



DESITEK A/S



Potentialudligning  
og fundamentsjord



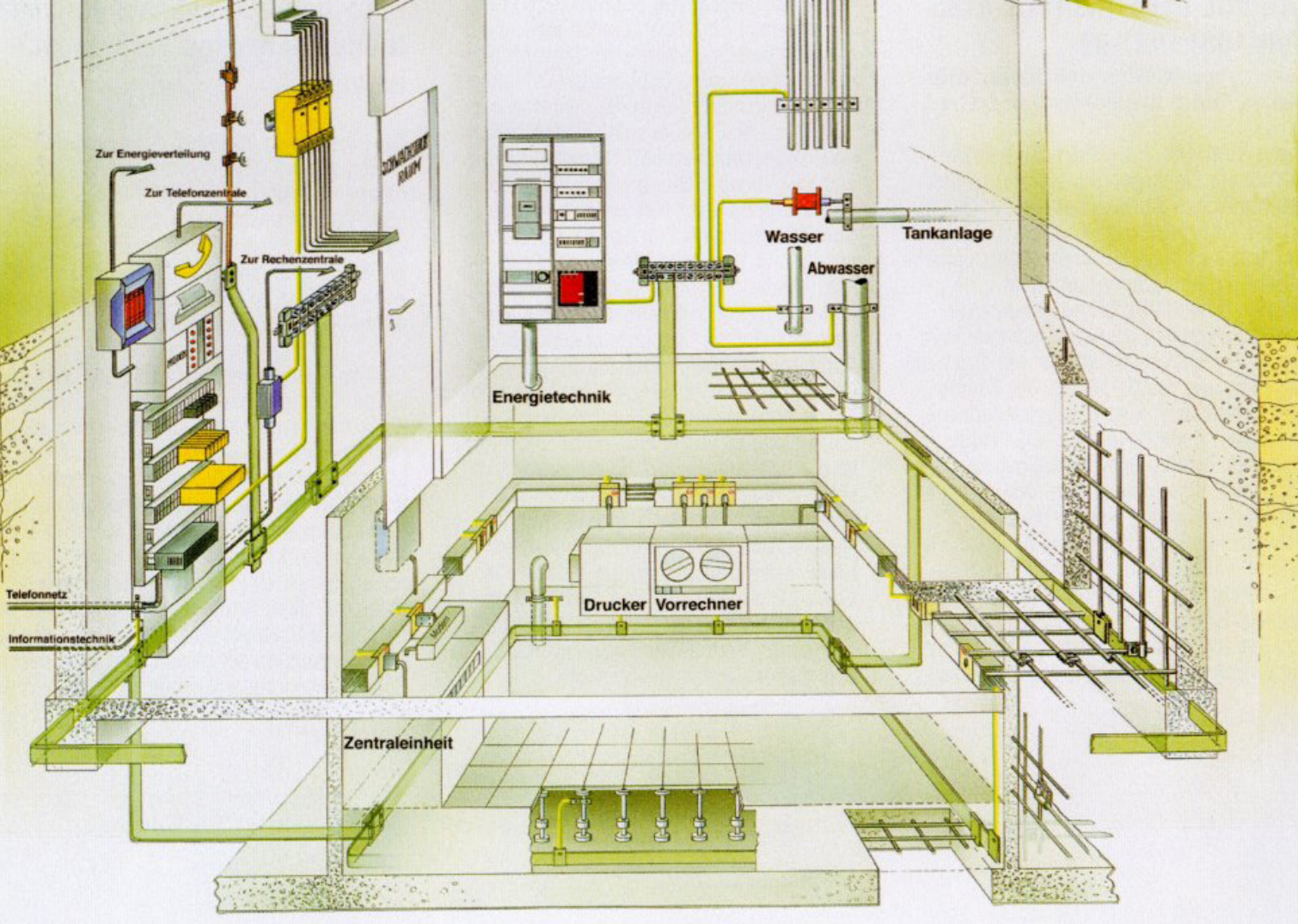
## Dette skrift omhandler:

Anvisninger, principper og materialer til POTENTIALUDLIGNING og FUNDAMENTSJORD, som en vigtig del af beskyttelse af mennesker og dyr mod elektrisk chok i overensstemmelse med Stærkstrømsbekendtgørelserne Afsnit 6 og Afsnit 2, samt for opnåelse af EMC i overensstemmelse med normerne IEC/EN/DS 62305-1 til del: 4, omhandlende beskyttelse mod virkningerne ved lyn.

De anviste produkter i dette skrift er kun et uddrag af DESITEKs omfattende produktprogram. For yderligere oplysninger, henvises til vore produktkataloger. Kataloger og datablade med tekniske specifikationer kan downloades fra [www.desitek.dk](http://www.desitek.dk).

## Indhold:

Beskyttelsesformål og virkning	s. 3
Udførelse af udligningsforbindelser	s. 4
Jordelektroder	s. 6
Generelt om Jordingsanlæg	s. 7
Udførelse af fundamentalsjord	s. 7
Korrosion	s. 8
Dimensionering	s. 10
Produkter til potentialudligning og fundamentjord	s. 11



Figur 1: EMC-lynbeskyttelseszoner i et anlæg med hovedcomputer.

## Beskyttelsesformål og virkning

**Udligningsforbindelser i henhold til Stærkstrømsbekendtgørelsen Afsnit 6 og Afsnit 2, samt i henhold til normserien; IEC/EN/DS 62305 - 1 til 4 der omfatter beskyttelse mod skader ved lyn.**

Udligningsforbindelser i en bygning og i en elinstallation er beskyttelsesledere, der sikrer potentialudligning, og de er dermed en del af den samlede beskyttelse af sikkerhedsgrunde Afsnit 6, kap. 13. Hovedudligningsforbindelser skal udføres i alle nye bygninger med installationer.

Det primære formål med udligningsforbindelser er at holde elektrisk ledende systemer på omtrent samme potentiale og dermed undgå farlige spændinger, der kan give elektrisk chok for mennesker eller dyr. Udligningsforbindelser/ potentialudligning er også et krav i mange andre sammenhænge, beskyttelse mod brand og eksplosionsfare, beskyttelse mod elektrisk støj, tilstræbe EMC, (ELEKTROMAGNETISK FORENELIGHED) i installationen. Ved de meget kraftige elektriske og elektromagnetiske påvirkninger f.eks. fra lynnedslag, er potentialudligning en forudsætning for beskyttelse både mod termiske og elektrodynamiske skader.

I stærkstrømsbekendtgørelsen opdeles kravene til udligningsforbindelserne i:

- Hovedudligningsforbindelser (Kap. 41, 413.1.2.1)
- Supplerende udligningsforbindelser (Kap. 41, 413.1.2.2)
- Potentialudligning i særlige områder (Del 7 og 8, 701, 702, 705, 711 samt 806)

Alle nye bygninger med elektriske installationer skal således have mindst et sæt hovedudligningsforbindelser, der skal forbinde følgende:

- Beskyttelsesledere.
- Jordleder eller hovedjordklemme.
- Jordingsanlæg for evt. lynbeskyttelse.
- Rørledninger, f.eks. for gas og vand.
- Varme- og ventilationssystemer.

