



LANTBRUKSHÖGSKOLAN
UPPSALA

KYRKOGRÄNSDRÄNERING

*Uppgifter med kommentarer för övningskurs
för landskapsarkitektstuderande*

Femte upplagan

Anders Bjerketorp

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

STENCILTRYCK NR 78

UPPSALA 1974

Beneath those rugged elms, that yew-tree's shade,
where heaves the turf in many a mould'ring heap,
each in his narrow cell for ever laid,
the rude Forefathers of the hamlet sleep.

Thomas Gray: "Elegy written in a country church-yard"
(1751), strof 4.

F Ö R E T A L

Denna skrift utgör en ytterst kortfattad handledning i hur dikning (dränering) av en griftegård, d.v.s. en kyrkogård eller annan begravningsplats, tekniskt kan utformas under hänsynstagande till vissa naturvetenskapliga, tekniska, juridiska och ekonomiska förutsättningar.

De nämnda förutsättningarna ger emellertid vid samtidig planering av dränering, utnyttjande och arkitektur (s.k. integrerad planering) endast en serie mer eller mindre vida ramar för planläggarens arbete. Den närmast överordnade målsättningen är att så långt sig göra låter uppfylla de krav som ligger inneslutna i den grundläggande arkitektoniska avsikten med planeringen, krav som innebär att anläggningen skall vara emotionellt och estetiskt tilltalande, samtidigt som den är praktiskt funktionsduglig.

Den allra högsta ledstjärnan är att griftegården skall gestaltas i vördnad för döden och för de döda, och ej i första hand med tanke på de ännu levande. De levande gagnas till fullo allenast därest den allt överordnade målsättningen just är denna pietet. Endast den civilisation som värddar sina döda kan akta sina levande, blott det folk som visar vördnad för döden kan hysa aktning för livet.

I N N E H Å L L S F Ö R T E C K N I N G

1.	Om yttopografi och bottenmorfologi	1
2.	Några grunddata för utnyttjandeplanering	2
2.1.	Allmänt	2
2.2.	Horisontella utrymmesbehov	2
2.3.	Vertikala utrymmesbehov	3
3.	Ledningarnas djupläge, placering, inbördes avstånd, fall och längd	4
3.1.	Djupläge	4
3.2.	Placering	4
3.3.	Erforderliga dikesavstånd	5
3.4.	Erforderliga minimifall	5
3.5.	Grenledningarnas största längd	5
4.	Ledningsmaterial och ledningsdimensionering	5
4.1.	Ledningsmaterial för olika ledningskategorier	5
4.2.	Dimensionering av ledningar	6
4.2.1.	Bestämning av dimensionerande flöde (q_{dim})	6
4.2.2.	Slutlig bestämning av ledningsgrovlek	9
4.2.2.1.	Dimensionering med GHS-formeln (Jfr. Bilaga 5)	9
4.2.2.2.	Dimensionering med PNC-formeln (Jfr. Bilaga 4)	10
5.	Något om arbetets tekniska utförande	11
5.1.	Ledningarnas läggning, täckning och koppling	11
5.2.	Anordnande av spolbrunnar	12
5.3.	Anordnande av övriga brunnar	12
5.3.1.	Brunnstyper och deras användning	12
5.3.2.	Stalp i brunnar	13
5.3.3.	Dimensionering av brunnar	14
6.	Allmänt om kostnaden för griftegårdsdräneringar	14
7.	Litteraturförteckning	15
8.	Bilagor	18
1.	P. M. för arbetsgången...	19
2.	Tre exempel på s.k. beläggningsmoduler...	23
3.	Några fakta om de brunnar som användes inom dräneringstekniken	26
	I. Ett försök till systematisk indelning	26
	II. Principskisser...	30
	III. Tabeller för dimensionering av brunnar...	38
4.	Rörledningars vattentransporterande förmåga enligt PNC-formeln	40
5.	Rörledningars vattentransporterande förmåga enligt GHS-formeln	44
6.	Ungefärliga kostnader för utförande av kyrkogårdsdräneringar	48
7.	Översiktsplan över del av Berthåga kyrkogård i Uppsala	53

Memorandum för

landskapsarkitektstuderandenas vid Lantbrukshögskolan övningsuppgift

PROJEKTERING AV KYRKOGRÅDSDRÄNERING

utarbetat av Anders Bjerketorp

1. Om yttopografi och bottenmorfologi

Dikningen av en griftegård, d.v.s. av en kyrkogård eller annan begravningsplats, måste utformas med hänsyn till de yttopografiska förhållandena -- de naturliga eller de av människan mer eller mindre modifierade -- och till begravningsfältets tekniska och arkitektoniska utformning, vilket i sin tur är starkt beroende av topografin. Föreligger marklutningar som klart överstiger 5:1000 (5 o/oo), bör alltid eftersträvas sneddränering, eller tvärdränering som den nästan alltid, ehuru vanligen oegentligt, brukar kallas.

Även till bottenmorfologin, d. v. s. till utformningen av det fasta underlaget av berg eller morän, måste ofta hänsyn tagas vid planering av griftegrårdar och vid projektering av dessas dräneringsanläggningar. Vissa områden av det fasta underlaget kan nämligen ligga så högt i förhållande till markytan att dessa delar s. a. s. tränger in i den zon av de övre jordlagren som griftegrådsprojektören intresserar sig för. Bottenmorfologin måste därför noga kartläggas genom systematisk sondborrning (sondering), såvida det inte säkert framgår av de kvartärgeologiska förhållandena att de lösa jordarterna går ner till fullt betryggande djup.

Sammanhangen mellan yttopografi, bottenmorfologi, utnyttjandepanering (beläggningsplanering) och dräneringsprojektering är så invecklade att projektering av dräneringen och planläggningen i övrigt i görligaste mån bör ske parallellt eller i intim växelverkan med varandra.

2. Några grunddata för utnyttjandeplanering

2.1. Allmänt

Vid utnyttjandeplanering (beläggningsplanering) inom ett kistgravsområde är det -- speciellt på svårgenomsläpplig mark -- av stor vikt att gravraderna i så stor utsträckning som möjligt orienteras vinkelrätt mot markytans lutningsriktning, eller såsom man oftast, ehuru litet oprecist säger, lägges längs med nivåkurvorna. Den totala lutningen utefter en gravrad utan avskärande täckdiken bör inte uppgå till mer än högst några få decimeter, i varje fall om marken är svårgenomsläpplig från början och en väsentlig höjning av permeabiliteten uppkommer vid dess omgrävning (vilket är det vanliga). En gravrad i svårgenomsläpplig mark kan nämligen med sin långa fil av omgrävd jord komma att fungera som en slags "dräneringsledning", med ansamling av grundvatten i den lägst liggande delen av gravraden som följd. Gravgrundvattnet kan i extrema fall t.o.m. pressas upp till markytan i dessa delar av raden.

2.2. Horisontella utrymmesbehov

För kistgravar brukar man räkna med ett utrymme av 1,25 x 2,50 m. En dubbel gravplats (dubbel i horisontalled -- ej att förväxla med dubbelt gravdjup, enligt 2.3.) d.v.s. en vanlig s.k. "familjegrav", blir alltså 2,50 x 2,50 m. Härtill bör läggas en 0,5 m bred remsa avsedd för smyckningsrabatt och eventuell gravvård, varför den totala storleken av den dubbla gravplatsen blir 2,50 x 3,00 m.

