

# ***Rekommandation 22***

*10-60 kV PEX-kabler*

***2. udgave***

Dansk Energi  
Forskning og Udvikling  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frederiksberg C

Tlf.: 35 300 400  
Fax: 35 300 401  
E-mail: [de@danskenergi.dk](mailto:de@danskenergi.dk)  
[www.danskenergi.dk](http://www.danskenergi.dk)



## INTRODUKTION

Nærværende 2. udgave af DEFU rekommandation 22 erstatter 1. udgave fra 2006. Det er besluttet at opdatere rekommandationen, da der er kommet en opdateret version af gældende standard for både 10 – 30 kV PEX kabler (HD 620) og 50 – 60 kV PEX kabler (IEC 60840).

I forhold til første udgave er de primære ændringer til 2. udgave:

### *10 – 30 kV kabler*

- Opdatering af referencer i forhold til ny udgave af HD 620.S2. Primær ændring er, at krav til de traditionelle danske kabelkonstruktioner er samlet i et fælles afsnit, som både omfatter 1-leder og 3-leder kabler.

### *50 – 60 kV kabler*

- Opdatering af referencer i forhold til ny udgave af IEC 60840.
- Ny prækvalifikationstest af kabelsystemer i IEC 60840 nævnes, som er indført for at kompensere for manglende driftserfaringer med kabler og kabeltilbehør, som drives med et højt elektrisk felt ved leder- og isolations-skærm (større end 8 kV/mm ved lederskærm og/eller 4 kV/mm ved isolations-skærmen).

<b>INDHOLDSFORTEGNELSE</b>	<b>Side</b>
<b>Indroduktion</b>	<b>3</b>
<b>Indholdsfortegnelse</b>	<b>4</b>
<b>1. Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2. Definitioner og generelle forhold</b>	<b>6</b>
2.1 Anvendte benævnelser	6
2.2 Isolationsmaterialer	6
2.3 Ekstrudering	7
2.4 Tværbindingsmetoder	7
2.5 Kappematerialer	7
<b>3. Standarder for 10 – 30 kV kabler</b>	<b>8</b>
<b>4. 10 – 30 kV kabler til normal anvendelse (nedlægning i jord)</b>	<b>9</b>
4.1 Leder	9
4.2 Lederskærm	9
4.3 Isolation	10
4.4 Isolationsskærm	10
4.5 Metallisk skærm	10
4.6 Langsgående vandtæthed i skærmområdet og mellem kabelå- rerne	11
4.7 Radial vandtæthed af kablet	12
4.8 Kabelkappe	12
4.9 Armering	12
4.10 Mærkning	12
<b>5. 10-30 kV kabler til specielle anvendelser</b>	<b>13</b>
5.1 Leder	13
5.2 Lederskærm	13
5.3 Isolation	13
5.4 Isolationsskærm	13
5.5 Metallisk skærm	14
5.6 Langsgående vandtæthed i skærmområdet og mellem kabelå- rerne	14
5.7 Radial vandtæthed af kablet	14
5.8 Kabelkappe	14
5.9 Armering	14
5.10 Mærkning	14
<b>6. Afprøvning af 10-30 kV kabler</b>	<b>14</b>
<b>7. Standarder for 50-60 kV kabler</b>	<b>15</b>
<b>8. 50-60 kV kabler til normal anvendelse (nedlægning i jord)</b>	<b>15</b>
8.1 Leder	15
8.2 Lederskærm	16
8.3 Isolation	16
8.4 Isolationsskærm	17
8.5 Metallisk skærm	17
8.6 Langsgående vandtæthed i skærmområdet	18
8.7 Radial vandtæthed af kablet	18
8.8 Kabelkappe	18
8.9 Armering	19
8.10 Mærkning	19
<b>9. Afprøvning af 50-60 kV kabler</b>	<b>19</b>
<b>10. Krav til leverandør</b>	<b>20</b>
<b>11. Referencer</b>	<b>22</b>
<b>Bilag 1 Mærkning anvendt på danske kabelkonstruktioner</b>	<b>23</b>
<b>Bilag 2 Afprøvning af 10-30 kV kabler</b>	<b>24</b>
<b>Bilag 3 Tjekliste</b>	<b>27</b>

## 1. INDLEDNING

Denne rekommandation giver anbefalinger vedrørende en række tekniske forhold, der skal overvejes i forbindelse med udbud af 10-60 kV PEX-kabler. Anbefalingerne gælder for standardkabler, mens søkabler og specialkabler ikke er medtaget i rekommandationen.

De forskellige, mulige indkøbsformer, som kan anvendes ved udbydelse i EU-licitation, er ikke behandlet.

Ved specifikation af et kabel i forbindelse med et udbud skal såvel kabelkonstruktionen som de tests, der skal udføres, beskrives præcist. Det sker mest hensigtsmæssigt ved henvisning til standarder og harmoniseringsdokumenter, udarbejdet i CENELEC- eller IEC-regi.

Harmoniseringsdokumenterne har fortsat karakter af en sammenstilling af kabelkonstruktioner og prøvemethoder, der anvendes i Europa. På længere sigt søges konstruktioner og tests harmoniseret, således at antallet af varianter reduceres.

I harmoniseringsdokumenterne fra CENELEC findes danske afsnit. Kabler fremstillet efter disse afsnit er i rekommandationen kaldt "danske kabelkonstruktioner". Når der tages udgangspunkt i disse konstruktioner, skyldes det, at de har fundet udbredt anvendelse i Danmark.

På områder, hvor der ikke findes internationale standarder, kan udbyderen stille egne krav. Der kan desuden stilles tekniske krav til leverandøren i forbindelse med en eventuel prækvalifikation. Disse krav må dog ikke få karakter af tekniske handelshindringer.

Rekommandationen indeholder dels afsnit, der er generelle for hele spændingsområdet, og dels afsnit der kun gælder for henholdsvis 10-30 kV kabler og 50-60 kV kabler.

De generelle afsnit er:

Afsnit 2:	Definitioner og generelle forhold
Afsnit 10:	Krav til leverandør
Bilag 1:	Mærkning anvendt på danske kabelkonstruktioner
Bilag 3:	Tjekliste

Tjeklisten giver en kort opsummering af de forhold, man især skal være opmærksom på.

De øvrige afsnit indeholder særskilte anbefalinger for de to spændingsområder: 10-30 kV og 50-60 kV.

## 2. DEFINITIONER OG GENERELLE FORHOLD

### 2.1 Anvendte benævnelser

PEX-kabler opbygges enten som 1-leder-, 3-leder- eller triplexkabler, dvs. bundter af tre 1-lederkabler. 3-lederkabler kan enten have runde eller sektorformede ledere.

Figur 1 nedenfor viser et 1-lederkabel og de benævnelser, der i denne rekommandation er anvendt for de enkelte konstruktionselementer.

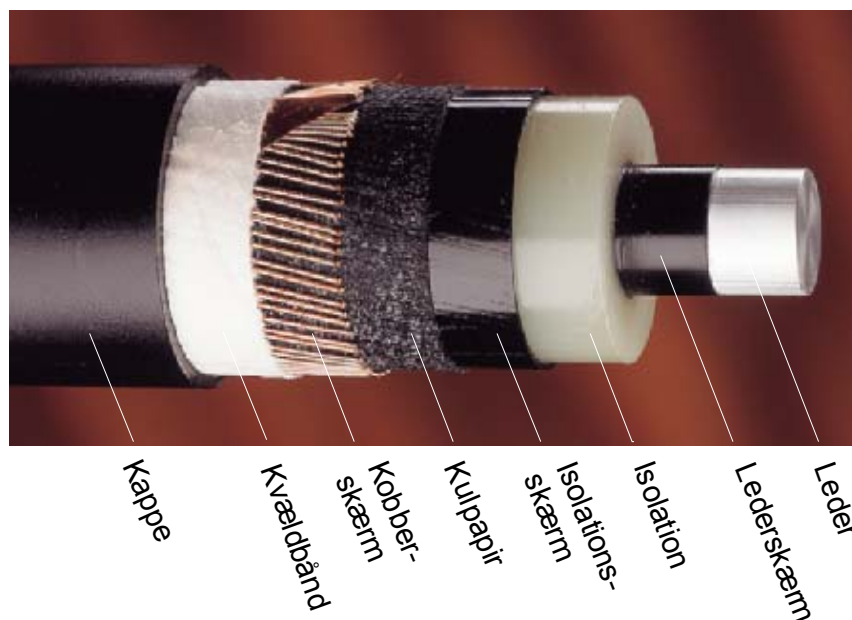


Fig. 1. 1-leder PEX-kabel

I et 3-lederkabel benyttes betegnelsen "kabelåre" for hver af de isolerede ledere.

### 2.2 Isolationsmaterialer

Isolationsmaterialet i PEX-kabler er tværbundet (vulkaniseret) polyethylen, som fremstilles i en række varianter. De vigtigste er:

- Homopolymer: "Klassisk" PEX, fremstillet alene af polyethylen.
- Copolymer: Materiale, der udover polyethylen også indeholder en anden type polymer.
- Polymer med vandtræshæmmende additiver (såkaldte WTR-additiver).

Med vandtræer menes de ændringer i PEX'ens struktur, der opstår omkring hulrum eller urenheder under påvirkning af fugtighed og elektrisk felt [Ref. 1]. Dannelsen af vandtræer er den dominerende ældningsmekanisme i ikke-vandtætte PEX-kabler.

I Danmark er der hidtil næsten udelukkende installeret kabler fremstillet af homopolymer. En væsentlig årsag hertil er, at man i vidt omfang anvender sektorformede ledere og derfor ønsker en strikbar isolationsskærm, hvilket ikke er muligt at lave på copolymerkabler.

Copolymerkabler anvendes i stort omfang i Centraleuropa. Den ekstra polymer har en vandtræshæmmende effekt men medfører samtidig, at de dielektriske tab i materialet forøges med 20-50 %. De dielektriske tab er dog stadig langt lavere end strømvarmetabene ved normal belastning.

