



DRÆNING OG ISOLERING AF KÆLDRE

Rørcenter-anvisning 029
Juli 2022



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Dræning og isolering af kældre

Rørcenter-anvisning 029

1. udgave, 1. oplag, 2022

© Rørcentret,
Teknologisk Institut

Tryk og indbinding:
TI Tryk, Taastrup
Teknologisk Institut

Forsidefoto: Bolius/Maxit

ISBN 978-87-91461-59-0

ISSN 1600-9894
Nøgletitel: Rørcenter-anvisning

EAN 9788791461590

Forord

Formålet med denne anvisning er at give et fælles teknisk grundlag for etablering af dræn omkring bygninger og isolering af kældre.

Anvisningen skal lette arbejdet for kloakmestre, kommuner, forsyninger, rådgivere, entreprenører og husejere i forbindelse med etablering af dræn omkring bygninger og isolering af kældre.

Anvisningen er udarbejdet af Inge Faldager, Flemming Springborg, Per Hemmingsen og Ulrik Hindsberger, Rørcentret, Teknologisk Institut.

Arbejdet er blevet finansieret af og har været fulgt af en styregruppe bestående af:

- Grundejernes Investeringsfond v/ Bo Lauridsen
- DM&E v/ Sebastian Ravn
- Uponor A/S v/ Kim Laursen
- Københavns Kommune v/ Jan Burgdorf
- Pipelife v/ Søren Kjærsgaard
- Danske Kloakmestre v/ Mikael Skov
- Vandcenter Syd v/ Martin W. Sørensen
- Nordisk Wavin A/S v/ Henning Stabell
- LECA Danmark A/S v/ Knud Mortensen
- Danske Anlægsgartnere v/ Kim Tang

Teknologisk Institut vil gerne takke styregruppen for mange konstruktive forslag i forbindelse med gennemførelse af projektet.

Juli 2022

Rørcentret, Teknologisk Institut

Indholdsfortegnelse

1	INDLEDNING	7
2	LOVGIVNING	8
2.1	BYGGESAGSBEHANDLING VEDR. BYGNINGSDRÆN OG ISOLERING AF KÆLDERVÆG	8
2.2	DISPENSATION	9
2.3	TILSLUTNINGSTILLADELSE.....	9
2.4	AUTORISATION	9
2.5	LÆGNING AF DRÆN	10
2.6	SIKKERHEDSMÆSSIGE FORSKRIFTER	10
3	DRÆNING AF BYGNINGER.....	11
3.1	GRUNDVAND.....	11
3.2	KLASSIFICERING AF JORDBUNDS- OG GRUNDVANDSFORHOLD.....	12
3.3	SPECIELLE BETEGNELSER	13
3.4	FILTERKRITERIER.....	14
3.4.1	Filtermateriale og kælderisolering.....	16
3.5	TYPEN AF DRÆNRØR	17
3.5.1	Kompositdræn	18
3.5.2	Stive drænrør	19
4	DRÆNFORMER.....	20
4.1	LEDNINGSDRÆN	20
4.1.1	Omfangsdæren.....	20
4.1.2	Stikdræn	23
4.1.3	Netdræn	24
4.1.4	Stendræn.....	24
4.1.5	Indskudsdræn.....	25
4.2	SANDFANG.....	27
5	ARRANGEMENT.....	28
5.1	TERRÆNFALD	28
5.2	DIMENSIONERING	28
5.3	RENSEVENLIGHED	29
5.4	TILLEDNING AF REGNVAND	30
5.5	SOKKELRENDER	31
5.6	HVORNÅR KAN OMFANGSDRÆN UNDVÆRES	31
6	BORTLEDNING AF DRÆNVAND	33
6.1	AFLEDNING AF DRÆNVAND TIL RECIPIENT	33
6.2	NEDSIVNING AF DRÆNVAND	33
6.3	TILSLUTNING TIL AFLØBSINSTALLATION	34
6.3.1	Tilslutning til afløbsinstallationen via nedløbsbrønd.....	34
6.3.2	Tilslutninger til sandfangsbrønde.....	35
6.4	PUMPNING	35
6.5	DRIFT OG VEDLIGEHOLD.....	36
7	ISOLERING AF KÆLDERVÆGGE	37
7.1	LOVGIVNING.....	37
7.1.1	Isoleringskrav og tilladelser.....	37
7.2	HVORFOR ISOLERE?	37
7.3	FUGTTEKNISKE MEKANISMER	38
7.3.1	Nybyggeri.....	38
7.3.2	Ældre kældre.....	39
7.3.2.1	Standsnings af al fugttilførsel	40
7.3.2.2	Begrænsning af fugttilførsel og forøgelse af fugtafgivelse.....	40

7.4	SAMMENFATNING	41
7.4.1	<i>Isolering af kælderydervægge ved nybyggeri</i>	41
7.4.2	<i>Isolering af kælderydervægge ved renovering</i>	42
7.4.3	<i>Anvisninger og vejledninger</i>	43
BILAG 1	FILTERKRITERIER	44
BILAG 2	FUGTTEKNISKE TILTAG TIL KÆLDERISOLERING	48

1 Indledning

Stigende nedbørsmængder og stigende grundvand betyder, at kældre i mange huse ikke længere er tørre. Fugtproblemerne klares ikke automatisk ved at lægge et omfangsdræn. At fjerne fugt fra en gammel kælder er en kompliceret sag, som kan være meget omfattende og langvarig, og mange gange kan problemet ikke løses 100 %.

Man kan aldrig opnå en fuldstændig tør kælder i et gammelt hus. Som hovedregel har gamle huse ingen fugtbeskyttelse eller isolering på soklen. Fugtig jord står derfor op ad soklen og suges op i murværk og beton.

Det er vigtigt at få afstemt forventninger med kunden. Hvad skal kælderen bruges til, og er det nødvendigt, at den er fuldstændig tør? Desuden skal kunden gøres opmærksom på, at udtørring af en fugtig kælder godt kan tage flere år.

Fugten, der står op ad fundamentet, kan fjernes, dels med isolering, dels med et omfangsdræn. Der er set eksempler på, at omfangsdrænet er sparet væk, og så står kunden med en drivvåd isolering, der har mistet isoleringsevnen. Ved at isolere samtidig med at der lægges omfangsdræn, sikres det, at fugtig jord ikke står op ad fundamentet, og samtidig kan der ske en udtørring af fundament og mur både ind mod den varme kælder og ud mod jorden.

Når der installeres dræn omkring en eksisterende bygning, er det som regel hensigtsmæssigt også at isolere kældervæggen.

I denne anvisning beskrives, dels hvordan drænsystemet skal etableres, dels hvorfor og hvordan man isolerer og tørholder kældre.

2 Lovgivning

Fugtisolering og dræning omkring bygninger og konstruktioner er reguleret af byggelovgivningen. I bygningsreglementet (BR) beskrives det at:

- Bygninger skal sikres mod indtrængning af vand fra grundvand og overfladevand. Bygninger skal endvidere sikres mod opslugning af vand fra undergrunden
- Installationer til dræning af bygninger skal udføres i overensstemmelse med DS 436, Norm for dræning af bygværker

Dræn omkring bygninger kaldes i det efterfølgende bygningsdræn.

- Regler for drænsystemer er angivet i DS 436, Norm for dræning af bygværker mv. 1993
- Regler for afløbsinstallationer er angivet i DS 432, Afløbsinstallationer 2020
- Regler for tilslutning af spildevand, regnvand og drænvand til hovedkloaksystemerne er angivet i Spildevandsbekendtgørelsen: Bekendtgørelse om spildevandstilladelser mv. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4, nr. 1393 af 21/06/2021

I dette afsnit angives de "normale" regler for sagsbehandling af bygningsdræn. Afløbssystemerne er under pres på grund af klimaændringerne. Eksisterende fællessystemer kan være overbelastede, og med tiden omlægges de til separatsystemer. Et separatsystem består af en spildevandsledning og en regnvandsledning, men i nogle tilfælde består det separate afløbssystem kun af en spildevandsledning. Den vil normalt være dimensioneret til husspildevand og ikke til drænvand.

I mange kommuner bliver byggesager behandlet i én afdeling af kommunen, mens tilslutningstilladelser behandles i en anden afdeling. Og disse afdelinger taler ikke altid sammen.

Kommunerne kan derfor have vidt forskellige regler for, hvad og hvordan der gives tilladelse til tilledning af drænvand til et afløbssystem. Derfor bør man altid orientere sig i kommunen, inden arbejdet med omfangsdræn og kælderisolering påbegyndes.

2.1 Byggesagsbehandling vedr. bygningsdræn og isolering af kældervæg

Bygningsreglementet (BR) angiver, hvordan byggesagsbehandlingen i kommunerne skal foretages. Udførelse af afløbsinstallationer inkl. bygningsdræn er et byggearbejde, der kræver samme byggesagsbehandling som andre byggearbejder. Som udgangspunkt kræver et byggearbejde, at der søges om byggetilladelse. Nogle mindre byggearbejder kan udføres uden byggetilladelse, men skal overholde kravene i bygningsreglementet.

Det afhænger af størrelsen af byggearbejderne, om der er krav til byggesagsbehandling. I forbindelse med etablering af omfangsdræn og isolering i eksisterende enfamiliehuse, skal der normalt ikke søges om byggetilladelse. Hvis det drejer sig om etageboliger og andet større byggeri, skal der søges om byggetilladelse.

Bygningsreglementets krav til afløb er gældende ved alle byggearbejder, uanset om der skal ansøges eller ej.

2.2 Dispensation

Afløbsinstallationer skal som nævnt udføres i henhold til BR. BR angiver, at hvis installationen udføres efter DS 432, Afløbsinstallationer, så kan man uden yderligere dokumentation anse kravene i BR som opfyldt. DS 432, Afløbsinstallationer giver eksempler på udførelsesmåder for afløbssystemer, der opfylder de funktionelle krav, og som kan anvendes uden nærmere dokumentation.

Andre udførelsesmåder, hvor det kan dokumenteres, at de opfylder de funktionelle krav, godkendes i hvert enkelt tilfælde hos kommunen.

DS 436, Norm for dræning af bygværker er nævnt direkte i lovgivningsteksten i BR, og dermed skal reglerne/kravene i DS 436 følges.

Hvis omstændighederne gør det nødvendigt at udføre arbejdet på en anden måde – hvor det altså ikke kan dokumenteres, at funktionskravene er overholdt – kræves en særlig tilladelse hertil – en *dispensation*. Dispensation er fx nødvendig, hvis dræninstallationen ligger uden for matrikelskel mod gaden, eller placeres på nabogrund.

Dispensationen meddeles af kommunen. Kravet om dispensation omfatter alle byggearbejder, også dem, hvor det ikke er nødvendigt at søge om byggetilladelse.

I BR er det angivet, at hvis der foretages ændringer i en afløbsinstallation, hvor det bebyggede areal ikke udvides, så skal der ikke søges tilladelse til ombygningen i kommunen. Det vil sige, at for fx etablering af bygningsdræn, så kræver kommunen normalt ikke, at de får besked om ændringen. Ændringen vil så heller ikke findes i kommunens arkiv over installationerne på den enkelte ejendom eller i BBR. Vedrørende installation af bygningsdræn, så må man henvende sig til den enkelte kommune for at høre, om de kræver tilladelse.

2.3 Tilslutningstilladelse

Ved bygningsdræn omkring mindre bygninger fx parcelhuse, kan afløbet føres til hovedafløbssystemet uden særlig tilladelse, idet der normalt ikke gives specifikke tilslutningstilladelser ved parcelhuse.

Ved etablering af bygningsdræn ved større byggeri, skal der søges om tilslutningstilladelse hos kommunen.

Hvis der udføres grundvandssænkning på ejendommens areal, i form af andre drænledninger, der skal sænke grundvandsspejlet generelt, så er det ikke tilladt at aflede dette vand til afløbssystemet. Afledning af drænvand, der stammer fra grundvandssænkning af fx grønne arealer, er reguleret af vandløbslovgivningen (Bekendtgørelse af lov om vandløb. Bek. Nr. 1217 af 25/11/2019), og dette vand skal ledes til recipient.

2.4 Autorisation

Arbejdet med bygningsdræn må kun udføres af autoriserede virksomheder med autorisation inden for kloak. Dette gælder både for nyanlæg, ved ændringer af eksisterende anlæg og ved reparationer. Det gælder også de anlæg, hvor drænvandet nedsives på egen grund. Drift- og vedligeholdelse af bygningsdræn er ikke omfattet af autorisationsloven, og kan foretages af ejeren.

2.5 Lægning af dræn

Lægning af omfangsdræn skal i princippet udføres som angivet i DS 430, Norm for lægning af fleksible ledninger af plast i jord. Her er det angivet, at standarden bl.a. gælder for vej- og bygningsdræn samt samleledninger for markdræn. Omfangsdræn omkring huse ligger i et areal, hvor trafikbelastning ikke kan forekomme, så derfor er fx anvisningerne om krav til komprimering af omkringfyld normalt ikke relevante. Selv ved huse med facade i skel vil trafikbelastning ikke kunne forekomme over drænet.

2.6 Sikkerhedsmæssige forskrifter

Gravearbejde i forbindelse med omfangsdræn og udvendig efterisolering af kældre, skal ske efter de sikkerhedsmæssige forskrifter som Arbejdstilsynet har udarbejdet. Desuden skal de geotekniske retningslinjer for opgravninger langs fundamenter følges.

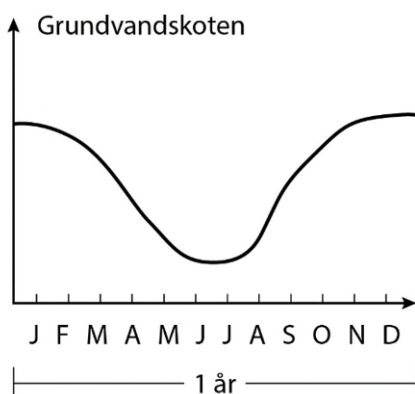
3 Dræning af bygninger

Bygninger og bygningsdele i jord skal beskyttes mod indtrængen af vand fra grundvand og opslugning af vand fra undergrunden. Vand i jorden kan være egentligt *grundvand*, *jordfugt* eller nedslivende *overfladevand* stammende fra regn og sne (og tøbrud). Jordfugt kan skyldes både grundvand og overfladevand, men også utætte ledningssystemer, som medvirker til fugt i jorden.

3.1 Grundvand

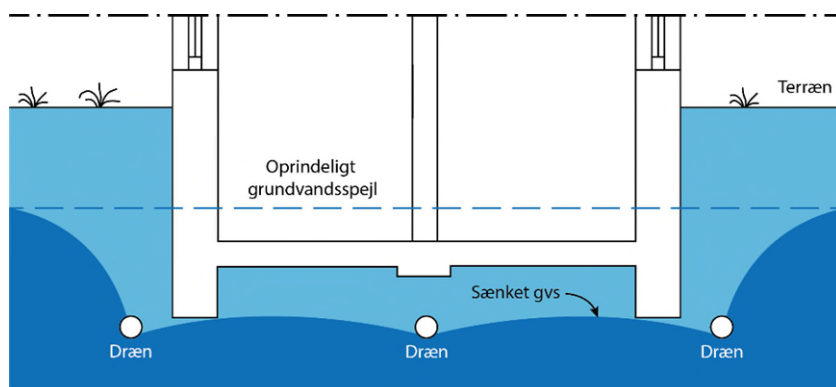
I en vis dybde er jordens hulrum mellem de enkelte jordpartikler helt fyldt med vand. Grænsen for dette område opadtil kaldes *grundvandsspejlet*. Grundvandsspejlet følger ofte terrænen, og hvor terrænet hælder, vil grundvandet strømme med faldet. Hvis grundvandsspejlet ikke er begrænset opadtil af et vandstandsende lag fx ler, kaldes det et frit grundvandsspejl. Hvis der oven på et lerlag ligger en sandlomme, kan der i sandlommen optræde et sekundært grundvandsspejl, som ikke hænger sammen med det underliggende grundvand.