Det anbefales endvidere at udligne gennemgående bygningsdele af metal (herunder armeringsjern i betonkonstruktioner, hvor det er praktisk muligt, f.eks. ved alle nye anlæg).

Det skal bemærkes, at ledende bygningskonstruktioner kan udgøre en særlig risiko pga. naturlig lav overgangsmodstand til jord, og bør derfor altid potentialudlignes.

Supplerende udligningsforbindelser, der kan omfatte en enkelt brugsgenstand, et område, en del af, eller en hel installation, skal anvendes i særlige områder som angivet i SB. del 7 og 8, f.eks. i

- områder med badekar eller bruser (701.413.1.6),
- områder med svømmebassiner (702.413.1.6)
- bygninger for husdyrhold (705.413.1.6).
- udstillinger, fremvisning eller optræden og stande (711.413.1.6)

Kapitel 806, Sprængstofrum skal der foretages potentialudligning særskilt (10 mm<sup>2</sup> kobber).

Hvis betingelserne for automatisk afbrydelse af en fejl i en installation eller en del af en installation, som angivet i SB. 413.1.1.1 ikke kan opfyldes eller spændingsfaldet fra fejlstedet til nærmeste hovedudligning overstiger 50/25 V, skal der udføres supplerende udligningsforbindelser i henhold til SB. 413.1.6. Anvendelse af supplerende udligningsforbindelser tilsidesætter dog ikke kravet om automatisk afbrydelse. Ledere til udligningsforbindelser er beskyttelsesledere, der skal mærkes og dimensioneres som angivet i SB (543 og 547).

Der skal udføres sikker POTENTIALUDLIGNING i klassificerede brand og eksplosionsfarlige områder under ATEX direktivet, som eks. beskrevet i normerne DS/EN 60079 – 14 / 60079 – 17 / 60079 – 25 m.v..

I forbindelse med EMC og IT (Informations Teknologiske Installationer) er der omfattende anbefalinger for potentialudligning, Afs. 6, Kap. 54, 548 samt EN 50310.

## Udførelse af udligningsforbindelser

### Beskyttelse mod lyn IEC 62305-1-4 , samt opnåelse af EMC for installationer og udstyr ved øvrige elektriske og elektromagnetiske påvirkninger.

Vil man beskytte personer, husdyr, anlæg, installationer og udstyr mod de farlige potentialforskelle og transiente overspændinger og -strømme, der opstår ved lynnedslag, er det nødvendigt at udføre potentialudligning også ud over kravene i stærkstrømsbekendtgørelsen.

Ud over den direkte hovedudligningsforbindelse til evt. ydre lynbeskyttelsesanlæg, skal der udlignes til alle andre fremmed ledende dele og installationer så som gennemgående metalliske bygningsdele (stålkonstruktioner, ståldragere, elevatorskiner, armering i betonkonstruktioner), ledende kabelbakker- og skærme, ledende rørsystemer (vand, varme, gas og ventilation), mm. Udligningsforbindelserne etableres enten direkte eller undtagelsesvist indirekte over skillegnistgab under hensyntagen til berøringsfare og tilgængelighed.

Spændingsførende ledere i de elektriske installationer både for stærkstrøm, svagstrøm, tele- og dataanlæg udlignes via overspændingsafledere som f.eks. DEHNventil, DEHNshield, DEHNBloc eller DEHN-guard. For tele- og dataanlæg anvendes beskyttelseskoblinger som f.eks. BLITZDUCTOR BXT eller BXTU. Udligningsforbindelserne og overspændingsbeskyttelserne monteres og placeres normalt i de naturlige grænsesnitflader i installationen, der dannes af hoved- og undertavler, krydsfelter for telefon og data, samt umiddelbart foran følsomt udstyr. Se evt. indledning i DEHN Oversigtskatalog fra DESITEK.

Normerne for lynbeskyttelse IEC/EN/DS 62305-1-4, hvor Del 4 specielt omhandler beskyttelse af de elektriske og elektroniske systemer inden i bygningerne så som skærmming

og indre lynbeskyttelses-potentialudligning med inddeling i beskyttelseszoner „LPZ“ (Lightning Protection Zones). Grundlæggende er kravene for potentialudligning de samme som i Stærkstrømsbekendtgørelsen, hvor der dog ikke er et generelt krav om indirekte udligning med overspændingsbeskyttelse. Indeholder en installation følsom elektronik anbefales det dog i SB Afsnit 6, 443.1 at beskytte mod atmosfæriske overspændinger overført fra forsyningsnettet vha. udstyr til overspændingsbeskyttelse.

Hovedudligningsforbindelser, der i henhold til SB Afsnit 6, 413.1.2.1 skal etableres i enhver bygning, udføres normalt i terræn- eller i kælderniveau, i teknikrum eller fyrrum, ved hovedtavlen og hvor de fremmed ledende installationer er ført ind i bygningen og fordeles i bygningen. I forbindelse med beskyttelse mod lynskader, er det, som nævnt i SB Afsnit 6, 534 i noter at, ved lynbeskyttelsesplanlægning er det nødvendigt at overspændingsbeskytte flere steder dvs. for hver LPZ. Se evt. IEC/EN/DS 62305-4. Hvor mindste risikoafstand S i henhold til IEC 62305-3 pkt. 6.3.2, mellem det ydre lynbeskyttelsesplanlægning og fremmed ledende dele og elektriske installationer inde i bygningen ikke kan overholdes skal der altid potentialudlignes, både direkte og indirekte med overspændingsbeskyttelse.

### UDFØRELSE AF UDLIGNINGSFORBINDELSER (IEC/EN/DS 62305-1-4)

Hvilke anlægsdele og installationer skal udlignes?

Ønskes så højt EMC niveau som muligt for en installation, bør følgende udlignes:

#### a) En direkte udligning fra hovedjord- eller udligningskinnen til:

- Fundamentsjord hhv. jordingsanlæg for lynbeskyttelse
- Øvrige jord- og beskyttelsesledere
- Metalliske vandrør
- Ledende varme- og ventilationsanlæg
- Gas- og trykluftinstallationer/ Kabelbakker
- Antenneanlæg
- Jordforbindelser til tele- og dataanlæg
- Metalliske kapper på stærkstrøms- og telekabler (\*1)
- PE- og PEN i elinstallationerne,
- Metalrammer for solceller
- Jordledere (-forbindelser) til afledere for overspændingsbeskyttelse

