

POTENTIALUDLIGNING I BYGNINGER MED HUSDYR (KVÆG, SVIN, FJERKRÆ ETC.)

Kenneth Poulsen ^{a)} og Helge Kromann ^{b)}

^a SEGES Innovation P/S, ^b Byggeri og Teknik; Herning

STØTTET AF:

Svineafgiftsfonden

Mælkeafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Potentialudligning i staldbygninger har til formål at beskytte dyr og mennesker mod at få elektriske stød, samt at sikre følsomme elektroniske installationer mod fejl og eventuel ødelæggelse, fx i forbindelse med udefra kommende spændingsstigning.

Sammendrag

Dette notat angiver anbefalinger til, hvorledes potentialudligning bør udføres i nye bygninger/stalde til husdyr, for at opnå en optimal udligning til beskyttelse af dyr og mennesker.

Grundlæggende skal alt, der kan være elektrisk ledende i en bygning/stald forbindes og føres til "jord", således at hverken dyr eller mennesker får stød som følge af fejlstrøm eller potential forskel mellem forskellige bygnings- eller inventardele og lignende. Potentialeudligning er en del af den samlede beskyttelse af dyr og mennesker i en staldbygning.

Dette notat er en opdatering af et tidligere byggeblad fra "Landbrugets Byggeblade" med samme titel: "Potentialeudligning i bygninger med husdyr (kvæg, svin, fjerkræ etc." [1] suppleret med erfaringer opnået indenfor området af elektrikere, herunder Jesper Sørensen fra Nørager EI.

Notatet er til landmænd og rådgivere, der ønsker en mere overordnet viden omkring potentialudligning, herunder baggrunden for sikkerheds- og funktionskrav og den tilhørende lovgivning samt hvordan det påvirker byggeri af nye stalde. Dette notat er ikke en praktisk anvisning på udførelse af arbejdet, da denne opgave rent lovgivningsmæssigt ligger hos den autoriserede el-installatørvirksomhed.

Baggrund

Til ethvert staldbyggeri, renovering og nybyggeri, bør tilknyttes en autoriseret elinstallatør virksomhed allerede i projekteringsfasen, som kan projektere og tage ansvar for potentialudligning i det samlede staldanlæg.

Elsikkerhedsloven [2], der i 2019 erstattede Stærkstrømsloven, kræver, at der skal udføres potentialudligning mellem alle fremmede ledende dele i en bygning for at bringe disse på det samme potentiale.

Formålet med beskyttende potentialudligning er at bringe ledende dele på omtrent samme elektriske potentiale. Når der er udført en korrekt beskyttende potentialudligning, vil dyr eller mennesker, der rører ved to forskellige elektrisk ledende dele, fx fremmede og udsatte ledende dele, ikke opleve spændingsforskel, hvilket sikrer, at man ikke får elektrisk stød. Man reducerer ligeledes berøringsspændingen, når der er fejl på brugsgenstande, ligesom den beskyttende potentialudligning beskytter både dyr/mennesker og det tilsluttede materiel i forbindelse mod en potentialeændring, fx som følge af overgang i en motor eller fugt i en elinstallation.

Ved fremmede ledende dele forstås ledende dele, der ikke indgår i den elektriske installation og som kan medføre et vist potentiale, almindeligvis jordpotentialet. I stalde gælder det fx inventar udført i metal, drikkevandsforsyningen, foderautomater og malkeudstyr. Men også armering indstøbt i betonkonstruktioner som gulve og fundamenter.

Formålet er at sikre dyr og mennesker mod farlige spændinger, som kan forekomme ved berøring af forskellige ledende dele og konstruktioner i stalde, som fx inventar, metalriste, foderstreng og malkeudstyr, stålspar mv.

Potentialudligning

Overordnet set har potentialudligning to funktioner:

- Sikre at der ikke opstår en potentialeforskel mellem ledende dele i bygningen, typisk metaldele, ved at binde dem sammen, således at de opnår samme potentiale eller spænding.
- Sikre at eventuelle fejlstrømme/lækstrømme i stalden, ledes til jord og således ikke skader dyr og mennesker.

Dyrevelfærd

For at sikre potentialudligning benyttes *udligningsforbindelser* i elinstallationen. De er en del af den samlede elektriske beskyttelse, når der tales sikkerhed. Udover at sikre dyr og mennesker mod farlige berøring- og skridtspændinger, er udligningsforbindelserne også med til at sikre følsomme elektroniske installationer mod fejl og eventuel ødelæggelse.