Grundvandsstanden vil variere, dels igennem året, dels i forhold til årsnedbøren, se figur 3.1. Grundvandsstanden er typisk højest i vintermånederne og lavest i sommermånederne.



Figur 3.1. Eksempel på grundvandsstandens variation gennem et år.

Grundvandsstanden kan sænkes, fx hvis det pumpes op fra en drikkevandsboring, eller hvis grundvandet bortledes gennem drænrør. Dræn omkring en bygning vil typisk sænke grundvandsstanden lige omkring bygningen, se figur 3.2.



Figur 3.2. Et grundvandsspejl kan eventuelt sænkes under en kælder ved hjælp af ledningsdræn.

3.2 Klassificering af jordbunds- og grundvandsforhold

Ikke alle jordarter kan drænes, og det er derfor nødvendigt at skabe sig et overblik over, hvornår dræning kan anvendes, og hvornår ikke. I figur 3.3 er vist en grov inddeling af jordbunds- og grundvandsforhold i 4 klasser. Klasserne giver samtidig en oversigt over, hvilken form for dræning, der kan anvendes.

	Klasse 1 - Tilbagefyldning med permeabel (sandet)jord - Nedsivende overfladevand strømmer lodret mod grundvandsspejl - Intet vandtryk på konstruktion Jord med stor permeabilitet ($k > 10^{-4}$ m/s) svarende til sandet jord. Grundvandsspejl under drænniveau. HER KAN BYGNINGSDRÆN EVENTUELT UDELADES
	Klasse 2 - Tilbagefyldning med jord - Nedsivende overfladevand strømmer mod konstruktion, og den skal drænes - Intet vandtryk fra grundvand Jord med lille permeabilitet (leret) ($k < 10^{-5}$ m/s) svarende til siltet eller leret jord. Grundvandsspejl under drænniveau. HER SKAL DER UDFØRES BYGNINGSDRÆN
	Klasse 3 - Tilbagefyldning med jord - Nedsivende overfladevand strømmer mod konstruktion, og den skal drænes - Grundvandsspejl sænkes i konstruktionsperioden - Vandtryk fra grundvand fjernes ved permanent dræning Jord med lille permeabilitet ($k < 10^{-5}$ m/s) svarende til siltet eller leret jord. HER SKAL DER UDFØRES BYGNINGSDRÆN
	Klasse 4 - Vandtryk kan ikke fjernes uden stor permanent afdræning - Konstruktion dimensioneres for vandtryk på vægge og gulve samt opdrift - Overskridelse af det ved dimensioneringen fastsatte vandtryk sikres eventuelt ved dræn Jord med stor permeabilitet ($k > 10^{-4}$ m/s) svarende til sandet jord. HER KAN OG MÅ DER IKKE UDFØRES BYGNINGSDRÆN OG KÆLDEREN SKAL BYGGES VANDTÆT

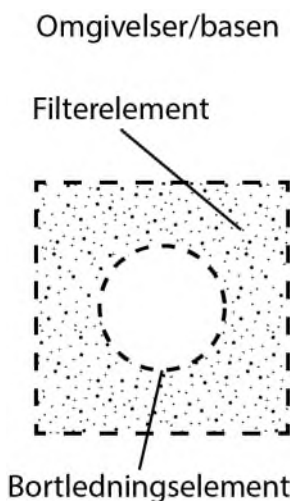
Figur 3.3. Klassifikation af jordbunds- og grundvandsforhold.

I mindre projekter vil klassificeringen ske ved en visuel vurdering af jordbunden, mens det ved større projekter kan være nødvendigt med en geoteknisk vurdering af jordbundsforholdene.

3.3 Specielle betegnelser

I DS 436, Norm for dræning af bygværker anvendes nogle bestemte betegnelser, som det er nødvendigt at kende.

Vandet strømmer gennem *basen* (jord og fyld) hen til *filterelementet*; gennem dette og ind i *bortledningselementet* (drænrør), se figur 3.4.

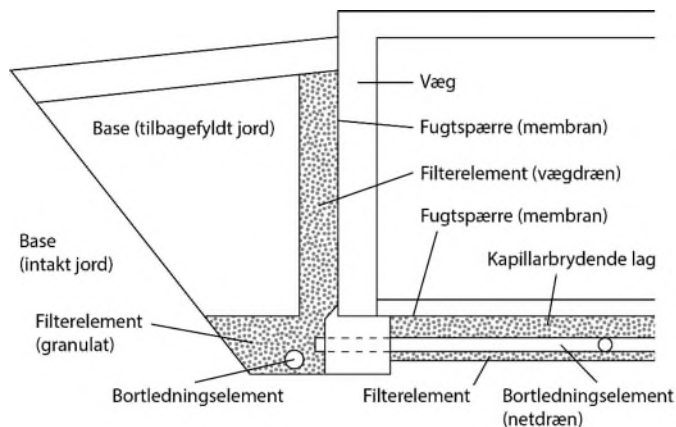


Figur 3.4. Drænnormens betegnelser vedr. dræning.

Formålet med *filterelementet* er at forhindre transport af materiale fra basen (jorden) og ind i *bortledningselementet*.

Bortledningselementet er normalt et rør, men kan også være fx porøse plader.

Filterelementet kan være filtergrus, perle- eller ærtesten, letklinker, drænplader, drænmåtter eller andet. I DS 436 findes der anvisninger på, hvordan filterelementet kan sammensættes ved forskellige jordarter.



Figur 3.5. Principskitse af et dræn ved en konstruktion. Alle drænnormens betegnelser er angivet på figuren.

Drænsystemer i forbindelse med veje, pladser, skråninger og dæmninger kaldes *terrændræn*.

Et *sammenhængende lodret lag af filtergrus, sten, letklinker, drænmåtter eller drænplader* kaldes et *vægdræn*.

Et *kompositdræn* er et præfabrikeret drænrør, der både har filterelement og bortledningselement fx plastdrænrør med fiberdug, kokos eller andet rundt om.

Ordet *basen* er specifikt for DS 436. I det efterfølgende kaldes det blot jorden.

3.4 Filterkriterier

Hængende vandspejl

En vanddråbe, der falder på jorden, vil sive lodret ned til grundvandet. Hvis bygningen er bygget på leret/siltet jord, vil den oprindelige jord være relativ tæt, mens den opgravede jord, der er fyldt tilbage omkring huset, er mindre tæt. Det betyder, at nedsivende overfladevand vil blive bremset af den tætte jord og sive hen mod kældervæggen.

Først når grundvandet eller det nedsivende overfladevand kommer op i niveau med drænrøret, vil vandet sive ind i drænrøret. Vandhastigheden stiger, jo nærmere dråben kommer til drænrøret og vil trække de fine jordpartikler med. De aflejres derefter inde i drænrøret. En pakning rundt om drænrøret skal, dels holde nogle partikler tilbage, dels fungere ved at gøre "røret" større og dermed mindske vandhastigheden tæt på drænet.

I jord kan vand kun løbe fra grov jord til fin jord. En fodboldbane kan være smattet, mens den grovere jord neden under er helt tør, for vandet bliver hængende i de fine porer som et hængende vandspejl. Dette betyder i praksis, at vandet aldrig vil løbe fra jorden til det grove filter, før jorden er helt vandmættet.

Hvis der er finkornet materiale i jorden, og filtret rundt om røret er opbygget af et yderst grovkornet materiale og længere ind i et finkornet materiale, så er der stor risiko for, at filtermaterialet stopper til. Derfor skal filtermaterialet være passende porøst, og skal tilpasses den eksisterende jord. DS 436 giver vejledning i, hvordan dette kan gøres, og i bilag 1 er der vist et eksempel på sådanne specifikke filterkriterier.

Filterkriterierne er vanskelige at bruge i praksis (se bilag 1). Filtre i lerede jorder skal i princippet opbygges af forskellige filterlag, og det er normalt ikke muligt i praksis. Derfor anbefales det ved mindre drænarbejder at bruge nogle simplere filtre, som vist i figur 3.6. Det vil medføre, at der kan transporteres jord/sand ind i drænrøret, som dermed skal spules oftere.

Jordart	Filterelement	Bortledningselement
Fast lerjord	Perlesten 2-8 mm	Rør med slidser
Sandet jord og blød lerjord	Velgraderet sand $d_{10} > 0,3 \text{ mm}$ $1,5 \text{ mm} < d_{50} < 2,5 \text{ mm}$	Rør med slidser max. 1,5 mm

d_{10} er maskevidden i den sigte, hvor 10 % af den pågældende jordart kan passere.

d_{50} er maskevidden i den sigte, hvor 50 % af den pågældende jordart kan passere.

Figur 3.6. Filtermaterialer til mindre drænsystemer.

I bilag 1 er vist eksempler på, hvordan filterkriterierne i DS 436 kan bruges i praksis, og her er konklusionen:

Filtergrus er i de fleste jordarter et bedre filtermateriale rundt om bygningsdræn end grove materialer som perlesten eller granitskærver.

I praksis bestemmer man sjældent filtermaterialet ud fra den aktuelle jord på grunden. Mange bruger simple filtermaterialer som fx filtersand, perlesten, ærtesten, letklinker eller granitskærver. Perlesten, ærtesten, letklinker og skærver er meget grovere end de krav, der stilles til filtre i DS 436, men som i langt de fleste tilfælde fungerer i praksis. Det grove materiale medfører, at langt flere fine jordpartikler kan føres ind i filtret og i drænrøret, som dermed skal renses oftere.

Det optimale pakningsmateriale er filtergrus fra 0,1 til 4 mm. Se mere i bilag 1 om bestemmelse af filtergrus.

Tykkelsen af filterlaget

Filterelementet skal have en tykkelse på mindst 100 mm på alle sider af drænrøret. Hvis filtret består af flere lag, skal hvert lag mindst have en tykkelse på 100 mm.

Forkerte filtermaterialer

Filtre omkring omfangsdræn eller rettere manglen på filtre eller forkerte filtre er et stort praktisk problem.

Billederne i figur 3.7 viser et drænsystem, som ikke fungerede. Drænet er lagt klods op ad fundamentet, og filtret er en fiberdug rundt om drænrøret. Jorden er siltet/leret og indeholder altså fine partikler, som kan resultere i tilstopning af fiberdugen rundt om drænet. Her burde i stedet være anvendt et grus/sandfilter rundt om drænet, dels for at holde en lille afstand til fundamentet, dels for at holde de fine partikler væk fra fiberdugen og selve drænet, så det ikke stopper til.



Figur 3.7. Eksempler på et drænsystem lagt med kompositdræn i en jord med fine partikler.

I princippet skal filtermaterialet sikre, at jorden ikke kan trænge ind i drænsystemet, så derfor burde det være overflødigt at dække filtermaterialet med fiberdug, inden der fyldes jord tilbage i udgravningen. Men hvis der bruges grove filtermaterialer som ærtesten, kan det være en god ide med et lag fiberdug over filterlaget, inden der fyldes jord tilbage i udgravningen.



Figur 3.8. Granitskærver brugt som filtermateriale.

3.4.1 Filtermateriale og kælderisolering

Isolering af kældervægge er omtalt i kapitel 7. Isolering af kældervæggen kan også udføres med letklinker, som så samtidig fungerer som filter rundt om drænrøret.



Figur 3.9. Letklinker kan anvendes både som filtermateriale og som isoleringsmateriale.



Figur 3.10. Kælderisolering udført med letklinker.

Ydersiden af ældre kældervægge er ofte meget ujævne +/- 20 cm. Løse materialer som ærtesten, perlesten eller letklinker udfylder nemt disse ujævnheder.

Der placeres en egnet fiberdug mod jorden både i bunden af renden og mod siden, så letklinkerne ikke senere bliver blandet med jorden. Der fyldes et 100 mm lag af letklinker i bunden af renden som underlag for drænledningen, der lægges som anvist af leverandøren.

3.5 Typer af drænrør

Omfangsdræn bliver ofte udført af korrugerede drænrør på ruller, se figur 3.11, og som billedet viser, også uden at der kommer filtermateriale rundt om drænene. Opspoledede rør kan være vanskelige at lægge med korrekt fald. De er også vanskelige at rense, når man anvender minimumsdimensionen på $\varnothing 70$ mm. Endelig er det uheldsmæssigt at komme rundt om hjørnerne, hvis drænene lægges i en stor bue væk fra bygningen uden brug af fittings.



Figur 3.11. Korrugerede drænrør på ruller bruges ofte til omfangsdræn.

Derfor er det i DS 436, Norm for dræning af bygværker tydeligt angivet, at der i omfangsdræn skal være et passende antal renseligheder, så drænet kan spules.

3.5.1 Kompositdræn



Figur 3.12. Drænrør med fiberdug eller tæppedræn bruges primært til markdræn.

Filtre, der alene består af fiberdug, tæpper, kokos eller lignende er ikke egnede til bygningsdræn. Der findes mange typer af fiberdug og tæppedræn, og hvis porestørrelsen i fiberdugen er for lille, stopper den meget hurtigt til. Fiberdug rundt om dræn anvendes primært til markdræn, hvor drænet pløjes ned, og der ikke kan lægges et filterlag rundt om drænet. Her vil fiberdugen forhindre, at der presses sand ind i drænet.

Der findes forskellige typer af fiberdug, og hvis der skal anvendes kompositdræn med fiberdug, skal fiberdugen være designet for den specifikke jord, hvor den bliver anvendt, hvilket sjældent sker.

Kompositdræn bør ikke anvendes som bygningsdræn, fordi den forventede filtereffekt ikke er dokumenteret i forhold til den eksisterende jord.

Fiberdug kan anvendes i forbindelse med bygningsdræn, men primært som et materialeadskillede **vandret** lag, der skal forhindre fine materialer til at trænge ind i grovere materialer og fylde hulrummene op.

Fiberdug skal ikke anbringes *rundt* om grus/stenfilteret for at beskytte det mod indtrængning af jord. Fiberdugen vil hurtigt stoppe til, og så kommer der intet vand ind til drænet.



Figur 3.13. Fiberdug kan anvendes som et skillelag mellem filtret og den jord, der fyldes tilbage over drænet. Fiberdugen bør ikke lægges rundt om hele filteret omkring drænet.

3.5.2 Stive drænrør

Mange kloakmestre er gået helt bort fra de opspolede dræn og minimumsdimensionen. De anvender dræn i dimensionen $\varnothing 110$ udført af stive rør, som er meget nemmere at lægge. Og de anvender standardformstykker ved retningsændringer. Dette gør arbejdet nemmere, og bygningsdrænet kan følge bygningens konturer. Desuden gør det vedligeholdelsen nemmere, og det er ikke nødvendigt med så mange rensedgange, se afsnit 5.3.



Figur 3.14. Omfangsdræn kan med fordel udføres af stive drænrør og med standardformstykker ved retningsændringer.