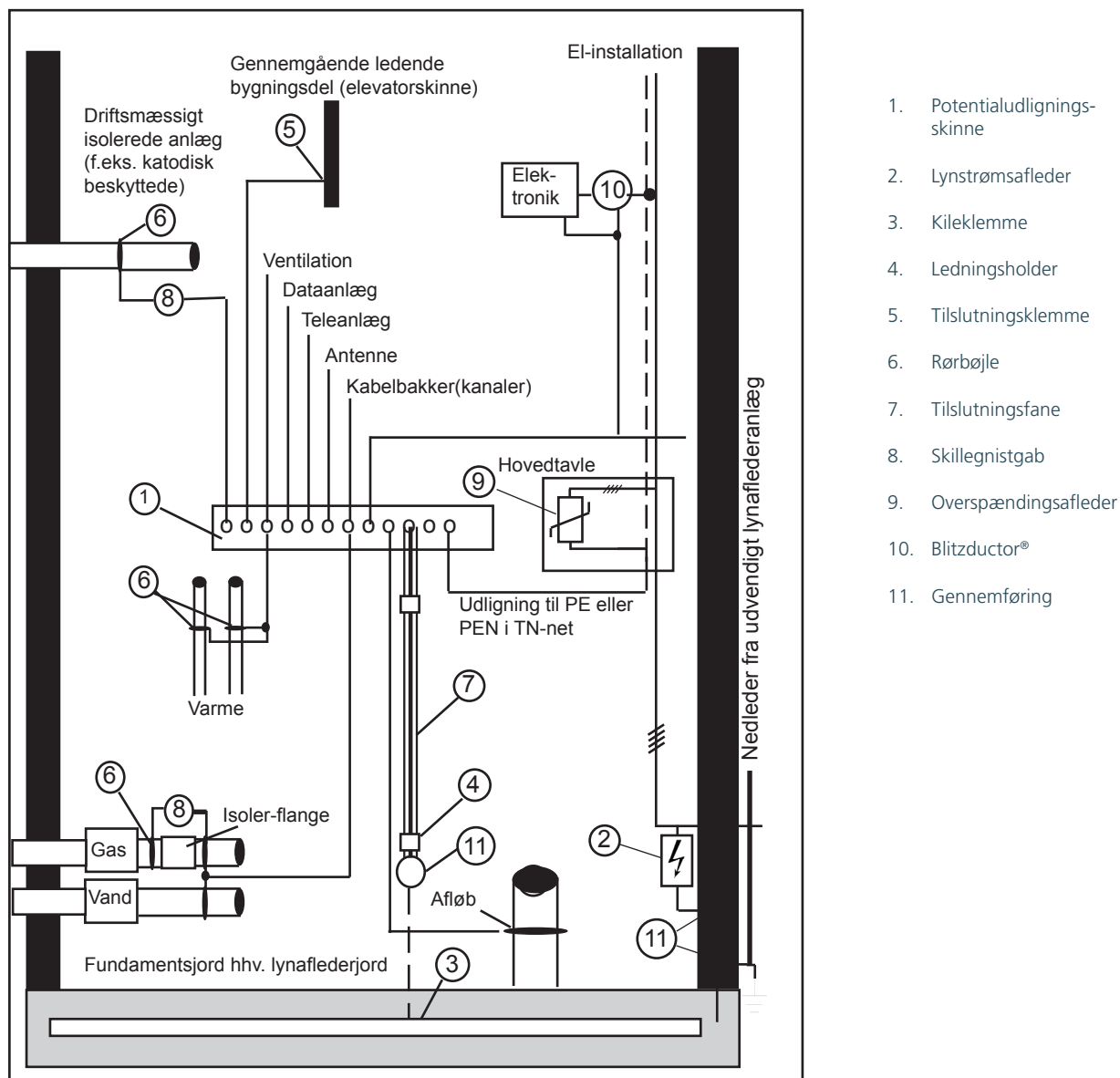
Det anbefales i SB Afsnit 6, at der udlignes til øvrige gennemgående bygningsdele af metal (herunder armeringsjern i betonkonstruktioner, hvor det er praktisk muligt) I normerne for lynbeskyttelse er det et krav samt i områder hvor supplerende udligning skal udføres. Dette betinger selvfølgelig, at det planlægges under projekteringen som en del det grundlæggende EMC-design.

(\*1) Der skal tages hensyn til risiko for elektrokemisk (galvanisk) korrosion på kabelkapper og andre metalliske dele i jorden. Se senere afsnit om udførelse af fundamentsjord, og afsnit om korrosion.

#### b) Følgende anlæg kan udlignes indirekte over skillegnistgab under hensyntagen til berøringsfaren:

- Måleelektrode til laboratorier, såfremt den er fremført adskilt fra PE (PEN)-lederne.
- Katodisk beskyttede anlæg

#### c) Følgende anlæg må kun udlignes indirekte over udstyr til overspændingsbeskyttelse (se oversigtskataloget fra DESITEK A/S)



Figur 2: Eksempel på hovedudligningsforbindelser i henhold til Stærkstrømsbekendtgørelsen samt i forbindelse med lynbeskyttelse.

- Højspændingsforsyning indført i bygning eller anlæg.
- Spændingsførende ledere i stærkstrømsanlæg indtil 1000 V AC og 1500 V DC.
- Styre- og målekredse
- Tele- og datalinier
- Nullederen i TN-S-, TT- og IT-net

### Udførelse af udligningsforbindelser

Samlinger og tilslutninger af udligningsforbindelser skal udføres med en god og solid forbindelse. Klemmer rørbøjler og udligningsklemmer bør derfor overholde relevante standarder f.eks. EN 50164-1. Endelig bør klemmer og gnistgab der indgår i lynbeskyttelses-potentialudligning være afprøvet med lynprøvestrøm i henhold til IEC/EN/DS 62305-1.

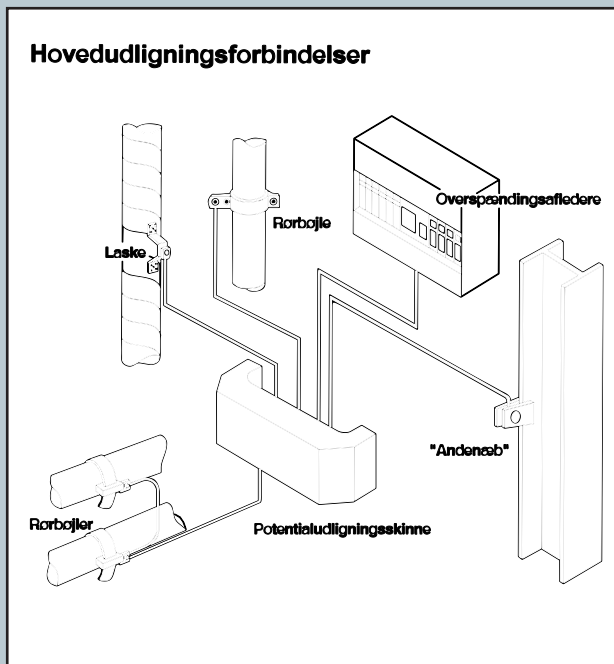
### Ledere til udligningsforbindelser

såvel hoved som supplerende, er beskyttelsesledere og skal derfor mærkes som angivet i SB Afsnit 6, 514.3, 514.3.1 samt 514.3.2 og dimensioneres som angivet i SB Afsnit 6, 547.