Vägar bör läggas in mellan varannan gravrad och göras minst 2,4 m breda, så att det blir möjligt att på dem transportera och från dem manövrera en grävmaskin. Två gravrader med bredden 3,0 m (inklusive rabattremсор) och en körbar gång med bredden 2,4 m (eller om man så vill två halva gånger med den sammanlagda bredden 2,4 m) ger vid strikt regelbundet utformade gravfält (s.k. intensivbeläggning) en viktig avståndsenhet med det numeriska värdet 8,4 m. Denna avståndsenhet kallas beläggningsselement eller beläggningsmodul. Modulens numeriska värde varierar med gångarnas och eventuella stigars bredd. Till denna enhet, som illustreras av skisser i Bilaga 2 (se även HALLGREN 1970, s. 45), återkommes under punkt 3. nedan ("Ledningars djupläge, placering, inbördes avstånd...").

En annan tänkbar beläggningsmodul, som kommit till praktisk användning, är sammansatt av en halv, 2,0 m bred körbar väg (gång), en gravrad (3,0 m), en 1,0 m bred "stig", en gravrad igen och slutligen åter en halv, 2,0 m bred väg. Modulens totala bredd är alltså $1,0 + 3,0 + 1,0 + 3,0 + 1,0 = 9,0$ m.

En tredje modulvariant erhålles om den 2,0 m breda vägen i föregående exempel göres 2,4 m bred i stället. Den sammanlagda bredden blir då givetvis 9,4 m.

Ytterligare modulvarianter anpassade till aktuella förutsättningar och intentioner, kan lätt konstrueras, med eller utan idéuppslag hämtade från facklitteraturen, t.ex. från GEPPERT ET AL. (1963) eller KRUMME (1964).

För urngravar (askgravar) är utrymmesbehovet c:a 1,25 x 1,50 m eller 1,50 x 1,50 m. Eftersom grävning av gravarna i detta fall oftast sker för hand eller med föga utrymmeskrävande specialmaskiner, har man större frihet att utforma vägsystemet inom ett urngravsområde.

2.3. Vertikala utrymmesbehov

Enligt gällande svenska bestämmelser skall gravdjupet i kistgravarna vara 2,0 m vid s.k. enkelt gravdjup (en kista i vertikalled), och enligt vanligen tillämpad praxis minst 2,5 m (dock helst 2,7 m) vid dubbelt gravdjup (två kistor ovanpå varandra) och likaså enligt praxis minst 3,0 m (helst 3,4 m) vid trefaldigt ("tredubbelt") gravdjup (tre kistor i lika många etage). I detta sammanhan bör dock påpekas att användningen i Sverige av trefaldigt gravdjup i praktiken är mycket liten.

För urngravar (askgravar) kan man räkna med ett gravdjup av omkring 1,0 m eller kanske något mindre.

3. Ledningarnas djupläge, placering, inbördes avstånd, fall och längd

3.1. Djupläge

För att skapa en viss garanti för gravarnas torrläggning till fullt djup, bör varje ledning inom kistgravsområden läggas c:a 0,5 m djupare än det gravdjup som skall tillämpas inom den markremsa den skall avvattna (HALLGREN 1968, 1970). Om garantin sedan är tillräcklig beror -- förutom på vilka krav man ställer på den s.k. omloppstiden -- på samspelet mellan nederbörds klimat, pedohydrologiska förhållanden och (gren-) ledningarnas inbördes avstånd. Vid mycket intensiv dikning (korta dikesavstånd!) kan nivåskillnaden mellan gravbotten och ledning minskas något.

Inom urngravsområden, där dräneringskraven inte är så stora, gäller endast kravet att ledningarna måste läggas på ett sådant djup att all risk för uppgrävning är eliminerad.

3.2. Placering

Det under 3.1. rekommenderade ledningsdjupet är i och för sig tillräckligt för att ledningarna skall klara sig från skador vid en inte alltför vårdslös gravupptagning. Oaktat detta bör ledningarna i princip inte läggas under gravplatser, ehuru dräneringseffekten då skulle bli optimal. Främsta anledningen till denna restriktion är önskemålet att säkerställa möjligheterna att reparera en skadad ledning utan att rubba gravfriden. Omtanke om det avrinnande vattnets beskaffenhet spelar mindre roll. Den bakteriella och virologiska aktiviteten avtar nämligen enligt uppgift mycket snabbt i jordlagret under gravbotten, under förutsättning att jorden inte är alltför grovtexturad, d.v.s. inte är grövre än sand (se MATTHES 1903 och KELLER 1968). I detta sammanhang kan dock nämnas att dräneringsvattnet från begravningsplats i Sverige förordningsmässigt betraktas som kloakvatten, och som sådant måste det i ett stadsplanerat samhälle inledas i dettas avloppssystem (Jfr. 4.).

Ledningarna lägges sålunda inte gärna under gravrader, utan under rabatter, gångar och vägar, och då helst under sådana element som inte är alltför smala, varigenom det främst är vägar (eller breda gångar) som kommer i fråga. Vid regelbundet utformade gravfält (intensivbeläggning) bör dikesavståndet till följd härav väljas som en multipel av den använda belägningsmodulens bredd (T.ex. 8,4, 9,0 eller 9,4 m enligt 2.2.; Jfr. Bilaga 2 samt HALLGREN 1970, s. 44-45).

3.3. Erforderliga dikesavstånd

Vilket grenledningsavstånd som bör väljas bestämmes dels av beläggningskategori (d.v.s. om det är fråga om urngravar eller om kistgravar), dels av markens beskaffenhet från pedohydrologisk synpunkt. Vid intensivbeläggning med kistgravar spelar dessutom beläggningsmodulens bredd en viktig roll (Jfr. 2.2., andra stycket).

Beträffande grenledningsavstånd vid kistgravsbeläggning kan allmänt sägas att det endast vid ytterst lättgenomsläpplig mark kan tillåtas överstiga bredden av två beläggningsmoduler, av under 2.2. nämnd storleksordning, samt att det nog i många fall bör minskas till bredden av endast en beläggningsmodul.

Vid urngravsbeläggning tillämpas ungefär samma regler för bestämmande av grenledningsavstånd som vid dränering av åkermark. Avståndets storleksordning är 20-25 m.

3.4. Erforderliga minimifall

Stamledningarnas geometriska fall (lutning) bör inte understiga 3:1000 (3 o/oo). Fallet i grenledningarna skall helst vara större än 3:1000, gärna minst 5:1000, såsom rekommenderas i HALLGREN (1968). Det geometriska fallet definieras egentligen som $\sin v_1$, om v_1 är lutningsvinkeln mot horisontalplanet, men vid ett fall av högst 100:1000 (100 o/oo) kan lutningen approximeras med $\text{tg } v_1$, som är enklare att räkna med.

3.5. Grenledningarnas största längd

Grenledningarnas längd bör helst inte överstiga 100 m vid griftegårdsdränering. Denna restriktion är grundad på säkerhetsskäl.