4 Drænformer

De former for dræn, der kommer på tale i forbindelse med dræning af bygninger, er:

- Ledningsdræn
- Stendræn
- Indskudsdræn

4.1 Ledningsdræn

Ved et ledningsdræn forstås et sammenhængende system af bortledningsselementer og filterelementer, der forekommer omkring og/eller under bygninger. I forbindelse med ledningsdræn kan man arbejde med:

- Omfangsdræn
- Stikdræn
- Netdræn

4.1.1 Omfangsdræn

Et omfangsdræn er et enkelt drænsystem langs en bygnings yderfundament. Omfangsdræn tjener primært til bortledning af nedsivende overfladevand, se figur 4.1.

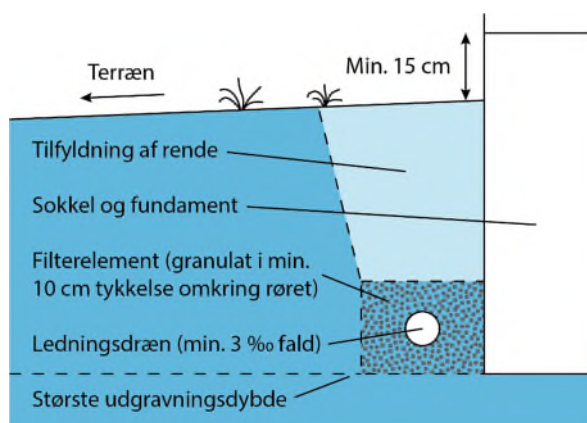
Lægningsdybde

Ifølge DS 436 skal bortledningsselementet i en drænkonstruktion lægges i frostsikker dybde, hvor frostsikker dybde normalt regnes til at være 0,60 m ved opvarmede bygninger og ellers 0,75 m.

Man kan dog argumentere for, at det ikke altid er nødvendigt at lægge dræn i frostfri dybde. Hvis drænet skulle fryse til, vil den omkringliggende jord/vand også fryse, og derved kan vandet alligevel ikke bortledes.

Når der efterfølgende kommer tøvejr, vil evt. smeltevand/overfladevand under alle omstændigheder ikke kunne afledes via drænet, før alt jord/vand mellem terræn og dræn er optøet.

Risikoen for at drænrørene frostsprænges er minimal (pga. deres relative store fleksibilitet). Derfor kan det være svært at begrunde kravet om frostfri dybde.



Figur 4.1. Omfangsdræn.

Med de nuværende krav til isolering af klimaskærmen, fundament og terrændæk, vil en lægningsdybde på 0,6 m ved nybyggeri ikke nødvendigvis være frostfrit. Det er dog den lægningsdybde, der også anbefales i DS 432, Afløbsinstallationer. Det er ofte ældre bygninger, der får etableret omfangsdræn og udvendig kælderisolering. Også her kan den frostfri dybde regnes til 0,6 m.

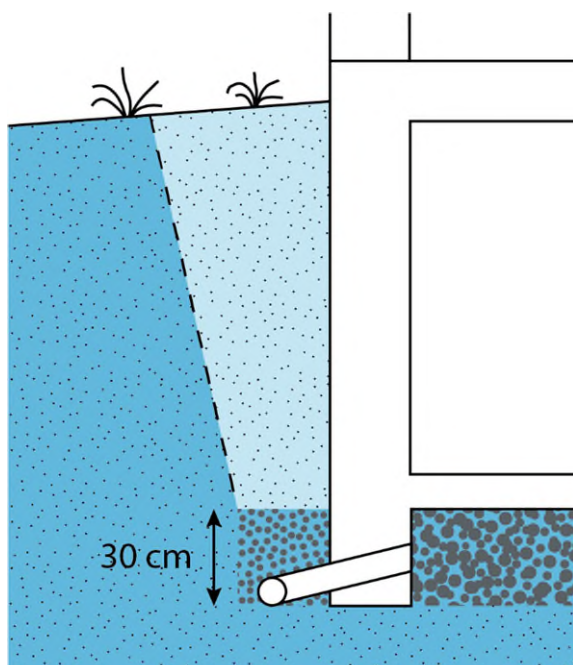


Figur 4.2. Frostfri dybde for et omfangsdræn er 0,6 m.

Dybde i forhold til den konstruktionsdel der skal beskyttes

Bundløbskote i drænet skal ligge mindst 0,30 m under den konstruktionsdel, der skal tørrholdes fx kældergulv.

For huse med kælder skal drænet lægges så dybt, at det kapillarbrydende lag under kældergulvet kan afvandes til omfangsdrænet (se senere). Bundkoten i drænet må derfor ikke ligge højere end oversiden af det kapillarbrydende lag, se figur 4.3.



Figur 4.3. Bundkoten i drænet skal ligge minimum 0,30 meter under kældergulvet, og skal ligge under overkanten af det kapillarbrydende lag/stendrænet.

Fald

Drænrørerne skal lægges med mindst 3 ‰'s fald, men bør lægges med 5 ‰, hvis det er muligt.

Udvendige omfangsdræn er bedst

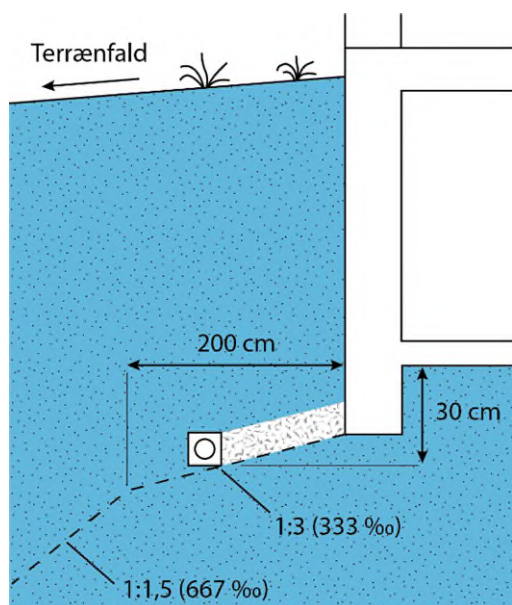
For at beskytte kældervæggen mod nedsivende overfladevand bør omfangsdrænet lægges udvendigt.

I eksisterende byggeri med kældervægge støbt med jord, må omfangsdrænet ofte lægges indvendigt. Indvendige dræn medfører, at fundamentet altid er fugtigt, og at vandet kan suges op gennem en eventuel porøs beton.

Aldrig under fundamentslinjen

Bundkoten i udgravningen til drænet må ikke komme under fundamentslinjen, se figur 4.4. Fundamentslinjen angiver, hvor dybt, der må udgraves omkring en bygning, uden af bygningens stabilitet kommer i fare.

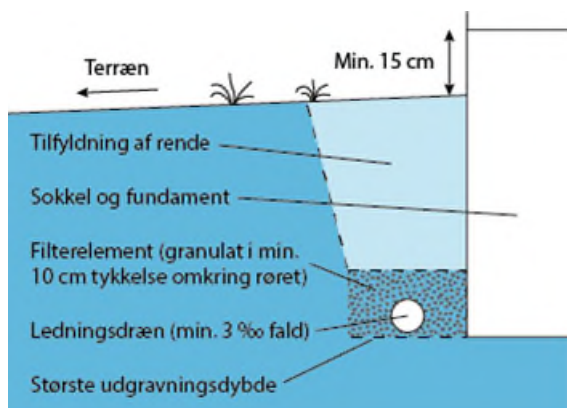
Ved bygninger med kælder, skal omfangsdrænet placeres så tæt som muligt ved den kældervæg, som skal beskyttes. Ved ældre bygninger, hvor fundamenterne ikke er så dybe, er det vanskeligt at placere drænet 300 mm under kældergulv, da der ikke må graves under fundamentslinjen, se figur 4.4. I disse tilfælde kan drænet placeres i korrekt dybde, men længere væk fra kældervæggen, og der skal så udlægges et drænende lag mellem drænet og kældervæggen i hele længden, se figur 4.4.



Figur 4.4. Den markerede linje viser grænsefladen for udgravning langs fundamenter i lerjord. Hvis drænet placeres fx 1 m fra bygningen, udlægges et drænende lag sten/grus fra fundamentet og ud til drænet.

Dette er kun muligt i lerjord (kohæsionsjord). Hvis fundamentet står på sand, må der ikke graves ned til fundamentets underkant af hensyn til bæreevnen. Men i sandede jorder udføres der normalt ikke omfangsdræn.

Hvis det ikke er muligt at få en afstand på 30 cm fra dræn til kældergulv, kan en løsning være et untlade filtermaterialet under drænrøret. Drænene lægges på fiberdug på råjorden, og filtret lægges rundt om drænet, se figur 4.5.



Figur 4.5. Omfangsdrænet kan lægges på fiberdug, og med filtermateriale på de øvrige 3 sider af røret, hvis det ikke er muligt at få tilstrækkelig dybde under kældergulvet.

Mange har oplevet, at man efter at have etableret omfangsdrænen har fået fugt spredt fra en del af huset til hele huset. Det kan ske, hvis der et eller flere steder permanent står vand i filtermaterialet under drænrøret (i leret jord). Vandet vil fordele sig rundt om hele huset i filterlaget og opfugte kældervæggen under drænrøret. Her kan løsningen være at lægge drænet uden filtergrus under drænet. Så vil den nederste del af fundamentet gennem længere tid ikke være påvirket af vand, se figur 4.5. Alternativt kan der anvendes topslidsede drænrør.

Afslutning mod terræn

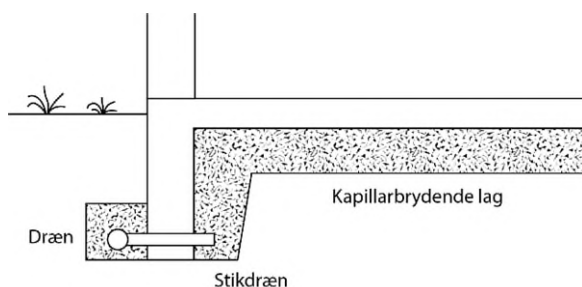
Hvis der er lavet store udgravninger rundt om huset i forbindelse med drænarbejdet, bør den eksisterende jord bruges som tilbagefyld i det meste af udgravningen, for at sikre ensartede jordbundsforhold.

Man kan derefter enten fylde hele udgravningen tæt på væggen op med filtermateriale, som skal komprimeres tilstrækkeligt til, at terrænet ikke sætter sig. Tilfyldningen af udgravningen til drænene bør øverst afsluttes med tæt jord eller fliser, så nedsivningen minimeres, og der skal etableres fald væk fra bygningen.

Hvis der afsluttes mod terræn med fliser, kan udgravningen tæt på kældervæggen også fyldes op med eksisterende jord, som komprimeres, så flisebelægningen ikke sætter sig.

4.1.2 Stikdræn

Under gulve mod terræn er der udført et kapillarbrydende lag, der skal beskytte gulvet mod opstigende grundfugt. Kapillarbrydende lag anvendes kun over grundvandsspejlet. Vand, der opsamles i dette lag, kan ledes til omfangsdrænet via stikdræn. Et stikdræn er en rørgennemføring gennem fundamentet. Stikdrænet skal lede vand fra det kapillarbrydende lag ud til omfangsdrænet. Eksempel på et stikdræn er vist i figur 4.6.

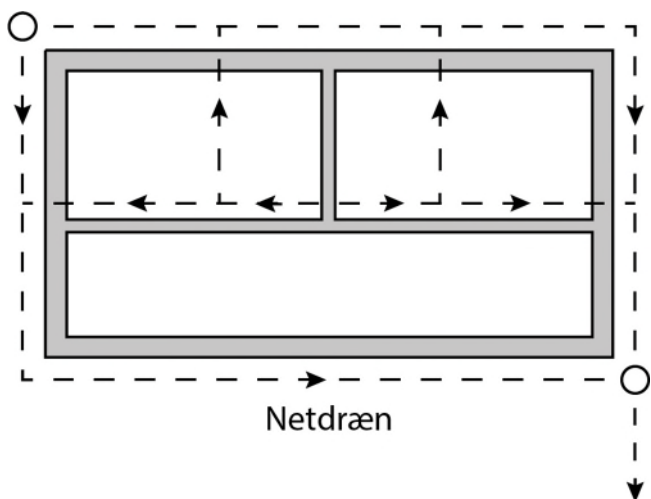


Figur 4.6. Stikdræn, der forbinder det kapillarbrydende lag med omfangsdrænet.

4.1.3 Netdræn

Når større flader fx gulve skal drænes, skal drænene ringforbindes (netdræn). Et netdræn består således af et sammenhængende ledningssystem af drænstrenger under og omkring et bygværk. Som regel opbygges systemet af hovedstrenger og sidestrenger mv., se figur 4.7.

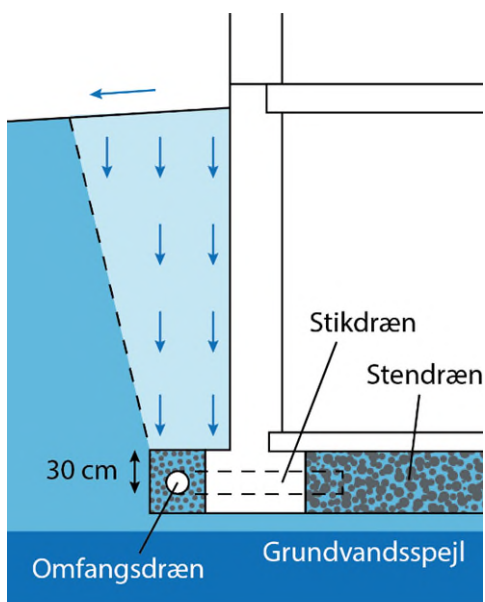
De enkelte felter skal være maksimalt 30 m² ved jord i klasse 2 og 3 (se figur 3.3). Ved små bygningsbredder (< 10 m) i klasse 2 og ved forhold som i klasse 1 kan netdræn udelades, men der bør skabes forbindelse fra det kapillarbrydende lag til omfangsdrænet via stikdræn. Netdræn lægges normalt i det kapillarbrydende lag og opbygges på samme måde som omfangsdræn.



Figur 4.7. Dræning under kælder udført med netdræn.

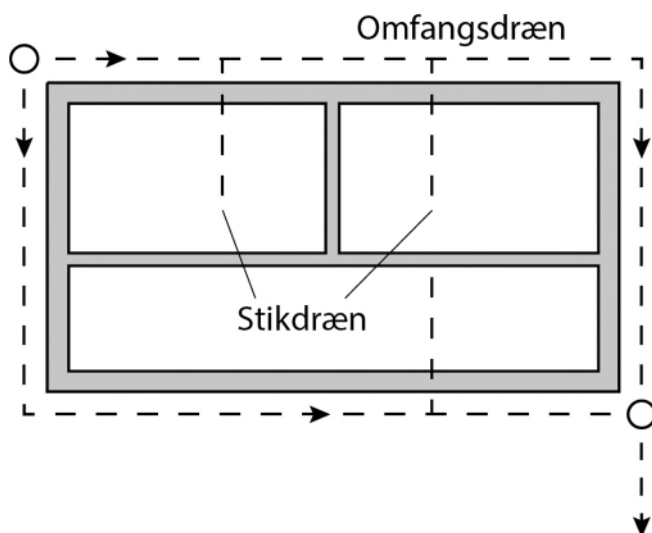
4.1.4 Stendræn

Stendræn anvendes under kældergulve, der er etableret tæt på grundvandsspejlet eller i områder, hvor der findes vandårer. Et stendræn er et sammenhængende 150-200 mm tykt stenlag under et kældergulv udført af forholdsvis groft materiale fx singels, letklinker eller skærver, se figur 4.8. I underkanten af stendrænet kan placeres et antal stikdræn, der forbindes med omfangsdrænet, se figur 4.8.