*Bemærk: Der blev tidligere skelnet mellem driftsmæssige, funktionsmæssige og beskyttende jordforbindelser, med forskellige krav til identifikation, men det har i praksis vist sig at være svært at håndtere. Det er generelt accepteret at mærke alle disse ledere grøn/gule, forudsat at de er isolerede og at de har et tværsnit som en forskriftsmæssig beskyttelsesleder! NB: Der kan være andre EU lande der har en anden holdning!*

Hovedudligningsforbindelserne dimensioneres på baggrund af største beskyttelsesledertværsnit i installationen, idet hovedudligningsforbindelsesledere skal være minimum 0,5 x største PE- hhv. PEN-ledertværsnit, dog minimum 6 mm<sup>2</sup> og max. 25 mm<sup>2</sup> jævnfør SB Afsnit 6, 547.

Supplerende udligningsforbindelser skal minimum have samme tværsnit som den mindste af de beskyttelsesledere, der er tilsluttet de udsatte dele, der udlignes til/imellem - dog minimum 2,5 mm<sup>2</sup> Cu for ledere med mekanisk beskyttelse og 4 mm<sup>2</sup> for ledere uden mekanisk beskyttelse, jævnfør SB Afsnit 6, 547.



Figur 3. Hovedudligningsforbindelser og supplerende udligningsforbindelser

Udligningsforbindelser der etableres i forbindelse med beskyttelse mod lyn, skal dimensioneres som hovedudligningsforbindelser. Hvis udligningsforbindelsen kan komme til at føre hele - eller en væsentlig del af - lynstrømmen, skal den dimensioneres herefter, i henhold til IEC/EN/DS 62305-3 tabel 8 og 9, min. 16 mm<sup>2</sup> Cu. Eksempelvis udligningsforbindelsen mellem jordingsanlæg for lynbeskyttelse og hovedjordskinne, mellem adskilte bygninger samt mellem flere forsyningspunkter m.v.

Bemærkning; I eksplosionsfarlige områder zone 1 og 21, samt i sprængstofrum, skal udligningsforbindelser mellem metalliske konstruktions- eller bygningsdele have en ledningsevne, der mindst svarer til 10 mm<sup>2</sup> kobber (SB Afsnit 6, Kap. 806). Øvrige udligningsforbindelser dimensioneres som for almindelige installationer (SB Afsnit 6, 547) under hensyntagen til evt. udført lynbeskyttelse.

#### Potentialudligningsskinne

Potentialudligningsskinne (hovedjordskinne) skal kunne tilsluttes alle de tværsnit, der i praksis kan forekomme, på betryggende vis. Udligningsskinne som type K12 med en kamformet kontaktskinne med universalklemmer opfylder i praksis dette krav. Foruden 9 tilslutningsklemmer (2,5...95 mm<sup>2</sup>) kan den forsynes med en dobbeltklemme for tilslutning af skinne op til 4 x 30 mm. Denne kompakte jordskinne er både mekanisk og elektrisk testet efter EN 50154-1. Klemmerne tillader afmontering af en enkelt leder for kontrolmåling. Dækslet er plomberbart og med mulighed for mærkning af de enkelte ledere i bunden.

#### Afprøvning og kontrol af udligningsforbindelser

Alle installationer skal, før de sættes i drift, efterses og afprøves jævnt før SB Afsnit 6, kapitel 61. Alle beskyttelsesledere - herunder udligningsforbindelser - skal kontrolleres for elektrisk gennemgående forbindelse. I henhold til SB kap. 61, 612 anbefales det at udføre prøven med en forsyning der har en tomgangsspænding mellem 4 og 24 V DC/AC og en strøm på mindst 0,2 A.

I forbindelse med lynbeskyttelse er der krav om verificer- og reproducerbare målinger for almindelig kontrol og vedligeholdelse.

*Bemærkning: DESITEK AIS forhandler også specielle lavohmsmetre og isolationstestere til måling og kontrol af elektriske installationer også i henhold til ATEX-direktiverne.*

Der henvises også til EN 50310, der på sigt skal erstatte 548, der omhandler udligning og jordforbindelser for installationer med InformationsTeknisk udstyr

## Jordelektroder

### SB Afsnit 6 og 2.

#### Krav samt etablering af fundamentsjord i praksis.

Alle elforsyningsanlæg, elektriske installationer og apparater skal, som en del af beskyttelsen af sikkerhedsgrunde, have en aktiv jordforbindelse. Undtaget er:

- SELV kredse
- separate strømkredse under særlige betingelser
- installationer og elektrisk materiel der er udført dobbeltisoleret

Den aktive jordforbindelse etableres med beskyttelsesledere, der over en hovedjordskinne og en jordleder er forbundet til en jordelektrode. Ved TN-systemer, hvor installationens aktive jordforbindelse er fælles med forsyningsystemets jordforbundne punkt "drifts- eller systemjorden, anbefales det i SB Afsnit 6, 413.1.3. at "jordforbinde" (potentialudligning) beskyttelseslederen så mange steder som muligt, specielt anbefales det i Note 2 at etablere en supplerende jordforbindelse hvor beskyttelseslederen føres ind i bygningen.

*Bemærkning: Udligning til armering i betonfundamenter kan med stor fordel udnyttes.*

En jordelektrode (jordingsanlæg) er pr. definition i SB Afsnit 6, 214.2; en ledende del eller gruppe af ledende dele, der er i nær kontakt med jorden, og som giver elektrisk forbindelse til denne. I henhold til SB Afsnit 6, kapitel 54, samt i forbindelse med lynbeskyttelse, må følgende typer jordelektroder anvendes:

- Stang- eller rørelektroder
- Bånd- eller trådelektroder
- Jordplader
- Jordelektroder indstøbt i fundamenter\*
- Metalarming i beton i jord\*
- Andre egnede ledende konstruktionsdele i jord (se også SB Afsnit 6, 542.2.7)

\* Kaldes i det følgende „fundamentsjord“

Fundamentsjord er i normerne nævnt som den mest effektive jordelektrode næst efter ringjorden!

Kravene til jordelektrodens effektivitet (totale jordingsmodstand til neutral jord) er i SB Afsnit 6 og 2 fastlagt på baggrund af den max. tilladte berøringsspænding (jord-potentialestigning) på udsatte dele i forhold til den max. tilladelige tid for afbrydelse af fejlhæftet forsyning, installation eller installationsdel. SB Afsnit 6 kapitel 41 samt Afsnit 2 kapitel 9.

Bemærkning: Sikringer til automatisk afbrydelse af fejl i TT-systemer kan kun anvendes, hvis sikringerne er meget små, og den totale jordingsmodstand meget lav. Eks. en 6 A sikring vil kræve en total jordingsmodstand på  $< 2 \Omega$ . I forbindelse med beskyttelse mod lyn er jordingsanlæggets "konfiguration" eller dimensioner (udstrækning eller dybde) vigtigere end en bestemt lav overgangsmodstand. En overgangsmodstand på max  $10 \Omega$  er dog nævnt som retningsgivende.

