{\max t}$ beregnes af maksimaldøgnforbruget og timefaktoren f_t efter udtrykket:

$$Q_{\max t} = \frac{Q_{\max d}}{24} \times f_t \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Maksimaltimedforbruget er direkte dimensionsgivende for rentvandspumperne og ledningsnettet, og sammen med maksimaldøgnforbruget er maks.timeforbruget bestemmende for størrelsen af vandforsyningssystemets øvrige hovedelementer:

Indvindingsanlæg
Behandlingsanlæg
Beholderanlæg
Udpumpningsanlæg (rentvandspumper og højdebeholder/vandtårn).

2.5 Indvindings- og behandlingsanlæg

Ved det ideelt afstemte vandforsyningssystem, der har tilstrækkelig beholdervolumen til at udjævne forbrugsvariationen i maksimaldøgn, skal indvindings- og behandlingsanlægget have tilstrækkelig kapacitet til jævnt hen igennem maks.døgnet at levere forsyningsområdets vandforbrug og vandværkets eget forbrug til filterskylning.

For at tage højde for vandværkets eget uregistrerede forbrug til filterskylning m.v. skal indvindings- og behandlingsanlægget dimensioneres til at kunne levere maks.døgnforbruget over 23 timer.

$$Q_{\text{indv}} = Q_{\text{filt}} = \frac{Q_{\max d}}{23} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

2.6 Beholderanlæg

Vandforsyningens beholderanlæg har til formål at udjævne forbrugsvariationerne over døgnet for at holde en jævn belastning på indvindings- og behandlingsanlægget. Normalt dimensioneres således, at forbruget i maks.døgnet kan udjævnes.

Ved dimensioneringen af et sådan døgnreservoirvolumen er det nødvendigt at fastlægge ikke blot timefaktoren f_t , men også timeforbrugsfordelingen over døgnet.

Oftest er fordelingen ikke kendt, og under alle omstændigheder varierer den fra døgn til døgn.

For at simplificere beregningerne tilnærmes fordelingskurven med en hat-formet kurve, som indhylder maks.timeforbruget. Der gøres endvidere den antagelse, at 2/3-del af vandet pumpes ud over 10 timer eller - ved forsyningsområder med jævnt forbrug (lille ft) - så hurtigt som muligt.

På fordelingskurven i figur 1 på næste side er det vist, at den del af forbruget, der - sædvanligvis i dagtimerne - ligger over middeltimeforbruget, skal leveres af beholderanlægget.

T_{\max} er på den simplificerede fordelingskurve den tid, hvori forsyningsområdet aftager maks.timeforbruget, og findes ved fastlagt timefaktor ud fra ovenstående forudsætninger af udtrykket:

$$T_{\max} = \frac{18}{1,75 \times ft - 1} \text{ for } ft \geq 1,6 \quad \text{og} \quad T_{\max} = \frac{16}{ft} \text{ for } ft \leq 1,6$$

For at hovedelementerne i et vandforsyningssystem kan være indbyrdes optimalt afstemt, skal døgnreservoiret have et volumen på

$$V = T_{\max} \times (Q_{\max} - Q_{\text{mid,max}}) + 2 \times Q_{\max} \quad (\text{m}^3)$$

hvor $Q_{\text{mid,max}} = \frac{Q_{\max}}{24}$ er middeltimeforbruget i maks.døgn, og

hvor $2 \times Q_{\max}$ er lagt til som sikkerhed.

Døgnreservoirvolumet har først og fremmest til formål at udjævne driften på indvindings- og behandlingsanlægget. For disse anlægselementer er det derfor underordnet, hvor i forsyningsområdet reservoiret er placeret, eller om reservoiret helt eller delvis placeres i en højdebeholder.

Dog skal der på vandværket være mindst en pumpeump og tilstrækkelig vand i rentvandsbeholderen til at kunne foretage de nødvendige filterskylninger.