Figur 4.8. Stendræn.

Stendrænet sikrer konstruktionen mod indsvivende grundvand og opstigende fugt. Stendrænet har en meget vigtig funktion som kapillarbrydende lag, og det er derfor vigtigt, at stenmaterialet ikke indeholder ler og silt, men udelukkende består af renvaskede materialer med kornstørrelse bestemt på samme måde som angivet for ledningsdrænets filter. Et stendræn er i øvrigt ikke særligt udsat for tilslamning, og der kan derfor vælges ret grove materialer. Stendræn skal tilsluttes afløbsinstallationen ved pumpning, da det vil være vanskeligt/umuligt at rense efter en eventuel tilbagestuvning fra kloaksystemet.



Figur 4.9. Stendrænet afvandes til omfangsdrænet via stikdræn.

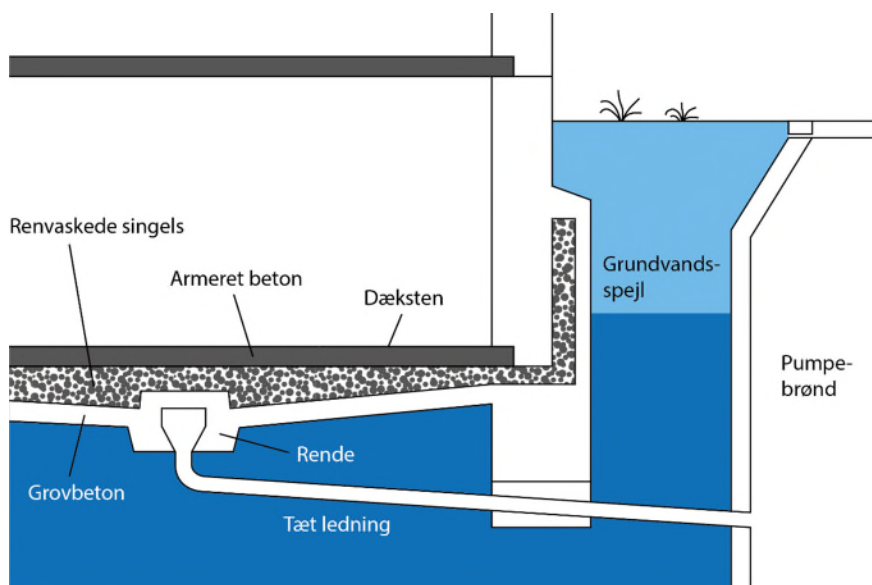
4.1.5 Indskudsdræn

I områder, hvor tilstrømningen af grundvand er så stor, at den ikke kan fjernes ved en af de førnævnte dræningsformer (sandet jord med højt grundvandsspejl. Klasse 4), skal kældre bygges vandtætte. Da det er svært at lave en fuldstændig vandtæt konstruktion, kan det blive nødvendigt at udføre et indskudsdræn, se figur 4.10.

Indskudsdrænet lægges som et sammenhængende mindst 150 mm tykt lag af vaskede singels, granitskærver eller letklinker imellem to betonlag, hvoraf det øverste skal have mindst almindelig gulvtykkelse. Det underste betonlag, der eventuelt skal armeres af hensyn til vandtrykket, gives fald til et passende antal render. Det grundvand, der eventuelt siver gennem betonlaget, ledes til en pumpebrønd via tætte afløbsledninger.

Inden udlægningen af stenlaget dækkes renderne til. Stenlaget dækkes med fiberduk eller på anden forsvarlig måde, inden det øverste betonlag udstøbes.

Ved tilslutningen til kældervæggene vil det i almindelighed være nødvendigt enten at udføre et lodret indskudsdræn, anbragt udvendigt eller indvendigt på bygningens fundamenter, eller at udføre vandtæt støbning.

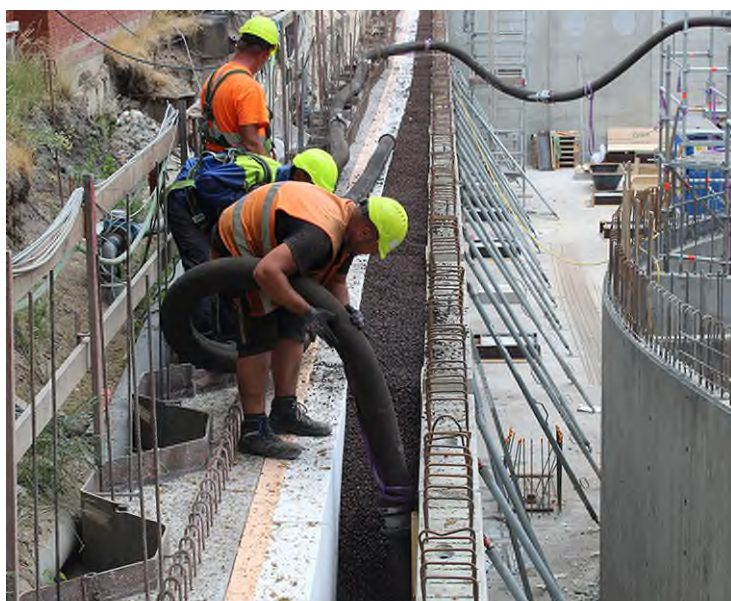


Figur 4.10. Indskudsdræn.

I de fleste tilfælde er indskudsdrænet i dag placeret på indvendig side af den bærende kældervæg, og det afvandes til indskudsdrænet i kældergulvet.

Vandtætte konstruktioner er vanskelige at udføre, så indskudsdræn i både kældervægge og kældergulve bliver udført som et sammenhængende drænsystem på indvendig side, alene fordi det er en sikker metode.

Indskudsdræn er en meget kostbar foranstaltning, og da såvel det drænende lag som afløbet derfra er praktisk talt utilgængelige efter færdiggørelsen, skal der udvises megen omhu ved valg af materialer og arrangement. Afløbet, der ligger under grundvandspejlet og er udsat for vandtryk, skal være fuldstændig tæt. Der findes eksempler på defekte indskudsdræn, hvor det nederste betonlag er knækket, og hvor der pumpes grundvand op svarende til en mindre bys vandforsyning.



Figur 4.11. Vægdræn udført med Leca.

Grundvand kan være aggressivt, og ledningerne bør derfor udføres af modstandsdygtige materialer fx plast, rustfrit stål mv. Indskudsdræn skal altid tilsluttes afløbsinstallationen ved pumpning.

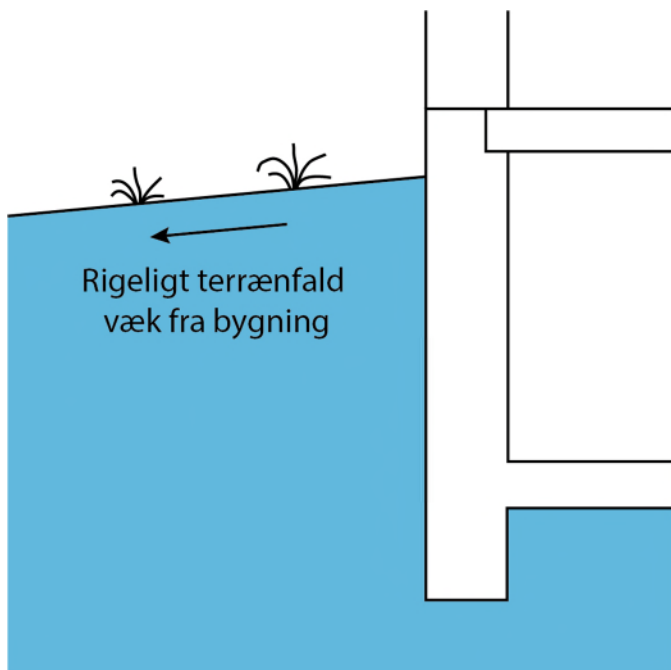
4.2 Sandfang

Før tilslutning til en afløbsinstallation fx pumpebrønden skal drænvandet have passeret et sandfang. Sandfang kan udelades, når risikoen for indtrængning af sand i drænet er lille fx ved indskudsdræn. Sandfanget kan som regel også bruges som rensebrønd.

5 Arrangement

5.1 Terrænfald

For at minimere nedsivning langs fundamenter skal terrænoverfladen etableres med fald bort fra bygningen, så overfladevand og kraftig regn ledes væk, se figur 5.1. Fald på terræn skal være mindst 20 ‰ (1:50) for overflader med belægninger, og mindst 25 ‰ (1:40) ved overflader uden belægning. Tilfyldningen af udgravningen til drænene bør øverst afsluttes med tæt jord eller fliser, så nedsivningen minimeres. Vandbelastningen på et omfangsdræn falder meget, hvis der er belægning helt op til facaden og godt med fald på terræn væk fra bygningen.



Figur 5.1. Terrænoverfladen skal etableres med fald bort fra bygning.

5.2 Dimensionering

Egentlig dimensionering af drænsystemer foregår kun ved store systemer. Generelt kan det siges, at drænvandsstrømme vil være meget små sammenlignet med regnvandsstrømme.

Som et skøn over drænvandsstrømme kan tallene i figur 5.2 anvendes.

Type dræn	Jordbund- og grundvandsforhold	Vandstrøm /l/s)
Vægdræn	Klasse 1 og 2	0,01-0,03 pr. m ² væg
	Klasse 3	0,03-0,1 pr. m ² væg
Gulvdræn	Klasse 3	0,001-0,005 pr. m ² gulv
Terrændræn/omfangsdræn	Klasse 1 og 2	Mere end 0,001 pr. m ² terræn
	Klasse 3	Mere end 0,005 pr. m ² terræn

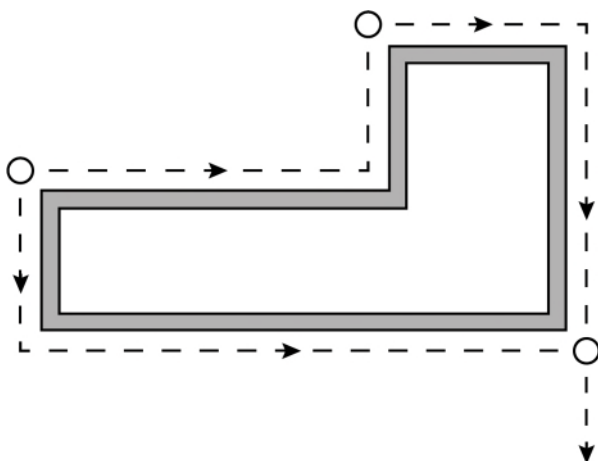
Figur 5.2. Dimensionsgivende drænvandsstrømme.

5.3 Rensevenlighed

Ledningsdimensionen i et drænsystem må ikke være mindre end 70 mm. I denne anvisning anbefales dog større dimensioner for at lette rensning af drænsystemet.

Drænsystemer skal kunne renses, og der skal derfor anbringes rens- og inspektionsbrønde på mindst 300 mm i udvalgte knæpunkter og på lige strækninger med en indbyrdes afstand på højst 60-80 m.

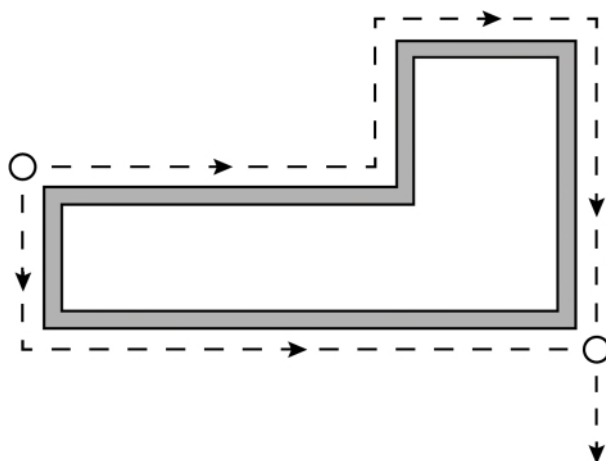
I figur 5.3 er vist eksempler på, hvorledes rensbrønde kan placeres i et drænsystem udført af opspolende drænrør.



Figur 5.3. Eksempler på placering af rensadgange på et drænsystem, hvor man bruger opspolende rør. Hver retningsændring kan nås fra en spulebrønd.

Baggrunden for placeringen af brøndene er, at rensværktøj, når drænene lægges i minimumsdimensionen, vanskeligt kan passere bøjninger, uden at drænsystemet ødelægges. Alle bøjninger skal derfor kunne renses fra to sider via en rensbrønd.

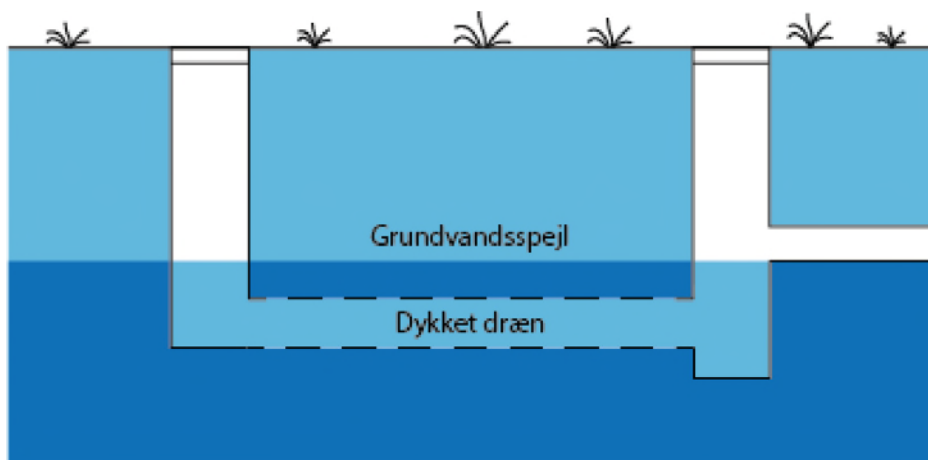
Hvis drænsystemer i stedet etableres af stive rør i dimensionen $\varnothing 110$ og med præfabrikerede bøjninger, så kan rensværktøj passere en bøjning, og dermed kan den ene rensbrønd undværes, se figur 5.4. Af hensyn til spuling anbefales bøjninger med $2 \times 45^\circ$ bøjninger med et lige stykke i mellem.



Figur 5.4. Eksempler på placering af rensadgange på et drænsystem, hvor man bruger stive rør og præfabrikerede bøjninger.

Okkerholdigt grundvand

Hvis der er kalk eller okker i grundvandet, er der risiko for okker- eller kalkudfældning i drænsystemet. Dette kan undgås ved, at drænsystemet udføres med drænrør med større slidser og permanent dykkede drænrør, se figur 5.5.



