

## 8. Dimensionering och utformning

### Infiltrationsanläggningar

Om förutsättningar finns att uttöra en infiltrationsanläggning bör i första hand denna teknik väljas.

#### Vanlig infiltration

Huvudkriterierna för en konventionell infiltrationsanläggning är:

- kornstorleksfördelning enligt kravspecifikation
- tillräcklig mäktighet på jordlagret
- tillräckligt vertikalt avstånd till grundvattenyta
- tillräckligt horisontellt avstånd till vattentäcker
- tillräcklig kapacitet hos jordlagret att transportera bort tillfört vatten.

Infiltrationsanläggningen utförs vanligtvis med ett eller flera diken även kallade strängar. Anläggningen kan också utföras som sammanhängande bädd. Principen för anläggningen visas i figur 17.

De anvisningar som här ges om dimensionering av anläggningar är baserade på infiltration av hushållsspillvatten.

Dagvatten och dräneringsvatten skall inte ledas till infiltrationsanläggningen eller markbädden, eftersom det tidvis mycket stora flödet kan överbelasta och t.o.m. förstöra anläggningen.

Ett hushåll bör vid dimensionering av avloppsanläggning beräknas bestå av fem personer. Det innebär ofta att det finns en viss marginal för en förändrad belastning av tillfällig eller permanent karaktär. Är belastningen större beroende på fler personer (dagbarn, säsongsanställda etc.) eller på grund av annan verksamhet måste givetvis hänsyn tas till detta.

Belastningen på en infiltrationsyta bestäms av områdets geohydrologi och av spillvattnets mängd och sammansättning. För hushållsspillvatten är dimensioneringen av anläggningen, d.v.s. hur stor infiltrationsytan skall vara, beroende av renvattenförbrukningens storlek och markmaterialets egenskaper. Renvattenförbrukningen

beräknas till 200 liter per person och dygn för BDT- och KI-vatten. Finns bara BDT-vatten beräknas förbrukningen till 150 liter per person och dygn.

Infiltrationskapaciteten bestäms primärt av den s.k. biohuden som uppstår på infiltrationsytan. Det är ett skikt bestående av fasta partiklar och biologisk påväxt från spillvattnet. Infiltrationskapaciteten för spillvattnet är 10-1000 gånger (beroende på jordmaterial) mindre än för rent vatten p.g.a. uppkomsten av biohud. Biohudens utveckling är i sin tur beroende av bl.a. kornstorleken på jordpartiklarna, spillvattnets sammansättning och belastningens kontinuitet. Biohudens tjockleken varierar med jordarten från ca 1 cm i fina jordarter till ca 10 cm i sand.

Tabell 7, sid 34 kan användas för att bestämma spridningsledningarnas längd, vid vanlig infiltration, under betingelsen att infiltrationsytans bredd är en meter. Vid en gravbredd av 1 m erhålls en infiltrationsyta av 1 m<sup>2</sup> per löpmeter spridningsledning. Bredder mellan ca 0.8 och 2 m kan dock förekomma. Ledningens längd måste då beräknas utifrån detta.

Spridningsledningarnas längd beräknas i varje enskilt fall, utgående ifrån erforderlig infiltrationsarea och gravbredd, alltså inte ifrån en viss ledningslängd/hushåll.



Figur 17. Principen för infiltration samt biohudens läge.

Tabell 7. Spridningsledningens totala längd i meter om gravbredden är en meter. Tabellen gäller för helårshus/fritidshus med indraget vatten, och med självfallsledningar.

Antal anslutna hushåll	Siktkurva helt inom fält A (även markbäddssand). Pkt 1 <sup>1)</sup> 60 l/m <sup>2</sup> xd		Siktkurva helt inom fält A (även markbäddssand). Pkt 1 <sup>1)</sup> 50 l/m <sup>2</sup> xd	
	WC	ej WC	WC	ej WC
1	17	13	20	15
2	33	25	40	30
3	50	38	60	45
4	67	50	80	60
5	83	63	100	75

Antal anslutna hushåll	Siktkurva huvudsakligen inom fält A med mindre del inom fält B. Pkt 2 <sup>1)</sup> 40 l/m <sup>2</sup> xd		Siktkurva helt inom fält B eller med mindre del inom fält A. Pkt 3 <sup>1)</sup> 30 l/m <sup>2</sup> xd	
	WC	ej WC	WC	ej WC
1	25	19	33	25
2	50	38	67	50
3	75	56	100	75
4	100	75	133	100
5	125	94	167	125

1) Punktangivelser i tabellen hänförs till rekommendationer sid 31 och 32.

Vid självfall uppnås relativt jämn fördelning av spillvattnet i en spridningsledning då denna är högst 15 meter. Längre spridningsledningar bör därför undvikas. I stället kan ledningen delas upp i två eller flera strängar. Om spillvattnet fördelas genom pumpning kan spridningsledningens längd ökas till 25 meter.

För bäddkonstruktion beräknas den erforderliga ytan med hjälp av totala spillvattenflödet (l) och infiltrationskapaciteten (l/m<sup>2</sup>xd).

Exempel. 3 fastigheter, BDT- och KI-vatten, självfall, infiltrationskapacitet 40 l/m<sup>2</sup>xd.

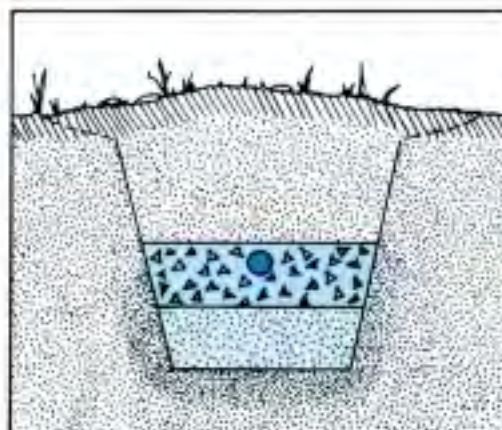
Erforderlig area (3x5x200)/40 = 75 m<sup>2</sup>.

Längd = 15 m; medför bredd = 5 m.

Välj t.ex. 3 spridningsledningar c/c (centrumavstånd) 1,7 m.