2.7 Udpumpningsanlægget

I forsyningsområder uden højdebeholder eller vandtårn skal udpumpningsanlægget klare maks.timeforbruget. Det vil sige at

$$Q_{\text{udp}} = Q_{\max} \quad (\text{m}^3/\text{h}).$$

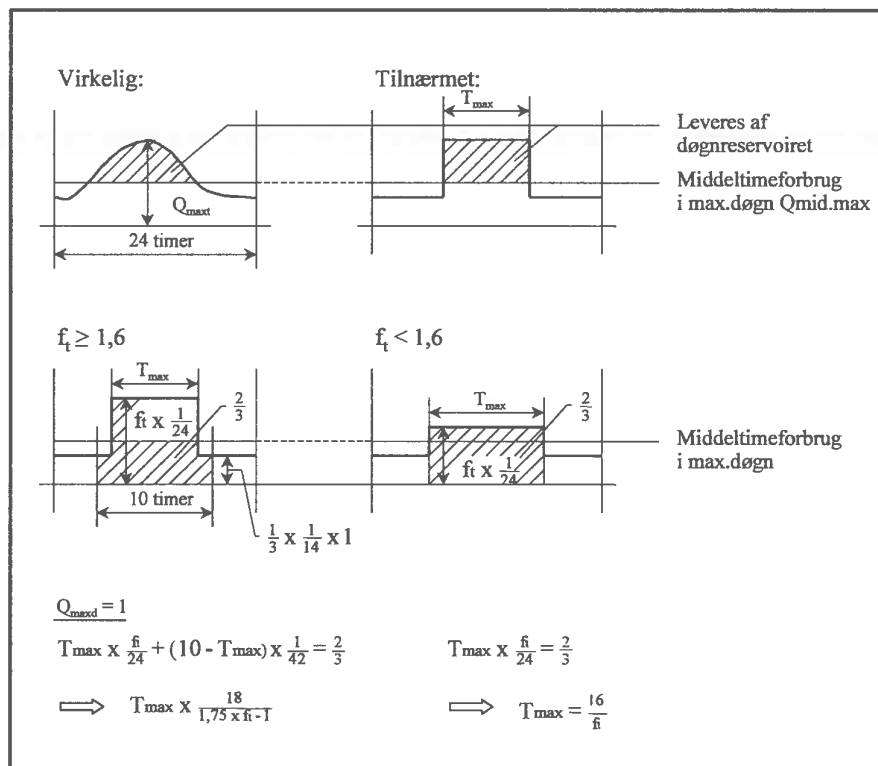
Hvis der er en højdebeholder i forsyningsområdet, vil den nødvendige udpumpningskapacitet kunne formindskes svarende til den vandmængde, som højdebehol-

deren kan levere i den tid, T_{max} , hvor der er maks.timeforbrug. Det forudsættes, at der kun disponeres over 80% af højdebeholderens volumen $V_{høj}$. De resterende 20% reserveres til nødsituationer.

Udpumpningsanlægget i et forsyningsområde med højdebeholder/vandtårn skal dog mindst have en størrelse, så det maksimale døgnforbrug kan blive pumpet ud på 23 timer.

Generelt for et forsyningsområde med eller uden højdebeholder vil den nødvendige udpumpningskapacitet kunne udtrykkes ved

$$Q_{udp} = \text{Maks} \left\{ \left(Q_{max} - \frac{0,8 \times V_{høj}}{T_{max}} \right), \left(\frac{Q_{max}}{23} \right) \right\}$$



Figur 1: Fordelingskurve og døgnreservoirvolumen

3 Forsyningsevne

3.1 Hovedelementer

Forsyningsevnen af et vandforsyningsanlæg angiver, hvor meget vand anlægget kan levere på time-, døgn- og årsbasis. De fleste hovedtal til fastlæggelse af et givet vandværks forsyningsevne kan afklares uden særlig beregning. Det gælder fastlæggelse af kapaciteten af vandværkets hovedelementer:

Indvindingskapacitet	(m ³ /h)
Behandlingskapacitet	(m ³ /h)
Beholdervolumen	(m ³)
Udpumpningskapacitet	(m ³ /h)

Derimod skal vandforsyningens

Leveringskapacitet	(m ³ /h)
Mulig døgnproduktion	(m ³ /døgn)
Mulig årsproduktion	(m ³ /år)

beregnes under hensyntagen til, hvordan vandværkets hovedelementer er afstemt i forhold til hinanden og under hensyntagen til forsyningsområdets forbrugsmønster.

3.2 Leveringskapacitet

Vandværkets leveringskapacitet angiver, hvor meget vand forsyningsområdet maksimalt kan tilføres i timen. Forsyningsområdet kan tilføres vand fra rentvandspumperne og fra højdebeholder/vandtårn, hvis der er en sådan beholder i forsyningsområdet.

Ved beregning af leveringskapaciteten må der tages hensyn til volumet af rentvandsbeholderen. Er der f.eks. en lille rentvandsbeholder eller slet ikke nogen, kan udpumpningen fra vandværket ikke være større end indvindings- og behandlingsanlæggets kapacitet.

Leveringskapacitet:

$$Q_{\text{levt}} = Q_{\text{udp}} + Q_{\text{højd}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

hvor

$$Q_{\text{udp}} = \text{Min} \left\{ \text{Min}(Q_{\text{ind}}, Q_{\text{filt}}) + \frac{0,8 \times V_{\text{rentv}}}{T_{\text{max}}}, \text{rentvandspumpekapacitet} \right\}$$

$$\text{og} \quad Q_{\text{højd}} = \frac{0,8 \times V_{\text{højd}}}{T_{\text{max}}}$$

Det er forudsat, at der kun disponeres over 80% af rentvandsbeholderens og højdebeholderens/vandtårnets volumen. De resterende 20% forbeholdes nødsituationer.

3.3 Døgnproduktion

Den mulige døgnproduktion ved et vandforsyningsanlæg begrænses af følgende:

- a) Indvindingsanlæggets døgnproduktion
- b) Behandlingsanlæggets døgnproduktion
- c) Vandforsyningsanlæggets leveringskapacitet i relation til forbrugsmønstret i forsyningsområdet.

Vandforsyningsanlæggets døgnproduktion kan udtrykkes således:

$$Q_{\text{døgn}} = \text{Min}(a, b, c) \quad (\text{m}^3/\text{døgn})$$

hvor

$$a = Q_{\text{indv}} \times 23$$

$$b = Q_{\text{fit}} \times 23$$

$$c = \frac{Q_{\text{levt}}}{ft} \times 24$$

3.4 Årsproduktion

Et vandværks mulige årsproduktion kan beregnes ud fra den mulige døgnproduktion og døgnfaktoren efter følgende udtryk:

$$Q_{\text{Årsprod}} = \frac{Q_{\text{døgn}}}{fd} \times 365 \quad (\text{m}^3/\text{år})$$

Det er naturligvis en forudsætning, at der er tilstrækkelige vandressourcer til rådighed til en sådan årsproduktion.

3.5 Forsyningsikkerhed

Forsyningsikkerheden i et forsyningsområde eller en by kan udtrykkes som forholdet i mellem vandforsyningsanlæggets forsyningsevne og forsyningskravet fra forbrugerne:

$$\text{Forsyningsikkerhed} = \frac{\text{Evne}}{\text{Krav}}$$

Hvor stor en forsyningsikkerhed man vil køre med i et givet forsyningsområde er i sidste ende en politisk afgørelse. Men vil man undgå driftsforstyrrelser skal indekset for forsyningsikkerhed være over 1,0. Er indekset under 1 vil der til tider opstå

situationer, hvor forbrugerne vil opleve vandmangel. Normalt vil man ved de fleste vandforsyninger sætte mindstegrænsen ved 1,3 og gerne have så stor kapacitet, at man kan tåle udfald af største enhed.