4. Ledningsmaterial och ledningsdimensionering

4.1. Ledningsmaterial för olika ledningskategorier

Vid de höga krav på funktionssäkerhet som gäller för griftegårdsdräneringar och med de stora ledningsdjup som tillämpas vid sådan dikning, måste det ledningsmaterial som skall användas, förena stor hållfasthet och deformeringsresistens med hög rubbnings säkerhet. För dikningssystemets avloppsdel (jfr. 5.1., stycke 2) är gummiringsfogade betongrör eller plastavloppsrör att förordas (Se SPF 1970, VAV 1972 och VAV 1973; Jfr. även VAV 1968 och VAV 1971). För dikningssystemets dräneringsdel (Jfr. 5.1., stycke 2) gäller att plaströr av hållfasthets- och deformerings skäl knappast kan rekommenderas. Tegelrör kan användas,

men deras rubbnings säkerhet är knappast riktigt tillfredsställande. Ledningar av tegelrör kan dock göras rubbnings säkra med hjälp av s.k. styrningar av plast. Det bör emellertid nog samt observeras att styrningarna nedsätter ledningens vattenföringskapacitet, vilket bör beaktas och kompenseras vid beräkning av ledningarnas dimensioner (Se 4.2.), t.ex. genom en schablonmässig reduktion med exempelvis 10-20 % av de vattenföringsvärden som gäller för ledningar utan styrningar. Ett mycket lämpligt ledningsmaterial är muffrör av betong. Möjligen kan det betecknas som en liten olägenhet med detta material, att muffrör endast finns i ett relativt fåtal standarddimensioner från 100 mm till 400 mm. Ledningar klenare än 100 mm kan således inte åstadkommas med standardmuffrör. Muffrörsledning djupare än 3,0 m erfordrar av hållfasthetskäl packad fyllning kring rören (Jfr. 5.1., stycke 1).

4.2. Dimensionering av ledningar

4.2.1. Bestämning av dimensionerande flöde

Stamledningarna skall dimensioneras så att risken för att de skall överbelastas blir mycket liten. Till följd därav måste det för området gällande dimensionerande flödet, q_{dim} , bestämmas för en mycket låg risknivå, d.v.s. rekurrensintervallet för överbelastning skall vara väl tilltaget.

q_{dim} utgör i princip en sammanvägd summa av två produkter, en representerande grundvattendelen och den andra ytvattendelen av det totala dimensionerande flödet, såsom framgår av följande formel

$$q_{dim} = \alpha_D \cdot q'_{dim,D} \cdot A_D + \alpha_S \cdot q'_{dim,S} \cdot A_S$$

där q_{dim} : Det dimensionerande flödet (l/s)

$q'_{dim,D}$ och $q'_{dim,S}$: De dimensionerande flödestalen (l/s ha) för grundvatten- resp. ytvattenavrinningen

A_D och A_S : De ytor (ha) varifrån dräneringssystemet i en given punkt mottager grundvatten resp. ytvatten

α_D och α_S : De andelar av grundvatten från ytan A_D resp. ytvatten från ytan A_S som beräknas att verkligen tas om hand av dräneringssystemet

Griftegårdens ytvatten (dagvatten) bör i största möjliga utsträckning avledas via ett separat ledningssystem, detta för att inte spillvattennätet i onödan skall belastas (Jfr. 3.2., slutet av stycke 1). På grund av de alldeles speciella markförhållanden som kännetecknar en etablerad griftegård, kan man emellertid ofta inte helt undgå att i dräneringssystemet få in vatten som under s.a.s. normala omständigheter skulle ha avgått genom dagvattennätet. De hydrologiska förhållandena på griftegården kommer nämligen, allteftersom den tages i bruk för sitt ändamål, att i hög grad präglas av de med tiden mycket stora ingrepp som företages i markens naturliga lagring, ingrepp som ofta leder till en så drastisk ökning av permeabiliteten och därmed infiltrationshastigheten, att begravningsfältet nära nog blir att likna vid en ansamling av tämligen vidstäckta s. k. dagvattensilar (Jfr. 5.3.1., stycke 1). Detta ger förklaringen till att koefficienten α_S i den nyss anförda formeln inte regelmässigt är lika med noll, vilket den i idealfallet egentligen borde vara.

Vid marklutningar upp till 20:1000 (20 o/oo) torde, för praktiskt bruk, α_S kunna sättas till 0,10 á 0,25, med det lägsta värdet för marker som redan i naturlig lagring har hög permeabilitet (Jfr. ANDERSSON 1953a och 1953b, kompletterade med BJERKETORP 1974b), och det högsta värdet för områden med från början låg genomsläpplighet. Självfallet kan alla övergångar mellan gränsvärdena 0,10 och 0,25 tänkas. Överstiger marklutningen 20:1000 men ej 100:1000, reduceras det α_S -värde som gäller för lutningar upp till 20:1000 med 5/8 % för varje promilles (o/oo) ökning av fallet utöver 20:1000. Vid marklutningar på 100:1000 och därutöver, föreslås α_S -värden som är hälften så stora som de ovan nämnda för lutningar upp till 20:1000 (0,050-0,125 istället för 0,10-0,25).

Koefficienten α_D kan i allmänhet sättas (approximeras) till ett. Den kan dock vara större än ett i de fall där de områden som skall dräneras är klart uttalade s.k. utströmningsområden (effluenta områden). Värden mindre än ett antager α_D om de hydrologiska förhållandena på platsen är av inströmningskaraktär (influent karaktär).

De båda dimensionerande flödstalen, $q'_{dim,D}$ och $q'_{dim,S}$, är på ett komplext sätt beroende av en rad faktorer (parametrar), av vilka åtminstone de viktigaste måste beaktas vid skattning av de båda talen.

En betydelsefull parameter, den rekurrensintervallsdefinierade "riskfaktorn", är redan antydd på föregående sida. Andra viktiga parametrar är anknutna till nederbörds-klimatiska karakteristika eller till hydrauliska och hydrologiska egenskaper hos markytan och marken.

Inom den urbana hydrologin, liksom inom dennas tillämpning i avloppstekniken, är det vanligt att det dimensionerande flödestalet för ytvattenavrinning anges som en produkt av en s.k. avrinningskoefficient och en "regnintensitetsfaktor". Avrinningskoefficienten är dimensionslös ("sortlös") och kan teoretiskt antaga värden från noll till ett. Den är en funktion främst av markens och markytans egenskaper och av regnintensitetsfaktorn, vilken i sin tur beror dels av den statistiska frekvensen högintensiva regn, dels av den valda risknivån (Se föregående sida), och dels slutligen av det avrinnande vattnets s.k. retardationstid ("fördröjningstid", som är avhänglig markytans hydrauliska egenskaper). Denna för ytavrinningen frekvent tillämpade modell, torde också kunna vara applicerbar på grundvattenavrinningen. Följande båda principkvationer skulle då kunna uppställas:

$$q'_{\text{dim},D} = \varphi_D \cdot \Pi_{\text{ir},D} = f_1(\mu_D, \Pi_{\text{ir},D}) \cdot f_2(\tau_{r,D}, \Gamma_i)$$

$$q'_{\text{dim},S} = \varphi_S \cdot \Pi_{\text{ir},S} = \Phi_1(\mu_S, \Pi_{\text{ir},S}) \cdot \Phi_2(\tau_{r,S}, \Gamma_i)$$

där

$q'_{\text{dim},D}$ och $q'_{\text{dim},S}$: De dimensionerande flödestalen (l/s ha) för grundvatten- resp. ytvattenavrinningen

φ_D och φ_S : Avrinningskoefficienterna (-) för grundvatten- resp. ytvattenavrinningen

$\Pi_{\text{ir},D}$ och $\Pi_{\text{ir},S}$: De för traken gällande s.k. bestämmande regnintensiteterna (l/s) för grundvatten- resp. ytvattenavrinningen vid riskfaktorn Γ_i (år) och retardationstiderna (fördröjningstiderna) $\tau_{r,D}$ resp. $\tau_{r,S}$ (minuter).