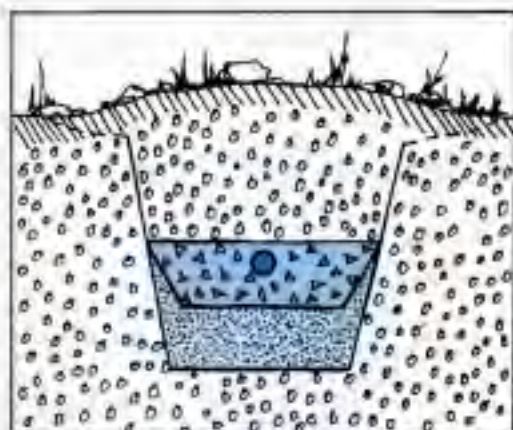
#### Förstärkt infiltrationsanläggning

I de fall då kravet på kornstorleken inte är uppfyllt trots att övriga kriterier för infiltration är uppfyllda kan en förstärkt anläggning utföras.



Figur 18. Principen för förstärkt infiltration i finkorniga jordar.

Då det naturliga materialet har något för hög halt *finkornigt material* (d.v.s. sikt-kurvan faller till en mindre del till vänster om fält B, punkt 5, sid 32) kan den *hydrauliska kapaciteten ökas* genom att tillföra ett skikt med jämförelsevis grövre material (typ markbäddssand). Belastningen bör inte överstiga  $40 \text{ l/m}^2 \times \text{d}$ .



Figur 19. Principen för förstärkt infiltration i grovkorniga jordar.

I vissa fall kan den naturliga jorden vara alltför *grovkornig* (d.v.s. sikt-kurvan faller till en mindre del till höger om fält A, punkt 4, sid 31). I detta fall kan anläggningens *reningförmåga ökas* genom att tillföra ett skikt med jämförelsevis finkornigare material (typ markbäddssand). Belastningen bör inte överstiga  $50 \text{ l/m}^2 \times \text{d}$ .

I båda fallen skall förstärkningslagret läggas ut över hela den beräknade infiltrationsytan. Lagret bör vara *minst 30 cm tjockt*.

Sakkunnig expertis bör konsulteras för anläggandet av en förstärkt infiltrationsanläggning.

#### Grund infiltrationsanläggning

Då det naturliga jordlagret är tunt och/eller avståndet till grundvattnen är otillräckligt kan en grund infiltrationsanläggning väljas. Grunt förlagda system utnyttjar dessutom bättre de övre jordlagren där reningförmågan normalt är störst. Anläggningen utformas som konventionell infiltration, dock krävs viss överbyggnad med

jord och eventuell isolering. Principutformningen visas i figur 20.

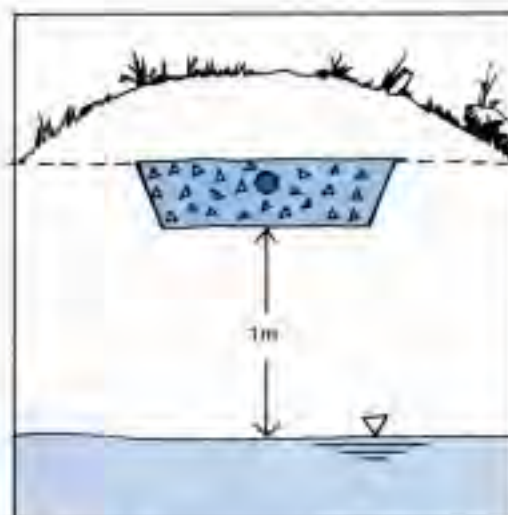
Denna anläggningstyp dimensioneras på samma sätt som vanlig infiltrationsanläggning.

#### Upplyft infiltrationsanläggning (mound)

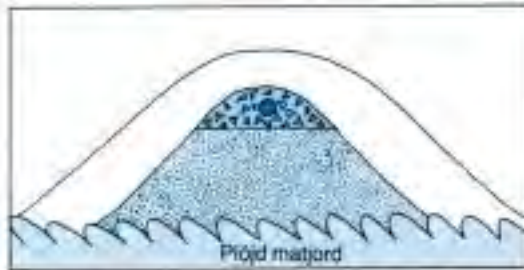
Vid jämförelsevis finkorniga jordarter där man även har höga grundvattennivåer, och/eller tunt jordlager kan anläggningen behöva byggas upp helt eller delvis över den ursprungliga marknivån. Man får då en sorts infiltrationsanläggning som lanserats i USA under namnet mound.

Vattnet pumpas vanligtvis till anläggningen där det fördelas över en sandbädd (markbäddssand). Från filterbädden sjunker vattnet ner i den naturliga jorden. Oftast behandlas den ursprungliga marknivån genom att matjorden plöjs. Lösningen är att anse som ett specialfall. Principutformningen visas i figur 21, sid 36.

Dimensionering av en upplyft infiltrationsanläggning är förhållandevis komplicerat. Då denna typ av anläggning väljs krävs att sakkunnig person utfört dimensioneringen. Anvisningar för dimensionering finns bl.a. i US EPA's manual för infiltrationsanläggningar. Se referens 1 o 2, sid 37.



Figur 20. Principutformning av grund infiltrationsanläggning.



Figur 21. Principutförning av upplyft infiltrationsanläggning (mound).

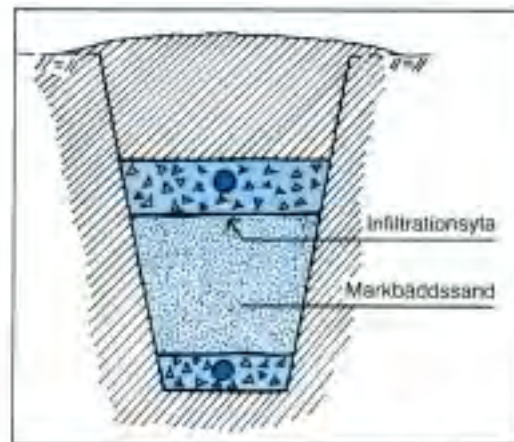
Markbädd utförs vanligen med ett eller flera diken men sammanhängande bädd förekommer också. Principutförningen visas i figur 22.

Infiltrationsytan och därmed längden på spridningsledningen beräknas på samma sätt som för en infiltrationsanläggning. Infiltrationsyta är i det här fallet markbäddssandens överyta. Detta innebär att gravbredden mäts på den nivå där den övre sandytan kommer att befinna sig. Se fig 22.