Manglende eller utilstrækkelig potentialudligning samt jordingsanlæg i stalden kan føre til spændingsforskelle eller elektriske forstyrrelser fra tekniske anlæg, som medfører mistrivsel og unormal adfærd for husdyr.

Der er tidligere udført et litteraturstudie hvori der er søgt referencer for, hvor store elektriske strømme, som skal gå gennem en gris, for at den bliver påvirket. Der er ikke fundet dybdegående undersøgelser indenfor dette felt, men der er dog en generel holdning til, at grise/køer/heste er betydeligt mere følsomme overfor elektrisk spænding end mennesker. Ligesom at nogle mennesker er mere følsomme end andre, må samme forhold antages gældende for dyr. Uden større belæg er der antaget en faktor 10 på strømniveauer gældende for dyr sammenlignet med mennesker. I så fald vil dyr

mærke ubehag ved lave strømme mindre end 1 mA og en grænse for, hvad et sundt og rask dyr vil kunne overleve, er cirka 3 mA [4].

Kvæg har en lav indre modstand og er i stand til at føle meget lave spændinger og strømstyrker. Ifølge danske anbefalinger til indretning af kvægstalde [3], reagerer kvæg normalt på en strømstyrke på over 5-7 mA og spændingsforskel på over 4-10 volt.

Det er dog gennem flere projekter i SEGES vores erfaring, at dyr allerede ved 0,2 V bliver negativt påvirket i større eller mindre grad. Dyrene reagerer typisk med unormal adfærd, som for malkekvæg kan være nedsat mælkeydelse, periodisk fravalg af områder i stalden, unormal drikkeadfærd, mangelsymptomer på fx calcium og magnesium og i svære tilfælde kramper og stivhed i ben.

For grise er det stort set samme symptomer som nedsat ædelyst og dermed nedsat produktion, drikkeværing, øget frekvens af hale- og ørebid, periodisk svineri og voldsom uro i stier, og i nogle tilfælde krampelignende anfald og dødsfald.

Udligningsforbindelser

Hovedudligningsforbindelse

I enhver bygning skal beskyttelseslederen, hovedjordlederen, hovedjordklemmen og følgende fremmede ledende dele forbindes til hovedudligningsforbindelsen der typisk er placeret ved eltavlen:

- Metalliske rørledninger til forsyning inde i bygningen fx vand, mælk, foder, trykluft mv.
- Metalliske konstruktionsdele, centralvarme og ventilationssystemer
- Metallisk hovedarmering i betonkonstruktioner
- Jordingsanlæg for lynbeskyttelse.

Hovedudligningsforbindelsen og jordklemme findes typisk i eller ved hovedeltavlen og er forbundet til jordspyd, som udgør hovedjordforbindelsen.

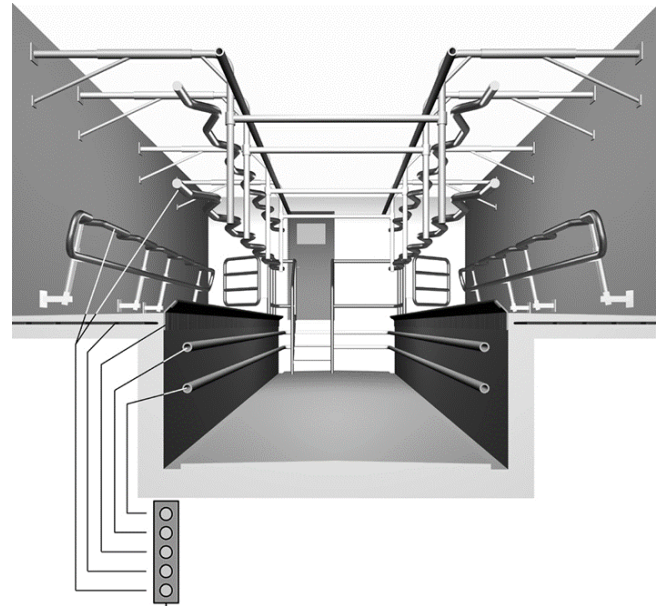
Hovedjordklemmen sidder typisk i eltavlen og samler jordforbindelserne/beskyttelsesledere fra alle grupper i tavlen til elinstallationer.

Tværsnitsarealet på potentialudligning, det vil sige ledningens dimension i hovedudligningsforbindelse, anbefales udført i mindst 16 mm², eller 25 mm² i større staldanlæg, men er afhængig af omfanget af elektriske installationer, som fx anlæg frekvensomformere til hastighedsregulerede motorer og skal dimensioneres af den autoriserede elinstallatørvirksomhed.