Polymer med vandtræshæmmende additiver anvendes primært i USA. Disse isolationsmaterialer har også højere tab end ren PEX, og den vandtræshæmmende effekt ophører, når additiverne med tiden er forbrugt.

Renheden af isolationsmaterialet er af betydning for kablets langtidsegenskaber. Det er umuligt helt at undgå, at der kommer enkelte urenheder i isolationen, men størrelsen af urenhederne kan minimeres, både i råvaren og under fremstillingen af kablerne. I enkelte kabelkonstruktioner er der derfor angivet en maksimumsstørrelse for de forekommende urenheder og inhomogeniteter, f.eks. hulrum:

- For 10-30 kV kabler er der i danske kabelkonstruktioner fastsat en maksimumsstørrelse på 0,2 mm
- For 50-60 kV kabler bør maksimumsstørrelsen være endnu mindre, f.eks. under 0,1 mm.

### 2.3 Ekstrudering

PEX-kabler fremstilles ved at ekstrudere de forskellige polymerlag uden på en leder.

Tripel-ekstrudering, hvor lederskærm, isolation og isolationsskærm ekstruderes i samme ekstruderhoved, reducerer muligheden for, at der kan komme urenheder i isolationen under ekstruderingen.

Sker ekstruderingen ved hjælp af to ekstruderhoveder (tandem-ekstrudering), skal det sikres, at der ikke kan komme urenheder ind i isolationsmaterialet på stykket mellem de to ekstruderhoveder.

### 2.4 Tværbindingmetoder

For PEX gælder, at tværbindingen i praksis kan ske på to forskellige måder: peroxid-tværbinding eller silan-tværbinding.

Det er vigtigt, at vandindholdet i det færdigproducerede kabel er lavt. For peroxid-tværbundne kabler sikres dette ved at anvende såkaldt tørvulkanisering, hvor polyethylenen tværbinder i en kvælstofatmosfære. Denne metode anvendes ved produktion af PEX-kabler i Danmark, og der er gode erfaringer med disse tørvulkaniserede kabler. Både driftserfaringer og ældningsforsøg har vist, at dampvulkaniserede kabler har betydeligt dårligere langtidsegenskaber end de tørvulkaniserede.

Silan-tværbinding kræver et vist (lavt) vandindhold i PEX'en. Vælger man et silan-tværbundet kabel, skal man derfor sikre sig, at det færdige kabel har et lavt vandindhold: under 500 ppm (parts per million).

Der er fordele ved begge fremstillingsmetoder, men der er ikke ført bevis for, at den ene eller den anden type tværbinding giver det bedste kabel. I Danmark har elselskaberne kun meget begrænsede driftserfaringer med silan-PEX, men gode erfaringer med nye kabelkonstruktioner med peroxid-PEX.

### 2.5 Kappematerialer

Det yderste lag er oftest en plastkappe af PE. Brugeren skal normalt specificere kappematerialet, og selv om PVC-kappe stadig tilbydes, må det anbefales at vælge en PE-kappe af to grunde:

- Vand diffunderer ca. 10 gange hurtigere gennem PVC end gennem PE.
- PE-kappen er hårdere og dermed mindre sårbar over for beskadigelser under udlægning af kablet.

Der findes mange forskellige varianter af PE, men de kan inddeles i nogle hovedgrupper som vist i tabel 1.

Tabel 1. Hovedgrupper af PE-materialer

Materialebetegnelse	Vægtfylde (g/cm <sup>3</sup> )
LDPE (eller PEL)	0,91-0,92
LLDPE (eller PELL)	0,91-0,93
MDPE (eller PEM)	0,93-0,94
HDPE (eller PEH)	0,95-0,96

Generelt gælder, at PE med høj vægtfylde er hårdere og mere robust end PE med lavere vægtfylde. En kappe af PE med høj vægtfylde giver dermed også et stivere kabel end en kappe af PE med lavere vægtfylde. LLDPE har en lidt anden opbygning af molekylkæderne end LDPE, så robustheden ligger tæt på den, der opnås med MDPE, mens bøjeligheden er på niveau med LDPE.

En måling af kablets håndterbarhed, dvs. hvordan det er at arbejde med, når det skal bøjes på plads under installationen, indgår ikke i typeprøverne for 10-60 kV kabler. Der er dog i et nordisk projekt udviklet en målemetode, som kan give en sammenlignende vurdering af forskellige kabelkonstruktioner. Denne metode er medtaget i afsnit 2.4.24 i HD 605. Ved målingen bestemmes det bøjningsmoment, der er nødvendigt for at bøje kablet på en veldefineret måde. Jo mindre værdien er, desto nemmere er kablet at bøje på plads i anlæggene.

Kabelkappen kan eventuelt forsynes med et ydre, halvledende lag, som gør det muligt at foretage en kappeprøve, dels inden kablet lægges ud, dels umiddelbart efter nedlægningen, uanset jordbundsforholdene. En kappeprøve er en god kvalitetssikring i forbindelse med nedlægning af kablet [Ref.3].

#### Farve:

Brugeren kan også vælge at specificere kappefarven. Dansk Ledningsejerforum anbefaler standardfarven rød for 10 - 60 kV kabler. Denne farve skal anvendes på dækmateriale og så vidt muligt også på selve kablet. Dansk Ledningsejerforum anbefaler følgende farve: Rød, nr. 5, DS 735.

Det skal bemærkes, at en rød kappe ikke er så modstandsdygtig over for ultraviolet lys (sollys) som en tilsvarende sort kappe. UV-prøvning er ikke en del af den normale typeprøve for kablet, og brugeren må derfor enten kræve dokumentation for kappens UV-bestandighed eller på anden måde sikre sig mod nedbrydning fremkaldt af sollys, hvis en del af kablet kan blive udsat for en sådan påvirkning, f.eks. ved opføring til en endefslutning på mast eller stativ.

Kapper forsynet med et halvledende lag kan ikke fås i andre farver end sort, da ledningsevnen opnås ved tilsætning af kønrøg.

### 3. STANDARDER FOR 10-30 KV KABLER

I standarder er kablernes mærkespænding givet som en kombination af følgende tre spændinger:  $U_0/U$  ( $U_m$ ), f.eks. 6/10 (12) kV, hvor:

- $U_0$  er spændingen mellem fase og jord (tilnærmet værdi)
- $U$  er spændingen mellem to faser i kabelsystemet
- $U_m$  er den maksimale spænding mellem to faser, ved hvilken kablet kan anvendes.

I denne rekommandation anvendes den normale driftsspænding,  $U$ , til at angive det spændingsniveau, kablet er konstrueret til.

For mellemspændingsområdet (6-36 kV) har IEC og CENELEC udarbejdet standardiseringsdokumenterne i tabel 2:

Tabel 2. Harmoniseringsdokumenter og standarder for kabler og kabeltilbehør

Dokument	Titel (forkortet)
IEC 60502-2	Kabler med ekstruderet isolation til mærkespændinger fra 6 kV op til 30 kV
IEC 60183	Vejledning i valg af højspændingskabler
HD 605 S2	Elektriske kabler - Supplerende testmetoder
HD 620 S2	Ekstruderede mellemspændingskabler
HD 622 S1 + 2 amendments	Ekstruderede mellemspændingskabler Kabler med specielle brandegenskaber
HD 628 S2 + 1 amendment	Testmetoder for tilbehør til mellemspændingskabler
HD 629.1 S2 + 1 amendment	Prøvningskrav for tilbehør til mellemspændingskabler med ekstruderet isolation
EN 60228	Ledere i isolerede kabler

Det er primært CENELEC-dokumenterne (HD og EN), der anvendes i Europa, men på nogle punkter kan disse harmoniseringsdokumenter suppleres ved henvisning til IEC 60502-2. CENELEC standarder udgives også som danske standarder med betegnelsen DS/EN eller DS/HD. Ofte er det dog kun titlen, som oversættes fra engelsk til dansk.

I de følgende afsnit henvises til de dele af harmoniseringsdokumenterne, der beskriver kabelkonstruktioner med stor anvendelse i Danmark. Desuden gennemgås de punkter, der er medtaget i beskrivelsen af kabelkonstruktionen, og der gives anbefalinger med hensyn til valg af specifikation.

## 4. 10-30 KV KABLER TIL NORMAL ANVENDELSE (NEDLÆGNING I JORD)

10-30 kV kabler til nedlægning i jord er beskrevet i HD 620. Danske kabelkonstruktioner findes i afsnit 10-D af HD 620, som både dækker krav til 1-leder og 3-leder kabler.

Hvis man i udbuddet vil sikre sig et kabel af en tilsvarende konstruktion og med tilsvarende egenskaber, kan det ske ved at henvise til dette afsnit.

Beskrivelsen er imidlertid ikke fuldstændig, idet det er op til udbyderen at specificere krav på følgende områder:

- Ledermateriale og lederform
- Vandtæthed (Radial og langsgående)
- Armering af kablet
- Kappefarve

De elementer, der indgår i den enkelte kabelkonstruktion, er beskrevet i det følgende.

### 4.1 Leder

For kablets leder gælder, at den skal overholde kravene i EN 60228. EN 60228 specificerer bl.a. kravene til materialets ledningsevne og til opbygningen af flertrådede ledere.

Brugeren skal specificere følgende punkter:

#### Ledermateriale:

Aluminium (Al) eller kobber (Cu)

#### Lederform:

- Rund massiv eller flertrådet leder
- Sektorformet massiv leder (for 3-lederkabler)

#### Ledertværsnit:

Tværsnittet skal vælges blandt de i EN 60228 angivne muligheder. Det kan dog anbefales at begrænse sig til færre muligheder, udvalgt blandt følgende værdier:

25, 50, 95, 150, 240, 300, 400, 500, 630, 800 og 1000 mm<sup>2</sup>.

3-lederkabler anvendes med tværsnit op til og med 300 mm<sup>2</sup>. Ved større tværsnit anvendes udelukkende 1-lederkabler.