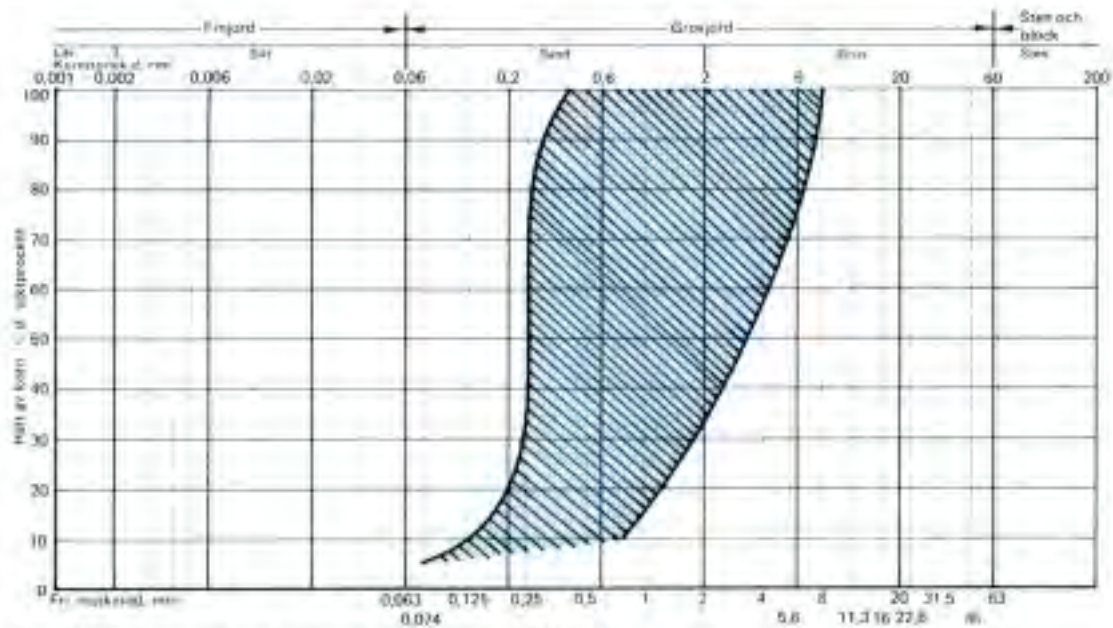
### Markbädd

I de fall då den naturliga jorden har direkt olämplig kornstorleksfördelning för infiltration - vanligtvis för mycket finmaterial i form av silt och lera - kan markbädd vara ett alternativ. Detsamma gäller då avståndet till grundvattnenytan eller berg är otillräckligt. Reningen sker i en begränsad jordvolym bestående av ett skikt med välgraderad sand, s.k. markbäddssand, som vattnet långsamt filtrerar igenom. Det rena vattnet avleds normalt till en ytvattenrecipient (dike, å, sjö, hav).

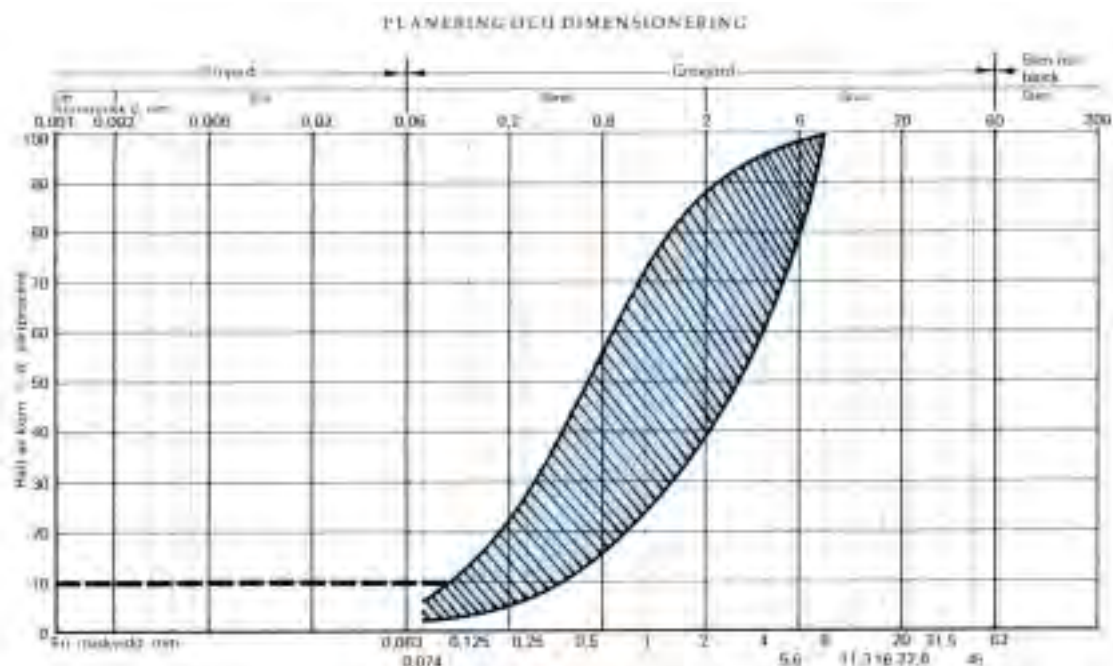
Markbädd väljs ibland för att minska risken för förorenings-spridning till grundvattnet. Dock infiltreras alltid en viss del från en otätad markbädd.



Figur 22. Principutförning av markbädd. Dimensionerande infiltrationsyta är sandens överyta.



Figur 23. Rekommenderade kravgränser för markbäddssand.



Figur 24. Betongsand "0-8" uppfyller oftast kraven för markbäddssand.

Till markbäddssand väljs material vars siltkurva faller helt inom den del av fält A som framgår av figur 23. Detta material benämns grusig sand.

Lämpliga material finns även under olika handelsnamn. Gjutsand som saluförs under beteckningen "betongsand 0-8" uppfyller normalt kraven. Denna sand har kornstorleken högst 8 mm och  $d_{10}$  är 0,125-0,15. Vid tveksamhet bör en siltkurva först infordras. Siltkurvans  $d_{10}$  skall då vara större än 0,1 mm. Se figur 24.

Belastningen väljs i intervallet 50-60 l/m<sup>2</sup>d beroende på hur siltkurvan faller. Se punkt 1, sid 31.

Det är viktigt att sand med lämplig kornstorleksfördelning används, eftersom den tillgängliga jordvolymen i en markbädd är begränsad till skillnad från vad som gäller vid infiltration.

#### Referenser:

1. Design and Construction Manual for Wisconsin Mounds.  
University of Wisconsin 1978. J.C. Converse.
2. Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems. Design Manual US EPA 1980.