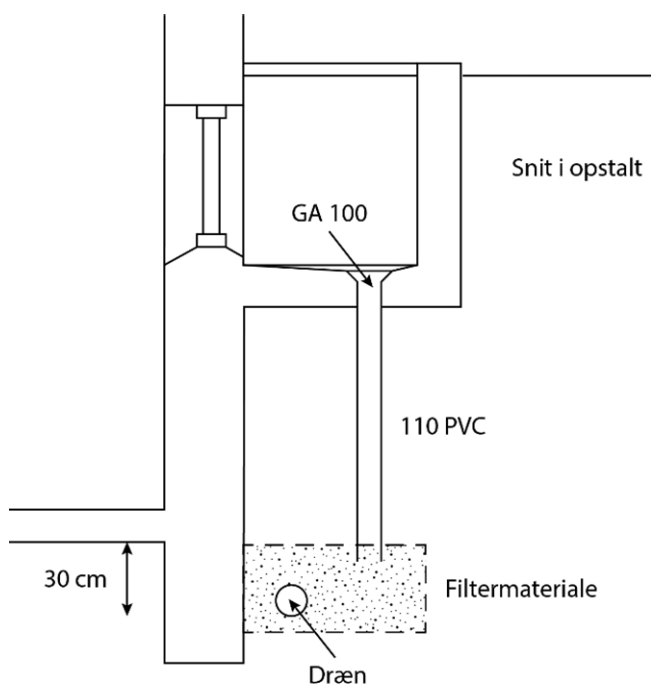
Figur 5.5. Permanent dykket drænsystem.

Udluftning

Drænsystemer udluftes ikke. Der findes systemer, hvor radon kan fjernes via undertryk i drænsystemet (radonsug).

5.4 Tilledning af regnvand

Overfladevand må ikke ledes til drænsystemet. Dog kan det tillades, at små regnvandsstrømme, fx fra lyskasser eller mindre kældernedgange, ledes direkte til et omfangsdræn eller til filterelement omkring drænet, se figur 5.6. Drænvand skal som regel pumpes op til kloaksystemet. Derfor er der ikke hensigtsmæssigt at lede regnvand til omfangsdræn.



Figur 5.6. Små regnvandsmængder kan føres til omfangsdræn.

5.5 Sokkelrender

Der er en del forvirring omkring sokkelrender, og om afløbet fra sokkelrender må ledes til dræn.

En sokkelrende anbringes ved huse med niveaufri adgang for at beskytte soklen mod fugt fra omgivende terræn. Der kommer derfor kun det vand i en sokkelrende, som løber ned fra facaden.

Sokkelrender i forbindelse med enfamiliehuse i 1 og 2 etager kan udføres uden bund, så vandet fra facaden siver ned og ind i et evt. omfangsdræn. Sokkelrender med nedsivning i bunden benyttes ikke ved bygninger med kælder.

Sokkelrender fra bygninger, der er større end enfamiliehuse, skal udføres med tæt bund, og vandet skal tilledes afløbssystemet.

Hvis en sokkelrende tilføres regnvand fra andet end facader, skal den være tæt og afløbet skal via sandfangsbrønd føres til nedsivning på grunden eller til regnvandssystemet.

5.6 Hvornår kan omfangsdræn undværes

I mange nybyggerier udføres der helt unødvendige omfangsdræn. Så hvornår er omfangsdræn nødvendige, og hvornår er de ikke nødvendige?

Boligministeriet udtaler følgende vedr. krav om omfangsdræn:

"Der er ikke altid krav om et omfangsdræn. Hensynet bag et omfangsdræn er at bortlede grundvand og nedsivet drænvand, så det ikke kan komme bygningen til skade. Hvis dette under hensyn til fremtidige terrænforhold, overfladeafvanding og nedsivning vurderes at være opfyldt gennem en meget permeabel jordart og et grundvandsspejl, der altid ligger under dræningsniveau, kan et dræn eventuelt udelades. Dette emne bliver for øvrigt yderligere behandlet i DS 436."

Omfangsdræn er normalt nødvendige, når der bygges nye huse med kælder, bortset fra i meget sandede jorde med langt ned til grundvandsspejlet. Her vil alt vand hurtigt drænes væk.

Omfangsdræn er normalt ikke nødvendige i forbindelse med parcelhuse, med mindre der er:

- Høj grundvandsstand på parcellen
- Der ikke er foretaget den nødvendige fugtsikring af soklen
- Meget lidt fald på terræn rundt om huset og ingen faste belægninger
- Huset ligger på lerjord, og der er opfyld omkring huset med sandet jord

Fast belægning rundt om hele huset og stort fald på terræn bort fra huset, vil minimere risikoen for opfugtning på grund af nedsivende overfladevand.

Eksempel

Bygherres rådgiver mener, at det er nødvendigt med et omfangsdræn omkring en institution, dels fordi den geotekniske rapport anbefaler dette pga. lav permeabilitet, dels fordi de er bekymret for, at der kan ske en opfugtning af soklen. De mener ligeledes, at et omfangsdræn giver en bedre og sikrere bortledning af overfladevandet.

Entreprenøren mener ikke det er nødvendigt med omfangsdræn og begrundet dette med at:

- Bygningen har ikke nogen kælder
- Grundvandsspejlet er målt til ca. 4,8 m under terræn
- Der er jord med lav permeabilitet jf. den geotekniske rapport dvs., at nedsivningen fra overfladen er lille
- Der er sokkelrender med tæt bund omkring bygningen
- Udearealer er hovedsageligt belagt med tæt belægning med fald væk fra bygningen

Formålet med et omfangsdræn vil i dette tilfælde være at bortlede eventuelt nedsivende overfladevand og derved sikre, at der ikke står fugtig jord op ad bygningsdele (under terræn). Dette betyder, at i langt de fleste tilfælde vil et omfangsdræn omkring en bygning uden kælder og med fast belægning rundt om hele huset, være overflødigt.

I det konkrete tilfælde vil:

- Nedsivningen af overfladevand være yderst begrænset, da hovedparten af terrænet omkring bygningen er udført med tæt belægning
- Bygningen er opført uden kælder som eventuelt skulle tørholdes/sikres mod et skadeligt vandtryk
- En eventuel vandsamling ved soklen bliver afledt af sokkelrenderen og det etablerede fald væk fra bygningen

Ud fra det ovenstående vil der i praksis stort set ikke blive ledt noget overfladevand til et omfangsdræn. Den regn/slagregn, der vil falde omkring bygningen, vil enten løbe væk fra bygningen (via terrænfaldet) eller blive ledt bort i sokkelrenderne.

Risikoen for en opfugtning vil være uændret med eller uden et omfangsdræn. Hvis sokkelrenderne skulle stoppe til pga. manglende rensning/vedligeholdelse, vil overløbet fra renderne blive ledt væk fra bygningen/sokkelen via faldet på terrænet.

På baggrund af det ovenstående vil et omfangsdræn i det beskrevne tilfælde, ikke have nogen praktisk funktion, og må derfor anses for at være overflødigt.

6 Bortledning af drænvand

Det vand, der er opsamlet i et drænsystem, skal bortledes. Det kan ske:

- Direkte til recipient
- Til nedsivning
- Til en afløbsinstallation

I DS 436 er det angivet, at drænvand altid skal kunne afledes i takt med tilløbet. Kravet skyldes, at det er uacceptabelt, at grundvand eller nedsivende overfladevand i længere perioder bliver stående op ad fundamenterne, så de bliver opfugtet. Det skal derfor sikres, at der altid er frit afløb for drænvandet. Det medfører bl.a., at drænafløb ikke må forsynes med højvandslukker. By-pass anlæg, der er en kombination af højvandslukke og pumpe, kan anvendes ved drænanlæg, men er en meget dyr løsning i forhold til pumping.

6.1 Afledning af drænvand til recipient

Afledning af drænvand til recipient kan ske, hvis drænsystemets afløbsledning ligger over højeste vandspejlsniveau i recipienten. Kommunen skal give tilladelse til udledning til recipient. Udledningen til recipienten skal være sikret mod frost, så der ikke dannes en isklump i udløbet, der bremser afløbet.

6.2 Nedsivning af drænvand

Hvis hovedkloaksystemer kun består af en spildevandsledning, må drænvandet normalt ikke tillades og skal derfor nedsives.

Afledning af drænvand til nedsivning kan ske, når afløbet fra drænsystemet ligger over højeste grundvandspejl, og når jorden er egnet til nedsivning. Kommunen skal give tilladelse til nedsivning af drænvandet. Det vil ofte være nødvendigt at pumpe drænvandet op i en faskine.

Drænvand må ikke nedsives i samme faskine som tagvand. Begrundelsen er, at ved overbelastning af faskinen med regnvand, vil vandet stuve tilbage i drænet og opfugte husmuren i en længere periode. Drænvand skal derfor altid nedsives i en separat faskine.

Drænvandsstrømme er meget små sammenlignet med spildevands- og regnvandsstrømme – hvis der er meget drænvand (altså høj grundvandsstand), er det måske en spidsbelastning på 0,5 l/s fra et parcelhus på 150 m². I de fleste tilfælde vil der slet ikke være nogen afstrømning bortset fra perioder med meget regn.

Man kan ikke dimensionere en faskine for drænvandsmængder. I leret jord siver det kun langsomt væk, men til gengæld vil tilstrømningen også være lille. I sandet jord synker det hurtigt ned, men her er det kun nedsivende overfladevand, der ledes bort gennem drænet. En faskine på 0,5 m³ i sandet jord og op til 1 m³ i mere leret jord skulle være tilstrækkeligt for enfamiliehus. Så er det et fint opstuvningsvolumen, hvis der i perioder kommer meget vand fra drænet. Hvis drænvandet pumpes til faskinen, bør faskinen have et volumen svarende til pumpeumpen.

Ved større byggerier anbefales det at få en geoteknisk vurdering af både vandstrømme og jordens nedsivningsevne.

6.3 Tilslutning til afløbsinstallation

En boligejer har ret til at tilslutte drænvand til det eksisterende hovedkloaksystem.

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 3, 2001 om betalingsregler for spildevand er det angivet at: *Definitionen af spildevand omfatter således husspildevand, processpildevand, kølevand, filter-skyllvand, regnvand fra tagarealer og befæstede arealer og perkolat fra lossepladser. Vand fra omfangsdræn fra kloakerede bygninger og drænvand fra kirkegårde betragtes almindeligvis også som spildevand,*

I separatsystemer bør drænvand, som udgangspunkt altid tilsluttes regnvandssystemet. Der kan dog være tilfælde, hvor omfangsdrænen kan tilsluttes spildevandssystemet. Det kan fx være i områder, hvor der ikke etableres regnvandskloak, og hvor nedsivningsforhold eller grundvandsstand gør det meget svært at komme af med drænvandet. Tilslutning til spildevandssystemet kræver altid dialog med den lokale myndighed. Tilslutning af vand fra omfangsdræn til det offentlige kloaksystem kræver altid tilladelse fra den lokale myndighed.

I et fællessystem sker tilslutningen af drænvand til regnvandsdelen i fællessystemet fx en sandfangsbrønd.

Tilslutning skal altid ske på en måde, der hindrer lugt i at trænge op i bygning. Desuden må der ikke være risiko for tilbageløb til drænsystemet af forurenede vand. Tilbagestuvning af spildevand til et drænsystem kan ikke oprenses og kan give lugtgener gennem meget lang tid.

Tilslutning til et afløbssystem skal derfor altid ske over *højeste opstemningskote*. I fællessystemer kan det forventes, at der vil forekomme opstemning til terræn hvert 10. år og i separate regnvandssystemer hvert 5. år. Selv i separatsystemer bør tilslutningen ske ved pumpning, så det sikres, at der ikke ved opstemning står vand op af fundamentet gennem længere tid.

Drænafløb skal normalt føres til pumpebrønd ved tilslutning til både separat- og fællessystemer.

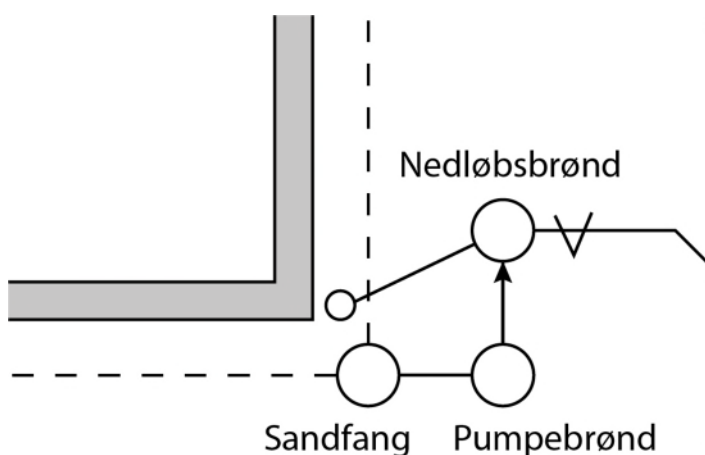
Hvis man vil undlade at pumpe drænvandet, skal der foretages en *risikovurdering*. Et tilbageløb af spildevand til drænsystemet fra et fællessystem hvert 10. år er uacceptabelt. Pumpning kan evt. undlades, hvis det kan sandsynliggøres, at opstuvning til terræn vil ske meget sjældent fx:

- Ved meget dybtliggende hovedkloakker
- Hvis tilslutningen kan ske over dækselkoten på hovedkloakken i vejen

Drænvand må ikke pumpes sammen med spildevand eller regnvand, se figur 6.3.

6.3.1 Tilslutning til afløbsinstallationen via nedløbsbrønd

Den mest hensigtsmæssige måde at slutte et ledningsdræn til en afløbsinstallation på er ved at slutte pumpebrønden til en 300 mm nedløbsbrønd med sandfang, vandlås og eventuelt med regnvandstilløb. Indmundingen bør ligge mindst 200 mm over vandspejlet i nedløbsbrønden.

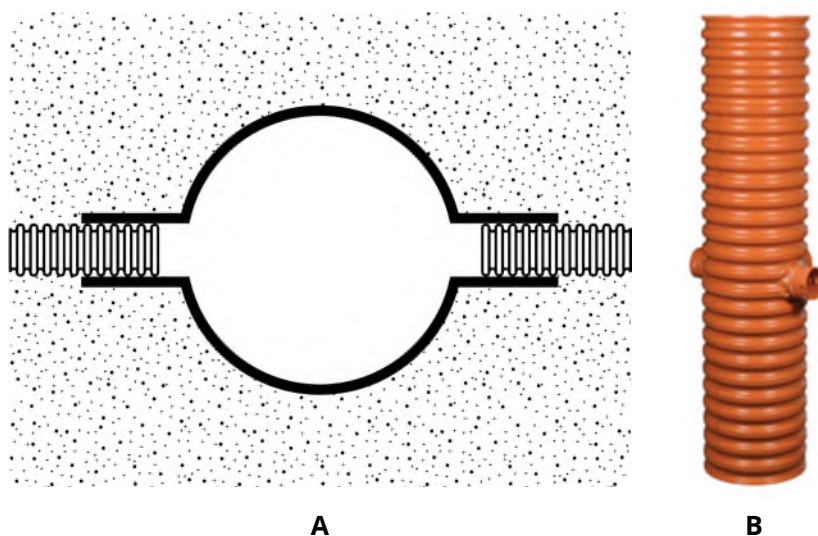


Figur 6.1. Pumpebrønden tilsluttes til en nedløbsbrønd evt. med regnvandstilløb.

6.3.2 Tilslutninger til sandfangsbrønde

Samlinger mellem drænrør og sandfangsbrønde/reusebrønde skal være tætte, så der ikke sker materialetransport ind i drænsystemet.