Skulle denne tværsnitsrække ikke være tilstrækkelig, er der i EN 60228 medtaget yderligere en række tværsnit, og for flertrådede ledere går tværsnitsrækken helt op til 2000 mm<sup>2</sup>. Der vil dog i disse tilfælde som regel være tale om specialprodukter.

#### Langsgående vandtæthed:

For flertrådede ledere skal det overvejes, om lederen skal være langsgående vandtæt. Vandtætning kan opnås ved hjælp af kvældpulver eller en fyldmasse (compound). Vand i lederområdet vil trænge ud i isolationen og kan her medvirke til dannelsen af vandtræer. Denne nedbrydning af isolationen sker over en årrække.

Er lederen vandtæt, vil der i tilfælde af kabelfejl, hvor lederen bliver blotlagt, kun kunne ske en meget begrænset indtrængning af vand i lederområdet. For et kabel, der ikke er langsgående vandtæt, kan det være nødvendigt at udskifte den del af kablet, der har fået vand i lederområdet, hvis man vil forhindre den hurtigere ældning af isolationen.

### 4.2 Lederskærm

Lederskærmen skal være halvledende og ekstruderet. Lederskærmens tykkelse i danske kabelkonstruktioner fremgår af tabel 3:

Tabel 3. Lederskærmens tykkelse i danske kabelkonstruktioner

Ledertværsnit		Runde ledere			Sektorfor- mede ledere
		≤ 300 mm <sup>2</sup>	400-630 mm <sup>2</sup>	800 mm <sup>2</sup>	≤ 300 mm <sup>2</sup>
10-20 kV	min.	0,30 mm	0,58 mm	0,75 mm	0,30 mm
	maks.	1,00 mm	1,00 mm	1,00 mm	1,10 mm
30 kV	min.	0,58 mm	0,58 mm	0,75 mm	-
	maks.	1,00 mm	1,00 mm	1,00 mm	-

#### 4.3 Isolation

##### Materiale:

I HD 620 er der åbnet op for anvendelse af såvel PEX- som EPR- og PVC-isolation. I Danmark er der indtil videre kun erfaring med anvendelse af PEX-isolation, hvorfor de øvrige materialer ikke vil blive omtalt nærmere.

Som nævnt i afsnit 2.2 er det homopolymer og copolymer, der normalt anvendes i Europa. Ønsker man stripbar isolationsskærm, er kun homopolymer anvendelig.

##### Tykkelse:

Isolationslagets nominelle tykkelse er i HD 620 specificeret for de enkelte kabelkonstruktioner. Der er krav til middelværdien af isolationstykkelser, der ikke må være mindre end den nominelle værdi, og til minimumsværdien af tykkelsen, som for danske kabelkonstruktioner er vist i tabellen nedenfor. Værdierne i tabel 4 er de samme, som er specificeret i IEC 60502-2.

Tabel 4. Isolationstykkelser i danske kabelkonstruktioner

Mærkespænding kV	Isolationstykkelser mm	Minimumsværdi mm
10	3,4	2,96
15	4,5	3,95
20	5,5	4,85
30	8,0	7,10

Udviklingen i materialer og produktionsteknik har bevirket, at også kabler med mindre isolationstykkelser end angivet i tabellen vil kunne klare de prøver, der er krævet i HD 620.

Det er derfor muligt at aftale med fabrikanten, at kablet fremstilles med en reduceret isolationstykkelser, men man må i så tilfælde være indstillet på, at langtidsegenskaberne ikke vil være helt så gode som for kabler med normal isolationstykkelser. Reduceret isolationstykkelser kan ikke anbefales på 10 kV kabler, og for 15-30 kV kabler anbefales, at man kun køber kabler med reduceret isolationstykkelser, såfremt de har bestået både en typeprøve og en langtidstest med den mindre isolationstykkelser.

#### 4.4 Isolationsskærm

Kun konstruktioner med ekstruderet isolationsskærm bør anvendes, og brugeren skal desuden vælge, om isolationsskærmen skal være stripbar eller fastvulkaniseret. Det anbefales at vælge stripbar isolationsskærm til sektorformede ledere, da det letter montagen af kabeltilbehøret. For runde ledere findes velegnet værktøj til fjernelse af en fastvulkaniseret isolationsskærm.

For stripbare isolationsskærme er et kabel med en stripkraft på 20-30 N (målt efter HD 605, afsnit 2.2.8.5) erfaringsmæssigt bedst at arbejde med. For danske kabelkonstruktioner ligger stripkraften mellem 12 og 40 N.

Isolationsskærmens tykkelse i danske kabelkonstruktioner fremgår af tabel 5.

Tabel 5. Isolationsskærmens tykkelse i danske kabelkonstruktioner

Ledertværsnit		Runde ledere			Sektorformede ledere
		≤ 300 mm <sup>2</sup>	400-630 mm <sup>2</sup>	800 mm <sup>2</sup>	≤ 300 mm <sup>2</sup>
10-20 kV	min.	0,58 mm	0,75 mm	0,75 mm	0,58 mm
	maks.	1,00 mm	1,00 mm	1,00 mm	
30 kV	min.	0,75 mm	0,75 mm	0,75 mm	-
	maks.	1,00 mm	1,00 mm	1,00 mm	-

#### 4.5 Metallisk skærm

Kablet skal være forsynet med en metallisk skærm. I 1-leder kabler lægges den uden på den halvledende isolationsskærm, evt. med et beskyttende mellemlag af f.eks. kulpapir.

For 3-leder kabler skal brugeren angive, om skærmen ønskes lagt omkring den enkelte kabelåre (fase) eller omkring det samlede 3-leder kabel, hvilket er det normale. Anvendes individuelle skærme for hver kabelåre, skal hver af disse skærme kunne bære den maksimalt forekommende kortslutningsstrøm.

Skærmkonstruktion og -tværsnit er individuelt specificeret for de enkelte kabelkonstruktioner i HD 620. I danske kabelkonstruktioner består den af kobbertråde med modspiral af kobberbånd, og tværsnit og resistans er som angivet i tabel 6.

Tabel 6. Tværsnit og resistans af metallisk skærm

Leder	Metallisk skærm	
Tværsnit mm <sup>2</sup>	Nominelt tværsnit (kobber) mm <sup>2</sup>	Maksimal resistans ved 20°C Ω/km
16	10	1,83
25	16	1,15
50	16	1,15
95	25	0,727
150	25	0,727
240	35	0,524
300	35	0,524
400	35	0,524
500	50	0,387
630	50	0,387
800	50	0,387
1000	50	0,387

Er kablet forsynet med en radial vandtætning bestående af aluminiumsfolie, lamineret til kappen, vil aluminiumsfolien også virke som metallisk skærm, men det anbefales at se bort fra dette ved dimensioneringen af kobberskærmen.

Standardtværsnittene i tabel 6 vil i de fleste tilfælde være tilstrækkelige, men man skal være opmærksom på, at der i dele af nettet med høj kortslutningseffekt er en risiko for ødelæggelse af kablet, hvis der indtræffer en dobbelt jordslutning med kort afstand mellem fejlstederne. Det skal understreges, at der er tale om det værste tænkelige tilfælde af en dobbelt jordslutning, og at der kun er en lille risiko for, at det vil forekomme i kablets levetid.

Ved beregning af den maksimalt forekommende skærmstrøm ved en dobbelt jordslutning når man frem til, at skærmtværsnittene i tabel 7 kan være nødvendige for at gøre kablerne kortslutningssikre med en given transformerstørrelse i den indfødende station [Ref. 1]. Kortslutningsspændingerne for transformerne er sat til 10 %. Er der flere transformere i parallel, er det den samlede transformereffekt, der er afgørende for skærmtværsnittet. Fejltiden er sat til 1 sekund, hvilket er en konservativ værdi, der tillader en genindkobling eller et relæsvigt i den første beskyttelse af kablet.

Tabel 7. Maksimalt nødvendige kobberskærmtværsnit ved 10-20 kV. Der er regnet med en fejltilid på 1 sekund og en maksimal strømtæthed i skærmen på 200 A/mm<sup>2</sup> (svarende til en sluttemperatur af skærmen på 300 °C)

Transformerstørrelse, MVA	16	25	32,5	
Skærmtværsnit, mm <sup>2</sup>	10 kV	36	57	73
	15 kV	25	40	51
	20 kV	18	28	36

Ved anvendelse af 1-lederkabler kræves samme skærmtværsnit som for 3-lederkabler. En kobberleder nedlagt sammen med tre 1-lederkabler vil ikke give nogen beskyttelse af de enkelte kablers skærme i det beskrevne værste tilfælde.

Uden om skærmen og/eller mellem skærmtådene kan være indlagt forskellige fyldmaterialer eller beviklinger. Det eneste brugeren skal tage stilling til i den forbindelse er graden af vandtæthed, som diskuteres i de følgende underafsnit.

#### 4.6 Langsgående vandtæthed i skærmområdet og mellem kabelårenerne

Brugeren skal specificere, om kablet skal være langsgående vandtæt, og den praktiske udførelse af vandtætningen skal aftales med kabelleverandøren. Der kan være tale om anvendelse af kvældbånd, kvædpulver, ekstruderet komponent eller en kombination heraf.

På samme måde som for vandtæthed af lederen, er den langsgående vandtæthed i skærmområdet primært af værdi i forbindelse med beskadigelse af kablet, hvor indtrængning af vand og forureninger vil blive stærkt begrænset i et langsgående vandtæt kabel. Specielt i forbindelse med graveskader, der ikke umiddelbart fører til kabelfejl, er den langsgående vandtætning nyttig.

#### 4.7 Radial vandtæthed af kablet

Brugeren skal ligeledes tage stilling til, om kablet skal beskyttes mod vandindtrængning gennem den ubeskadigede kabelkappe. En kappe af plastmateriale giver ikke en fuldstændig beskyttelse, idet vand vil diffundere ind gennem kappen.