μ_D och μ_S : Allmänna uttryck för mark- och markyteegenskapernas inverkan på grundvatten- resp. ytvattenavrinningen

Det skulle här föra för långt att närmare penetrera avrinningskoefficienternas och de bestämmande regnintensiteternas variation under skiftande förutsättningar och betingelser. Dessa problem behandlas mera ingående i kursföreläsningar vid Lantbrukshögskolan. En allmän hänvisning kan också göras till litteratur om avloppsteknik på svenska, tyska och engelska, en litteratur som är så omfattande att författaren valt att inte åberopa några bestämda arbeten.

I detta memorandum nöjer vi oss istället med att endast anföra några tämligen schematiska sifferuppgifter avseende de bestämmande flödestalen direkt, d.v.s. utan angivande av de ingående faktorernas storlek. Sifferangivelserna ger en approximativ skattning som endast gäller hårdyttefattiga dräneringsområden på griftegårdar inom i första hand Mellan-Sverige.

För $q'_{dim,D}$ i formeln på s. 6, d.v.s. för grundvattenavrinningen, föreslås att minst följande värden kommer till användning: 2,0 l/s ha när alven har liten vattengenomsläpplighet, 3,0 l/s ha vid alv med medelstor permeabilitet och 4,0 l/s ha för mark vari vattnet lätt kan röra sig.

För $q'_{dim,S}$ i formeln på s. 6, d.v.s. för ytvattenavrinningen, räknas för samma permeabilitetsklasser som de i föregående stycke anförda, med minst 10,0 l/s ha, 8,0 l/s ha respektive 6,0 l/s ha.

4.2.2. Slutlig bestämning av ledningsgrovlek

Med utgångspunkt från det dimensionerande flödet, q_{dim} , enligt formeln på s. 6, och från ledningsfallets storlek, bestämmas slutligen stamledningarnas grovlek (el. dimension) antingen med hjälp av Gauckler-Hagen-Stricklers formel med Yarnell & Woodwards (alternativt Crimps) koefficient eller med hjälp av Prandtl-Nikuradse-Colebrooks formel i explicit form (PNC-formeln).

4.2.2.1. Dimensionering med Gauckler-Hagen-Stricklers formel (Bilaga 5)

Gauckler-Hagen-Stricklers formel (GHS-formeln), ofta ehuru egentligen inte helt korrekt kallad "Mannings formel", har följande utseende:

$$\bar{v} = M \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Med tillämpning av den s. k. kontinuitetsekvationen kan detta uttryck omvandlas till:

$$q = \bar{v} \cdot A_v = M \cdot A_v \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

där q : Vattenföring (m^3/s)

\bar{v} : Vattnets medelhastighet (m/s)

M : En empirisk konstant, beroende av ledningsväggs råhet

A_v : Ledningens s.k. våta tvärsnittsarea (m^2)

R_h : Det hydrauliska medeldjupet (m)

I : Det geometriska fallet (som dimensionslös fraktion av 1)

Vid fullgång i cirkulär ledning gäller att $A_v = A_r = \pi \cdot d^2/4$ och $R_h = d/4$, där d står för ledningens inre diameter (i meter). Betecknas vattenföringen vid fullgång med q_r erhålles:

$$q_r = \bar{v} \cdot A_r = \pi \cdot 4^{-5/3} \cdot M \cdot d^{8/3} \cdot I^{1/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Koefficienten M i GHS-formeln kan sättas till 70-100 (Se REINIUS 1968, s. 58), beroende på rörväggarnas större eller mindre släthet. Tabeller för $M=92,87$ ("Yarnell & Woodward's formel") återfinnes i BJERKETORP (1974a). Bilaga 5 ger ett urval av dessa tabeller.

Observera att GHS-formeln endast gäller inom området för full turbulens, d.v.s. endast vid relativt höga värden på Reynolds tal. Den intresserade kan få närmare upplysningar om dimensioneringsformler och deras teoretiska bakgrund i t.ex. BRETTING (1960), ERIKSSON (1966, 1967), REINIUS (1968), SANDSBORG (1973b) och BJERKETORP (1974a). Vid användning av såpass stora rördimensioner och fall som rekommenderas i detta memorandum, bör villkoret full turbulens vara uppfyllt. Följaktligen bör GHS-formeln i princip kunna ge nöjaktiga besked om ledningars vattenföringskapacitet. Den enda haken är att få ett rättvisande värde på konstanten M . Det ovan givna värdet 92,87 på M är nog i allmänhet i högsta laget. Ett c:a 10 % lägre M -värde torde ge mera realistiska q_r -värden. CRIMP (1895) ger värdet 83,45, vilket mycket nära motsvarar en sänkning med 10 %. Man kan visa (BJERKETORP 1974a) att Crimps koefficient nära motsvarar en s.k. ekvivalent skrovlighet (k -värde) på 0,0009 m (Jfr. PNC-formeln nedan!). Tabellvärdena i Bilaga 5^s kan givetvis lätt omräknas att gälla för Crimps M .

4.2.2.2. Dimensionering med PNC-formeln (Bilaga 4)

PNC-formeln, eller Prandtl-Nikuradse-Colebrooks formel i explicit form, kan lätt deduceras ur Colebrook & Whites formel (vilken i sin tur bygger dels på Prandtl-Nikurades formel för turbulent strömning i glatta rör, och dels på Nikuradse-Prandtls formel för fullturbulent strömning i skrovliga rör), Darcy-Weisbachs formel (=allmänna friktionsformeln; i sin tur härledd ur Bernouilles ekvation), definitionen på Reynolds tal samt kontinuitetsvillkoret (Beträffande dessa begrepp se t.ex. ANDERSSON 1952, ERIKSSON 1966, SANDSBORG 1973a och 1973b samt BJERKETORP 1974a). Formeln kan skrivas:

$$q_r = - \frac{\pi \sqrt{2g}}{2} 10 \log \left(\frac{k_s}{3,71 \cdot d} + \frac{2,51 \cdot \nu}{\sqrt{2g} \cdot d \cdot \sqrt{d \cdot I}} \right) \cdot d^2 \cdot \sqrt{I \cdot d}$$

där q_r : Vattenföringen (m^3/s)

d : Rördimension (m)

k_s : Ekvivalent skrovlighet (m)

ν : Den kinematiska viskositetskoefficienten (m^2/s)

g : Tyngdkraftsaccelerationen (m/s^2)

I : Fallet (som dimensionslös fraktion av 1)

Tabeller över Prandtl-Nikuradse-Colebrooks formel i explicit form med k_s -värdet 0,0009 m och med det ν -värde som gäller vid vattentemperaturen 10,0 °C, återfinnes i BJERKETORP (1974a). Bilaga 4 ger ett urval av dessa tabeller. Istället för tabeller kan nomogram över PNC-formeln användas. Ett flertal sådana finns publicerad på olika håll.