## Generelt om jordingsanlæg

Jordingsmodstanden (overgangsmodstanden til neutral jord) for en jordelektrode er primært bestemt af den omgivende jords specifikke modstand (ledeevne), samt af længden eller dybden af elektroden. Uanset jordens ledeevne (specifikke modstand) er jord en dårlig elektrisk leder. Det teoretisk uendeligt store tværsnit kompenserer imidlertid for den dårlige ledeevne, og medfører at jorden alligevel kan anvendes som elektrisk leder. Sendes en strøm ud i jorden via en elektrode vil strømmen kun påvirke potentialet i et begrænset område omkring elektroden. Det ledende tværsnitsareal stiger eksponentielt med afstanden fra elektroden samtidig med at strømmen pr. arealenhed falder tilsvarende. Det betyder, at ved selv relativt små afstande mellem elektroder i jorden, vil en stor strøm i den ene elektrode stort set ikke påvirke den anden elektrodes potentiale med mindre den er del af strømkredsen. Derfor er det i dag i SB Afsnit 6, 413.1.1.2 et ubetinget krav, af hensyn til beskyttelse mod elektrisk chok, at alle udsatte dele, eller udsatte dele og fremmede ledende dele, der kan berøres samtidigt skal forbindes til samme jordelektrode. *Man skal derfor være særlig opmærksom på, at tidligere praksis, med separate uafhængige jordelektroder kan være direkte livsfarligt og ulovligt!* For visse typer forsyninger, f.eks. til elektriske baner, kan det være nødvendigt at separere jordingsanlæg, men det skal altid gøres under hensyntagen til kravene til BIB (beskyttelse mod indirekte berøring).

I forbindelse med beskyttelse mod lynskader, øger separate jordelektroder ligefrem risikoen for skader, da der kan optræde meget store potentialforskelle, som ved isolations-sammenbrud (overslag) forårsager kraftige transiente strømme gennem installationer og udstyr. Derfor skal eventuelle separate jordelektroder altid udlignes direkte eller indirekte over gnistgab eller beskyttelseskoblinger.

Selv om en lav total jordingsmodstand altid vil øge sikkerheden mod elektrisk chok, samt mod driftfrekvent elektrisk støj generelt, skal man være meget opmærksom på, at det i forbindelse med beskyttelse mod lyn og højfrekvent elektrisk støj er vigtigt med en lav total impedans (lav stød- og bølgeomstand) i forhold til fjern neutral jord for at kunne begrænse det induktive spændingsfald. Jordingsanlæggets impedans i forhold til neutral jord aftager generelt med øget udstrækning og ledende overfladeareal af jordingsanlægget i jorden, samt med øget ledende overfladeareal af det der tilsluttes (udlignes) til jordingsanlægget over jord, i det kapaciteten i forhold til omgivelserne øges. Opnås der ikke EMC i en installation på grund af udligningsstrømme i beskyttelsesledere, løses problemet ved fremføring af separate beskyttelsesledere og jordforbindelser, fra en af de fælles hovedjordskinner. Se SB Afsnit 6, 413.1.3. note 2. I forbindelse med EDB installationer og DATA-netværker (IT-udstyr) er det vigtigste, at der opnås fælles reference uden potentialforskelle. Jordingsanlæggets overgangsmodstand til neutral jord har kun betydning i forbindelse med beskyttelse mod indirekte berøring (tidl. ekstrabeskyttelse).

## Udførelse af fundamentsjord

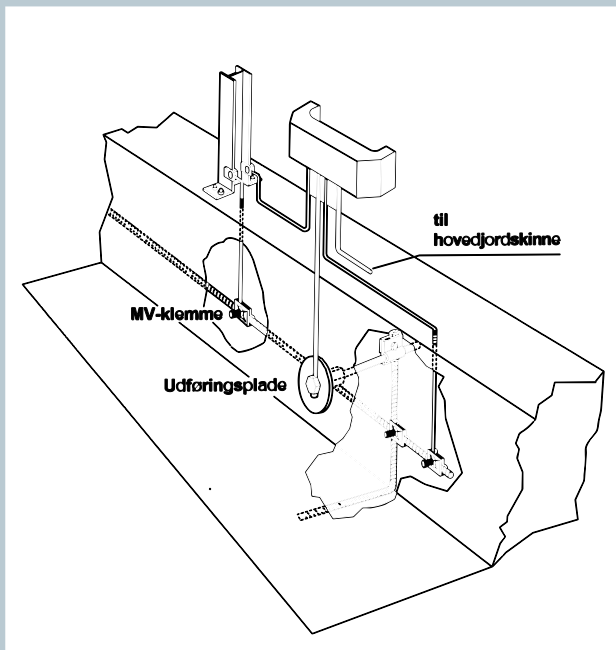
En fundamentsjord er en jordelektrode, f.eks. armering, der er indstøbt i et betonfundament. På grund af de ovennævnte forhold er en fundamentsjord en ideel jordelektrode for moderne elinstallationer, og den opfylder samtidig alle de krav, der stilles sikkerheds- og normmæssigt. Samtidig er fundamentsjorden en billig, pålidelig og stabil jordelektrode så længe fundamentet er „helt“.

I uarmerede fundamenter lægges en uisoleret jordleder (elektrode) ned i en passende afstand fra bunden af fundamentet, i hele fundamentets udstrækning/omkreds, og der etableres op- og udføringer, hvor der ønskes tilslutning til jordelektroden.

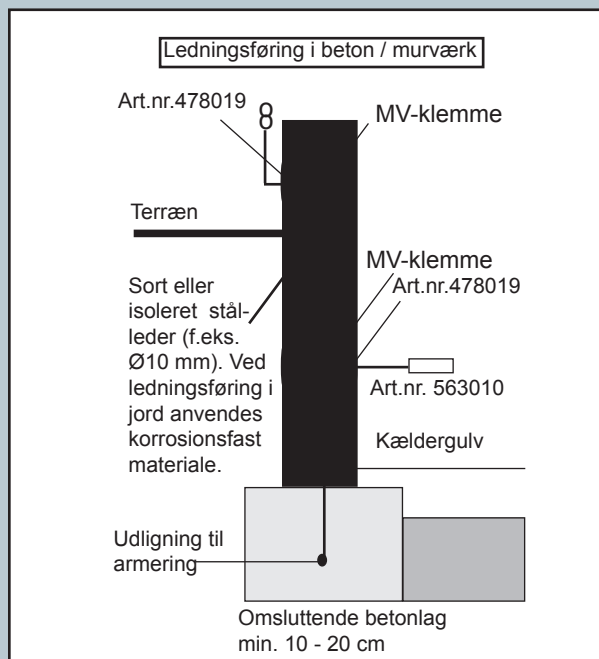
I uarmerede fundamenter kan der anvendes sort stål, varmgalvaniseret stål, rustfrit stål eller kobber som jordleder-materiale. Hvis der anvendes sort eller varmgalvaniseret stål, skal der være et tilstrækkeligt beton dæklag af hensyn til korrosionsbeskyttelsen.

Af korrosionshensyn anbefales det at anvende det samme ledermateriale inde i betonen, dog undtaget udføringer, der altid bør udføres i rustfrit stål eller kobber. Specielt bør varmgalvaniserede materialer ikke anvendes sammen med andre materialer, uden der tages specielle korrosionshensyn.