Vandtætning vil være et naturligt valg i meget våde områder, men i øvrigt må brugeren vurdere, om merinvesteringen i radial vandtætning vil være lønsom. Store graveomkostninger kan tale for at vælge et radiale vandtæt kabel og dermed størst mulig levetid.

Vandtæthed kan opnås ved hjælp af Al- eller Cu-folie, der er lamineret til kabelkappen. Blykappe er ikke tilladt i nye kabler.

#### 4.8 Kabelkappe

##### Materiale:

PE-kapper fremstillet af MDPE eller HDPE bør foretrækkes.

Halvledende lag yderst på kappen er ikke hidtil anvendt på 10-30 kV kabler, men kan specificeres, hvis det ønskes af hensyn til kvalitetssikringen af nedlægningen. Efter nedlægningen har det halvledende lag normalt ingen praktisk betydning.

##### Farve:

Kappen bør i henhold til anbefalingen fra Dansk Ledningsejerforum, se afsnit 2.5, så vidt mulig være rød.

Kapper forsynet med et halvledende lag kan ikke fås i andre farver end sort.

##### Tykkelse:

I HD 620 er kappetykkelsen specificeret for de enkelte kabelkonstruktioner, og det kræves, at minimumsværdien af tykkelsen ikke afviger mere fra den nominelle værdi end 20 % + 0,2 mm.

I IEC 60502-2 afsnit 14.3 er der opstillet krav til tykkelsen, og det må anbefales at følge disse retningslinjer. I IEC 60502-2 beregnes den nominelle kappetykkelse ved hjælp af følgende formel:

$$t_{\text{kappe}} = 0,035 \cdot D + 1,0 \text{ mm}$$

hvor D er den fiktive kabeldiameter umiddelbart under kappen, dvs. inkl. skærm og eventuelle andre beklinger. Begrebet "fiktiv diameter" er defineret i Annex A i IEC 60502-2. Der er tale om en værdi beregnet ud fra de nominelle værdier for lederdiameter, lagtykkelser m.m., således at den er uafhængig af små variationer i produktionsprocessen. Værdien benyttes kun til beregning af kappetykkelser o.l.

Den beregnede værdi afrundes til nærmeste 0,1 mm. Dog skal tykkelsen altid være større end 1,4 mm for 1-leder-kabler og 1,8 mm for 3-leder-kabler.

Det skal bemærkes, at hvis man aftaler med fabrikanten, at kablet skal fremstilles med en reduceret isolationstykkelse, så vil det normalt også medføre, at kappetykkelsen reduceres. Man må derfor i så tilfælde overveje, om man bør aftale uændret kappetykkelse, selv om kablets dimensioner formindskes.

Et eventuelt ydre halvledende lag har ikke samme mekaniske styrke som en ren PE-kappe og må derfor lægges uden på en kappe af normal tykkelse.

#### 4.9 Armering

Til specielle anvendelser kan det være hensigtsmæssigt at forsyne kablet med en armering. Armering anvendes dog primært til søkabler.

Ved specifikation af armeringen kan man anvende IEC 60502-2 afsnit 13.

#### 4.10 Mærkning

I den nuværende udgave af HD 620 er der et fælles krav om mærkning af kablet med fabrikantens navn eller varemærke enten

- trykt på et bånd inde i kablet eller
- trykt, præget eller fremhævet på kablets ydre overflade.

Øvrig mærkning beskrives for hver af de enkelte konstruktioner. Afstanden mellem slutningen af en del af et mærke (f.eks. fabrikantravnet) og begyndelsen af samme del i det næste mærke må højst være 275 mm, hvis mærkningen findes på et bånd i kablet, og 550 mm, hvis den findes uden på kablet.

Det kræves desuden, at mærkningen skal være holdbar og læselig. Ved trykt mærkning skal der anvendes en kontrastfarve.

Fælles krav til øvrig mærkning har været under overvejelse i mange år, men der ser indtil videre ikke ud til at være mulighed for at nå til enighed om fælles europæiske krav til mærkningen.

Det er derfor op til brugeren at specificere, hvilken mærkning kablet skal være forsynet med. Man kan i den forbindelse tage udgangspunkt i den mærkning, der er anvendt på danske kabelkonstruktioner, og som er gengivet i bilag 1.

For triplex-kabler skal det specielt overvejes, om man ønsker fasemærkning på kablet. Det kan være en fordel, men kan også besværliggøre sammenmufningen (krydsende muffer, hvis de to kabelender ikke er vendt ens).

Kabelmærkningen skal være et led i det system, der sikrer sporbarhed i kabelproduktionen, således at man i tilfælde af konstaterede fejl på et kabel forholdsvis enkelt kan finde ud af, om denne fejl også er sandsynlig for andre kabellængder, hvad enten de er i drift eller på lager. Brugeren bør derfor spørge leverandøren om, hvilke oplysninger det er nødvendigt at have, enten i form af mærkning af kablet eller på anden måde, for at sikre denne sporbarhed. Normalt er f.eks. tromlenummeret vigtigt at registrere for hver kabelstrækning.

## **5. 10-30 KV KABLER TIL SPECIELLE ANVENDELSER**

10-30 kV kabelkonstruktioner med specielle brandegenskaber er beskrevet i HD 622. Brandhæmmede kabler skal ifølge Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 2, 5.2.9 anvendes, når kablerne fremføres i bygninger uden for stationsrum, og ifølge afsnit 2, 7.6.3 hvor det i øvrigt skønnes nødvendigt for at reducere spredningen af brand.

HD 622 omfatter både halogenholdige og halogenfrie mellemspændingskabler. I de danske kabelkonstruktioner anvendes kun halogenfrie materialer. Disse konstruktioner er beskrevet i HD 622 part 4-A.

Overvejelserne i forbindelse med specifikationen af et kabel til speciel anvendelse er på mange punkter de samme som i afsnit 4 for jordkabler, og der er derfor i det følgende flere steder henvist til de tilsvarende underpunkter i afsnit 4.

### **5.1 Leder**

Brugeren skal specificere ledermateriale, ledertype og ledertværsnit på samme måde som beskrevet i afsnit 4.1.

Langsgående vandtæthed af lederen er mulig, men vil ofte være overflødig, da risikoen for vandindtrængning er begrænset i højspændingstransformerstationer og kraftværker, hvor disse kabler normalt anvendes.

### **5.2 Lederskærm**

Der bør kun anvendes konstruktioner med en ekstruderet halvledende lederskærm.

I danske kabelkonstruktioner er tykkelsen af den ekstruderede lederskærm som angivet i afsnit 4.2.

### **5.3 Isolation**

I HD 622 findes kabelkonstruktioner med andre isolationsmaterialer end PEX, men det må dog som for kabler til nedlæggelse i jord anbefales at vælge PEX som isolationsmateriale og i øvrigt følge anbefalingerne i afsnit 4.3

### **5.4 Isolationsskærm**

Der bør kun anvendes konstruktioner med ekstruderet isolationsskærm, da man både i Danmark og andre lande har dårlige erfaringer med anvendelse af grafiteret isolationsskærm.

I de danske kabelkonstruktioner anvendes normalt stripbar isolationsskærm, men kabler med runde ledere kan også leveres med fastvulkaniseret isolationsskærm, hvis det ønskes. Det anbefales at vælge stripbar isolationsskærm til sektorformede ledere, da det letter montagen af kabeltilbehøret. For runde ledere findes velegnet værktøj til fjernelse af en fastvulkaniseret isolationsskærm.

#### 5.5 Metallisk skærm

Der henvises til afsnit 4.5.

#### 5.6 Langsgående vandtæthed i skærmområdet og mellem kabelårenerne

Brugeren skal tage stilling til, om kablet skal være langsgående vandtæt, og den praktiske udførelse af vandtætningen skal i givet fald aftales med kabelleverandøren. Ligesom for langsgående vandtæthed af lederen gælder, at risikoen for vandindtrængning oftest er begrænset ved de specielle anvendelser, hvorfor vandtæthed sjældent vil være nødvendig.

#### 5.7 Radial vandtæthed af kablet

Brugeren skal ligeledes tage stilling til, om kablet skal beskyttes mod vandindtrængning gennem den ubeskadigede kabelkappe. En kappe af plastmateriale giver ikke en fuldstændig beskyttelse, idet vand vil kunne diffundere ind gennem kappen.

Vandtæthed kan opnås ved hjælp af Al- eller Cu-folie, der er lamineret til kabelkappen. Blykappe er ikke tilladt på nye kabler til spændinger under 24 kV og anbefales ikke længere anvendt på 30 kV.

#### 5.8 Kabelkappe

##### Materiale:

Det yderste lag skal være ekstruderet og kan bestå af flere lag.

I danske kabelkonstruktioner anvendes halogenfrie, brandhæmmede materialer, hvilket må anbefales. Et alternativt materiale som PVC udvikler således saltsyre ved brand, hvilket kan give store skader på andre bygningsdele og installationer.

##### Farve og tykkelse:

Se afsnit 4.8.

#### 5.9 Armering

Armering er normalt ikke relevant til disse anvendelser.

#### 5.10 Mærkning

Se afsnit 4.10.

## 6. AFPRØVNING AF 10-30 KV KABLER

For de enkelte kabelkonstruktioner er der i HD 620 og HD 622 angivet detaljerede oversigter over

- Rutineprøver, som udføres på alle kabler, inden de leveres til kunden.
- Stikprøver som udføres på nogle af kabellængderne
- Typeprøver (elektriske og ikke-elektriske tests), som udføres på 1 (evt. 2) prøveemner, idet langtidstests dog foregår på et antal separate kabellængder.

I Bilag 2 er der givet en oversigt over de prøver, der udføres på danske kabelkonstruktioner. I tabellen er der for de enkelte prøver angivet, om den foretages som rutineprøve (R), stikprøve (S) eller typeprøve (T).

##### Langtidstest

Den langtidstest, der er beskrevet i HD 605 afsnit 5.4.15, er den harmoniserede langtidstest, som foregår i vand ved  $40 \pm 5^\circ\text{C}$  og ved en fasespænding på  $3 \cdot U_0$ . For et kabel med mærkespænding 6/10 (12) kV svarer  $3 \cdot U_0$  til 18 kV fasespænding. Varigheden af testen er i alt 2 år.