5. Något om arbetets tekniska utförande

5.1. Ledningarnas läggning, täckning och koppling

Rören skall läggas med stor omsorg på en bädd av grus. Ledningarnas fall får inte skifta slumpmässigt, utan det skall vara så jämnt som möjligt och överensstämma med den för varje delsträcka projekterade lutningen. Svackor får absolut inte förekomma. Ledningarna täckes med ett väl tilltaget lager av grus, eller ännu hellre först av ett 0,2 m tjockt makadamlager och därovanpå ett grusskikt (ett s. k. omvänt filter; HALLIGREN 1968). Underlagringen och täckningen har inte bara betydelse som inslamningskydd, utan också och kanske framförallt för att höja ledningarnas vattenintagningskapacitet (BRINK 1953, 1955). Vid svårgenomsläpplig mark kan förekomma att man borrar ett eller flera hål från varje upptaget gravschakt ut till filtersträngen kring närmaste ledning. Hålet eller hålen fylles med sand (stundom efter stabilisering med en icke fullt beständig rörtyp) för filtrering av gravvattnet. Uppspettning av hål -- såsom föreslås i REISTAD (1968) -- är inte tillrådligt med tanke på den stora risken för ledningsskador ett sådant förfarande skulle innebära.

Vid griftegårdsdränering måste man mera strikt än vid avvattning av de flesta andra objekt skilja mellan dräneringsledningar och avloppsledningar. Dräneringsledningarna är här som i andra sammanhang såväl uppsamlade som transporterande. Griftegårdens avloppsledningar skiljer sig där emot från många andra avlopp genom att de i sin egenskap av kloakledningar (Jfr. 3.2.) inte kan tillåtas vara annat än enbart transporterande. Med dräneringsledningar förstås på griftegård för det första alla grenledning- och för det andra de stamledningssträckor som återfinnes ovanför (uppströms) den längst ner inmynnande grenledningen. I undantagsfall kan även uppsamlade ("dränerande") avsnitt av stamledning nedströms sista grenledningsinloppet betecknas som dräneringsledning. Tolkning får här göras från fall till fall. Kloakvattenledning måste enligt SPV (1970) ha en hög grad av täthet. Täthetsgraden skall vara kontrollerad genom s.k. provtryckning i fält, varom anvisningar lämnas i VAV (1968) och VAV (1971).

Bedömses risken för inväxning av trädrötter i ledningen som inte helt försumbar, kan täckning göras med ett material med s.k. rotspärrande egenskaper, t. ex. kolstybb eller liknande. Se närmare härom i BÖTTIGER (1950), s. 44. Bedömes risken vara mer uttalad, kan ledningen behöva tätas och dräneringsvattnet föras in punktvis genom s.k. "sugbrunnar" eller "sugrör". Närmare härom i DAHL (1943), s. 155 (=HALLIGREN 1970, s. 54) och BÖTTIGER (1950), s. 51. Rotinväxningens risker kan i vissa fall minskas genom en lämplig utläggning av dräneringsledningarna i förhållande till den rotproducerande vegetationen. Se bl. a. SCHROEDER (1968), s. 313.

Varje inkoppling av grenledning i stamledning bör utformas så att det inströmmande vattnet har en väsentlig rörelsekomponent i stamledningsströmmens riktning, d.v.s. inkopplingen skall ske så att vinkeln mellan grenledningen och stamledningen uppströms kopplingsstället är klart mindre än 90° . Grenledning med "olämplig" ingångsvinkel kan omlänkas i stammens omedelbara närhet, d. v. s. "bockas" in mot stamledningen.

5.2. Anordnande av spolbrunnar

Utan större merkostnad kan man ordna en bekväm möjlighet till rensning av ledningarna genom att med hjälp av ett krokrör svänga upp grenledningarnas övre ändar till markytans närhet (Bil. 3, brunnstyp 311). För att ge ökat skydd och för att när så erfordras lättare kunna återfinna dessa spolbrunnar (T.ex. genom sondering), kan man lämpligen ovanpå ett mot eller i rörslutändan anbringat tätningslock, lägga ett större skydds- och markeringslock, helst med ett tunt lager av jord eller sand såsom extra tryckbuffert mellan locken.

5.3. Anordnande av övriga brunnar

5.3.1. Brunnstyper och deras användning (Jfr. Bilaga 3)

Vederbörlig hänsyn till behovet av ytvattenavledning måste tagas. Ytvattnet skall i görligaste mån avledas i separata ledningssystem (Jfr. 3.2. och 4., stycke 2). Ytvattenbrunnarna utsättes på lämpliga ställen (t.ex. i marksvackor). Dessa brunnar kan i vissa fall också fungera som kopplings- och/eller slambrunnar och vice versa (Jfr. nedan). Stundom kan ytvattenavledningen ske med hjälp av grus- och makadamfilter (Grus- och makadamfyllnaden enligt 5.1., stycke 1 får punktvis eller i längre stråk gå ända upp till markytan eller dennas närhet). Ytvattenbrunnarna kan utformas med eller utan slamficka. Bilaga 3 visar flera exempel på brunnar med slamficka. Ytvattenbrunnarna kan antingen ta in vattnet genom i väggarna upptagna hål (Bil. 3, brunntyperna 111 och 112), vilket är det vanligaste när markytan kring brunnen inte är hårdgjord, eller genom hål i locket (Bil. 3, brunntyperna 121 och 122), en brunnstyp som framförallt användes när markytan kring brunnen är hårdgjord.

Kopplingsbrunnar insättes företrädesvis vid ledningars (enkammnerligen stamledningars) brytande i horisontalled, vid diskontinuerlig ökning av en lednings djupläge samt vid hopkopplingsställen mellan stamledningar. En kopplingsbrunn kan samtidigt vara ytvattenbrunn (Jfr. ovan). Den kan ha eller sakna slamficka. Saknar den slamficka, låter man den inte alltid gå ända upp till markytan, utan den får bli "underjordisk", såsom Bil. 3 visar.

Slamavsättningsbrunnar (slambrunnar) erfordras speciellt vid en vertikal brytning till svagare fall samt vid hopkopplingsställen mellan stamledningar. Ofta har (Såsom tidigare nämnts) slambrunnarna andra uppgifter än att enbart tjänstgöra som slamfångare (sandfångare). Å andra sidan förses många brunnar som primärt tillkommit av andra skäl ofta med slamficka (sandfång) såsom ett funktionskomplement.