I armerede fundamenter kan armeringen med fordel anvendes som jordelektrode. I praksis betyder det, at man vælger passende horisontale armeringsjern i bunden af yderfundamentet som jordelektroder og at disse armeringsjern samforbindes elektrisk og mekanisk, så de om muligt danner en sluttet ring i hele fundamentets omkreds. Med fordel kan der udlignes til krydsende eller parallelle armeringsjern, hvis de dermed kan danne masker i betondæk og fundamenter.



Figur 5: Armeringsjern anvendt som fundamentsjord



Figur 6: Tilslutning og udføring fra fundamentsjord

Uanset hvorledes jordingsanlægget udføres, bør der altid, som anbefalet i SB Afsnit 6, 413.1.2.1, udlignes til armeringsjern i fundamenter, gulve og vægge, for at opnå en elektrisk skærmning af installationer og udstyr, samt for at få en lav impedans over for transiente overspændinger og strømme.

## Korrosion

Forholdene omkring metallerne korrosion er komplicerede kemiske og elektro-kemiske processer, der ud over metallerne egne egenskaber, også påvirkes og ændres af forhold i omgivelserne samt ved tilslutning (elektrisk forbindelse) til andre metaller. Det efterfølgende er et forsøg på at udrede de mest almindelige og grundlæggende begreber. For yderligere oplysninger henvises til litteratur, firmaer eller institutter der specielt beskæftiger sig med korrosion.

Alle metaller kan korrodere, (tære, anløbe) Ædle metaller som guld og platin korroderer i praksis ikke, og sølv og guld korroderer meget lidt i forhold til de uædle metaller som jern, zink og aluminium, der er mere ustabile og følsomme. De ædle metaller har i samme omgivelser højere potentiale end de uædle metaller.

De forhold der påvirker korrosionshastigheden for et metal er:

1. Det omgivende miljø: Fugt og ilt samt diverse luftformede forureninger giver kemisk korrosion.
2. Galvaniske strømme: Kan opstå ved elektrisk forbindelse mellem samme metal i forskellige ledende (kemiske) miljøer, og ved elektrisk forbindelse mellem forskellige metaller, både i samme og i forskellige miljøer.
3. Påtrykt jævnspænding mellem metaldele som ikke er i direkte elektrisk forbindelse.
4. Erosion, slid. Mekanisk nedbrydning.

**Ad 1:** Et metal korroderer (anløber, rustner) i bestemte om-

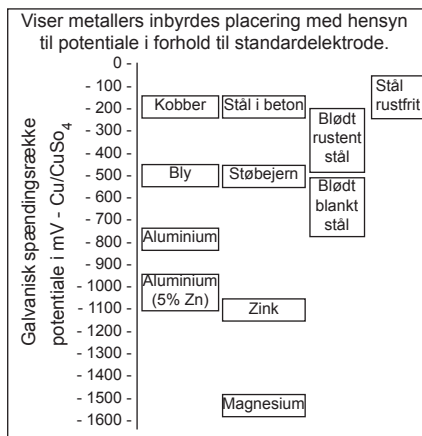
givelser, fordi der sker en kemisk reaktion mellem metallet og omgivelserne. Den mest kendte er reaktion med luftens ilt og vand med dannelse af metaloxider. Grundlæggende vil iltforbindelserne på metallens overflade nedsætte eller stoppe korrosionen, forudsat at iltforbindelserne er tætte og stabile. En række forhold som temperatur, samt tilstedeværelsen af andre kemiske forbindelser kuldioxid, svovldioxid og ammoniak i omgivelserne påvirker korrosionshastigheden. Beskyttelse mod kemisk korrosion er et spørgsmål om enten at vælge et metal, der er stabilt i det miljø, som det skal anvendes i, eller at korrosionsbeskytte metallet med en passende overfladebehandling.

**Ad 2:** Galvanisk (elektrokemisk) korrosion optræder, når metaller med forskellige potentialer forbindes sammen i ledende (elektrolytiske) omgivelser, eller når samme metal befinder sig i uensartede (kemiske) ledende omgivelser, der påvirker potentialet. Herved opstår et anode-katode forhold (element), hvor anoden bortkorroderer. Hastigheden, hvormed det sker, er primært bestemt af potentialforskellen, omgivelsernes (elektrolyttens) ledeevne samt selvfølgelig hvilket areal- og volumenforhold, der er mellem anode og katode.

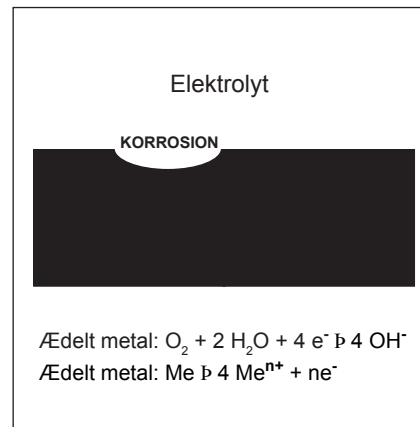
**Ad 3:** Fremmede strømme, især jævnstrømme, kan påvirke korrosionshastigheden både positivt og negativt. Beskyttelse mod elektrokemisk (galvanisk) korrosion er et spørgsmål om at undgå dannelsen af galvaniske elementer (samling af metaller med for store potentialforskelle i ledende omgivelser) eller at udnytte de samme processer, der forårsager korrosion, til korrosionsbeskyttelse. Eksempler herpå er anvendelse af offer anoder eller påtrykning af jævnspænding så metallet, der skal beskyttes, løftes i potentiale og dermed optræder som katode. Heraf navnet „katodisk beskyttelse“.

**Ad 4:** En mekanisk påvirkning af metaller, der får metallens overflade til at erodere, vil altid forstærke de øvrige korrosionsforhold. Man kan overfladebehandle eller tage hensyn ved dimensioneringen metallet.





Figur 7: Den galvaniske spændingsrække.



Figur 8: Elektrokemisk korrosion eller galvanisk tæring

### Korrosionsforhold ved fundamentsjord og udligning til armering

På grund af betons normalt stærkt basiske (alkaliske) virkning vil metaller i beton passiveres og derved normalt være effektivt beskyttet mod korrosion. Når der alligevel kan opstå korrosionsskader på armering i beton skyldes det i reglen dårlig betonkvalitet: For lavt cementindhold, blotlægning af eller for lille dæklag over armeringen, fremmedlegemer, revner, lufthuller og dermed indtrængen af vand med opløste salte m.v. Passiveringen af armeringsjern i beton af god kvalitet medfører, at armeringsjernet antager et højere potentiale end i andre omgivelser, ca. som kobber i jord. Det betyder, at armering i beton bliver katodisk (positiv) i forhold til armeringsjern og andre metaller uden for betonen, der har lavere potentiale (er mindre ædelt) end f.eks. kobber eller passiv rustfrit stål. Derfor skal man være meget opmærksom på hvilke metaller, der anvendes i overgangen mellem betonen og omgivelserne - typisk i ind- og udføringerne til armeringen, samt hvilke metaller, der tilsluttes fundamentsjorden (armeringsjernet) uden for betonen og specielt i hvilke omgivelser det sker.