I HD 605 er kun selve langtidstesten beskrevet, mens beståelseskriterierne står i de enkelte konstruktionsafsnit i HD 620 og HD 622. Ved testen måles gennemslagsspændingen for 6 kabellængder efter 2 års ældning, og gennemslagsfeltstyrken,  $E_g$ , (ved leder-skærmen) bør mindst opfylde følgende krav:

Enten:  $E_g \geq 18 \text{ kV/mm}$  for alle 6 længder

Eller:  $E_g \geq 14 \text{ kV/mm}$  for alle 6 længder,  
 $E_g \geq 18 \text{ kV/mm}$  for mindst 4 længder, og  
 $E_g \geq 22 \text{ kV/mm}$  for mindst 2 længder

Langtidstesten udføres på et 10, 15 eller 20 kV kabel med normal isolationstykkelse og med et ledertværsnit på mellem 95 mm<sup>2</sup> og 400 mm<sup>2</sup>. Er langtidstesten bestået for et sådant kabel, gælder den for alle kabler af samme konstruktion i spændingsområdet fra 3,6/6 (7,2) kV til 20,8/36 (42) kV og for alle ledertværsnit.

## 7. STANDARDS FOR 50-60 KV KABLER

Kablers mærkespænding angives som en kombination af tre spændinger:  $U_0/U$  ( $U_m$ ), f.eks. 38/66 (72,5) kV, hvor

- $U_0$  er spændingen mellem fase og jord (tilnærmet værdi)
- $U$  er spændingen mellem to faser i kabelsystemet
- $U_m$  er den maksimale spænding mellem to faser, ved hvilken kablet kan anvendes.

Som nævnt i afsnit 3 er det i denne rekommandation valgt at anvende den normale driftsspænding,  $U$ , til at angive det spændingsniveau, kablet er konstrueret til.

Der er ikke nogen standardspænding, der svarer helt til de danske spændingsniveauer på hhv. 50 og 60 kV. Det er derfor i praksis kabler med  $U_m=72,5$  kV, der anvendes.

I det følgende anvendes betegnelsen 50-60 kV kabler for kabler med en maksimal driftsspænding  $U_m=72,5$  kV.

*Tabel 8. Harmoniseringsdokumenter og standarder for 50-60 kV kabler og kabeltilbehør*

Dokument	Titel (forkortet)
IEC 60183	Vejledning i valg af højspændingskabler
IEC 60840	Kabler med ekstruderet isolation og tilbehør hertil for mærkespændinger over 30 kV og op til 150 kV
HD 605 S2	Elektriske kabler - Supplerende testmetoder
HD 632 S2	Kabler med ekstruderet isolation og tilbehør hertil for mærkespændinger over 36 kV og op til 150 kV
EN 60228	Ledere i isolerede kabler

Standarderne for 50-60 kV kabler adskiller sig fra harmoniseringsdokumenterne for mellemspændingskabler ved kun at angive de prøver, kablet skal gennemgå.

I modsætning til, hvad der er tilfældet for 10-30 kV kabler, er det på spændingsniveauet 50-60 kV normalt IEC-standard (IEC 60840) og ikke harmoniseringsdokumentet (HD 632), der benyttes ved kabelspecifikationen. Første afsnit i HD 632 er på mange punkter identisk med IEC 60840, da afsnittet er identisk med den tidligere version af IEC 60840 version 3. Opmærksomheden skal dog rettes mod, at den nye version 4 af IEC 60840 afviger fra gældende afsnit 1 i HD 632.

## 8. 50-60 KV KABLER TIL NORMAL ANVENDELSE (NEDLÆGNING I JORD)

### 8.1 Leder

For kablets leder gælder, at den skal overholde kravene i EN 60228. EN 60228 specificerer bl.a. kravene til materialets ledningsevne og til opbygningen af flertrådede ledere.

Brugeren skal specificere følgende punkter:

**Ledermateriale:**

Aluminium (Al) eller kobber (Cu).

**Lederform:**

Rund massiv eller flertrådet leder.

**Ledertværsnit:**

Tværsnittet skal vælges blandt de i EN 60228 angivne muligheder. Det kan dog anbefales at begrænse sig til færre muligheder, udvalgt blandt følgende værdier:

150, 240, 300, 400, 500, 630 og 800 mm<sup>2</sup>.

Skulle denne tværsnitsrække ikke være tilstrækkelig, er der i EN 60228 medtaget yderligere en række tværsnit, og for flertrådede ledere går tværsnitsrækken helt op til 2000 mm<sup>2</sup>. Der vil dog i disse tilfælde som regel være tale om specialprodukter.

#### **Langsgående vandtæthed:**

For flertrådede ledere skal det overvejes, om lederen skal være langsgående vandtæt. Vand i lederområdet vil trænge ud i isolationen og kan her være medvirkende til dannelsen af vandtræer. Denne nedbrydning af isolationen sker over en årrække.

Er lederen vandtæt, vil der i tilfælde af kabelfejl, hvor lederen bliver blotlagt, kun kunne ske en meget begrænset indtrængning af vand i lederområdet. For et kabel, der ikke er langsgående vandtæt, kan det være nødvendigt at udskifte den del af kablet, der har fået vand i lederområdet, hvis man vil forhindre den hurtigere ældning af isolationen.

### **8.2 Lederskærm**

I IEC 60840 og HD 632 er det taget som givet, at der anvendes ekstruderet lederskærm. Der stilles ikke krav til tykkelsen, men som retningslinje kan nævnes, at tykkelsen af lederskærmen i danske kabelkonstruktioner er 0,7 mm for ledertværsnit i intervallet 150-800 mm<sup>2</sup>.

Derimod stilles der krav til lederskærmens resistivitet ved den maksimale ledertemperatur (90 °C), idet den ikke må overstige 1000 Ωm, hverken før eller efter ældning af prøvemnet ved 100 °C i 7 døgn.

### **8.3 Isolation**

#### **Materiale:**

I både HD 632 og IEC 60840 er der åbnet op for anvendelse af andre ekstruderede isolationsmaterialer end PEX. I Danmark er der indtil videre kun erfaring med anvendelse af PEX-isolation, hvorfor de øvrige materialer ikke vil blive omtalt nærmere.

Copolymer anvendes i dag ikke i kabler til spændinger over 36 kV.

#### **Vulkaniseringsmetode:**

For 50-60 kV PEX-kabler anvendes udelukkende peroxid-tværbinding.

#### **Tykkelse:**

Isolationslagets nominelle tykkelse er ikke specificeret i standarderne for 50-60 kV kabler. IEC 60840 stiller kun krav om, at minimumstykkelser målt på et tværsnit af kablet skal være mindst 90 % af den nominelle tykkelse, og at forskellen mellem den maksimale og minimale tykkelse i tværsnittet højst må være 15 % af den maksimale tykkelse. Tabel 9 viser de isolationstykkelser, der er anvendt i 50-60 kV kabler fremstillet i Danmark.

*Tabel 9. Isolationstykkelser i danskproducerede 50-60 kV kabler*

Ledertværsnit, mm <sup>2</sup>	150	240	300	400	500	630	800
Isolationstykkelser, mm	14,0	12,2	11,5	11,3	11,0	10,2	10,0

Udviklingen i materialer og produktionsteknik har bevirket, at også kabler med mindre isolationstykkelser end angivet i tabellen vil kunne klare de prøver, der er krævet i HD 632 og IEC 60840.

Det er derfor muligt at aftale med fabrikanten, at kablet fremstilles med en reduceret isolationstykkelser, men brugeren må i så tilfælde være indstillet på, at kablets levetid reduceres, specielt hvis kablet ikke er radiale vandtæt.

I ny udgave af IEC 60840 (2. udgave) fra 2011 er der indført en såkaldt prækvalifikations-test for kabelsystemer, som skal kompensere for den manglende driftserfaringer med kabler og kabeltilbehør med reduceret isolationstykkelser og dermed evt. højere elektriske felter ved leder (> 8 kV/mm) og/eller isolationsskærm (>4 kV/mm). Det må anbefales ikke at købe kabler med reduceret isolationstykkelser, medmindre der foreligger dokumentation for, at typeprøven og prækvalifikationstesten er bestået med denne isolationstykkelser. Det samme gør sig gældende for det kabeltilbehør, der skal anvendes sammen med kablet.

#### 8.4 Isolationsskærm

Også for isolationsskærmens vedkommende er det i IEC 60840 og HD 632 taget som givet, at den er ekstruderet. Der stilles ikke krav til tykkelsen, men som retningslinje kan nævnes, at tykkelsen af isolationsskærmen i danske kabelkonstruktioner er 1 mm for ledertværsnit i intervallet 150-800 mm<sup>2</sup>.

Derimod stilles der krav til isolationsskærmens resistivitet ved den maksimale ledertemperatur (90 °C), idet den ikke må overstige 500 Ωm, hverken før eller efter ældning af prøveemnet ved 100 °C i 7 døgn.

#### 8.5 Metallisk skærm

Kablet skal være forsynet med en metallisk skærm, lagt uden på den halvledende isolationsskærm, evt. med et beskyttende mellemlag af f.eks. kulpapir.

Skærmkonstruktion og -tværsnit kan variere. I danskfremstillede 50-60 kV kabler består den af spiralviklede kobbertråde med en modspiral af kobberbånd, og tværsnit og resistans er som angivet i tabel 10.

Tabel 10. Tværsnit og resistans af metallisk skærm i 50-60 kV kabler fremstillet i Danmark.

Leder Tværsnit mm <sup>2</sup>	Metallisk skærm	
	Nominelt tværsnit (kobber) mm <sup>2</sup>	Maksimal resistans ved 20°C Ω/km
150	25	0,727
240	35	0,524
300	35	0,524
400	50	0,387
500	50	0,387
630	50	0,387
800	50	0,387

Er kablet forsynet med en radial vandtætning bestående af aluminiumsfolie, lamineret til kappen, vil aluminiumsfolien også virke som metallisk skærm, men det anbefales at se bort fra dette ved dimensioneringen af kobberskærmen.