## 9. Allmänt om byggande

Vid komplicerade förhållanden eller då tveksamhet råder om lämplig anläggningstyp bör konsult anlitas. I sådana fall krävs också mer detaljerade handlingar (beräkningar, projekteringsritningar, byggföreskrifter etc.), än i normalfallet.

Byggnadsstarten underlättas om man utfört byggförberedelser. Generellt gäller att ju bättre projekteringshandlingar man har desto enklare blir byggandet. Det är alltid en fördel att ha ett fast pris på arbetet. Anbudsförfarande kan ofta vara lämpligt.

Den första fasen i byggförberedelserna innebär att man upprättar arbetshandlingar (ritningar etc.), inhämtar tillstånd, låter kostnadsberäkna och upphandlar arbetet. Den andra fasen innebär att man städar av området, tillser att det finns el och vatten (om så behövs) och att det finns erforderliga upplags- och körytor.

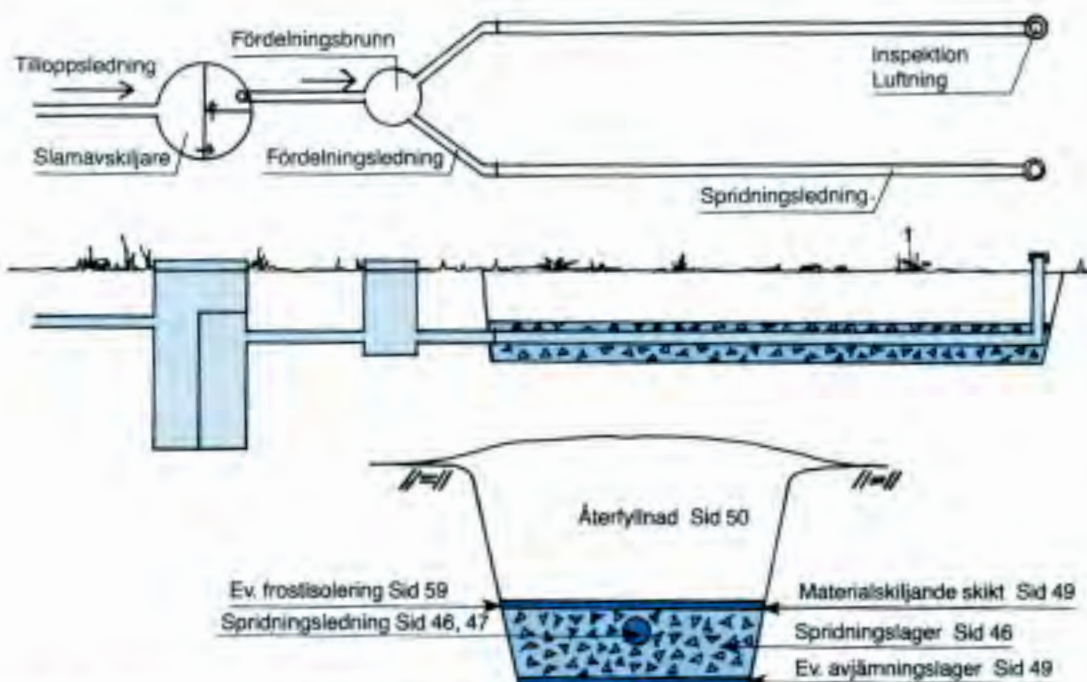
Ibland förekommer det att man under arbetets gång måste göra avsteg från de ursprungliga arbetsritningarna. När så

sker skall detta omgående införas på ritningarna så att man vid färdigställandet har ritningar som utvisar anläggningens verkliga läge och utformning, s.k. *relationshandlingar*. Ändringar som innebär avsteg från gällande tillstånd måste kontrolleras med kommunens miljö- och hälsoskyddsförvaltning.

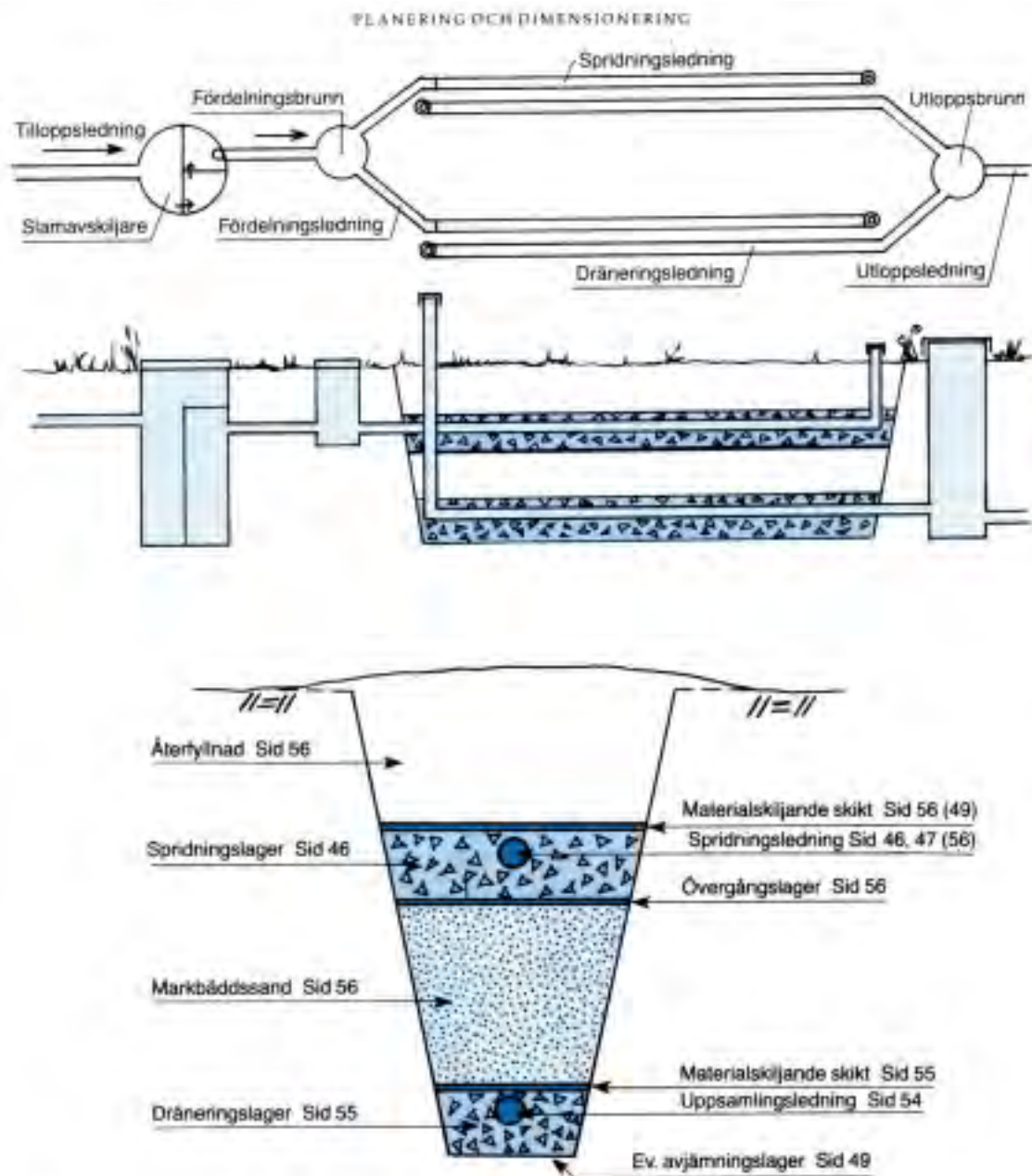
Under byggnationen bör fortlöpande kontroll ske så att anläggningen utförs på ett fackmässigt riktigt sätt och i enlighet med aktuella handlingar och föreskrifter.