Tilslutninger sker ved påboring. Tilslutninger af plastdræn til betonbrønde skal ske gennem et 250 mm langt tæt rør, der er tilsluttet ved påboring, eller ved brug af fittings, der er tætte. Tilslutning af plastdræn til plastbrønde sker ved påboring og anvendelse af specielle plastformstykker eller ved plastbrønde med præfabrikerede tilslutninger.



Figur 6.2. A: Tilslutning af plastdræn til betonbrønd. B: Plastsandfang med præfabrikerede tilslutninger.

6.4 Pumpning

I langt de fleste tilfælde skal drænvandet pumpes op i afløbsinstallationen, så drænsystemet er sikret mod tilbageløb i drænet. Pumpens afgangsledning skal forsynes med en kontraventil.

Helt generelt må drænvand ikke føres til pumpebrønd, der samtidig tilsluttes andre typer spildevand eller regnvand. I figur 6.3 er angivet krav til pumpeanlæg for drænvand fra DS 432.

Afløbets karakter	Dæksel	Udluftning	Brøndbund	Placering	Tilløb	Oppumpnings-system og -sted
Drænvand	Ikke krav om tæthed*	Ikke et krav	Flad	Både udenfor og indenfor bygning	Drænvand Sandfang før pumpebrønd Små mængder ikke ilde lugtende spildevand, fx gulv afløb i teknikrum Små mængder regnvand fx fra lyskasser eller kældernedgange Tilførsel af regnvand og spildevand kræver myndighedens tilladelse	Regnvandssystem Brønd

*Hvis pumpeanlægget placeres indendørs, anbefales et tæt dæksel bl.a. pga. af risiko for lugtgener og af hensyn til radonsikring.

Figur 6.3. Krav til pumpeanlæg, hvor der pumpes drænvand.

6.5 Drift og vedligehold

Drænsystemer skal vedligeholdes for at sikre funktionen med at fjerne vand fra jorden omkring bygningen. Kloakmesteren er forpligtet til at aflevere en vejledning til bygherren, der angiver, hvordan drænsystemet skal vedligeholdes.

For at kontrollere, om drænet virker, er det vigtigt, at der regelmæssigt føres tilsyn med brøndene på drænsystemet, for at se, om der er tilstrømning af vand, og om der er sand/grus i rørene eller brøndene.

Sandfang skal oprensnes med faste intervaller, 2-4 gange det første år og derefter 1-2 gange pr. år. Det regelmæssige tilsyn skal også omfatte pumpebrønden.

Når omfangsdræn forbindes til det kapillarbrydende lag via et stikdræn, er det meget afgørende, at husejeren vedligeholder omfangsdrænet. Tilstopper et omfangsdræn, kan en kælder hurtig fyldes med vand, der via stikdræn løber ind i det kapillarbrydende lag. Ved tegn på at drænet ikke fungerer (permanent vand i brøndene, eller aldrig vand i brøndene), skal der foretages en spuling af drænene og derefter evt. en TV-inspektion.

7 Isolering af kældervægge

7.1 Lovgivning

Når bygninger med kælder drænes, bør tiltag til tørholdelse og fugtsikring afstemmes med behov for isolering af kælderydervæggene og radonsikring, især fordi kælderisolering af fugttekniske hensyn etableres på ydersiden af kælderydervægge. Om og hvor meget kælderydervægge skal isoleres, er afhængigt af, om der er tale om et nybyggeri eller en renovering, en ombygning eller ændret anvendelse. Isoleringskravene er fastlagt i bygningsreglementet hvor der står:

- § 250: Bygninger skal projekteres, udføres, ombygges og vedligeholdes så unødvendigt energiforbrug til opvarmning undgås under hensyn til bygningernes anvendelse og omfang af byggearbejdet

7.1.1 Isoleringskrav og tilladelser

Ved nybyggeri skal der både overholdes mindstekrav til kælderydervæggens varmeisolering og den nødvendige isolering, fastlagt igennem hele bygningens energiramme iht. bygningsreglementet. Typisk vil isoleringstykkelsen dermed være givet af ingeniørprojektet.

For renoveringer, ombygninger og ændret anvendelse gælder der jf. bygningsreglementet særskilte mindstekrav til kælderydervæggens isoleringsgrad. Ved ombygning eller udskiftning af bygningsdele, skal efterisolering udføres i det omfang, de er rentabelt – og dette er ofte tilfældet, hvis der alligevel graves ned for at etablere et omfangsdræn.

Om der er krav til byggesagsbehandling, afhænger af størrelsen af byggearbejderne og forhold omkring hvad og hvor meget der efterisoleres.

7.2 Hvorfor isolere?

Dræning af kældre og isolering af kælderydervægge er tæt forbundene tiltag, da kælderisolering foretages på ydersiden af kælderydervæggene. Når man graver ned for at etablere et omfangsdræn, er det som regel rentabelt også at isolere kælderydervæggene. Omvendt er det ved isolering af kælderydervæggene ofte tilrådeligt at etablere et omfangsdræn, for at begrænse opfugtningen af isoleringen, da isoleringsevnen falder, hvis isoleringsmaterialet bliver kraftigt opfugtet.

Motivationen for at isolere kælderydervægge kan variere. Ved nybyggeri stilles der krav til kælderisolering, som skal overholdes. Ved renovering af bygninger kan der være et ønske om efterisolering for at øge komforten ved ophold i kælderen eller spare energi. Men der kan også være et behov for at reducere fugtindholdet i kælderydervæggene for at øge anvendeligheden af kælderen eller endda for at beskytte bygningsdele mod nedbrydning. Sidstnævnte er fx tilfældet, hvis etagedækket over kælderen er et træbjælkelag, hvor dets bjælkeender ikke bør ligge i et for fugtigt miljø, da fugtigt træ over tid vil blive nedbrudt og miste sin styrke/bæreevne.

Efterisolering af selve kælderydervæggene er kun et af tiltagene i værktøjsskassen ved fugtsikrende renovering af ældre kældre. Der findes mange tiltag med varierende effekt og varierende investeringsbehov. Ved at sammenstille passende tiltag, afhængigt af kælderens tilstand og anvendelsesformål, kan der opnås et renoveringsresultat med den nødvendige effekt og højst nødvendige økonomi.

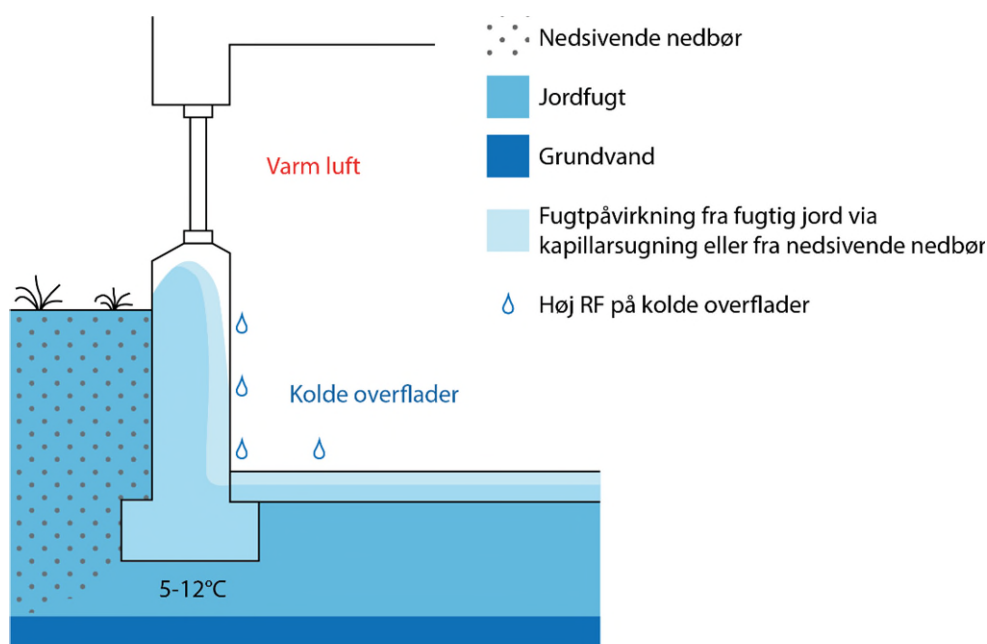
Er der behov for udarbejdelse af en renoveringsløsning til en ældre kælder, anbefales det at inddrage en fugtteknisk rådgiver, for at vurdere den fugttekniske tilstand af kælderen. På baggrund af denne vurdering kan rådgiveren udarbejde en samlet renoveringsløsning. I Bilag 2 – "Fugttekniske tiltag til kælderrenovering" findes en vejledende oversigt over mulige fugtsikrende renoveringstiltag, med angivelse af nødvendigheden af tiltagene ved forskellige anvendelsesformål.

Det skal understreges, at der er kældre, der er så fugtige, at kælderrummene ikke kan anbefales anvendt overhovedet, heller ikke til depot. Det vil fx være kældre med blankt vand på gulv- eller vægoverflader.

7.3 Fugttekniske mekanismer

Kælderkonstruktioner bliver påvirket anderledes end konstruktioner over terræn, se figur 7.1. Dels fordi jorden altid er fugtig og endda kan være våd, når nedbør siver ned, eller hvis grundvandet står højt nok. Derfor er der behov for at beskytte kælderkonstruktioner mod grundfugt.

Jordtemperaturen 2,5 m under terræn er mere ensartet (mellem 5 og 12 °C) og om sommeren koldere end temperaturen i udeluften. Derfor er der behov for at styre indeklimaet ved tilpas ventilation og som minimum moderat opvarmning, samt at de indvendige overflader er maksimal diffusionsåbne.



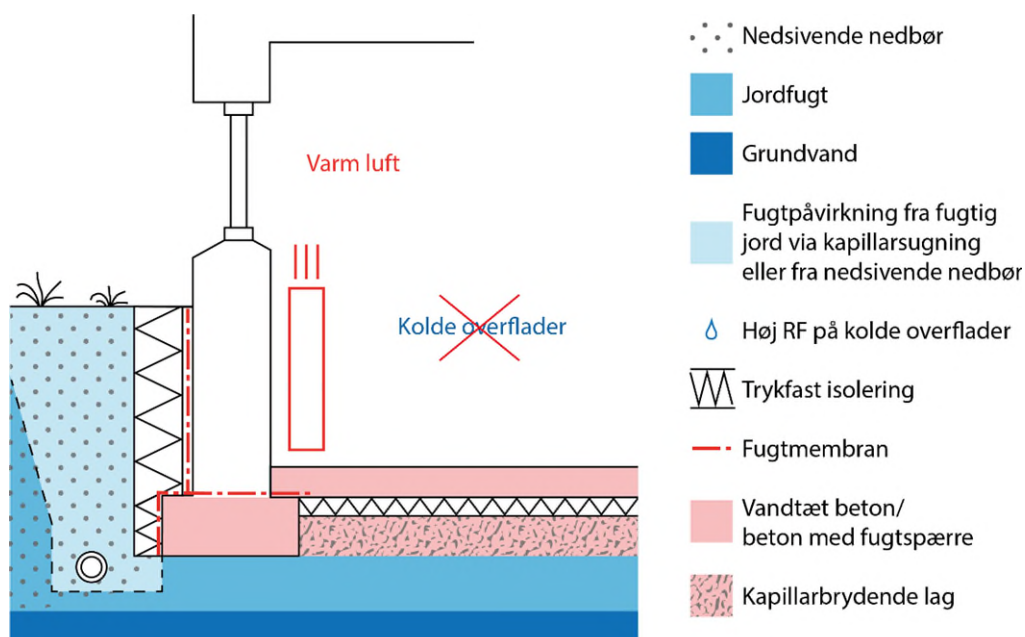
Figur 7.1. Fugtpåvirkning af en kælder uden isolering: Grundvand, opstigende eller nedsivende grundfugt udefra og høj relativ luftfugtighed (RF) og evt. dråbedannelse på indvendige kolde overflader.

7.3.1 Nybyggeri

Kravet til nybyggeri i dag er, at der opnås en god beskyttelse mod grundfugt, nødvendig isolering og tilstrækkelig radonsikring.

Den ideelle løsning: Kælderisolering etableres af fugttekniske hensyn på ydersiden af kælderydervægge og terrændæk, og under terrændækket etableres et kapillarbrydende lag,

som bør drænes. Derudover sikres konstruktionerne mod grundfugt ved at etablere en fugtspærre udvendigt på kælderydervægge og en vandret fugtspærre mellem fundament og kælderydervægge. Den vandrette fugtspærre kan fx udføres ved at udlægge en membran på fundamentet under kælderydervæggene, eller ved at vælge en vandtæt beton til fundamentsklodsens. Der skal, bl.a. mod indtrængning af radon, sikres en luft-, vand-, diffusionstæt og holdbar samling af den lodrette fugtspærre på væggenes yderside, den vandrette fugtspærre over fundamentet og fugtspærren i terrændækket. Ved en sådan ubrudt fugtspærre hele vejen rundt om kælderen holdes de nye bygningsdele tørre fra start, se figur 7.2. Denne løsning sikrer også, at der opnås en lufttæthed, der forhindrer radon i at trænge ind i indeklimaet.



Figur 7.2. Fugtsikring, radontætning og varmeisolering i en nybygget kælder.

I fugtsikret nybyggeri har kælderydervæggens udvendige isolering derfor primært til opgave at forhindre varmen fra kælderen i at slippe ud i terrænet. Al fugttransport udefra og ind forhindres af de vand- og damptætte fugtmembraner. Derfor kan der i tilfælde af fugtsikrede tørre kældre anvendes både diffusionstætte eller diffusionsåbne materialer til isolering af kælderydervæggene.

7.3.2 Ældre kældre

I ældre bygninger eksisterer der ofte ingen kapillarbrydende lag under terrændækket, og der er ikke etableret udvendig fugtspærre eller fugtspærren har mistet sin funktion, så kælderkonstruktionerne er blevet opfugtet med tiden. Opfugtningen medfører ofte en saltophobning i kælderydervæggene, hvilket viser sig ved saltudblomstringer på de indvendige overflader. Desuden er fundamenter og kælderydervægge i ældre bygninger ofte udført af materialer med høj kapillarsugningsevne, som fx mursten eller kapillært sugende beton. Den kapillære sugsevne medfører, at fugten kan suges langt op i væggene, og at det efter renoveringen kan tage lang tid at udtørre disse vægge. Derfor er det afgørende for succes af en kælderrenovering, at man implementerer fugtsikring i en passende grad sammen med eventuelt behov for eller ønske om radonsikring og isolering.

Det er vigtigt at få afstemt forventninger med kunden. Hvad skal kælderen bruges til, og er det nødvendigt, at den er fuldstændig tør. Desuden skal kunden gøres opmærksom på, at udtørring af en fugtig kælder godt kan tage flere år.