Standardtværsnittene i tabel 10 vil i de fleste tilfælde være tilstrækkelige, men man skal være opmærksom på, at der i dele af nettet med høj kortslutningseffekt er en risiko for ødelæggelse af kablet, hvis der indtræffer en dobbelt jordslutning med kort afstand mellem fejlstederne. Det skal understreges, at der er tale om det værst tænkelige tilfælde af en dobbelt jordslutning, og at der kun er en lille risiko for, at det vil forekomme i kablets levetid.

Ved beregning af den maksimalt forekommende skærmstrøm ved en dobbelt jordslutning når man frem til, at skærmtværsnittene i tabel 11 kan være nødvendige for at gøre kablerne kortslutningssikre med en given transformerstørrelse i den indfødende station [Ref. 2]. Kortslutningsspændingerne for transformerne er sat til 12 %. Er der flere transformere i parallel, er det den samlede transformereffekt, der er afgørende for skærmtværsnittet. Fejltiden er sat til 0,6 sekund, hvilket er en konservativ værdi, der tillader et relæsvigt i den første beskyttelse af kablet.

Tabel 11. Maksimalt nødvendige kobberskærmtværsnit ved 50-60 kV. Der er regnet med en fejltime på 0,6 sekund og en maksimal strømtæthed i skærmen på 258 A/mm<sup>2</sup> (svarende til en maksimal skærmtemperatur på 300 °C)

Transformerstørrelse, MVA	63	80	100	125	160	200	
Skærmtværsnit, mm <sup>2</sup>	50 kV	18	23	29	37	47	59
	60 kV	15	19	24	30	39	48

Uden om skærmen og/eller mellem skærmtrådene kan være indlagt forskellige fyldmaterialer eller beviklinger. Det eneste, brugeren skal tage stilling til i den forbindelse, er graden af vandtæthed, som diskuteres i de følgende underafsnit.

## 8.6 Langsgående vand-tæt-hed i skærmområdet

Brugeren skal specificere, om kablet skal være langsgående vandtæt, og den praktiske udførelse af vandtætningen skal aftales med kabelleverandøren. Der kan være tale om anvendelse af kvældbånd, kvældpulver, ekstruderet komponent eller en kombination heraf.

På samme måde som for vandtæthed af lederen, er den langsgående vandtæthed i skærmområdet primært af værdi i forbindelse med beskadigelse af kablet, hvor indtrængning af vand og forureninger vil blive stærkt begrænset i et langsgående vandtæt kabel.

## 8.7 Radial vandtæthed af kablet

Brugeren skal ligeledes tage stilling til, om kablet skal beskyttes mod vandindtrængning gennem den ubeskadigede kabelkappe. En kappe af plastmateriale giver ikke en fuldstændig beskyttelse, idet vand vil diffundere ind gennem kappen.

IEC 60840 anbefaler radial vandtætning, og vandtætning vil være et naturligt valg i meget våde områder, men i øvrigt må brugeren vurdere, om merinvesteringen i radial vandtætning vil være lønsom. Store graveomkostninger kan tale for at vælge et radiale vandtæt kabel og dermed længst mulig levetid.

Vandtæthed kan opnås ved hjælp af Al-folie, der er lamineret til kabelkappen eller ved hjælp af en skærm af korrugeret aluminium. Vandtætning ved hjælp af en blykappe er ikke tilladt for 50-60 kV kabler.

Hvis kablet er forsynet med en glat eller korrugeret aluminiumsskærm, må minimumstykkelsen ikke afvige mere fra den nominelle værdi end:

- 10 % + 0,1 mm for glat aluminiumsfolie
- 15 % + 0,1 mm for korrugeret aluminiumsskærm

## 8.8 Kabelkappe

### Materiale:

PE-kapper fremstillet af HDPE bør foretrækkes.

Halvledende lag yderst på kappen kan specificeres, hvis det ønskes af hensyn til kvalitetssikringen af nedlægningen. Efter nedlægningen har det halvledende lag normalt ingen praktisk betydning.

### Farve:

Kappen bør i henhold til anbefalingen fra Dansk Ledningsejerforum, se afsnit 2.5, så vidt mulig være rød.

Kapper forsynet med et halvledende lag kan ikke fås i andre farver end sort.

### Tykkelse:

Hverken HD 632 eller IEC 60840 stiller krav til den nominelle tykkelse af kappen, men kræver kun, at minimumsværdien af tykkelsen ikke afviger mere fra den nominelle værdi end 15 % + 0,1 mm.

Hvis kappen ligger uden på en glat overflade (f.eks. et Al-folielag), må middelværdien af kappetykkelsen, afrundet til nærmeste tiendedel mm, ikke være mindre end den nominelle tykkelse.

IEC 60502-2 afsnit 14.3 er der opstillet krav til tykkelsen af kappen på 1-30 kV kabler, og disse retningslinjer kan også anvendes på højere spændingsniveauer. I IEC 60502-2 beregnes den nominelle kappetykkelse ved hjælp af følgende formel:

$$t_{\text{kappe}} = 0,035 \cdot D + 1,0 \text{ mm}$$

hvor D er den fiktive kabel diameter umiddelbart under kappen, dvs. inkl. skærm og eventuelle andre beviklinger. Begrebet "fiktiv diameter" er defineret i Annex A i IEC 60502-2. Der er tale om en værdi beregnet ud fra de nominelle værdier for leder diameter, lagtykkelser m.m., således at den er uafhængig af små variationer i produktionsprocessen. Værdien benyttes kun til beregning af kappetykkelser o.l.

Den beregnede værdi afrundes til nærmeste 0,1 mm.

Det skal bemærkes, at hvis man aftaler med fabrikanten, at kablet skal fremstilles med en reduceret isolationstykkelse, så vil det normalt også medføre, at kappetykkelsen reduceres. Man må derfor i så tilfælde overveje, om man bør aftale uændret kappetykkelse, selv om kablets dimensioner formindskes.

Et eventuelt ydre halvledende lag har ikke samme mekaniske styrke som en ren PE-kappe og må derfor lægges uden på en kappe af normal tykkelse.

### 8.9 Armering

Til specielle anvendelser kan det være hensigtsmæssigt at forsyne kablet med en armering. Armering anvendes dog primært til søkabler.

Ved specifikation af armeringen kan man anvende IEC 60502-2 afsnit 13.

### 8.10 Mærkning

IEC 60840 og HD 632 indeholder ingen krav om mærkning af kablet.

Hvis brugeren ønsker anden mærkning end den, fabrikanten eventuelt påfører som standard, er det derfor op til brugeren at specificere, hvilken mærkning kablet skal være forsynet med. Man kan i den forbindelse tage udgangspunkt i den mærkning, der er anvendt på danske 10-30 kV kabelkonstruktioner, og som er gengivet i bilag 1.

Kabelmærkningen skal være et led i det system, der sikrer sporbarhed i kabelproduktionen, således at man i tilfælde af konstaterede fejl på et kabel forholdsvis enkelt kan finde ud af, om denne fejl også er sandsynlig for andre kabellængder, hvad enten de er i drift eller på lager. Brugeren bør derfor spørge leverandøren om, hvilke oplysninger det er nødvendigt at have, enten i form af mærkning af kablet eller på anden måde, for at sikre denne sporbarhed. Normalt er f.eks. tromlenummeret vigtigt at registrere for hver kabelstrækning.

## 9. AFPRØVNING AF 50-60 KV KABLER

I tabel 12 er der givet en oversigt over de prøver, der i IEC 60840 er krævet for kablet:

- Rutineprøver (R), som udføres på alle kabler, inden de leveres til kunden.
- Stikprøver (S), som udføres på nogle af kabellængderne.
- Typeprøver (T), som omfatter elektriske og ikke-elektriske tests, udført på 1 (evt. 2) prøveemner.

For 50-60 kV kabler findes der indtil videre ikke nogen obligatorisk langtidstest udover, at der i gældende version IEC 60840 er indført en prækvalifikationstest af kabelsystemer, som omtales herunder.

### Præ-kvalifikationstest af kabelsystem

IEC 60840 afsnit 13 indfører en præ-kvalifikationstest for et kabelsystem (både kabel og kabeltilbehør). Præ-kvalifikationstesten skal som udgangspunkt udføres, når det elektriske felt ved lederskærmen er større end eller lig 8 kV/mm, og/eller det elektriske felt ved isolationsskærmen er større end eller lig 4 kV/mm. Undtagelser, hvor en præ-kvalifikationstest eller fuld præ-kvalifikationstest ikke er påkrævet, fremgår af IEC 60840. Præ-kvalifikationstesten kan f.eks. tænkes at skulle udføres ved reducerede isolations-tykkelser, hvor det elektriske felt i kabelisolationen øges.