5.3.2. Stalp i brunnar

I brunnar med såväl utgående ledning som inkommande ledning eller ledningar skall alltid s.k. stalp anordnas, vilket innebär att utgående ledning lägges något under inkommande. Höjdskillnaden i brunnen mellan inlopp och utlopp benämnes stalp. Anledningen till att stalp måste finnas är de hydrauliska energiförluster (fallförluster) som uppstår vid ledningars passage genom brunnar. Fenomenet tangeras t.ex. i BRETTING (1960), s. 179-188, och i REINIUS (1968), s. 62-65. Problemet antydes även i ANDERSSON (1952), s. 112-113.

Några tumregler för stalpets ministorlek föreslås nedan:

- | | | | |
|----|----------------------|----------------------|--|
| a) | $d_{in} = d_{ut}$ | $I_{in} \leq I_{ut}$ | $s \geq h_0$ |
| b) | $d_{in} < d_{ut}$ | $I_{in} \leq I_{ut}$ | $s = 0,2 \cdot (d_{ut} - d_{in})$
(dock minst 0,02 m) |
| c) | $d_{in} \leq d_{ut}$ | $I_{in} > I_{ut}$ | $s > h_0$ |
| d) | $d_{in} > d_{ut}$ | $I_{in} << I_{ut}$ | $s \gg h_0$ |

d_{in} och d_{ut} : inkommande resp. utgående lednings diameter (m)

I_{in} och I_{ut} : "- "- "- "- fall

s: stalpets höjd (m)

h_0 : grundbelopp för stalpet. Skall vara minst 0,02 m men sättes helst till minst 0,05 m.

För beräkning i fall d) /eventuellt också i fall c)/ bör person med hyggliga kunskaper i hydromekanik anlitas, såvida inte de aktuella förhållandena medger att s tages så stort att rimlig säkerhet ändå kan anses bli tillgodosedd.

5.3.3. Dimensionering av brunnar

Brunnarnas grovlek eller dimension bestäms av 1) deras djup och av de ingående och utgående ledningarnas

- 2a) antal
- 2b) dimensioner
- 2c) inbördes nivå ("stalprelationer")
- 2d) inbördes vinkelförhållanden

Bilaga 3, avd. III ger några grova tumregler för beräkning av brunnars storlek, dock endast som funktion av brunnsdjup och av ledningarnas antal och dimensioner. Man får därutöver försöka bedöma (uppskatta) inverkan av den inbördes nivån ("stalprelationerna") och av de inbördes vinkelförhållandena.

Mycket stora stalp (Jfr. 5.3.2.) kan minska den erforderliga brunnsringsstorleken. Om t.ex. en brunn har två ledningar (en inkommande och en utgående) och stalpet är så stort att de båda ledningarna kommer att få huggas in i olika brunnsringar, då kan tabellen 2.1. ("Med ett enda rör inkopplat") i Bilaga 3 användas.

Är å andra sidan vinkelförhållandena mellan ledningarna ogynnsamma, ökar kraven på brunnsdimensionen utöver de i Bilaga 3 angivna. Det gynnsamaste vinkelförhållandet har man när alla vinklar mellan ledningarna är lika stora.

6. Allmänt om kostnaden för griftegårdsdräneringar

Kostnaderna för dränering av kyrkogårdar och andra begravningsplatser är vanligen väsentligt högre än för dränering av åkerjord. Dels har man överlag djupare diken och ofta kortare dikesavstånd, dels är det vanligen fråga om dränering av förhållandevis små områden med ty åtföljande högre å-priser på arbetet, och dels bör en alldeles särskild noggrannhet och omsorg vid arbetets utförande iakttagas (HALLGREN 1968).

För detaljuppgifter om kostnaderna för material och arbete hänvisas till Bilaga 6.

7. Litteraturförteckning

- Andersson, S. 1952. Kompendium i agronomisk hydroteknik. I: Elementär hydromekanic. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Institutionen för agronomisk hydroteknik. Stenciltryck n:r 19. 162 bl.
- Andersson, S. 1953a. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord III. Om markens permeabilitet. Grundförbättring 6:2, s. 74-89.
- Andersson, S. 1953b. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord IV. Om markens permeabilitet. Grundförbättring 6:3, s. 160-176.
- Bjerketorp, A. 1974a. Rörledningars vattenförande förmåga beräknad på fem olika sätt. Tabeller och kommentarer. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Manuskript.
- Bjerketorp, A. 1974b. Formler för approximativ skattning av genomsläpplighetstal. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Stencil. 2 bl.
- Bretting, A. E. 1960. Hydraulik. Teknisk Forlag. København.
- Brink, N. 1953. Om markvattnets strömning till och genom rürfogarna i dräneringsledningar. Grundförbättring 6:2, s. 111-133.
- Brink, N. 1955. Om inslamning i dräneringsledningar. Grundförbättring 8:1, s. 15-41.
- Böttiger, E. 1950. Kirkegårdes anlaeg og drift. Gyldendalske Boghandel. København.
- Crimp, W. S. 1895. A new formula for the flow in sewers and water-mains. Institution of Civil Engineers, London. Minutes of Proceedings 122, s. 198-201.
- Dahl, E. 1943. Handbok i kyrkogårdsvård. Svenska Kyrkans Diakonistyrelses Bokförlag. Stockholm.
- Eriksson, J. 1966. Vattenföring i dräneringsledningar av tegel och plast. Grundförbättring 19:2, s. 185-190.

- Eriksson, J. 1967. Översikt av teori och undersökningar beträffande vattenföring hos tegelrör, släta plaströr och korrugerade plaströr. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Institutionen för lantbrukets hydroteknik. Försöksavdelningen. Stencil. 11 bl.
- Geppert, F., Karn, H., Funcke, W., Mühlner, G., Späte, A. & Kluge, H. 1963. Gestaltung unserer Friedhöfe. Institut für Kommunalwirtschaft, Dresden. Schriftenreihe Kommunalwirtschaft 25.
- Hallgren, G. 1968. Beträffande övningsuppgift: Dränering av kyrkogård. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Institutionen för lantbrukets hydroteknik. Stencil. 2 bl.
- Hallgren, G. 1970. Dränering av tomtmark, vägar, trädgårdar, kyrkogårdar, idrottsplatser, flygfält m. m. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Institutionen för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck n:r 44. 140 bl.
- Keller, G. 1968. Eignung der Boden für Erdbestattung und Grundwasserfragen. Bund Deutscher Garten- und Landschaftsarchitekten (BDGA), Bonn. BDGA, Heft 5: Friedhofsplanung, s. 19-24.
- Krumme, F. 1964. Untersuchungen zum Flächenbedarf der Friedhöfe. Dissertation TH Hannover.
- Matthes, X. 1903. Zur Frage der Erdbestattung von Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 44:3, s. 439-468.
- Reinius, E. 1968. Vattenbyggnad. Del I: Hydraulik. Tekniska Högskolan, Stockholm. Institutionen för vattenbyggnad.
- Reistad, K. 1967. Om kirkegårder og gravplasser. Norges Lantbrukshøgskole, Vollebekk. Institutt for hagekunst.
- Sandsborg, J. 1973a. Kompendium i elementär hydromekanik. I: Hydromekanikens grunder. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck n:r 65. 210 bl.