Redovisningen nedan vad avser tillloppsledning, slamavskiljare och fördelningsanordningar gäller i tillämpliga delar alla anläggningstyper.

I figur 25 och 26 visas principutformningen för vanlig infiltrationsanläggning och markbädd. Figurtexten anger olika ingående komponenter motsvarande den nomenklatur som används i kommande redovisning.



Figur 25. Definition av olika komponenter i en infiltrationsanläggning.



Figur 26. Definition av olika komponenter i en markbädd.

# Anläggningskomponenter

## 10. Tilloppsledningar

### Rörkvalitet

Rör till självfallsledningar är vanligtvis tillverkade av PVC-plast eller betong. Till tryckavloppsledningar används oftast PVC- eller PE-plast. PVC-rör tillverkas i tre styvhetsklasser för användning i mark, T, M och L, där T är högsta rörkvalitet. Vanligtvis är klass M tillräcklig.

Ledningarna skall vara styva och ha en invändig diameter på minst 100 mm om inte annat anges för någon speciell anläggning.

### Ledningsläggning

Ledningen bör ha en rak sträckning och en jämn lutning mellan eventuella brytpunkter för att minska risken för stopp på grund av avsättningar och för att underlätta inspektion och rensning. Se figur 28.

Ledningarna bör läggas med en lutning på minst 1:100 d.v.s. en cm per meter ledning (10 ‰).

Vid spillvattenanläggningar för ett fåtal personer är det önskvärt att tilloppsledningar kan utföras med en lutning större än 1:100, t.ex. 2:100 p.g.a. igenslamningsrisken. Är lutningen mindre än 2:100 bör ledningen göras så kort som möjligt och kontrolleras regelbundet för att kunna rensas innan den slammas igen. Vid lutning mindre än 1:100 bör spolbrunnar anläggas.

Tilloppsledningen kan behöva frostisolerars.

Fogen mellan ledning och slamavskiljare bör ha tätningslement av gummi för att undvika rörbrott vid sättningar.

### Täthet

Ledningarnas täthet har stor betydelse vid dimensionering av slamavskiljare och efter-

följande behandlingsdel. Därför bör normerade eller typgodkända och kvalitetskontrollerade rör användas. Risken för ut- och inläckage är proportionell mot ledningens längd.

En ledning utförd av kvalitetskontrollerade rör kan normalt anses uppfylla kraven på täthet vid anslutning av en enstaka fastighet, om arbetsutförandet är korrekt. Vid anslutning av flera fastigheter och/eller vid risk för förorening av grundvattentäkt bör ledningen täthetsprovats. Täthetsprovning av lagda ledningar kan utföras enligt beskrivning i Vatten och Avloppsverksföreningens publikation VAV P50.



Detta märke anger att produkten kontrollerats av Kontrollrådet för betongvaror, KRB.



Detta märke anger att produkten uppfyller svensk standard.

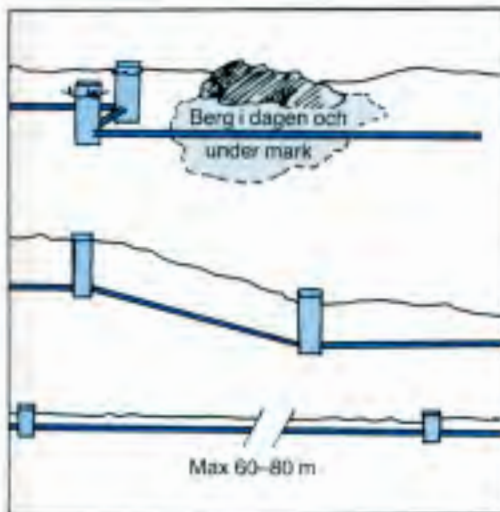
Figur 27. Märkning av kontrollerade rör.

### Inspektionsbrunnar

Om ledningen måste vinklas i sidled eller höjdlid eller om ledningen är längre än 60-80 meter bör en inspektionsbrunn anläggas.

För att möjliggöra rensning och spolning bör brunnen ha en invändig diameter av 200-300 mm. Vid djupt förlagda ledningar eller då flera ledningar sammanförs till en brunn kan konventionella nedstigningsbrunnar med en invändig diameter på 400-1.000 mm behövas.

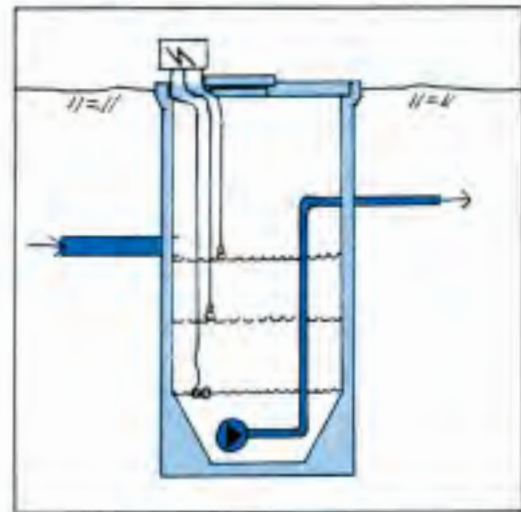




Figur 28. Placering av inspektionsbrunnar.