Tabel 12. Oversigt over de enkeltprøver, der indgår i henholdsvis rutineprøver (R), stikprøver (S) og typeprøver (T) efter IEC 60840

Elektriske tests	Test-Kategori	Testmetode beskrevet i	
		Norm	Afsnit
Resistivitet af leder- og isolationsskærm før og efter ældning	T	IEC 60840	12.4.9 og Annex D
Modstand i leder og metallisk skærm	S	IEC 60840	10.5
Bøjeprobe	T	IEC 60840	12.4.3
Måling af $\tan \delta$	T	IEC 60840	12.4.5
Spændingsprøve med varmecykler	T	IEC 60840	12.4.6
Måling af partielle udladninger (PD-måling) ved omgivelsestemperatur og ved høj temperatur	R T	IEC 60840 IEC 60840 IEC 60855-3	9.2 12.4.4
Spændingsprøve	R	IEC 60840	9.3
Stødspændingsprøve efter fulgt af netfrekvent holdespændingstest	T	IEC 60840	12.4.7
Stødspændingsprøve for kabler med et E-felt ved lederskærmen større end 8	S	IEC 60840	10.12

Elektriske tests	Test-Kategori	Testmetode beskrevet i	
		Norm	Afsnit
kV/mm			
Efter bøjeprobe, PD-måling, tan $\delta$ -måling, spændingsprøvning med varmecycle samt stødspændingstest foretages visuel inspektion for skader, eller ændringer, der kunne påvirke kablet under drift.	T	IEC 60840	12.4.8
Kappeprøve (efter aftale med kunden)	R	EN 60229	3
Kapacitetsmåling	S	IEC 60840	10.10
<b>Konstruktion og dimensioner</b>			
Visuel inspektion af leder	T,S	IEC 60840	10.4
Tykkelse af isolation, kappe og eventuel aluminiumsfolie- eller blykappe	T,S	IEC 60840	10.6 og 10.7
Diameter af kabelåre og /eller af færdigt kabel (efter aftale)	S	IEC 60840	10.8
<b>Mekaniske og fysiske tests</b>			
<b>Isolation</b>			
a. Trækstyrke og brudforlængelse, udgangsværdier	T	IEC 60840	12.5.2
b. Trækstyrke og brudforlængelse efter ældning i varmluftsovn (168 timer ved 135°C)	T	IEC 60840	12.5.2
c. Hot set test (deformation ved træk-påvirkning ved 200°C)	T,S	IEC 60840	10.9
d. Tilbagetrækning af isolation (6 timer ved 130°C)	T	IEC 60840	12.5.16
<b>Kabelkappe</b>			
a. Trækstyrke og brudforlængelse, udgangsværdier	T	IEC 60840	12.5.3
b. Trækstyrke og brudforlængelse efter ældning i varmluftsovn (240 timer ved 110°C)	T	IEC 60840	12.5.3
c. Trykprøve ved høj temperatur	T	IEC 60840	12.5.6
e. Strækning af PVC-kappemateriale ved lav temperatur	T	IEC 60840	12.5.7
f. Måling af vægttab (kun for PVC-kappe)	T	IEC 60840	12.5.5
g. Varmechoktest (kun for PVC-kappe)	T	IEC 60840	12.5.8
h. Måling af kønrøgsindhold i sorte PE-kapper	T	IEC 60811-4-1	11
i. Tilbagetrækning af PE-kappe (5 x 5 timer ved 80 °C)	T	IEC 60840	12.5.17
j. For kabler med lamineret metalfolie: test af vedhæftning og limning i overlap	T,S	IEC 60840	12.5.15 og Annex G
<b>Tests på færdigt kabel</b>			
Forligelighedstest (kontrol af materialers påvirkning af hinanden under ældning)	T	IEC 60840	12.5.4
Måling af vandindtrængning i leder eller kabel (kun efter aftale med kunden)	T,S	IEC 60840	12.5.14 og Annex F

## 10. KRAV TIL LEVERANDØR

I dette afsnit gives anbefalinger til, hvad man bør undersøge eller sikre sig i forbindelse med valget af leverandør af 10-60 kV kabler.

Ved indkøb af kabler efter EU's udbudsregler må det anbefales at vælge udbud med forhandling, da denne udbudsform giver mulighed for gennem en prækvalifikation at udvælge et begrænset antal leverandører til at give tilbud og for at forhandle grundlæggende elementer i tilbuddene med tilbudsgiverne.

Prækvalifikationen af mulige udbydere sker ud fra opstillede kriterier, som ikke behøver at begrænse sig til det rent tekniske. I udvælgelseskriterierne kan bl.a. følgende forhold indgå:

### **Sprog**

For at undgå misforståelser ved montage og efterfølgende drift bør manualer, beskrivelser og vejledninger foreligge på dansk.

### **Dansk repræsentation og evt. lager**

Det letter kommunikationen med leverandøren, hvis firmaet er repræsenteret i Danmark. Leveringstiden på reservedele afkortes også betydeligt, hvis der er reservedelslager i Danmark.

### **Hurtig service**

Hvis service skal leveres fra udlandet, er det vigtigt at aftale en maksimal ventetid på service og reservedele.

### **Teknisk bistand**

Der bør være mulighed for at få teknisk bistand, f.eks. til uddannelse af montører, og helst på dansk.

### **Produktionssted og –kapacitet**

Kender man ikke på forhånd leverandøren/fabrikanten, er det vigtigt, at man besøger produktionsstedet for at danne sig et førstehåndsindtryk af fabrikken. Det, man skal være opmærksom på, er,

- Hvilken produktionslinje skal anvendes til at producere det tilbudte kabel?
- Hvilken ekstruderingsform anvendes (tandem- eller tripelekstrudering)?
- Hvordan håndteres materialerne, og hvordan undgås forurening af isolationen?
- Hvor stor er produktionskapaciteten. Kan der blive leveringsproblemer, hvis der er tale om en større ordre?

### **Dokumentation af beståede prøver**

Man skal kræve dokumentation for, at det tilbudte kabel har bestået en typeprøve, for 10-30 kV kabler desuden en langtidstest og hvis påkrævet for 50 – 60 kV kabel prækvalifikationstesten i IEC 60840. Det skal specielt sikres, at det testede kabel er fremstillet på samme produktionslinje, som vil blive benyttet til det tilbudte kabel.

### **Kvalitetssikringssystem, herunder sporbarhed**

Kvalitetssikringssystemet bør dokumenteres af fabrikanten, og det skal specielt være tydeligt, hvordan sporbarheden sikres.

### **Materialespecifikationer**

Det bør være angivet af fabrikanten, hvilke materialer der anvendes til de vigtigste dele af konstruktionen (isolation, leder- og isolationsskærme samt kappe).

### **Praktiske forhold**

Blandt de mere praktiske forhold, der skal afklares, er tromlestørrelsen og kabellængden pr. tromle.

### **Leverandørens økonomiske forhold**

Man skal kunne have tillid til, at leverandøren vil kunne leve op til sine garantiforpligtelser. Har man ikke i forvejen et godt kendskab til leverandøren, bør man derfor kontrollere firmaets økonomiske soliditet.

### **Referencer i Danmark**

Det vil være en fordel, hvis leverandøren i forvejen har leveret til andre danske kunder, og man kan få lov til at kontakte disse kunder for at høre om deres erfaringer med leverandøren.

### **Miljøforhold**

Man bør sikre sig, at leverandøren har taget hensyn til miljøforhold ved valget af materialer, og at der ikke vil være problemer med bortskafning af kabelskrot.

### **Ret til kontrolbesøg**

Er der tale om en større ordre, hvor produktionen strækker sig over en længere periode, bør man sikre sig ret til at få oplyst, hvornår kablet produceres, og til at foretage kontrolbesøg på fabrikken under produktionen.

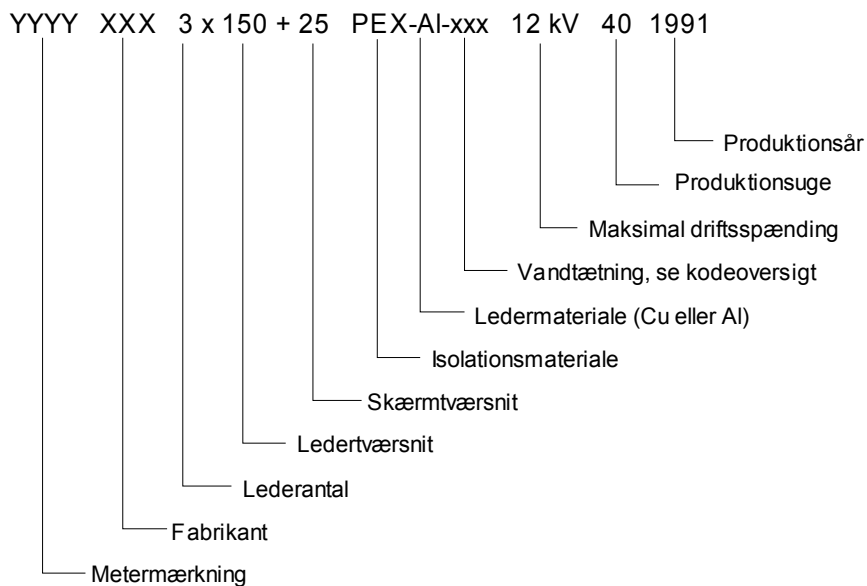
## 11. REFERENCER

1. *PEX-kabler til 6-36 kV net*, DEFU KR 67, marts 1985
2. *Kappeprøvning af 12 og 24 kV polymerkabler. Håndbog*, Dansk udgave af EFI TR A4578, DEFU, januar 1998.

## Bilag 1: Mærkning anvendt på danske kabelkonstruktioner

Den mærkning, der anvendes på danske kabelkonstruktioner i spændingsområdet 6-36 kV, er beskrevet i HD 620 S1, part 10 D, som er gengivet i det følgende.

Mærkningen skal enten være trykt i en kontrastfarve eller præget i relief. Mærkningen skal bestå af følgende elementer:



### Koder:

PEX:	Tværbundet polyethylen
-M:	Massiv rund leder
-S:	Massiv sektorformet leder
Ingen:	Flertrådet, komprimeret leder
-Cu / -Al	Ledermateriale
LT:	Langsgående vandtæt
RT:	Radialt vandtæt
LRT:	Langsgående og radialt vandtæt
CT:	Langsgående vandtæt i lederområdet
ST:	Langsgående vandtæt i skærmområdet
12 kV	Maksimal tilladelig driftsspænding

## Bilag 2: Afprøvning af 10-30 kV kabler

For de enkelte kabelkonstruktioner er der i HD 620 og HD 622 angivet detaljerede oversigter over

- a. Rutineprøver, som udføres på alle kabler, inden de leveres til kunden.
- b. Stikprøver som udføres på nogle af kabellængderne.
- c. Typeprøver (elektriske og ikke-elektriske tests), som udføres på 1 (evt. 2) prøveemner, idet langtidstests dog foregår på et antal separate kabellængder.