4 Registrering af vandforsyningsanlæg

Bedømmelsen af et vandforsyningsanlæg beror også på en registrering af anlægstekniske data samt tilstand og hygiejne ved anlæggene.

Registreringen af de almene vandforsyningsanlæg omhandler tekniske data om indvindings-, behandlings- og udpumpningsanlæg samt oplysninger om vandkvalitet.

I forbindelse med en besigtigelse af anlæggene foretages desuden en kvalitativ vurdering af anlæggenes vedligeholdelsestilstand ved bygninger og tekniske anlæg samt en vurdering af vandkvaliteten.

Ved vurderingen af anlæggenes tilstand anvendes følgende klassificering:

Vedligeholdelsestilstand:

1. Særdeles god.
2. God.
3. Jævn. Der bør udføres reparation eller service på anlægget.
4. Uacceptabel. Opfylder ikke Vandforsyningslovens krav med hensyn til hygiejne og forsyningssikkerhed.

Vandkvalitet:

- A. God.
- B. Acceptabel. Enkelte parametre uden hygiejnisk-/sundhedsmæssig betydning overskrider vandkvalitetskravet, eller der skønnes at være fare herfor på grund af u hensigtsmæssig indretning af boringer, vandværk, beholder m.v.
- C. Uacceptabel. Flere højst tilladelige vandkvalitetskrav overskrides, eller der skønnes at være i fare herfor på grund af u hensigtsmæssig indretning af boringer, vandværk, beholder m.v.

I bilag X1 er der for hvert vandværk angivet den aktuelle vedligeholdelsestilstand og karakteristik af vandkvaliteten.

Vandkvaliteten er bedømt på grundlag af aktuelle rentvandsanalyser.

5 Beregningsprogram

På grundlag af beskrivelsen i de foregående afsnit er der udarbejdet et beregningsprogram i Excel. Udsnit af regnearket er vist nedenfor.

Beregningerne foregår ved at fremskaffe og indtaste tallene i de ud for x-mærkede rækker. De øvrige felter er sædvanligvis beskyttet - eller bør være det - så uforvarende indtastning undgås.

Vandværk Nr.			Oplys	1	2
Vandværk Navn			x	X-købing	Y-borg
Forsyningsområde/Trykzone			x	Lave	Høje
Forbrugsmønster	Maks.døgnfaktor	fd	x	2,0	1,8
	Maks.timefaktor	ft	x	1,5	1,4
Forsyningskrav	Årsforbrug	1000 m3/år	x	400	600
	Maks.døgnforbrug	m3/døgn		2192	2959
	Maks.timeforbrug	m3/h		137	173
	Pumpekapacitet	m3/h		137	145
	Råvandskapacitet	m3/h		95	129
	Filterkapacitet	m3/h		95	129
	Beholdervolumen	m3		761	909
Forsyningssevne	Indvind.tilladelse	1000 m3/år	x	500	800
	Mulig årsproduktion	1000 m3/år		504	700
	Døgnproduktion	m3/døgn		2760	3450
	Leveringskapacitet	m3/h		180	228
	Pumpekapacitet	m3/h	x	200	200
	Råvandskapacitet	m3/h	x	150	150
	Filterkapacitet	m3/h	x	120	180
	Rentvandsbeholder	m3	x	800	800
	Højdebeholder	m3	x	0	400
Forsynings-Sikkerhed	Årsforbrug	Evne/krav		1,3	1,2
	Maks.døgn	Evne/krav		1,3	1,2
	Maks.time	Evne/krav		1,3	1,3
Maks.forbrug		Timer/døgn		10,7	11,4