## Pumpning

Ledningar före slamavskiljare bör om möjligt utföras med självfall. Om spillvattnet måste pumpas för att nå fram till reningsanläggningen bör pumpen om möjligt placeras efter slamavskiljaren för att undvika stötvågor av spillvatten till slamavskiljaren. Pumpeffekten kan då även utnyttjas för att bättre fördela spillvattnet över anläggningens infiltrationsyta. För att uppnå erforderlig driftssäkerhet skall man välja en pump avsedd för den typ av spillvatten som är ak-



Figur 29. Exempel på utformning av pumpstation.

tuellt. Pumpning av obehandlat spillvatten ställer större krav på pumputformningen än pumpning av slamavskilt vatten.

Då pumpning måste ske före slamavskiljare väljs pump och till-/frånslagsnivå så att pumpning sker ofta med små flöden och under kort tid (liten total volym). Vid pumpning efter slamavskiljare väljs pump enligt sid 45.

Pumpstation kan antingen platsgutas eller köpas prefabricerad.

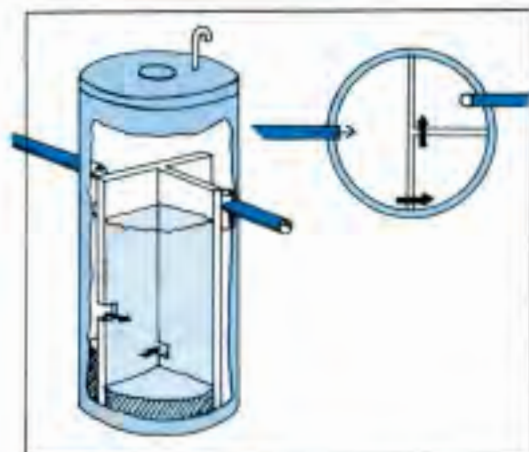
Installation av pump, larm, el, avloppsledningar, eventuella ventiler m.m. skall ske enligt fabrikantens anvisningar.

## 11. Slamavskiljare

### Allmänt

Med slamavskiljare menas en behållare där de grova föroreningarna avskiljs. På så sätt undviks att infiltrationsytan slammas igen, alternativt minskas belastningen på ett efterföljande paketretningsverk.

På grund av större vattenmängder och framför allt större föroreningsmängder erfordras större sedimenterings- och slamlagringsvolym för BDT + KI-vatten än för enbart BDT-vatten. Man skall därför välja en slamavskiljare som är anpassad i storlek efter antalet anslutna hushåll och typ av spillvatten.



Figur 30. Exempel på slamavskiljare utformad som trekammarbrunn.

ANLÄGGNINGSKOMPONENTER

För hushåll med fler än fem personer kan det vara nödvändigt att installera en större slamavskiljare än normalt. Det gäller även om belastningen av någon annan anledning är stor, t.ex. om familjen har dagbarn. I många fall kan det dock räcka med att slamtömma oftare.

En slamavskiljare kan utformas på olika sätt, bara den uppfyller vissa krav. Krav på utformning, funktion m.m. anges i svenska standarder. Slavavskiljare skall t.ex. utföras täta. Erforderliga slamvolymer (botten- och yt slam) anges i SS 82 56 20. Därutöver bör brunnsöppningar utformas så att arbets-skador och olycksfall förhindras. Gällande standarder är:

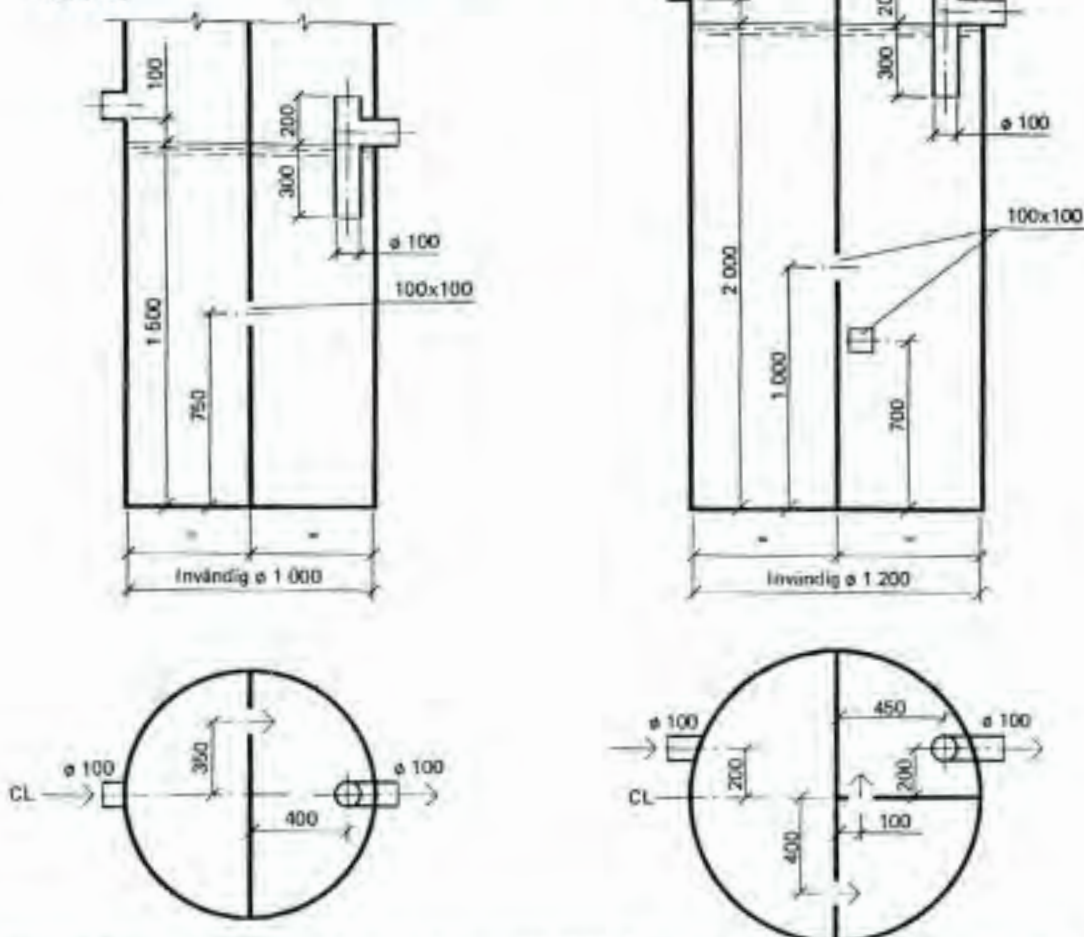
- Avloppsvattenrening - Slamavskiljare för 1-5 hushåll - *Allmänna fordringar*, SS 82 56 20