- Sandsborg, J. 1973b. Kompendium i elementär hydromekanik. II: Hydromekanikens tillämpning. Lantbrukshögskolan, Uppsala. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck n:r 66. 116 bl.
- Schroeder, G. 1968. Landwirtschaftlicher Wasserbau. Springer Verlag. Berlin-Heidelberg-New York.
- SPV. 1970. VA-byggnorm. Föreskrifter och anvisningar angående installationer för vattenförsörjning och avlopp inom fastighet. Statens Planverk (SPV), Stockholm. Publikation 34, utgåva 1.
- SPF. 1970. Avloppsrör för självfallsledningar i mark utförda av termoplast PVC och PEH. Sveriges Plastförbund (SPF), Stockholm. SPF-norm 100, utgåva 1.
- VAV. 1968. Anvisningar för täthetsprovning i fält av gummiringsfogade betongrörsledningar för självfall. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Stockholm. Publikation P10.
- VAV. 1971. Anvisningar för provning i fält av plaströrsledningar för självfall. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Stockholm. Publikation P17.
- VAV. 1972. Avloppsrör av PVC, PEH, PEL för självfallsledningar i mark. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Stockholm. Meddelande M15.
- VAV. 1973. Val av betongrör och brunnar till självfallsledningar. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Stockholm. Meddelande M18.

8. Bilagor

Bilaga 1:

Till "KYRKOGRÅDSDRÄNERING" (STENCILTRYCK N:R 78)

P. M. FÖR ARBETSGÅNGEN

vid

landskapsarkitektstuderandenas vid Lantbrukshögskolan övningsuppgift:

PROJEKTERING AV GRIFTEGÅRDSDRÄNERING

Upprättad i december 1974

av

Anders Bjerketorp

LANTBRUKSHÖGSKOLAN

Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik

UPPSALA 1974

Bilaga 1:

till "KYRKOGRÅRSDRÄNERING" (STENCILTRYCK N:R 78)

P.M. FÖR ARBETSGÅNGEN

vid

landskapsarkitektstuderandenas vid Lantbrukshögskolan övningsuppgift

PROJEKTERING AV GRIFTEGÅRSDRÄNERING

Utgångsmaterial: Plankarta i skala 1:400 med markytenuivåkurvor samt punktvisa angivelser av markytans höjdläge och av djupet till fast botten (berg eller morän).

Arbetsgång:

1. Komplettera plankartan med isolinjer för djupet till fast botten. Isolinjesystemet behöver inte täcka hela djupintervallet mellan djupet noll (= berg i dagen) och största inom området förekommande (eller angivna) djup; det är tillfyllest att lägga in de linjer som karakteriserar de olika gravtypernas (urngravar, kistgravar med enkelt djup etc.) gravsättningsdjupbehov (1,0, 2,0, 2,5 och 3,0 meter), dikesdjupbehov (1,5, 2,5, 3,0 och 3,5 m) och slambrunnsdjupbehov (2,0, 3,0, 3,5 och 4,0 m). Isolinjesystemet skall alltså täcka djupområdet från 1,0 till 4,0 m med 0,5 m ekvidistans.
2. Skissera i intim växelvis samverkan med arbetsgångens punkt 3. nedan, ett eller ett par möjliga förslag till dräneringsplan (dikningsplan) med hänsyn till de rådande yttopografiska och bottenmorfologiska förhållandena (Det skall här betonas att den allra första skissen skall vara högst översiktlig och preliminär!). Bestäm i anslutning till det (de) uppgjorda förslaget (förslagen) grenledningarnas ungefärliga fall och deras inbördes avstånd. Bestäm vidare storleksordningen av stam- och grenledningarnas djuplägen inom alla de med hänsyn till fastbottenavståndet karakteristiskt särskiljbara delarna av det område som skall dikas, d.v.s. om delområdenas ledningar kan läggas på de djup som svarar mot urngravsbeläggning (askgravsbeläggning), beläggning med enkelt kistgravsdjup, med dubbelt kistgravsdjup eller med trefaldigt kistgravsdjup.

3. Skissera i anslutning till det (de) preliminära dikningsförslaget (dikningsförslagen) en plan för griftegårdsområdets användning (en s.k. beläggningsplan) och en plan för dettas arkitektoniska utformning. Jämka successivt samman dikningsplanen (den enda skisserade, eller den av flera alternativ vilken visar sig lämpligast) med beläggningsplanen och med den tänkta arkitektoniska utformningen till en helhetslösning, för vilken - högtidligt uttryckt - den ideala målsättningen är att förena pietetsfull värdighet, emotionellt djup och estetisk lödighet med teknisk och social funktionsduglighet (jfr. Företal till "KYRKOGRÅRDSDRÄNERING").
4. Bestäm var brunnar skall anläggas och av vilka typer dessa skall vara (se Bilaga 3 till "KYRKOGRÅRDSDRÄNERING").
5. Lägg på plankartan in täckdikningsystem (heldragna linjer i rött!), inklusive brunnar (öppna röda ringar, varav de jordtäckta med röd överkorsning; eventuella spolbrunnar dock med fyllda röda ringar) och huvudragen av beläggningsplanen och av den arkitektoniska lösningen. Täckdikningsplanen kan eventuellt uppritas på ett separat permeabelt papper.
6. Bestäm preliminärt (jfr. 9) stamledningarnas fall samtidigt med att längsprofiler av dessa ledningar med inlagda brunnar upprättas. Profilererna skall förutom ledningarna visa markytan och den fasta botten. Observera att brunnarna (dock ej eventuella spolbrunnar eller "underjordiska" nedtagningsbrunnar) som regel skall ha ett slamavsättningsutrymme (sandfång, slamficka) av storleksordningen 0,3-0,8 m, under utgående lednings nivå, och att s. k. stalp skall ordnas. Den preliminära fallbestämningen skall utföras så att funktionskraven uppfylles till lägsta grävningsekostnad (Jfr. 9).
7. Skatta det för området gällande dimensionerande flödestalet (q_{dim}) med hänsyn tagen främst till säkerhetskrav, till bestämmande nederbördsintensitet för trakten, till de andelar av ytvattnet respektive dräneringsvattnet (avrinnande mark- och grundvattnet) som skall omhändertagas, samt till den infiltreringshastighet man kan räkna med. Beakta åtminstone kvalitativt infiltreringshastighetens beroende av markytans täthetsgrad och lutning, av vegetationstäckningen och av genomsläpplighetsegenskaperna hos marken i naturlig lagring och i omgrävt skick.