Supplerende udligningsforbindelser

I rum med dyr skal der desuden altid udføres supplerende udligningsforbindelse mellem alle fremmed ledende dele:

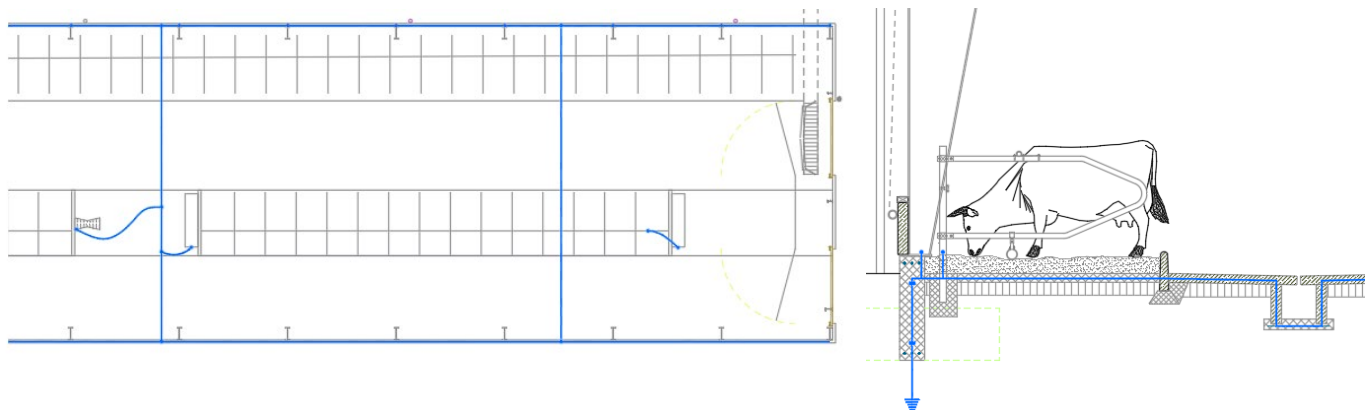
- Stålspær
- Metalliske væg- og tagbeklædning (stålplader, sandwich paneler mv.)
- Armeringsjern i gulve og fundamenter, der er støbt på pladsen (in situ)
- Staldinventar af metal, gødningsriste mv.
- Vandkar, vandkopper, drikkenipler
- Malkeanlæg, køletanke mv.
- Ko-børster
- Foderautomater og trug
- Fodringsanlæg
- Udmugningsanlæg
- Propelomrører og gyllepumper
- Varme- og ventilationsanlæg.



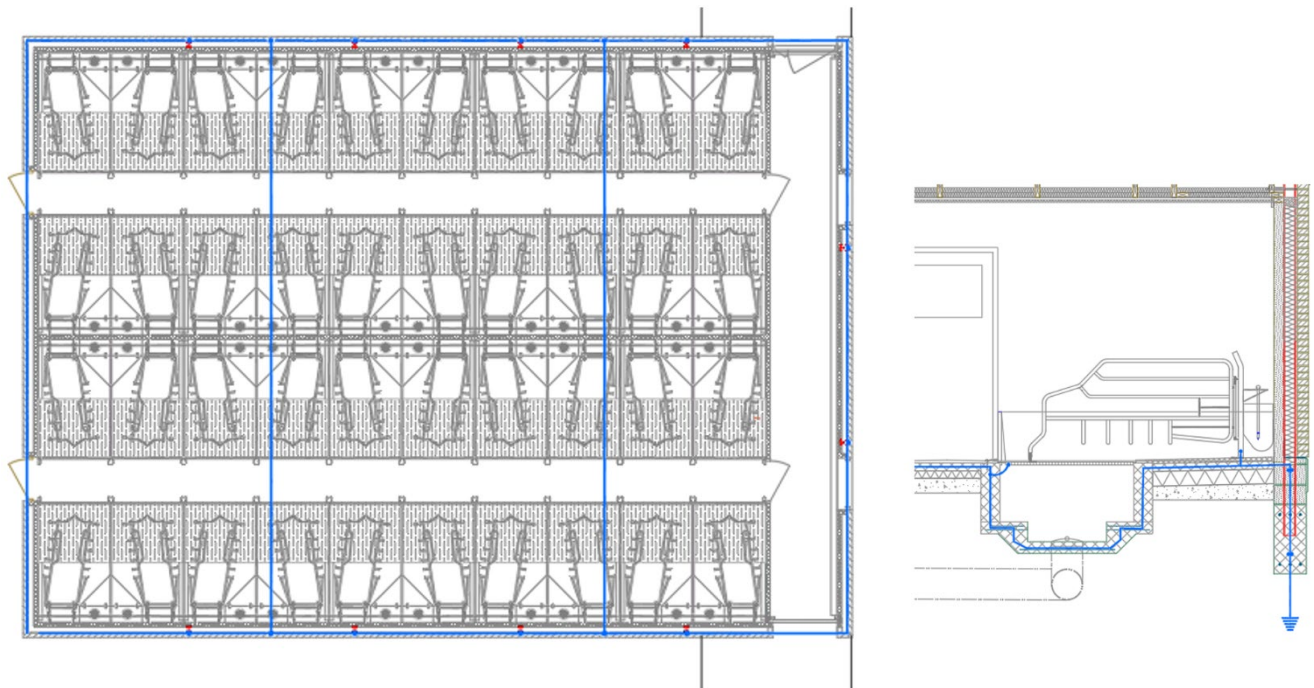
Figur 1: Eksempel på supplerende udligningsforbindelse