I tabel B2.1 er der givet en oversigt over de prøver, der udføres på danske kabelkonstruktioner. I tabellen er der for de enkelte prøver angivet, om den foretages som rutineprøve (R), stikprøve (S) eller typeprøve (T).

Tabel B2.1. Rutine- (R), stik- (S) og typeprøvning (T) af danske kabelkonstruktioner

Test	Kabler til normal anvendelse (HD 620)			Kabler til specielle anvendelser (HD 622)		
	Test-	Testmetode beskrevet i		Test-	Testmetode beskrevet i	
	kategori	Norm	kategori	kategori	Norm	Afsnit
<b>Elektriske tests</b>						
Modstand i leder	T, S	HD 605	3.1.1	S	HD 605	3.1.1
Modstand i skærm	T, S	HD 605	3.1.1	S	HD 605	3.1.1
Resistivitet af lederskærm	T	HD 605	3.9.3			
Resistivitet af isolationsskærm	T	HD 605	3.9.3	T, S	HD 605	3.9.1
Spændingsprøvning af ikke metallisk kappe	R	HD 605	3.2.3.1	R	HD 605	3.2.3.1
Spændingsprøvning af isolation	R	HD 605	3.2.1.1a og 3.2.1.2	R	HD 605	3.2.1.1a
Bøjeprøve	T	IEC 60502-2	18.1.3	T	IEC 502	16.1.4
Måling af partielle udladninger (PD-måling)	R, T	HD 605	3.10.2	R, T	HD 605	3.10.2
Måling af tan $\delta$	T	HD 605	3.11.1	T	HD 605	3.11.1
Spændingsprøve med varmecykler	T	HD 605	3.8.2	T	HD 605	3.8.2
Stødspændingsprøve efterfulgt af AC-prøve	T	HD 605	3.2.4.2	T	HD 605	3.2.4.2
Efter bøjeprøve, PD-måling, tan $\delta$ -måling og spændingsprøvning med varmecykler foretages visuel inspektion for brud på skærmskræmme eller beskadigelse af isolationsskærm	T			T		
Langtidstest	T	HD 605	5.4.15	T	HD 605	5.4.4
Kontrol af, at kapacitans mellem leder og metallisk skærm afviger mindre end 8 % fra nominel værdi	T, S			S		
<b>Konstruktion og dimensioner</b>						
Visuel inspektion af leder	T, S	EN 60228		S	EN 60228	
Tykkelse af lederskærm	T, S	HD 605	2.1.11.1	T, S	HD 605	2.1.11.1
Tykkelse af isolationsskærm	T, S	HD 605	2.1.11.1	T, S	HD 605	2.1.11.1
Isolationstykkelser	T, S	HD 605	2.1.11.1	T, S	HD 605	2.1.11.1
Uregelmæssigheder i isolation og ujævnheder i lederskærm	T, S	HD 605	2.1.10.2	T, S	HD 605	2.1.10.2
Ujævnheder i isolationsskærm	T, S	HD 605	2.1.10.2			
Visuel inspektion af ledermærkning	T, S			T, S		
Kabelkappe, tykkelse	T, S	HD 605	2.1.2	T, S	IEC 502	
Visuel inspektion af metallisk skærm				T		
Armering				T	IEC 502	11
Visuel kontrol af kabelmærkning	T, S			T, S		
<b>Mekaniske og fysiske tests</b>						
<b>Isolation</b>						
a. Trækstyrke og brudforlængelse, udgangsværdier	T	EN 60811-1-1	9.1	T, S	EN 60811-1-1	9.2
b. Trækstyrke og brudforlængelse efter ældning i varmluftsovn (168 timer ved 130°C)	T	EN 60811-1-3	8.1	T	EN 60811-1-2	8.1
c. Hot set test (deformation ved trækpåvirkning ved 200°C)	T, S	EN 60811-2-1	9	T, S	EN 60811-2-1	9.1
d. Tilbagetrækning af isolation (6 timer ved 130°C)	T	EN 60811-1-3	10	T	EN 60811-1-3	10
e. Vandoptagelse (emne i vand i 14 døgn ved 85 °C)					EN 60811-1-3	9

Test	Kabler til normal anvendelse (HD 620)			Kabler til specielle anvendelser (HD 622)		
	Test-	Testmetode beskrevet i		Test-	Testmetode beskrevet i	
	kategori	Norm	kategori	kategori	Norm	Afsnit
f. Isolationsskærmens vedhæftning til isolationen (kun for kabler med stripbar isolationsskærm)	T, S	HD 605	2.2.8.5	T,S	HD 605	2.2.8.5
<b>Kabelkappe</b>						
a. Trækstyrke og brudforlængelse, udgangsværdier	T	EN 60811-1-1	9.2	T, S	EN 60811-1-1	9.2
b. Trækstyrke og brudforlængelse efter ældning i varmluftsovn (168 timer ved 130°C)	T	EN 60811-1-2	8.1	T	EN 60811-1-2	8.1
c. Trykprøve ved høj temperatur	T	EN 60811-3-1	8.2	T	EN 60811-3-1	8.2, 8.2.4 og 8.2.5
d. Strækning af kappemateriale ved lav temperatur	T	EN 60811-1-4	8.4			
e. Måling af væggtab (kun for PVC-kappe)	T	EN 60811-3-2	8.2	T,S		
f. Varmehoktest (kun for PVC-kappe)	T	EN 60811-3-1	9.2	T	EN 60811-3-1	9.1
g. Overfladeresistivitet					HD 22	Part 1, 7
<b>Tests på færdigt kabel</b>						
Forligelighedstest (kontrol af materialers påvirkning af hinanden under ældning)	T	EN 60811-1-2	8.1.4	T	EN 60811-1-2	8.1
Måling af kappens slagstyrke ved -15°C	T	HD 605	2.4.8	T	HD 605 EN 60811-1-4	2.4.8 8.4
Måling af vandindtrængning i leder eller kabel (kun efter aftale med kunden)	T	IEC 60502-2	Annex F	T	HD 605	2.4.9.3.f
Brandprøvning				T	HD 605, HD 405.3	4.1.4 Kategori C
Røgdvikling				T	HD 606	
Udvikling af korrosive gasser ved brand				T, S	HD 602	

### Bilag 3 Tjekliste

Nedenfor er der givet en kortfattet oversigt over de vigtigste ting, man skal tage stilling til i forbindelse med indkøb af kabler, og der er henvist til de afsnit i re-kommandationen, hvor emnerne er beskrevet.

		10-30 kV kabler	50-60 kV kabler
<b>Udbudsform</b>	- Valg af udformningen af udbuddet i henhold til EUs udbudsdirektiv. Udbud med forhandling giver de bedste muligheder for at tilrette tilbuddene til brugerens ønsker.	1	1
<b>Kabelstandard</b>	- Valg af den kabelstandard, man vil benytte i udbuddet. - For HD 620, HD 622 eller HD 632 desuden valg af det afsnit, der beskriver den ønskede konstruktion, herunder specielt om det skal være 1-leder eller 3-lederkabel.	3 4 5	7
<b>Leder</b>	- Valg af ledermateriale, -form og -opbygning. - Langsgående vandtætning af flertrådet leder.	4.1 og 5.1	8.1
<b>Leder- og isolationsskærm</b>	- Skal være ekstruderet. - Stripbar isolationsskærm til sektorformede ledere.	4.4 og 5.4	8.4
<b>Isolation</b>	- Homopolymer (peroxid eller silan-tværbundet) til sektorformede ledere i 10-30 kV kabler. I 10-30 kV kabler med runde ledere kan også copolymer anvendes. - Peroxid-tværbundet homopolymer til 50-60 kV kabler. - Standard-isolationstykkelse eller reduceret isolationsstykkelse (med bestået typeprøve og for 10-30 kV også langtidstest).	2.2, 4.3 og 5.3  4.3 og 5.3	2.2 og 8.3  8.3
<b>Fremstillingsproces</b>	- Tripelekstrudering eller god beskyttelse mod forurening mellem to ekstruderhoveder. - Tørvulkanisering og/eller lavt vandindhold i færdigt kabel (under 500 ppm).	2.3  2.4	2.3  2.4
<b>Skærm</b>	- Overvejelse af, om standardtværsnit er tilstrækkelige. - Langsgående vandtætning i skærmområdet anbefales.	4.5 4.6	8.5
<b>Radial vandtætning</b>	- Vurdering af, om radial vandtætning kan være rentabel.	4.7	8.6
<b>Kappe</b>	- PE kappe anbefales. - Valg mellem MDPE og HDPE for 10-30 kV kabler. - Specielle kappematerialer for brandhæmmede kabler - Overvejelse af kappetykkelse, hvis der aftales reduceret isolationsstykkelse. - Specifikation af kappefarve. Rød anbefales. - Eventuelt halvledende lag yderst for at muliggøre kappetest inden nedlægning.	2.5 4.8 5.8  2.5 og 4.8 2.5 og 4.8 2.5 og 4.8	2.5 og 8.8  8.8 8.8 8.8
<b>Mærkning</b>	- Sikring af, at de nødvendige informationer er til rådighed via kabelmærkning og ledsagende information.	4.10 og 10	8.10 og 10
<b>Dokumentation for prøver</b>	- Skriftlig dokumentation af udførte typeprøver og langtidstest bør kræves. - Det afprøvede kabel skal være af samme konstruktion og fremstillet på samme produktionslinje som det tilbudte kabel.	10.  10	10  10
<b>Aftale om supplerende prøver</b>	- Angivelse af, hvilke supplerende prøver, man ønsker udført eller have dokumentation for (måling af vandindtrængning, håndterbarhedsmåling, kappeprøve etc.).	6 og bilag 1	9
<b>Kvalitetssikring</b>	- Kendskab til leverandørens/fabrikkens kvalitetssikringssystem nødvendigt. - Sporbarhed skal sikres. - Kontrolbesøg på fabrik skal være muligt.	10 10 10	10