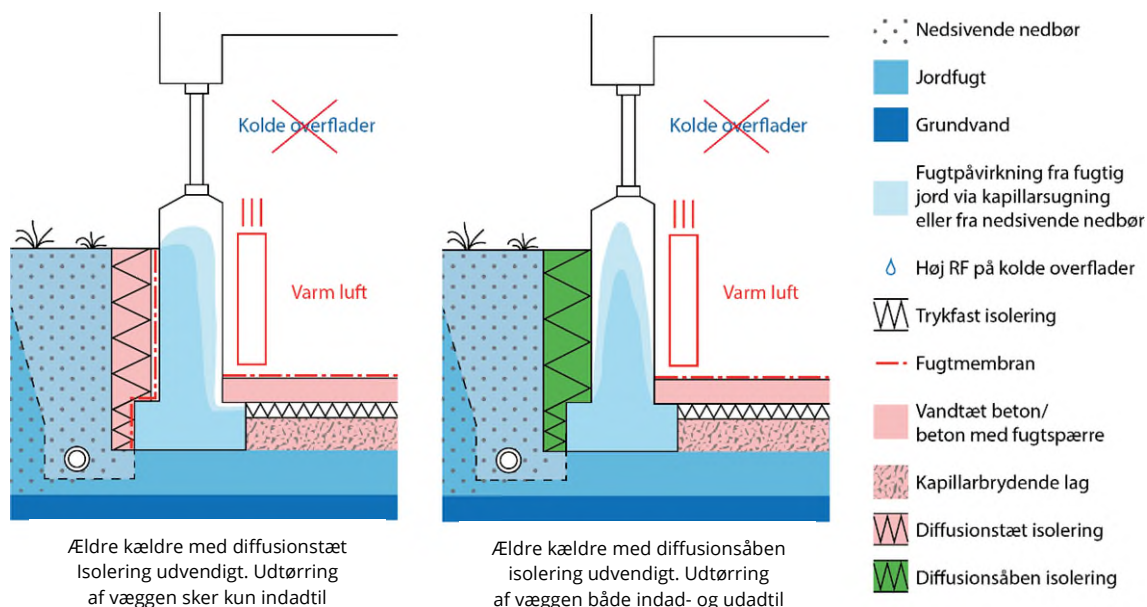
7.3.2.1 Standsning af al fugttilførsel

Ønsker man at stoppe fugtopstigningen helt, vil der derfor ideelt set både være behov for et omfangsdræn, en udvendig fugtspærre på kælderydervæggene, en vandret fugtspærre i bunden af kælderyder- og skillevæggene lige over terrændækket og en fugtsikring af terrændækket i form af en membran eller et kapillarbrydende lag, som bør drænes. Den vandrette fugtspærre mellem fundament og kælderydervægge skal både samles med den udvendige fugtmembran og fugtmembranen i terrændækket, både af fugttekniske og af radontekniske hensyn. Etablering af vandrette fugtspærre i kælderydervægge er dog ekstremt dyr og vil være et tiltag, der – om overhovedet – kun kan betale sig, hvis kælderlokalerne kan omdannes til opholdsrum. Derudover vil der efter etablering af de fugtstandsende membraner være behov for at udtørre de opfugtede kælderydervægge. Hvis kælderydervæggene er meget saltbelastede, vil saltindholdet kunne forhindre en total udtørring. Derfor anbefales kælderydervæggens saltbelastning undersøgt, inden man tager en beslutning om etablering af en vandret fugtspærre.

7.3.2.2 Begrænsning af fugttilførsel og forøgelse af fugtafgivelse

Fordi en fuldstændig standsning af fugtopstigning ofte ikke er realistisk, vil der ved renovering af ældre kældre være behov for at fremme fugtafgivelsen fra kælderydervæggene. Dels må der regnes med fortsat opstigende grundfugt, hvis en vandret fugtspærre ikke bliver etableret, dels skal kælderydervæggene tørre ud efter etablering af en vandret fugtspærre. At kælderydervægge i ældre kældre ikke helt vil kunne tørres ud, er en af hovedårsagerne til, at en indvendig isolering ikke er fugtteknisk forsvarligt. Derfor anbefales det, at kælderydervægge efterisoleres udvendigt. Fugtafgivelsen fra kælderkonstruktioner kan påvirkes positivt ved at vælge diffusionsåbne isoleringsmaterialer til den udvendige efterisolering, da dette muliggør, at fugtafgivelsen kan foregå både indad og udadtil.

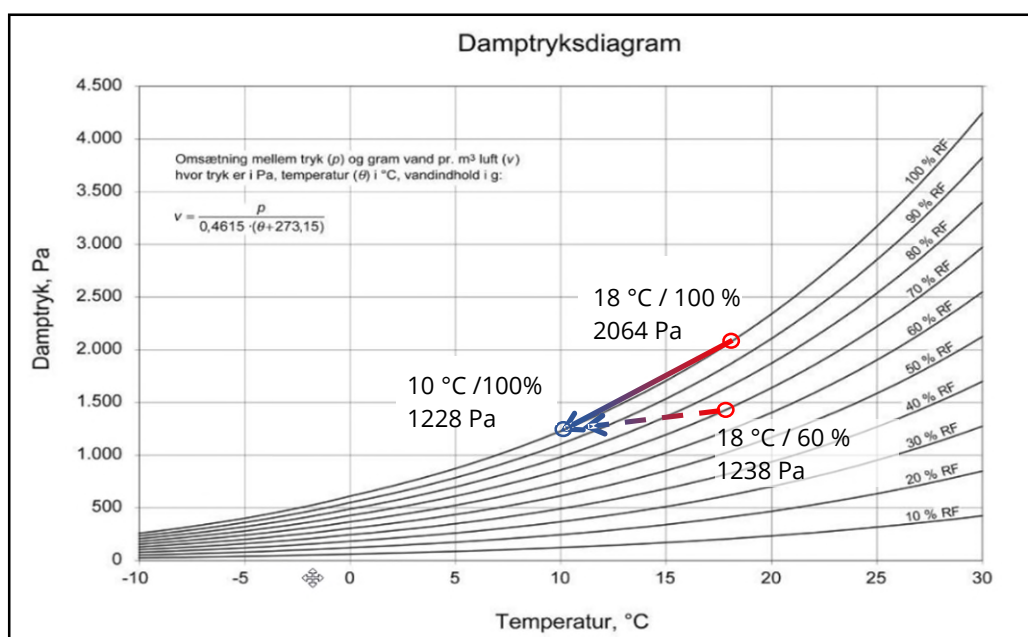
Fordelen af diffusionsåben kælderisolering er vist i de to nedenstående figurer, som illustrerer forskellen mellem anvendelse af forskellige isoleringsmaterialer i renoveringssager: diffusionstætte, figur 7.3, tv., og diffusionsåbne, figur 7.3, th.



Figur 7.3. Ældre kældre uden vandret fugtspærre under kælderydervæggen. Tv.: Diffusionstætte materialer til fugtsikring og varmeisolering af kælderydervægge med høj fugthorisont i den massive væg. Th.: Diffusionsåbne materialer til fugtsikring og varmeisolering af kælderydervægge med lavere fugthorisont i den massive væg til følge.

Når der til isolering af kælderydervægge vælges et diffusionsåbent isoleringsmateriale, kan fugten i væggen afgives både ind- og udadtil. Fugtafgivelsen udadtil er mulig, fordi isoleringen holder hele den massive kælderydervæg varm, så dens udvendige overflade opvarmes til tæt på kælderens indelufttemperatur, dvs. omkring 18 °C ved en almindeligt opvarmet kælder. Da temperaturen i jorden er lavere, vil der over isoleringsmaterialet være en temperaturdifference på op til 8 grader i den kolde årstid. Selvom den relative luftfugtighed i jorden ligger på 100 % og den relative luftfugtighed i den massive del af kælderydervæggen ligeledes er 100 %, vil der være et udadrettet damptryk på ca. 750 Pa (2000-1250 Pa), se fuldptrukken pil i vanddampdiagrammet i figur 7.4. Dermed muliggør temperaturfaldet over isoleringsmaterialet en fugtafgivelse fra kælderydervæggen udadtil mod jorden.

Damptrykket vil være udadgående, indtil den relative luftfugtighed i skillefladen mellem isoleringsmateriale og massiv kælderydervæg opnår ca. 60 %, se stiplet pil i vandampdiagrammet i figur 7.4.



Figur 7.4. Vanddampdiagram med markering af damptryksforskel mellem den varme side af isoleringen ved muren (her 18 °C og hhv. 100 % og 60 % RF) og den kolde side af isoleringen mod jorden (her 10 °C og 100 % RF). Pilens hældning angiver fugtvandringen.

7.4 Sammenfatning

7.4.1 Isolering af kælderydervægge ved nybyggeri

Følgende tiltag skal udføres ved isolering af kælderydervægge i nybyggeri, hvis man ønsker den ideelle løsning, se figur 7.2.

Det forudsættes, at der er tale om drænedede kælderkonstruktioner, dvs. at fugtbelastningen på konstruktionerne udelukkende er opstigende grundfugt eller nedsivende nedbør, og ikke direkte vandtryk fra højtstående grundvand.

- Dræning og tilfyldning udføres iht. til denne anvisning
- Kælderkonstruktionerne sikres mod grundfugt ved udvendig vandtætning af kælderydervæggene, vandtæt overgang fra fundamenter til kælderydervæggene og vandtætning af terrændækket. Vandtætningen kan fx udføres med vandtætte membraner eller med vandtæt beton. Materialevalg afstemmes til belastning fra grundfugt og ikke

grundvandspres. En tæt sammenslutning af de forskellige fugtsikrende elementer er afgørende

- Tætte membraner med tætte samlinger, udført som en helt lufttæt "ballon" rundt om kælderkonstruktionerne, vil i en passende tykkelse udgøre en tæt membran mod indtrængning af radon
- Kælderydervægge isoleres udvendigt i en tykkelse svarende til bygningsreglementets krav for nybyggeri. Der kan anvendes diffusionstæt eller diffusionsåbent isoleringsmateriale
- Isoleringen monteres fra fundamentets underkant/drænen til lige under terrænen. Isoleringen under terrænen fastholdes af jordtrykket
- For at beskytte isoleringen mod den direkte jordkontakt og mod at grus eller sten bliver trykket ind i isoleringslaget, anbringes der på udvendig side af isoleringen fx en fiberdug, som skubbes under inddækningen
- Overkanten af isoleringen afsluttes med en langtidsholdbar vandtæt inddækning, der fastgøres mekanisk til soklen/facaden. Der kan fx anvendes et inddækningsprofil eller en membran i kombination med et murindskud, hvor murindskuddet fræses ind og lægges i mørtel i en fuge lige over terrænen. Med murindskuddet klemmes den vandtætte inddækning fast til væggen. Inddækningen føres på udvendig side af isoleringen 100-200 mm ned under terrænen
- Over terrænen udføres eventuel sokkelisolering iht. Byggeprojektet

7.4.2 Isolering af kælderydervægge ved renovering

Følgende tiltag skal udføres ved efterisolering af eksisterende kælderydervægge, se figur 7.3, th.

Det forudsættes, at der er tale om drænedede kælderkonstruktioner, dvs. at fugtbelastningen på konstruktionerne udelukkende er opstigende grundfugt eller nedsivende nedbør, og ikke direkte vandtryk fra højtstående grundvand.

- Dræning og tilfyldning udføres iht. til denne anvisning
- Kælderydervæggen klargøres udvendigt ved at fjerne jord, løst materiale og eventuelle tidligere diffusionstætte/fugtstandsende materialer, såsom asfaltbehandling, fugtmembraner, grundmursplader, skumplader og lignende
- Det er under normale omstændigheder ikke nødvendigt at fuge, berappe eller afrette kælderydervæggens yderside, medmindre der er behov for at udligne ujævnheder, for at kunne placere isoleringen foran kælderydervæggen. Synlige revner og sprækker, som har betydning for bæreevnen, skal dog repareres. Er ydervæggene med hensyn til bæreevne og stabilitet i meget dårlig stand, bør dette undersøges nærmere af en fagperson inden det videre arbejde
- Kælderydervæggene isoleres med diffusionsåbent isoleringsmateriale, som fx trykfast mineraluld eller makroporøs EPS (i modsætning til almindelig trykfast terrændæksisolering). Coatede letklinkerkugler kan være en mulighed. Letklinkerkugler har dog en lavere isoleringsevne, så isoleringslagets lagtykkelse skal øges for at få den samme isolerende effekt
- Der anvendes INGEN diffusionstætte materialer, som grundmursplader, fugtstandsende membraner eller diffusionstætte isoleringsmaterialer
- Isoleringen monteres fra fundamentets underkant/drænen (eller så langt ned som det ud fra stabilitetsbetragtninger er forsvarligt) til lige under terrænen. Isoleringen under terrænen fastholdes af jordtrykket
- For at beskytte den diffusionsåbne isolering mod direkte jordkontakt og mod at grus eller sten bliver trykket ind i isoleringslaget, kan der på udvendig side af isoleringen anbringes en fiberdug, som skubbes under inddækningen

- Overkanten af isoleringen afsluttes med en langtidsholdbar vandtæt inddækning, der fastgøres mekanisk til soklen/facaden. Der kan fx anvendes et inddækningsprofil eller en membran i kombination med et murinskud, hvor murinskuddet fræses ind og lægges i mørtel i en fuge lige over terræn. Med murinskuddet klemmes den vandtætte inddækning fast til væggen. Inddækningen føres på udvendig side af isoleringen 100-200 mm ned under terræn
- Over terræn kan tykkelsen af isoleringen aftrappes og føres op i en tynd sokkel med 25-50 mm isolering, som pudses med egnet sokkelpuds. Isolering over terræn opklæbes på facaden efter producentens anvisninger og afsluttes med en regnafskærmning efter ønske og efter den respektive producents anvisning



Figur 7.5. En kældervæg i ældre byggeri **skal ikke tjæres**, før der sættes isolering op.

7.4.3 Anvisninger og vejledninger

SBI-anvisning 224 – Fugt i bygninger, 2. udgave 2013

Byg-Erfa blad (19) 151114 Kældervægge og -gulve – fugtsikring og varmeisolering

Byg-Erfa blad (19) 200922 Fugt i kældervægge og fundamenter – årsager

Byg-Erfa blad (19) 200923 Fugt i kældervægge og fundamenter – afhjælpning

Bilag 1 Filterkriterier

DS 436, Norm for dræning af bygværker har en meget detaljeret beskrivelse af, hvordan et filter skal opbygges for at sikre, at der ikke trænger partikler fra jorden ind i drænsystemet. Disse filterkriterier er ret vanskelige at arbejde med i praksis. I det følgende er filterkriterierne gennemgået, og der er lavet tre eksempler på, hvordan de kan anvendes.

Begreber

d_{10} er maskevidden i den sigte, hvor 10 % af den pågældende jordart kan passere.

d_{50} er maskevidden i den sigte, hvor 50 % af den pågældende jordart kan passere.

Brug af disse filterkriterier er betinget af, at der findes en sigtekurve både for jorden/basen og for det mulige filtermateriale.

Filterelementet skal afpasses til omgivelsernes og bortledningsselementets egenskaber. Dette kan medføre, at filterelementet skal opbygges af flere materialeglag.

Ved strømning fra omgivelserne (basen b) gennem granulatet (filterelementet f) til bortledningsselementet kan en sikring af den fornødne permeabilitet i filtret sædvanligvis forventes opfyldt, når:

$$d_{15,f} > 4 \cdot d_{15,b}$$

Indflydelsen af filterets geometri i relation til vandmængde og opnåelige gradienter kan motivere et lempeligere krav.