Det anbefales, at supplerende udligningsforbindelser udføres i samme dimension/ledningstværsnit som ovenstående hovedudligningsforbindelser. Der må erfaringsmæssigt maksimalt ikke kunne måles en modstand på mere end 2,0 Ohm mellem fremmed ledende dele.

I gulvkonstruktionen anbefales det at den supplerende udligningsforbindelse udføres, så der ikke på noget sted er mere end 20 meter mellem lederne, således at der dannes et "maskenett"/kvadrat for hver 20 x 20 meter. Maskenettet forhindrer, at der opstår fare ved enkelte brud.



Figur 2: Plan- og snittegning af udligningsforbindelser i en malkekvægsstald



Figur 3: Plan- og snittegning af udligningsforbindelser i en grisestald/forestald.

Separat fremføring af udligningsforbindelse (svenske anbefalinger)

I blandt andet Sverige har man en praksis med fremføring af udligning separat. Det vil sige, at alle ledende dele over gulvniveau føres ud til en fælles samling umiddelbar før jordingen. Det samme gælder for dele under gulvniveau, som fx armering og dele indstøbt i gulv og fundament. Til slut samles alle udligningsforbindelser på potentialeudligningsklemmen, som er tilsluttet hovedjordklemmen.

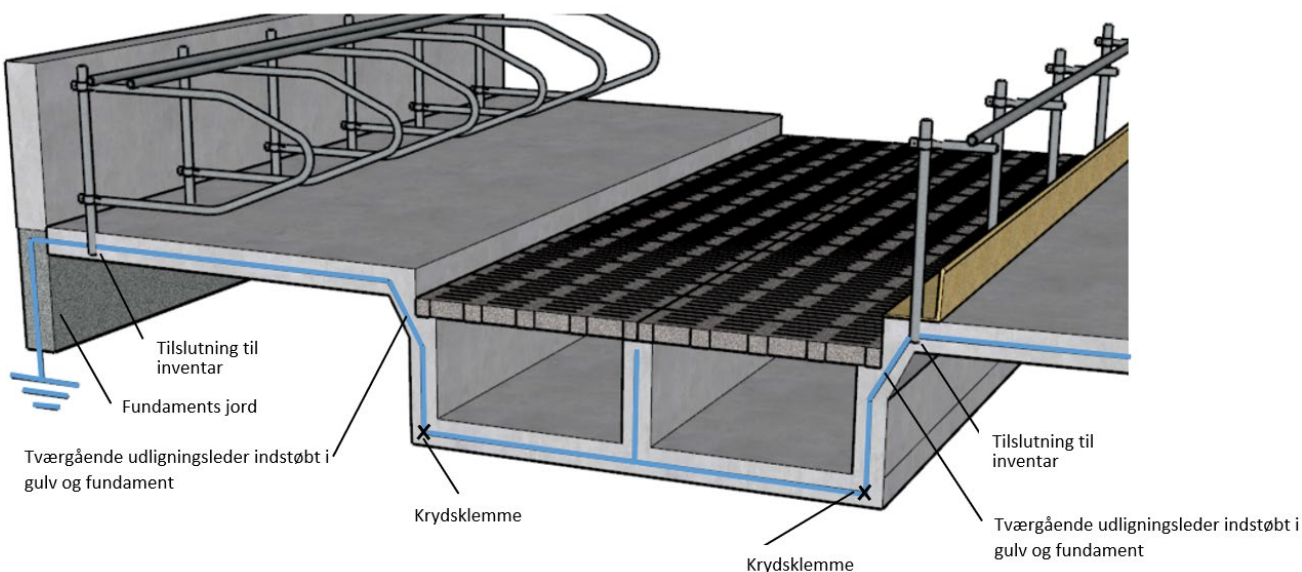
Formålet er at reducere risiko for korrosion, når forskellige materialer samles/forbindes, idet man idealt set får samlet alt "sort jern" under gulvniveau, og resten, som typisk er galvaniseret jern, over gulvniveau. Dette medvirker til, at man får et bedre overblik over den samlede udligning i stalden, hvorfor denne opdeling bestemt kan anbefales.