- Avloppsvattenrening - Slamavskiljare för 1-5 hushåll - *Funktionsprovning*, SS 82 56 25

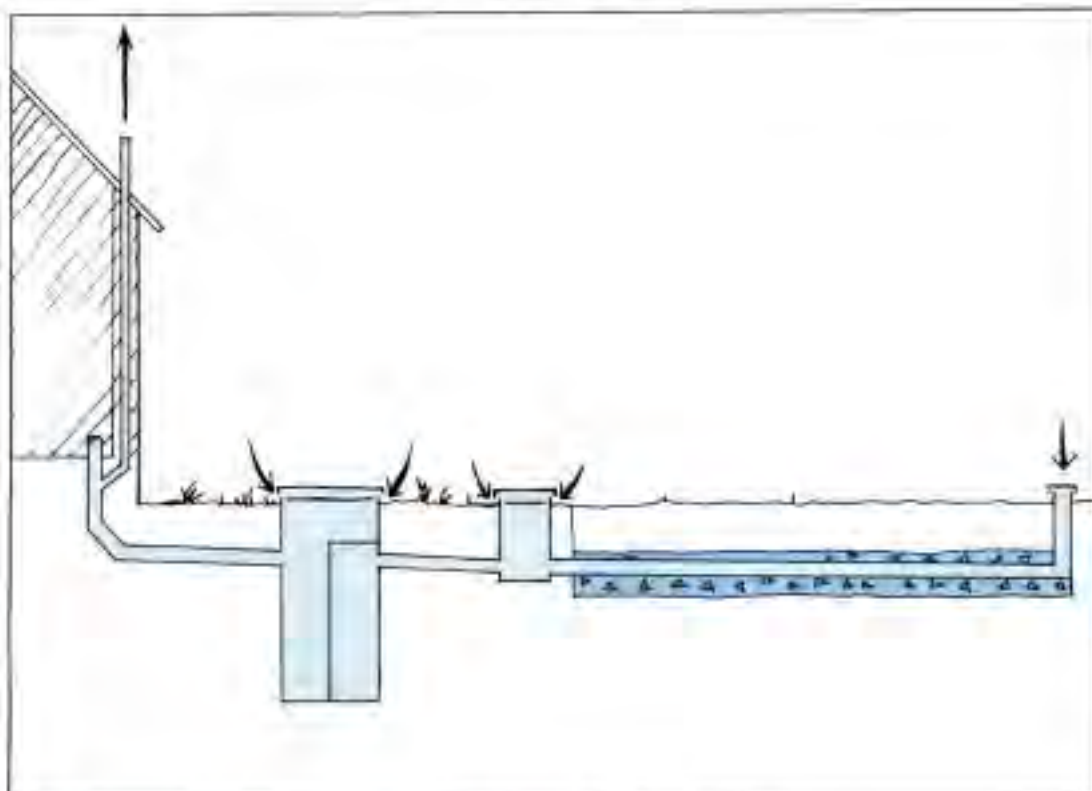
- Avloppsvattenrening - Slamavskiljare för 1-5 hushåll - *Funktionskrav*, SS 82 56 26

- Avloppsvattenrening - Slamavskiljare för 1-5 hushåll - *Läckningskontroll i fält*, SS 82 56 27

Enligt svensk standard skall slamavskiljarens funktion och kvalitet kontrolleras varefter slamavskiljaren kan typgodkännas.



Figur 31. Referensavskiljare enligt svensk standard (SS 82 56 25). Den vänstra avskiljaren avser 1 hushåll med BDT-vatten och den högra 1 hushåll med BDT+KI-vatten.



Figur 32. Ventilation över tak är ett effektivt sätt att förhindra lukt.

Slamavskiljare som typgodkända skall märkas på sätt som anges i typgodkännandebeviset. Endast typgodkända slamavskiljare bör accepteras av miljö- och hälsoskyddsnämnden.

Rådfråga nämnden före inköp om vilka krav som kommunen ställer på slamavskiljare.

Lägningsanvisningar för slamavskiljare skall följa med vid leveransen.

Standardbladen kan beställas hos Standardiseringskommissionen, SIS.

### Ventilation

För att eliminera risken för obehaglig lukt från slamavskiljaren erfordras god ventilation. Denna bör utföras på så sätt att avskiljaren ansluts till en ventilerad avloppsinstallation i en byggnad och avluftas över byggnadens tak. Genom s.k. skorstensverkan kommer självdrag att uppstå. Luft kommer därvid att sugas in i anläggningen

via otätheter och öppningar och transporteras ut över taket genom luftningsröret.

Alternativt kan slamavskiljaren förses med separat ventilation. Ventilationsöppningen bör då vara minst 75 mm i diameter. Denna lösning kan dock ge luktproblem.

### Slamavskiljare för små reningsverk

Normalt är slamavskiljare för små reningsverk betydligt större än en vanlig slamavskiljare beroende på att det krävs en utjämningsvolym för att reningsverket skall fungera under olika belastningar.

För utformningen av sådana slamavskiljare hänvisas till fabrikantens anvisningar.

### Referenser:

1. Avloppsreningsverk 10-500 l/s, VARIM, Vattenreningsgruppen inom Sveriges Mekanförbund, 1976.
2. Små reningsverk. Lokal avloppshäntering, Christer Andersson, Jan Rennerfelt och Kjell Svensson, SNV PM 1829.

## 12. Fördelningsanordningar

### Fördelningsbrunn vid självfall

Om det finns mer än en spridningsledning skall en fördelningsbrunn anläggas.

I fördelningsbrunnen dämpas det inkommande vattnet så att en vattenyta bildas i brunnen. Från vattenytan tappas vattnet och fördelas via en justerbar fördelningsanordning, s.k. skibord, över fördelningsledningar ut i spridningsledningarna.