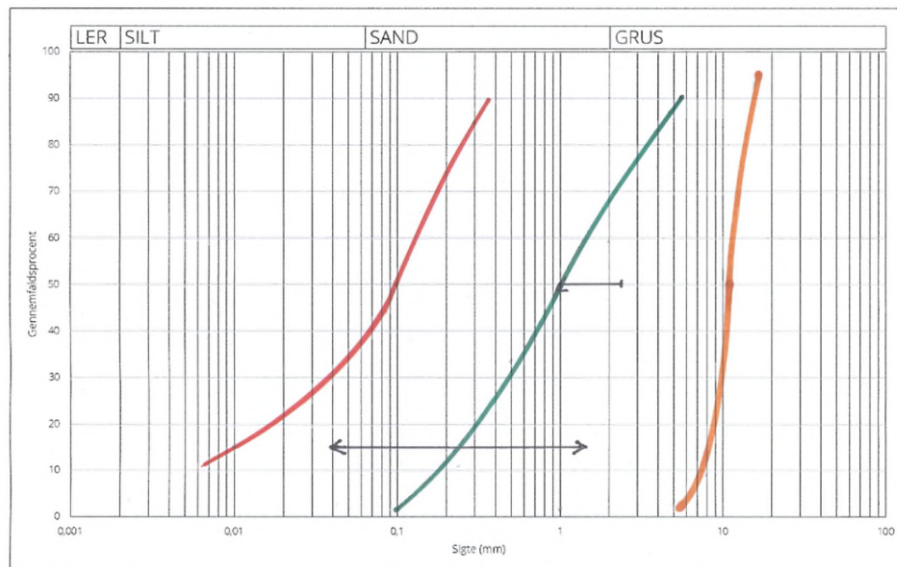
For at sikre, at materiale fra basen kun i ubetydeligt omfang og kun i den indledende fase trænger ind i filterelementet, bør følgende uligheder være opfyldt:

$$\begin{aligned} d_{15,f} &< 5 \cdot d_{85,b} \\ d_{50,f} &< 25 \cdot d_{50,b} \end{aligned}$$

Hvis basen er velgraderet, bør følgende ulighed også være opfyldt:

$$d_{15,f} < 25 \cdot d_{15,b}$$

I det følgende er vist et par eksempler, hvor der er taget højde for filterets permeabilitet, og at der ikke skal kunne trænge fine partikler ind i drænet.



Jorden/ basen

$$d_{15,b} = 0,01$$

$$d_{50,b} = 0,1$$

$$d_{85,b} = 0,1$$

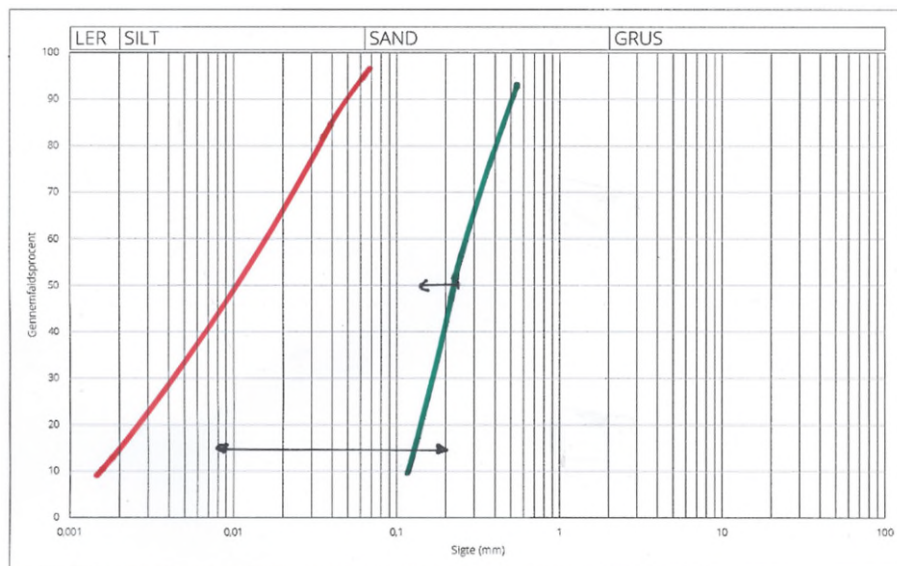
Filteret

$$d_{15,f} > 4 \cdot d_{15,b} = 4 \cdot 0,01 = 0,04$$

$$d_{15,f} < 5 \cdot d_{85,b} = 5 \cdot 0,3 = 1,5$$

$$d_{50,f} < 25 \cdot d_{50,b} = 25 \cdot 0,1 = 2,5$$

Figur 1. Dræning i en sandet/siltet jord. Den røde kurve er kornkurven for den eksisterende jord. De sorte streger markerer grænserne for filtermaterialets kornkurve. Den grønne kurve er 0-8 grus, der opfylder filterkriterierne. Den orange kurve er kornkurven for ærtesten 8-16, der er langt grovere end det filtermateriale, der beregnes efter DS 436.



Jorden/ basen

$$d_{15,b} = 0,002$$

$$d_{50,b} = 0,01$$

$$d_{85,b} = 0,04$$

Filteret

$$d_{15,f} > 4 \cdot d_{15,b} = 4 \cdot 0,002 = 0,008$$

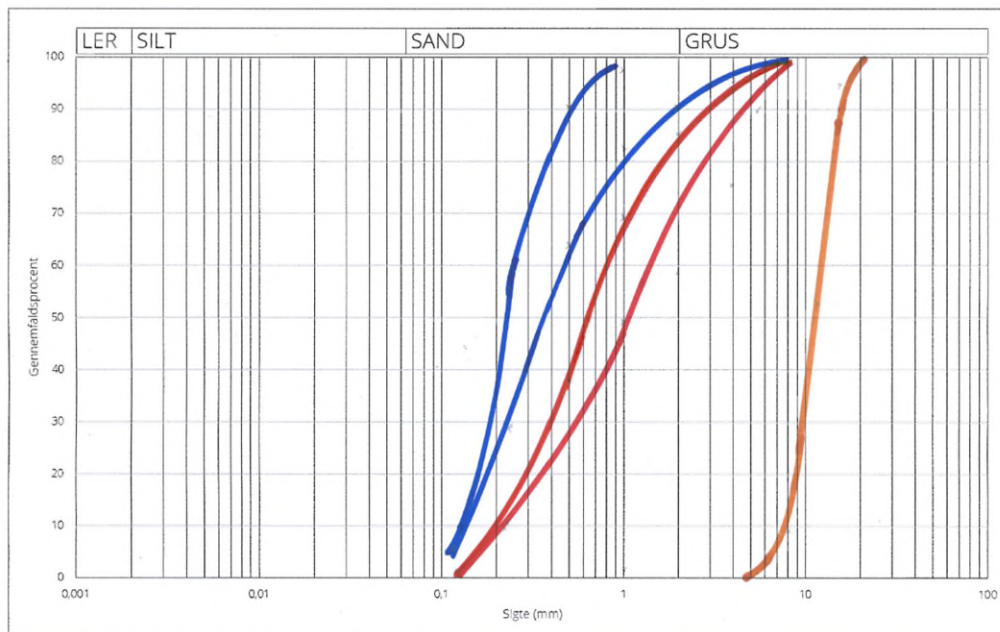
$$d_{15,f} < 5 \cdot d_{85,b} = 5 \cdot 0,04 = 0,2$$

$$d_{50,f} < 25 \cdot d_{50,b} = 25 \cdot 0,01 = 0,25$$

Figur 2. Dræning i en siltet jord. Den røde kurve er kornkurven for den eksisterende jord. De sorte streger markerer grænserne for filtermaterialets kornkurve. Den grønne kurve er et eksempel på filtersand 0-2, der opfylder filterkriterierne.

Den praktiske løsning

I figur 3 er vist sigtekurver for 0-2 grus, 0-8 grus og ærtesten. Sigtekurver for 0-2 grus og 0-8 grus er lidt forskellige fra forskellige grusgrave, men ligger omtrent som vist på figuren.



Figur 3. Sigtekurver for grus/sten fra forskellige grusgrave. Blå kurver: 0-2 grus, røde kurver: 0-8 grus og orange kurve: 8-16 ærtesten.



Figur 4. Fotos af 0-2 grus og 8-16 ærtesten.

Hvis man ser på de to eksempler, så findes der færdigt filtermateriale som kan bruges for den viste jord.

Hvis jorden bliver mere leret, skal filtermaterialet være finere, og et sådant sand fås ikke naturligt i en grusgrav, så enten skal det blandes specifikt til opgaven, eller filtret skal sammensættes af flere lag. Problemet med et filter i flere lag er ikke selve udførelsen, men om det kan sammensættes af eksisterende grustyper, eller om det skal specialfremstilles.

Dette er nok baggrunden for, at man i praksis ikke bruger filterkriterierne, men laver filtret af ærte/perlesten, skærver eller filtergrus.

De 2 eksempler viser, at filtergrus i langt de fleste tilfælde er det mest velegnede materiale som filter rundt om drænrør, mens filtre, der består af perlesten, æretesten, letklinker eller skærver, er alt for grove til at beskytte drænrørene mod indtrængning af fint materiale.

Filtergrus er i de fleste jordarter et bedre filtermateriale rundt om omfangsdræn end grove materialer som perlesten eller granitskærver.

Bilag 2 Fugttekniske tiltag til kælderisolering

Nedenstående tabel indeholder principielle tiltag, som er målrettet kældre med moderat opstigende grundfugt. For en endelig afgørelse af, hvilke tiltag der er nødvendige og hensigtsmæssige i den konkrete kælder, er der behov for vurdering af en fugtteknisk rådgiver.

Nødvendig:	Anses for et nødvendigt tiltag.
Anbefales:	Tiltag, der kraftigt anbefales, da der vurderes høj effekt for lav omkostning.
Anbefales overvejet:	Tiltag, der anbefales på grund af dens store effekt, selvom omkostningen er stor.
Ikke påkrævet:	Behøves ikke udført ved det respektive anvendelsesformål.

Beskrivelse af tiltag	Anvendelse som depot	Anvendelse til ophold
Afhjælpning af lokale fugtkilder fx fra utætte vand- eller afløbsinstallationer.	Nødvendig	Nødvendig
Vandret fugtspærre under etagedæk i ydervægge. Dette er relevant, når fugtopstigningen i kælderydervægge er så høj, at der er risiko for trænedbrydende svampeangreb i bjælkeenderne. En vandret fugtspærre under bjælkelaget stopper denne fugtopstigning, så bjælkeenderne kan tørre ud til acceptable fugtniveauer.	Nødvendig	Nødvendig, dog vil sådanne kældre højst sandsynligt ikke være egnet til omdannelse til opholdsrum.
Omfangsdræn i kombination med udvendig efterisolering.	Ikke påkrævet	Anbefales
Vandret fugtspærre lige over gulvet i skillevægge med opstigende grundfugt. Hvis fugtopstigningen påvirker etagedækket, er der eventuelt behov for yderligere tiltag, og det anbefales at inddrage en rådgiver.	Ikke påkrævet	Anbefales
Vandret fugtspærre lige over gulvet i ydervægge med opstigende grundfugt typisk i kombination med udvendig fugtsikring af kælderydervægge. Hvis fugtopstigningen påvirker etagedækket, er der eventuelt behov for yderligere tiltag, og det anbefales at inddrage en rådgiver.	Ikke påkrævet	Anbefales overvejet
Fugtsikring og radonsikring af terrændæk.	Ikke påkrævet	Nødvendig
Udskiftning af mursten med højt hygroskopisk saltindhold.	Ikke påkrævet	Anbefales overvejet, hvis saltpåvirkningen er meget omfattende.
Diffusionsåben overfladebehandling af vægge og gulve.	Nødvendig	Nødvendig
Moderat opvarmning og fx naturlig tværv ventilation, ved fugtproduktion i kælderen (fx tøjtørring) med fugtstyret ventilation.	Nødvendig	Ikke relevant
Opvarmning og ventilation iht. til krav til opholdsrum.	Ikke relevant	Nødvendig
Placering af inventar og effekter med mindst 10-20 cm til gulv og ydervægge, så overfladerne bliver opvarmet og ventileret, herunder etablering af pulterrumsvægge e.l. som stålgitre.	Nødvendig	Ikke relevant
Placering af inventar og effekter med 5 cm til gulv og ydervægge, så overfladerne bliver opvarmet og ventileret.	Ikke relevant	Nødvendig

Øvrige anvisninger fra Rørcentret:

Rørcenter-anvisning 001
Ressourcebesparende afløbsinstallationer i boliger, juni 1999

Rørcenter-anvisning 002
Ressourcebesparende vandinstallationer i boliger, juni 1999

Rørcenter-anvisning 003
Brug af regnvand til wc-skyl og vaskemaskiner i boliger, september 2012

Rørcenter-anvisning 004
Renovering af afløbsledninger. Paradigme for udbud og beskrivelse inkl. vejledning
2 udgave, januar 2005, inkl. Indlagt cd-rom

Rørcenter-anvisning 005
Fedtudskillere. Projektering, dimensionering, udførelse og drift, april 2021

Rørcenter-anvisning 006
Olieudskilleranlæg. Vejledning i projektering, dimensionering, udførelse og drift, april 2021

Rørcenter-anvisning 007
Dæksler og Riste. Dæksler og riste af støbejern til kørebane og gangarealer, maj 2005

Rørcenter-anvisning 008
Acceptkriterier. Retningslinjer for vurdering af nye og fornyede afløbsledninger ved hjælp af TV-inspektion, maj 2005

Rørcenter-anvisning 009
Nedsivning af regnvand i faskiner.
Vejledning i projektering, dimensionering, udførelse og drift af faskiner, maj 2005

Rørcenter-anvisning 010
Tømning af bundfældningstanke (septiktanke). Paradigme for udbudsmateriale, marts 2006

Rørcenter-anvisning 011
Vacuumsystemer i bygninger.
Vejledning i projektering, udførelse og drift, marts 2006

Rørcenter-anvisning 012
Nye afløbssystemer samt omlægninger.
Paradigme for udbud og beskrivelse, maj 2007

Rørcenter-anvisning 013
Erfaringer med nedsivningsanlæg, februar 2007

Rørcenter-anvisning 014
Afløbssystemer.
Oversigt over undersøgelses-, måle- og fornyelsesmetoder, april 2007

Rørcenter-anvisning 015
Tilbagestrømningssikring af vandforsyningssystemer, oktober 2009

Rørcenter-anvisning 016
Anvisning for håndtering af regnvand på egen grund, maj 2012

Rørcenter-anvisning 017
Legionella.
Installationsprincipper og bekæmpelsesmetoder, maj 2019

Rørcenter-anvisning 018
Store nedsivningsanlæg.
Dimensionering og udførelse, august 2012

Rørcenter-anvisning 019
Vandbremsere.
Regulering af vandstrømme i afløbssystemer, maj 2013

Rørcenter-anvisning 020
Skybrudssikring af bygninger, september 2013

Rørcenter-anvisning 021
Kælderoversvømmelser.
Sikring mod opstigende kloakvand, september 2013

Rørcenter-anvisning 022
Renovering af faldstammesystemer, maj 2017

Rørcenter-anvisning 023
Regnvandsventilen, marts 2018

Rørcenter-anvisning 024
Beredskab.
Indsatsplaner for oversvømmelser, maj 2017

Rørcenter-anvisning 025
Rekreative regnvandsbassiner, marts 2018

Rørcenter-anvisning 026
LAR-Anlæg
Vejledning i projektering, dimensionering, udførelse og drift af LAR-Anlæg, juni 2018

Rørcenter-anvisning 027
Vandinstallationer
Eksempelsamling til bygningsreglementets afsnit 21 og 24, december 2018

Rørcenter-anvisning 028
Undgå kælderoversvømmelser med pumper, højvandslukker og by-pass anlæg, april 2020

Rørcenter-anvisning 029
Dræning og isolering af kældre, juli 2022