Fundamentudligning

Generelt skal jordingsanlæg udføres således, at de tilfredsstillende sikkerheds- og funktionskravene til installationen. En "fundamentjordning" kan opfylde de krav der stilles til jordingsanlæg. Den giver samtidig en effektiv og optimal mulighed for etablering af udligningsforbindelser.

Fundamentjord opfylder også kravene for jordingsanlæg i forbindelse med beskyttelse mod lyn. Ved betonfundamenter med armeringsjern kan armeringsjernet benyttes som elektroder, forudsat at det overholder krav til dimensioner, og at der laves forsvarlige samlinger, tilslutninger og udføringer fra betonen.

Den største fordel ved fundamentudligning er, at det er muligt at lave udføringer for tilslutning alle steder i anlægget, hvor der er behov for det, fx hvor vand, varmerør mv. er ført ind i bygningen.



Figur 4: Eksempel på jording og placering af potentialeudligning i beton

Samtidig giver det optimal mulighed for udligning mellem forsyningspunkter, mellem tavler, hvor der er overspændingsbeskyttet, og eventuelt IT-udstyr mv.

Det er vigtigt, at der etableres tilstrækkeligt med tilslutningssteder, eventuelt ved at påsvejs rundjern mellem alle spærben.

Armeringsjern samles bedst ved at svejse fx armeringsnet sammen i overlæg, idet det giver en sikker forbindelse. Det kan også samles, som anvist på figur 4 med "klemmer", men svejsning giver den mest pålidelige samling.

Fundamenter og gulve/gyllekummebund skal som nævnt indgå i potentialudligningen i stalden.

Som leder skal anvendes minimum Ø12 mm rundjern eller båndjern 6 x 30 mm.

Der armeres med sort jern i den udstøbte beton og rustfri ved opføring af udligningsforbindelser til inventar, vandkar og lignende. Ædlere metaller kan ligeledes anvendes. Langsgående armering svejses sammen og tilsluttes på spærfod.



Billede 1: Eksempler på potentialeudligning i fundament, ført til stålspær og spærankre

Lederen kan lægges som en lukket ring i fundamentet. For at opnå en effektiv beskyttelse mod korrosion skal lederne indstøbes i et minimum 100 mm tykt betonlag i bunden af fundament-renden. Det kan anbefales at anvende afstandsholdere for hver 2 til 3 meter.

Anvendelse af plastfolie som renselag mellem jord og beton har vist i praksis ikke at påvirke den endelige overgangsmodstand for fundamentjorden. Derimod virker membraner med bitumen eller metalfolie isolerende. I sådanne tilfælde skal fundamentjorden lægges under membranen.

Hvis forbindelsen ikke er tilstrækkeligt sikret via konstruktionen, skal der lægges en separat udligningsforbindelse med passende afstand (længde) samt udføres tværforbindinger i gulvene, så alle fremmede ledende dele forbindes, som nævnt ovenfor.

Jordingsanlæg

Der er findes to muligheder til etablering af jordingsanlæg, - et med og et uden jordspyd:

1. Jordforbindelse skabes via jordforbindelse, det vil sige jordspyd.
Jordspyd skal placeres udenfor bygningen og skal sikres mod udtørring, det vil sige ikke under udhæng, overbygninger, befæstede arealer eller lignende.
2. Femledersystem. I såvel nybyggeri og eksisterende bygninger kan en opbygning af jordingsanlæg være "fem-ledersystem", hvor der føres en direkte forbindelse fra elinstallationens jordskinne til forsyningstransformatorens jord.
Dette vil give en større sikkerhed, specielt i forhold til "lækstrømme", idet forbindelsen er bedre end jordens ledningsevne fra jordspyd til transformerstation. Det anbefales, hvis det muligt, at der etableres et "fem-ledersystem" i bygninger, da det giver en effektiv beskyttelse mod elektrisk stød og begrænser "vagabonderende" strømme i installationen.