Fördelningsanordningen måste vara funktionell och lättskött så att fördelningen av vatten till de olika ledningarna kan justeras. *Höj- och sänkbara överfall, t.ex. V-formade, möjliggör en jämn belastning över alla spridningsledningar. V-formade överfall är lätta att rensa vid eventuell igensättning och flödet är tämligen okänsligt för mindre avvikelser (jämfört t.ex. med rakt överfall).*

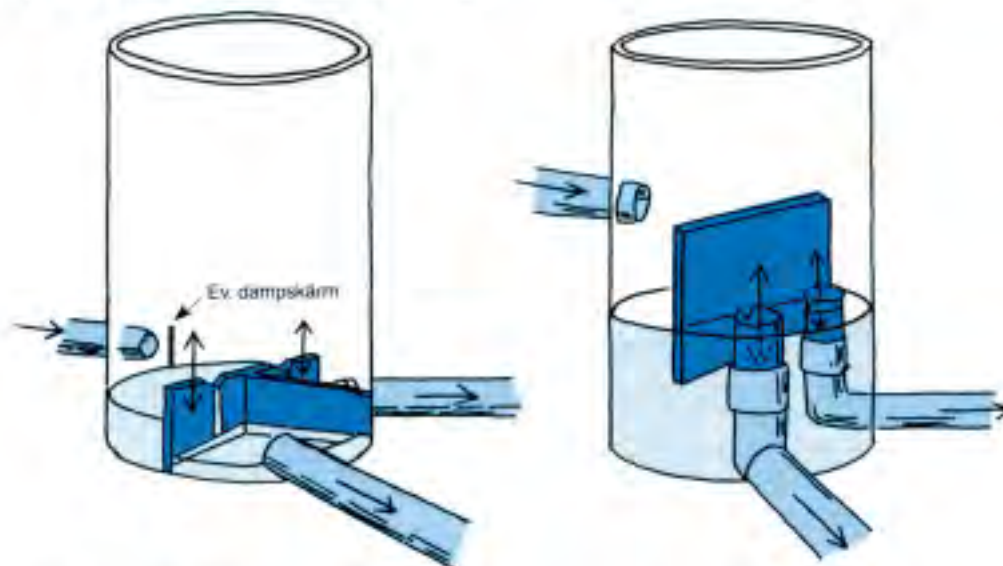
Marginalerne för att åstadkomma en jämn fördelning kan vara mycket små. *Vid olämpligt utformade utlopp kan några millimeters förskjutning av brunnen medföra att huvuddelen av vattnet belastar en ledning. Därför bör man alltid välja justerbara utlopp t.ex. typ V-formade skibord. Vidare*

bör marksättningar som kan påverka fördelningsbrunnens läge motverkas, t.ex. genom att anlägga den på frostfritt djup, eller att schakta ur jordmaterialet under brunnen och fylla igen med grovt grus.

Storleken på fördelningsbrunnen väljs så att tillsyn och skötsel av fördelningsanordningarna underlättas. En fördelningsbrunn med två utlopp bör ha en diameter på minst 400 mm, medan en brunn med flera utlopp kräver större diameter.

Är fördelningsledningarna fler än fem bör man överväga möjligheten att anlägga en huvudfördelningsbrunn och flera fördelningsbrunnar. Är anläggningen utförd för intermittant drift (växelsvis belastning och vila) krävs möjlighet till separat avstängning av fördelningsledningarna.

In- och utgående ledningar bör ha gummfogar vid anslutningen till fördelningsbrunn för att undvika skador på brunn och ledningar vid tjällossning.



Figur 33. Exempel på princip för utformning av fördelningsbrunnar.

### Fördelningsledningar vid självfall

Fördelningsledning kallas den del av ledningen som efter fördelningsbrunnen leder ut vattnet till spridningsledningarna. Fördelningsledningen bör vara så lång och utföras så att vattnet från spridningsledningen inte skadar övriga anläggningsdelar.

Fördelningsledningarna utförs lika som tillloppsledningen, d.v.s. tät ledning, invändig diameter normalt ca 100 mm men med en lutning av minst 3‰. Om spridningsledningen har en annan diameter så väljs lämpligen samma dimension till fördelningsledningen.

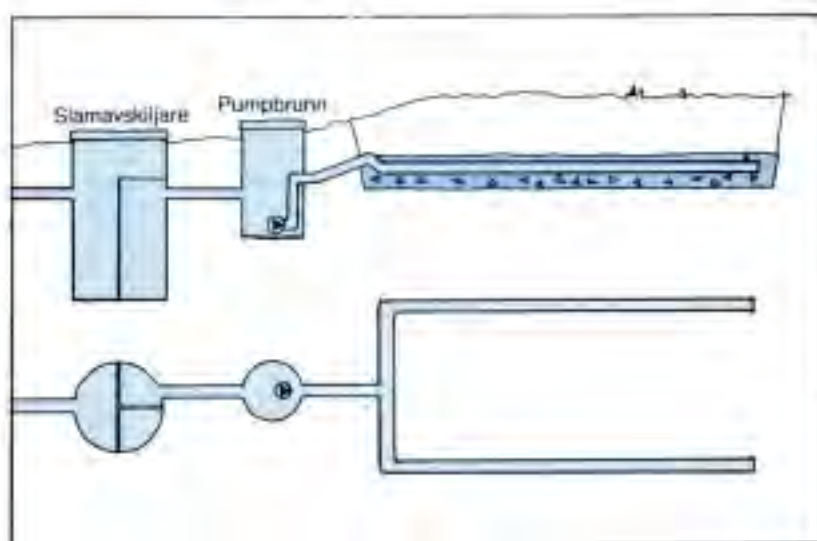
### Fördelning med pump

Fördelning genom pumpning blir aktuell då infiltrationsområdet, på grund av topografin, ligger högre än inkommande ledning, eller då man av olika anledningar utnyttjar speciallösningar såsom grund infiltrationsanläggning/markbädd eller mound.

Nedan redovisas två olika fall.

**Fall 1.** Pumpning efter slamavskiljare till fördelningsbrunn dimensioneras så att flödet på varje enskild spridningsledning uppgår till 0.1-0.2 l/s. Total volym vid varje pumpstillfälle bör inte överstiga spridningsrörens totala volym.

**Fall 2.** Vid pumpning efter slamavskiljare direkt till spridningsledningar (se figur 34) väljs trycket så att man erhåller ca 1 mVP (meter vattenpelare) i övertryck i spridningsledningen. Total volym vid ett pumpstillfälle bör motsvara 2-5 × rörvolymen i spridningssystemet. Fördelen med denna teknik är att man får en jämn spridning över infiltrationsytan samtidigt som man sparar in fördelningsbrunnen. Nackdelen är att man har ett helt slutet system som försvårar driftkontrollen.



Figur 34. Exempel på fördelning av spillvattnet med pump (fall 2).