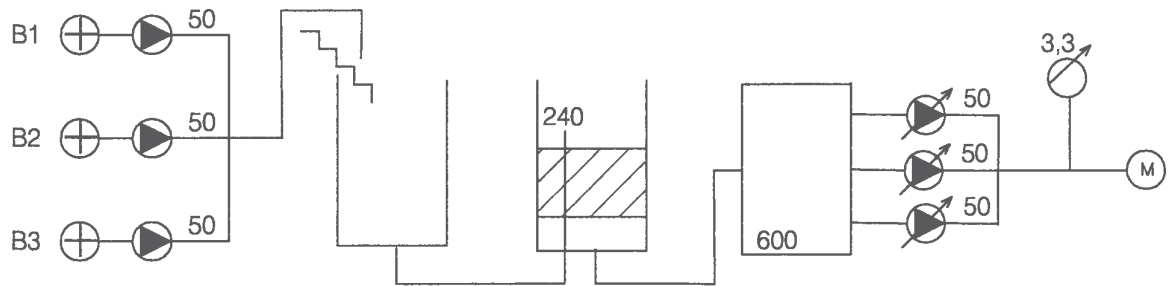
XXXXX Kommune

Kapacitet og tilstand af vandforsyningsanlæg

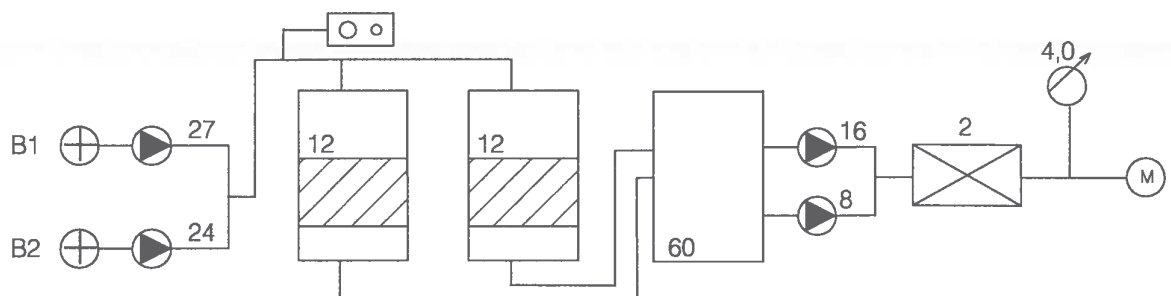
Ar yyyy

Vandværk Nr.		Oplys x	10-0001	
Vandværk Navn		x	aaaaaa	Bemærkninger
Forbrugsmønster	Maks.døgnfaktor	fd	x	1,6 Skøn
	Maks.timefaktor	ft	x	1,8 Skøn
Forsyningskrav	Årsforbrug	1000 m3/år	x	246 245790 m3. Fremover +Handbjerg: 65873
	Maks.døgnforbrug	m3/døgn		1078
	Maks.timeforbrug	m3/h		81
	Pumpekapacitet	m3/h		81
	Råvandskapacitet	m3/h		47
	Filterkapacitet	m3/h		47
	Beholdervolumen	m3		463
Forsyningsevne	Indvind.tilladelse	1000 m3/år	x	350
	Mulig årsproduktion	1000 m3/år		456
	Døgnproduktion	m3/døgn		2000
	Leveringskapacitet	m3/h		150
	Pumpekapacitet	m3/h	x	150
	Råvandskapacitet	m3/h	x	150
	Filterkapacitet	m3/h	x	240
	Rentvandsbeholder	m3	x	600
	Højdebeholder	m3	x	0 Vandtårn ude af funktion
	Forsyningstrykkote	m o. havet	x	40
Forsynings-sikkerhed	Årsforbrug	Evne/krav		1,9
	Maks.døgn	Evne/krav		1,9
	Maks.time	Evne/krav		1,9
Maks.forbrug		Timer/døgn		8,4
Anlægstekniske data år xxxx				
Indvindingstilladelse (meddelt år xxxx)				
		x		2000
Ejerforhold (Kommunalt/Privat)				
		x		K
Indvindingsboringer (Antal i drift)				
		x		3 3 SP46-2
Iltningsmetode (Trappe/Bakke/Kompressor)				
		x		T Med reaktionsbassin
Filtrering (Enkelt/Dobbelt)				
		x		E
Filtertype (Åben/Lukket)				
		x		A 2+5 filtre
Rentvandspumper (Antal i drift)				
		x		3 3 NB40-160. 50 m3/h v. 34,2 mVS
Trykstyring (Hydrofor/Membranbeholder/ VLT)				
		x		V
Terrænkote				
		x		10 Gulv i pumpesal
Afgangstryk (mVS)				
		x		30
Tilstand ved besigtigelse. Dato: xxxxxxxx				
	Bygning 1)	x		1
	Maskin 1)	x		1
	Vandkvalitet 2)	x		A Filtre ombygget
	Skyllevandsbassin	x		Ja
1) Vedligeholdelse: 1: Særdeles god, 2: God, 3: Jævn, 4: Uacceptabel				
2) Vandkvalitet: A: God, B: Acceptabel, C: Uacceptabel				