Den første; jording via jordspyd, er langt den mest anvendte metode, da det er den nemmeste og billigste. Ønsker man at etablere "Femleder-system" skal det udføres i samarbejde med dit lokale elselskab, da det kræver en tilladelse.

Beskyttelsesledere

Til alle brugsgenstande/maskiner er der fremført en beskyttelsesleder fra eltavlens jordklemme.

I nogle tilfælde kan disse maskiner udlede en "lækstrøm", der er større end beskyttelseslederen kan håndtere. Lækstrømme er strømme der løber fra brugsgenstande/maskiner forsyningspunktet ud i beskyttelseslederen tilbage til forsyningspunktet i installationen. En "vagabonderende" strøm er en strøm som ikke vender tilbage via de strømførende ledere, men derimod finder andre veje tilbage til forsyningspunktet. Derfor skal der anvendes en forstærket beskyttelsesjordingsleder til lækstrømme over 10 mA.

Korrosion og galvanisk tæring

Ved at forbinde alle elektriske ledende dele i stalden får man en øget risiko for galvanisk tæring på inventardele af metal i overgangszonen mellem gulv og inventarstolpe ved indstøbte stolper samt mellem inventar og gødningsriste. Den galvaniske tæring kan undgås, primært ved at anvende de samme materialer eller ved coating af det udsatte inventar.

Galvanisk tæring er et kendt fænomen og ses fra tid til anden, især i VVS-installationer, hvor man i rørføringer og fittings anvender forskellige metaller. Hvor der fx kan ske tæring omkring rørsamlinger,

når kobberør og rør af sort jern samles. Det kendes også fra det maritime miljø, hvor man på skibe og havne-anlæg bruger offeranoder af zink til at forhindre galvanisk tæring.

Når alle metaldele i en staldbygning er elektrisk forbundet, er der en risiko for, at stalden bliver til et stort batteri (galvanisk element) og der kan genereres en strøm mellem de forskellige metaller og metaldele.

Metallernes lødighed ses af deres indbyrdes placering i "Det periodiske System" eller det man også kalder Spændingsrækkefølgen. Højest står guld, der ikke kan udsættes for galvanisk tæring, lavest står magnesium, der begynder at tære, bare det rører ved et andet metal.

Hvis man forbinder to forskellige metaller med hinanden, vil der være en risiko for, at der opstår en spændingsforskel mellem dem og der begynder at løbe en strøm af ioner fra det ene metal til det andet. Det vil sige, at der flyttes materiale fra det ene til det andet. Det ene sted bliver metallet tyndere, idet det tærer og det andet bliver så at sige "tykkere".

Galvanisk tæring er ikke det samme som rust og ir, hvor der jo sker en oxidering af materialet ved tilførsel af ilt og fugt i et aggressivt miljø.

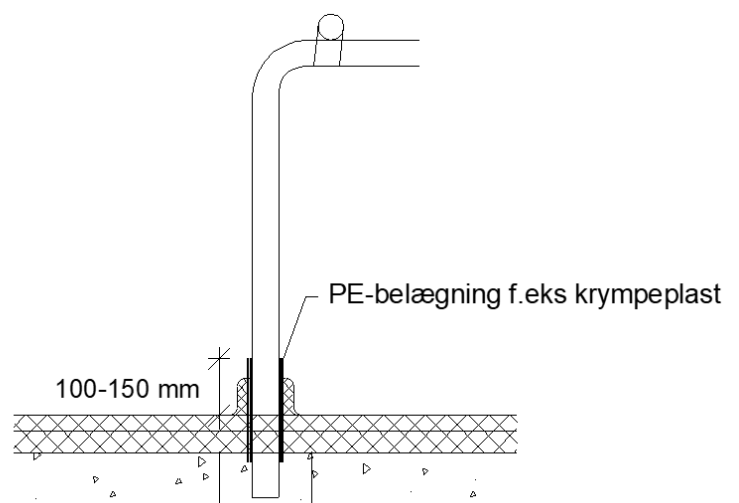
Galvanisk tæring kan også opstå mellem to metaldele af samme materiale, hvis der er forskel på det miljø de står i hver især. Det vil sige, at emner af samme metal godt kan komme til at stå forskelligt i spændingsrækkefølgen og dermed kan udsættes for tæring. Det vil typisk kunne ske mellem inventar, der står i et fugtigt og aggressivt miljø og inventar, der står tørt og frit. Fx stolper der står i dybstrøelse og i sengebåse med halmsenge eller sand.