I overgangen mellem armering i beton og omgivelser (det frie eller jord) skal der altid anvendes kobber eller rustfrit stål, hvor der også tages hensyn til den mekaniske styrke. Hvis overgangen er til normale indendørs tørre omgivelser, kan der anvendes sort stål, tråd eller bånd, forudsat det er isoleret i overgangen.

Over jord og inde i bygninger, hvor omgivelserne er svagt ledende (tørre), kan alle metaller normalt tilsluttes fundamentsjorden (armeringen) uden problemer. Samlinger af forskellige metaller, bortset fra kobber og passivt rustfrit stål, bør dog altid korrosionsbeskyttes i selve samlingen.

I fugtige omgivelser og i det fri er der risiko for galvanisk (elektrokemisk) korrosion på metaller som stål, zink, aluminium og bly, ved tilslutning til fundamentsjord eller udligning til armering i beton. Som minimum skal samlinger af forskellige metaller altid korrosionsbeskyttes, evt. ved anvendelse af specielle tometals-overgangsklemmer med ydre isolerende krybestrækning. (som eks. art nr. 309037) En korrosionsbeskyttende overfladebehandling af hele eller dele af de metaller, der ligger lavest i spændingsrækken kan nedsætte korrosionen betydeligt. En praktisk og velkendt regel ved samling af f.eks. kobber

og aluminium/varmgalvaniseret stål i det fri, hvor der kan optræde kondens eller nedbør, er at undgå at vandige opløsninger løber fra kobberet til aluminiummet/varmgalvaniserede stål, da dette kan give kraftige punktæring på de mindre ædle metaller.

Ved tilslutning af fundamentsjord eller armering i fundamenter til andre metaller i jord, er der på grund af jordens elektrolytiske virkning altid en betydelig risiko for galvanisk tæring. Derfor bør fremmed ledende dele som tankanlæg, rør, ledninger, kabelkapper og andre ledende dele i jord aldrig tilsluttes fundamentsjorden direkte, med mindre de er af et metal, der har en ædelhed (potentiale), der svarer til kobber eller rustfrit stål, er katodisk forsvarligt beskyttede, eller på anden måde ved coating og isolering beskyttet mod korrosion.

Bemærkning: Et lille hul i coatingen eller isoleringen kan på grund af strømtætheden give meget kraftig punktæring. Udsatte dele på elektrisk materiel kan isoleres fra konstruktionen eller forsynes med egen uafhængig elektrode, forudsat at der tages hensyn til berøringsfaren og udlignes indirekte over gnistgab.

Da der i praksis næsten altid vil være tilsigtede såvel som utilsigtede ledende forbindelser til armeringen i betonkonstruktioner via befæstigelse, inserts og gennemføringer m.v., skal man altid være opmærksom på korrosionsfaren, uanset om der udføres fundamentsjord eller ej.

### Valg af materialer til fundamentsjord

I uarmerede betonfundamenter kan anvendes jordledere (elektroder) af sort stål, galvaniseret stål, kobber eller rustfrit stål. Hvis der anvendes metaller der er mindre ædle end kobber eller rustfrit stål, skal der tages hensyn til et tilstrækkelig dæklag af beton - ellers kan lederne korrodere. Der skal også tages hensyn til den mekaniske påvirkning af fundamentelektroden, når der fyldes beton i fundamentet. Samlinger i betonen kan udføres med alm. skrueklemmer f.eks. MV-klemmen art nr. 390053 & 308040, eller ved alm. presning eller svejsning, da betonen giver en god korrosionsbeskyttelse.

I armerede fundamenter er det en åbenlys fordel at anvende armeringen som jordleder og elektrode. De elektriske samlinger og forbindelser til og mellem armeringsjernene skal jf. normerne udføres med egnede mekaniske eller svejste

forbindelser, f. eks. MV-klemmer som art. nr. 390053 og 308040/S, der kan kryds- og parallelførbinde armeringsjern fra Ø 6 til Ø 35. Svejsning, kile- eller presseforbindelser kan også anvendes. Det er vigtigt, at samlingerne udføres, så de ikke løsnes under udstøbningen og vibreringen af betonen. Ved skrueforbindelserne anbefales det at banke på klemmen og evt. vride den et par gange før den sidste fastspænding, da det også løsner evt. ferro oxider (rust), på armeringsjernet. Rust i samlinger kan forringe den elektriske forbindelse, især over for HF-støj med lavt signalniveau. Over for driftfrekvente strømme og lynstrømme har det ingen praktisk betydning. Hvis der af specielle årsager ønskes supplerende jordledere eller elektroder mellem armeringsjernet i konstruktionen, kan kobber eller rustfrit stål også anvendes.

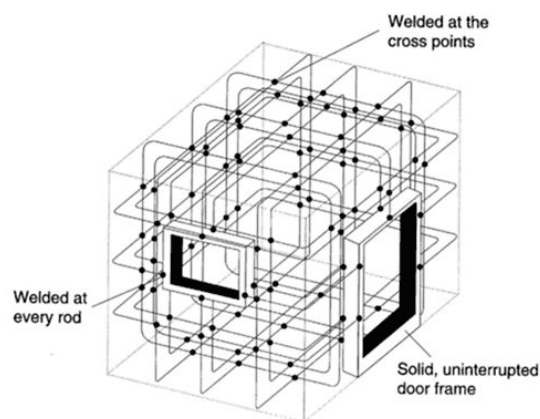
Udførelsen af jordlederen fra betonen skal altid korrosionsbeskyttes enten ved isolering eller ved anvendelse af kobber eller rustfrit tråd eller skinne, hvor der ved dimensioneringen tages hensyn til den mekaniske styrke. En meget monteringsvenlig og professionel måde at lave udførelser på, er rustfrie udføringsplader kaldet "Jordingspunkter" som f.eks. art nr. 478019. Udføringspladen, der er forsynet med en beskyttende gul plastafdækning, fastgøres på indersiden af forskallingen inden udstøbningen og fastgøres/forbindes til armeringen via den rustfrie Ø10 x 200 mm stang ved hjælp en f.eks. en MV- klemme. Efter hærdningen og afforskallingen, fjernes den gule dæklade, og der kan nu tilsluttes jordforbindelser med henholdsvis M 12 x maks. 20mm eller M 10 x 30-40mm skruer. Da Jordingspunkterne fra DESITEK er i syrefast rustfrit stål, er de meget korrosionsfaste, og passive, og der kan tilsluttes med kobber, aluminium eller stål.

Jo flere mekaniske/elektriske forbindelser, der udføres mellem armeringsjern i betonkonstruktioner, jo højere effektivitet opnås udlignings- og skærningsmæssigt. Selv om de almindelige bindinger, statistisk hver tredje binding, giver elektrisk forbindelse mellem armeringsjernene, anses de ikke som tilstrækkelig elektriske forbindelser. I IEC/EN/DS 62305-3, "Beskyttelse mod Lyn" pkt. 5.4 Earth-termination system, er der henvist til beskrivelser i et annex E. Det anbefales at arrangere armeringen i masker med klemmer eller ved svejsning i en størrelse tilpasset konstruktionen, dog max 10 x 10 m. Ved fundamentsjord i sribefundamenter bør mindst to armeringsjern være forbundet kontinuert i hele fundamentets omkreds. Det kan nævnes, at risiko for betonskader ved lyn er betydeligt større uden en tilsigtet elektrisk forbindelse med klemmer!