8. Dimensionera ledningarna med hänsyn till det dimensioneringsbestämmande (dimensionerande) flödestalet, till avrinningsområdets storlek och till de preliminärt fastlagda fallvärdena (Jfr. 6). Justering av denna första dimensionering kan senare få göras (Jfr. 9). Använd alternativt Gauckler-Hagen-Stricklers formel (allt oftare felaktigt benämnd "Mannings formel") med den numeriska konstanten M lika med 92,87 (= "Yarnell & Woodward's formel") eller, vilket är att föredraga, Prandtl-Nikuradse-Colebrook's formel i explicit form (PNC-formeln) med antagandena att det framrinnande vattnet har temperaturen $10,0^{\circ}\text{C}$ och att ledningens s. k. ekvivalenta råhet, k_s , är 0,0009 meter, d. v. s. 0,9 mm.
9. Bestäm slutgiltigt (Jfr. 6) stamledningarnas fall. Denna bestämning utföres så att funktionskraven uppfylles till lägsta totalkostnad (Jfr. 6). Härvid skall såväl grävningssom materialkostnader beaktas (Ex.: En ökning av fallet utöver det som ger lägsta grävningsskostnad kan medföra en sådan minskning av erforderlig rörgrovllek att de besparingar som därigenom åstadkommes, överväger den stegring av grävningsskostnaden som fallökningen medför).
10. Angiv stammarnas fall i tusendelar (Ex.: 5,5:1000), grävningssdjup i meter och rördimension i mm på planritningen (Alla dessa markeringar utföres i röd färg!). Angiv även brunnarnas dimensioner (i mm).
11. Beräkna arbets- och materialåtgång, samt med hjälp av utlämnad prislista (Se Bilaga 6 till "KYRKOGÅRSDRÄNERING"), kostnaderna för planens utförande. För varje längdmeter åtgår c:a 1,35 stycken betongrör (muffrör) av grovleken 100 och 150 mm. Ett tillägg på c:a 10 % av arbets- och materialkostnaderna göres för oförutsedda utgifter, så anpassat att slutsumman utgöres av jämna 10-tal kronor. Projekteringsarvorde upptages efter varje övningsgrupps egen bedömning.
12. Ifyll utlämnad utlåtandeblankett.

Bilaga 2:

till "KYRKOGRÄNSDRÄNERING" (STENCILTRYCK NR 78)

=====
TRE EXEMPEL PÅ S. K. BELÄGGNINGSMODULER FÖR KYRKOGRÄNSDRÄNERING
=====

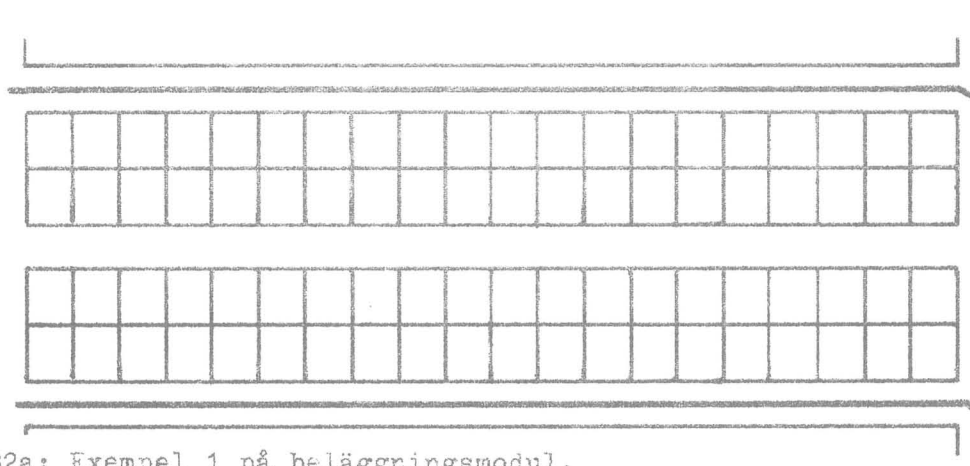


Fig. B2a: Exempel 1 på beläggningsmodul.

$$\text{Modulbredd} = 2,4/2 + 6,0 + 2,4/2 = 8,4 \text{ m}$$

$$\text{Dikesavstånd} = 2 \text{ modulbredder} = 16,8 \text{ m}$$

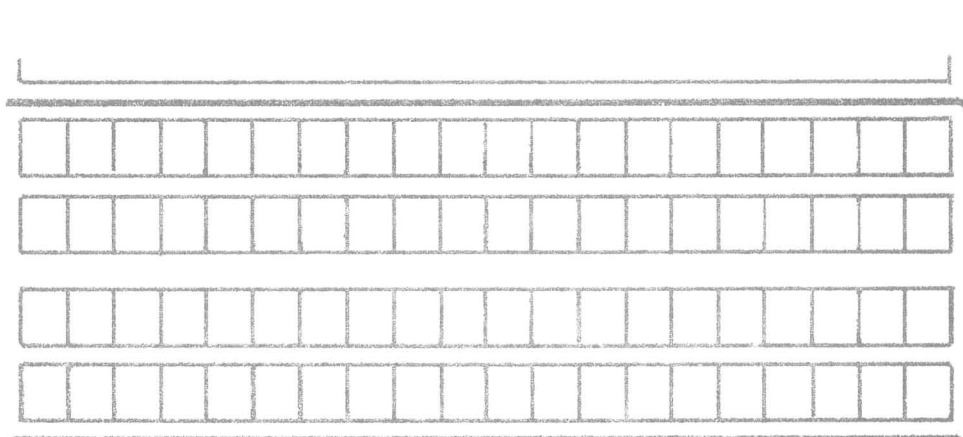


Fig. B2b: Exempel 2 på beläggningsmodul.

$$\text{Modulbredd} = 2,0/2 + 3,0 + 1,0 + 3,0 + 2,0/2 = 9,0 \text{ m}$$

$$\text{Dikesavstånd} = 2 \text{ modulbredder} = 18,0 \text{ m}$$

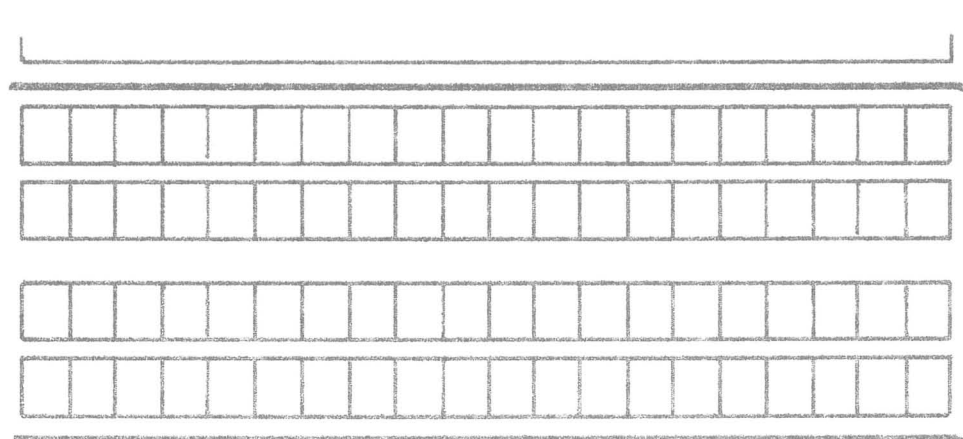


Fig. B2c: Exempel 3 på beläggningsmodul.

$$\text{Modulbredd} = 2,4/2 + 3,0 + 1,0 + 3,0 + 2,4/2 = 9,4 \text{ m}$$

$$\text{Dikesavstånd} = 2 \text{ modulbredder} = 18,8 \text{ m}$$