Undgå galvanisk tæring

En kombination af sort armering og galvaniserede inventardele kan kun anvendes, hvor overgangszonen mellem gulv og inventar holdes tør, så kontakten brydes i det korrosive miljø af våd gødning eller våde foderrester. Det kan gøres ved at lave en opstøbning om stolpen eller ved at forsyne selve stolpen med en krave af krympeplast eller lignende.



Billede 2: Eksempel på korrosionsbeskyttelse af inventarstolper før støbning af gulv



Figur 5: Detalje ved nedstøbt inventar med krave af krympeplast

Alternativt kan gulvet overfladebehandles i en cirkel på minimum 15 cm fra stolpen og selve stolpen overfladebehandles op til minimum 15 cm fra gulvet. Overfladebehandling kan være med Epoxy, staldasfalt (bitumen produkt) eller lignende produkter.

Hvis alle indstøbningsdele på inventar mv. fremstilles af rustfri stål kan kontakten til armeringen udføres uden risiko for korrosion. Det er en rigtig god - men noget dyr - løsning.

Det er vigtigt, at udligningsforbindelserne og potentialudligningen udføres korrekt og omhyggeligt ved alle samlinger i almindelighed og i særdeleshed mellem forskellige metaller.

Ved samling mellem ledende dele i forzinket stål kan der anvendes el-forzinkede klemmer og skruer. Zinktykkelsen skal være minimum 10 my. Ved samlinger mellem sort stål og kobber samt rustfrit stål bør der anvendes klemmer af rustfrie materialer eller kobberlegeringer. Generelt er anbefalingen dog, at samlinger mellem sort jern svejses sammen.

Man bør undgå samlinger mellem forzinket stål og sort stål på grund af øget risiko for korrosion, det samme gælder forzinket stål til kobber og rustfrit stål.

Overgang til beton

Hvis alle ståldele er forzinkede, kan ledende dele samles og tværforbinderes med klemmer af forzinket stål uden korrosionsforebyggende foranstaltninger. Ved tilslutning af ledende dele til udføringerne, bør der anvendes isolerede ledere (jordkabel) eller stænger af rustfrit stål. Det anbefales, at der systematisk foretages en kunststofindstøbning af alle kontaktsteder og tilslutningsklemmerne inden omstøbning med beton.



Billede 3: Armeringsjern svejses sammen inden støbning af gulv

I installationer, hvor kun inventaret er forzinket og overfladebehandlet, kan der i forbindelse med potentialudligningen anvendes klemmer af ubehandlet jern/stål eller af rustfrit stål uden supplerende korrosionsbeskyttelse. Men også her anbefales det, at tilslutningspunkterne for udføring indstøbes i isolerende materialer. Sort armering og armeringsnet kan med fordel svejses sammen.

Kontaktpunkter indstøbt i beton

Ved nedenstående materialeangivelser skal følgende materialekombinationer forbindes metallisk og omstøbes med beton:

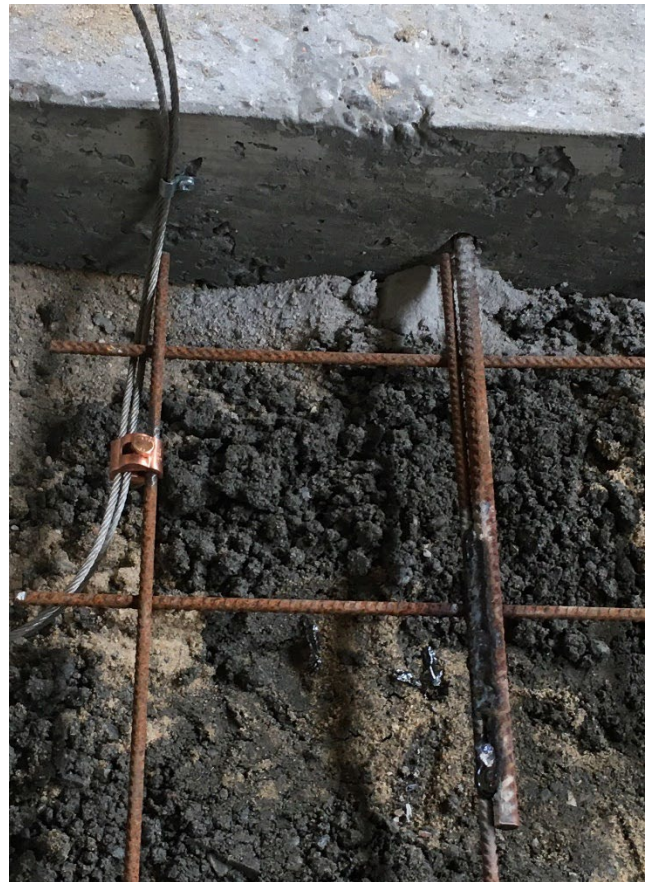
- Varmforzinket stål mod varmforzinket stål.
Der samles hensigtsmæssig med forzinket materiale.
- Varmforzinket stål mod "sort" stål.
Forbindelsen er uheldig, og som en korrosionsforebyggende foranstaltning bør kontaktstedet og samlingselementet omstøbes med et isolerende materiale.
- Varmforzinket stål mod rustfrit stål.
Forbindelsen er uheldig, og som en korrosionsforebyggende foranstaltning bør kontaktstedet og samlingselementet omstøbes med et isolerende materiale.