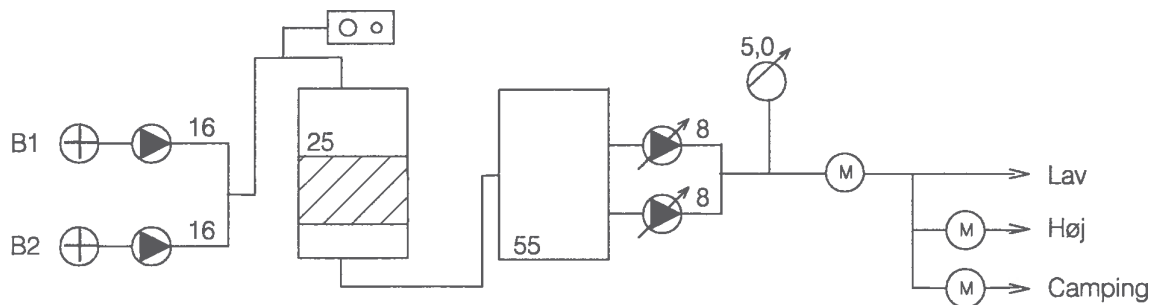
Vinderup Vandværk



Mogenstrup Vandværk



Ejsingholm Vandværk



Vandværker i Vinderup Kommune

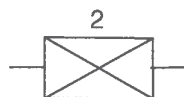
Principskitser af indretning

Signaturforklaring

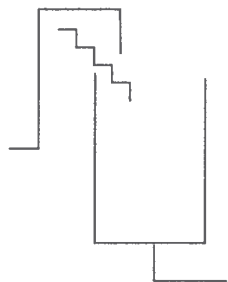
Bilag 3



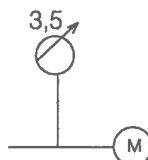
Indvindingsboring
Dykpumpe
Kapacitet i m³/h



Hydrofor eller
Membranbeholder
Volumen i m³



Iltningsstrappe



Afgangstryk i bar

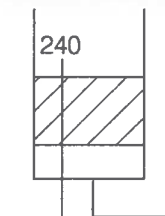
Vandmåler



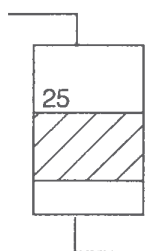
Iltningskompressor



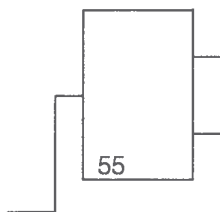
Trykreduktionsventil



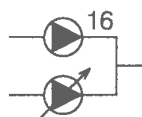
Åbent filter
Kapacitet i m³/h



Trykfilter
Kapacitet i m³/h



Rentvandsbeholder
Volumen i m³



Rentvandspumper
Omdrejningsreguleret
Kapacitet i m³/h