Armering i forspændt beton må ikke anvendes alene som nedledere eller udligningsforbindelser i forbindelse med lynbeskyttelse. Der må og skal stadig udlignes til armeringsjern i forspændt beton, hvis sikkerhedsafstanden ikke kan overholdes.

## Dimensionering

Der er i SB Afsnit 6 p.t. ingen generelle krav til dimensionering af jordelektroder, kun til dimensioner på uisolerede jordleder nedlagt i jord Tabel 54 A Kapitel 54, minimum 25 mm<sup>2</sup> CU eller 50 mm<sup>2</sup> galv/st. For at opfylde kravene til integreret beskyttelse Afsnit 2, forsyningsanlæg samt lynbeskyttelse, anbefales det at dimensionere jordleder/elektrode i betonfundamenter minimum som kravene i IEC/EN/DS 62305-3, f.eks. Ø10 (ca. 80 mm<sup>2</sup>) stål eller Ø8 (= 50 mm<sup>2</sup>) Cu. Bemærkning: Det er vigtigt, at der placeres tilstrækkeligt med udføringsplader "jordingspunkter". Som minimum



Figur 9: Betonarmering anvendt til skærming

hvor stærkstrøm, kommunikation og hvor fremmed ledende dele føres ind i anlægget. Hvis der er ekspansionsfuger i fundamentet placeres udføringer (tilslutningsplader) på begge sider af fugen, og der udlignes med egnede ekspansionsbånd som f.eks. art nr. 308050 eller fleksibelt kabel.

### Måling og beregning af overgangsmodstand

Ved måling af overgangsmodstanden til neutral jord for en fundamentsjord henledes opmærksomheden på følgende:

- Tilstrækkelig afstand fra fundamentsjorden til strømelektroden. Afstand > 4-5 x største diameter på fundamentsjorden.
- At strømelektroden er placeret i neutral jord.
- At overgangsmodstanden for strømelektroden ikke er for høj (< 3 kΩ)
- At referenceelektroden placeres i det neutrale område mellem fundamentsjord og strømelektrode, med en overgangsmodstand (< 40 kΩ)

Da det i praksis kan være svært opfylde disse krav, kan måling af overgangsmodstand for en fundamentsjord samt af jordingsanlæg i tæt bebyggelse være behæftet med en del usikkerhed, ligesom ændringer i omgivelser også betyder, at målingen ikke er entydig reproducerbar.

Repræsentative målinger omkring fundamentet kan bestemme den gennemsnitlige specifikke modstand i jorden. Man kan herefter med rimelig nøjagtighed beregne overgangsmodstanden for fundamentsjorden i mindre fundamenter efter følgende formel:

$$R = \theta_E / (\pi \times d) \quad [\Omega]$$

hvor:

R = Overgangsmodstand til neutral jord

$\theta_E$  = Specifik jordmodstand omkring fundamentet i m.

d = 1,57 x kubikroden af I, hvor I er rumfanget af fundamentet under terræn i m<sup>3</sup>

Målinger og erfaringer med fundamentsjord, der er over tyve år gammel, har vist, at fundamentsjordens overgangsmodstand ændrer sig med under 5% med årstiden og den foreløbige levetid. Måling af udligningsforbindelsernes sløjfemodstand samt en evt. visuel kontrol af jordleder, jordforbindelser og udligningsforbindelser er en vigtig del af vedligeholdelsen.

# Produkter til potentialudligning og fundamentsjord

## Jordingspunkt

Jordingspunkt bestående af udføringsplade samt tilslutningsstang for tilslutning på bygningsarmering/jordelektrode



Type	Art.-nr.
Jordingspunkt type M	478 019
Jordingspunkt type K	478 219

## MV-klemme

Klemme for kryds-, T- og parralsamlinger. Udførelse for Ø 8-12 mm



Type	Art.-nr.
MV-klemme, ugalvaniseret	390 053
MV-klemme, Cu	390 057
MV-klemme, rustfri stål	390 059

## Maxi MV-klemme

Klemme for kryds-, T- og parralsamlinger. Udførelse for Ø op til 35 mm



Typ	Art.-nr.
Maxi MV Ø8-25 mm	308 040
Maxi MV Ø8-35 mm	308 040/S

## Potentialudligningsskinne MS

Til hovedudligning. Messing/kunststof



Type	Art.-nr.
7 ledere op til 16 mm <sup>2</sup> eller 1 flad leder op til 30 mm / 1 leder Ø 7-10 mm	563 050
7 ledere op til 25 mm <sup>2</sup> eller 1 flad leder op til 30mm / 1 leder Ø 8-12 mm	563 050-25

## KS-forbinder

For tilslutning af runde ledere med flad-profiler eller andre dele af lynbeskyttelses-anlægget.



Type	Art.-nr.
Rustfri stål, 6-10 mm	301009

## Tilslutningslaske

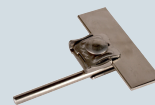
For tilslutning til metalbeklædning med nitter eller skruer



Type	Art.-nr.
Laske, Al	377 005
Laske, rustfri stål	377 009

## Falsklemme

Til forbindelse af ledere Ø 6-10 mm med fals 0,7-8 mm



Type	Art.-nr.
Falsklemme, rustfri stål	365 039

## Tilslutningsklemme til ståldrager

For tilslutning til stålkonstruktion



Type	Art.-nr.
Klemme, rustfri stål	372 119

## UNI jordingsklemme

Til forbindelse af solcelleanlæg til hoved-potentialudligning/ jording og lynbeskyttelses-potentialudligning



Type	Art.-nr.
UNI klemme M8	540 250
UNI klemme M10	540 260

## Jordingsspændebånd

For tilslutning af 1 eller 2 ledere med ubrudt kabel, tilslutningstværsnit 4-25 mm<sup>2</sup>



Type	Art.-nr.
26,9-60,3 mm	540 910
26,9-114,3 mm	540 911
26,9-165 mm	540 912

## Splitbolt connector

Anvendes til jording, potentialudligning samt tilslutning af beskyttelsesledere



Type	Art.-nr.
Splitbolt	400 94

## Rundtråd, massiv

Til brug i lynbeskyttelses- og jordingsanlæg. Cu, blød.



Type	Art.-nr.
Tråd 25 kg/56 m	830 008/56

Bemærkning: De anviste produkter i dette skrift er kun et uddrag af DESITEKs omfattende produktprogram. For yderligere oplysninger, henvises til vore produktkataloger. Kataloger og datablade med tekniske specifikationer kan downloades fra [www.desitek.dk](http://www.desitek.dk).

Overspændings-  
beskyttelse  
Lynbeskyttelse og jording  
Sikkerhedsudstyr

DESITEK A/S

Sunekær 8  
5471 Søndersø

Tlf. +45 63 89 32 10  
Fax +45 63 89 32 20  
desitek@desitek.dk  
www.desitek.dk