- Varmforzinket stål mod kobber.
Forbindelsen er uheldig, og som en korrosionsforebyggende foranstaltning bør kontaktstedet og samlingselementet omstøbes med et isolerende materiale.
- "Sort" stål mod rustfrit stål.
Forbindelse udføres med klemmer og lignende af rustfrit stål eller kobberlegeringer.
- "Sort" stål mod kobber.
Forbindelse udføres med klemmer og lignende af rustfrit stål eller kobberlegeringer.

Det anbefales altid at svejse materialerne sammen, når samlingerne er omstøbt af beton. Herfra kan opføres påsvejst leder af rustfrit stål, hvortil inventardele og lignende kan forbindes via massiv kobberleder.

Alternativ kan samlinger udføres med klemme, men det skal udføres omhyggeligt for at sikre forbindelsen.

På billede 4 ses samling af sort stål forbundet med kobberklemme til rustfri stålwire, som omstøbes med beton. Bemærk at armeringsstål er slebet fri for rust på armeringsjern ved kontaktpunkter for at sikre, at man opnår bedst mulig forbindelse.



Billede 4: Rustfri wire samlet med sort stål via en massiv kobberklemme. Foto: Jesper Sørensen, Nørager EI

Henvisninger

- Sikkerhedsstyrelsens hjemmeside link: [Regler for elinstallationer og elanlæg \(sik.dk\)](https://www.sik.dk/erhverv/elinstallationer-og-elanlaeg/love-og-regler/elinstallationer-og-elanlaeg/regler-elinstallationer-og-elanlaeg) (<https://www.sik.dk/erhverv/elinstallationer-og-elanlaeg/love-og-regler/elinstallationer-og-elanlaeg/regler-elinstallationer-og-elanlaeg>)
- Bekendtgørelse om sikkerhed for udførelse og drift af elektriske installationer, BEK nr 1082 af 12/07/2016
- Standardsamling til installationsbekendtgørelsen, DS/HD 60364-serien
- Elinstallationer i landbrug og gartneri. [Elinstallationer i landbrug og gartneri \(sik.dk\)](https://www.sik.dk/erhverv/elinstallationer-og-elanlaeg/vejledninger/elinstallationer/landbrug-og-gartneri/elinstallationer-landbrug-og-gartneri) (<https://www.sik.dk/erhverv/elinstallationer-og-elanlaeg/vejledninger/elinstallationer/landbrug-og-gartneri/elinstallationer-landbrug-og-gartneri>)

Referencer

- [1] Byggeblad nr. 104.03-01 af 28. april 2003: Installationer El: Potentialeudledning i bygninger med husdyr (kvæg, svin, fjerkræ, etc.)
- [2] Bekendtgørelse af lov om sikkerhed ved elektriske anlæg, elektriske installationer og elektrisk materiel (Elsikkerhedsloven), LBK nr. 26 af 10/01/2019
- [3] Anonym (2022): Indretning af stalde til kvæg – Danske anbefalinger. 7. rev. udgave. SEGES Innovation, 184 pp
- [4] Esben Larsen og Erik Damsted (2016): Fejlstrømme og unormal adfærd i svinebesætning. Rapport nr. 50, Videncenter for Svineproduktion

Deltagere

- Jesper Sørensen, Nørager EI
- Gitte Hansen, VKST
- Kim Horsevad, Elektrobiologisk selskab

NAV nr.: 1384

//JAHP//

Dyregruppe: Kvæg, Gris

Fagområde: Byggeri

Nøgleord: EI installationer, Uønsket strøm, vagabonderende strøm, potentialudligning, jordingsanlæg

SEGES
INNOVATION

Tlf.: 87 40 50 00

info@seg.es.dk

Ophavsretten tilhører SEGES Innovation P/S. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

SEGES Innovation P/S er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.