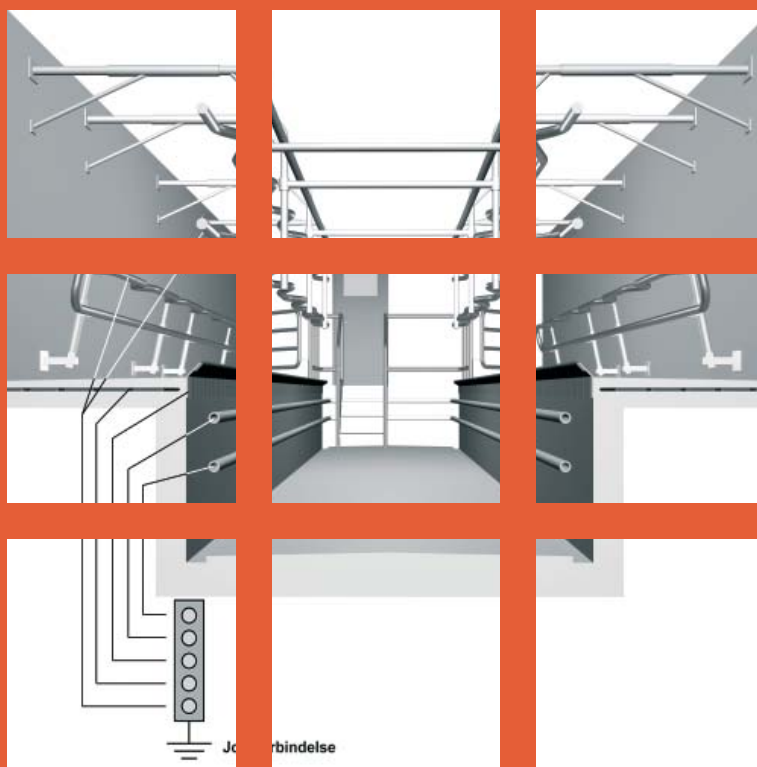




Bygninger | nr. 13 | 2005

# FarmTest

## Elektrisk potentialeudligning i kvæg- og svinestalde



# Elektrisk potential- udligning i kvæg- og svinestalde

Af Jørgen Pedersen og Niels H. Lundgaard, Dansk Landbrugs-  
rådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik og Per Christo-  
phersen, Bygnings- og Maskinkontoret i Nordjylland



**Dansk Landbrugsrådgivning**  
**Landscentret | Byggeri og Teknik**

Udkærvej 15, 8200 Århus N · Tlf. 87 40 50 00 · [www.landscentret.dk](http://www.landscentret.dk)

Titel: Elektrisk potentialudligning i kvæg- og svinestalde  
Forfatter: Maskinkonsulent Jørgen Pedersen og landskonsulent Niels H. Lundgaard, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik og bygningskonsulent Per Christophersen, Bygnings- og Maskinkontoret i Nordjylland  
Review: Landskonsulent Kjeld Vodder Nielsen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik  
Layout: Sekretær Marianne Mikkelsen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik  
Tryk: Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret  
Udgave: 1. udgave 2005  
Oplag: 100 stk.  
Rapporten koster 150 kr. + moms og forsendelse og kan bestilles via internet på adressen [www.landscentret.dk/netbutikken](http://www.landscentret.dk/netbutikken) eller på telefon 87 40 55 00  
Udgiver: Dansk Landbrugsrådgivning  
Landscentret | Byggeri og Teknik  
Udkærsvej 15, Skejby  
8200 Århus N  
Telefon 87 40 50 00 • Fax 87 40 50 10  
E-mail [farmtest@landscentret.dk](mailto:farmtest@landscentret.dk)  
[www.farmtest.dk](http://www.farmtest.dk)  
ISSN: 1601-6815

# Forord

Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 6 om elektriske installationer medfører, at der skal udføres potentialudligning mellem alle ledende dele, som kan berøres samtidigt, for at bringe disse på samme potentiale. Formålet med potentialudligning er at beskytte mennesker og dyr mod farlige spændinger, som kan forekomme ved indirekte berøring af forskellige såvel udsatte som fremmede ledende dele.

Formålet med FarmTesten har været at undersøge, om potentialudligningen i stalde er udført efter forskrifterne. Undersøgelsen er gennemført ved, at der i en række kvæg- og svinestalde er gennemført målinger af overgangsmodstand til neutral jord for en række forskellige inventardele. Desuden blev der foretaget en visuel vurdering af udligningsforbindelserne.

Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik vil gerne takke de landmænd, der har deltaget i undersøgelsen. Uden deres hjælp og positive indstilling kunne denne FarmTest ikke være gennemført.

FarmTesten er udført af Landscentret.

FarmTest er orienterende undersøgelser af ny teknologi og nye metoder til dansk landbrug. Undersøgelserne foregår under praktiske forhold. Undersøgelserne bliver udført i et tæt samarbejde mellem Dansk Landbrugsrådgivning, leverandører af ny teknologi, forsknings- og forsøgsinstitutioner, lokale rådgivere og sidst, men ikke mindst, landmænd.

Du kan læse denne FarmTest og mange andre på vores hjemmeside på adressen [www.farmtest.dk](http://www.farmtest.dk)

Ivar Ravn  
Dansk Landbrugsrådgivning  
Landscentret | Byggeri og Teknik

Skejby, september 2005

# Indhold

Forord .....	4
1. Sammendrag og konklusion .....	6
2. Baggrund, formål og mål .....	8
3. Indledning .....	10
4. Lovkrav og fortolkning af disse angående udligningsforbindelser.....	11
4.1 Hovedudligningsforbindelser .....	11
4.2 Supplerende udligningsforbindelser .....	12
4.3 Kontrol af supplerende udligningsforbindelse.....	13
4.4 Udførelse og ansvar.....	13
4.5 Eftersyn og afprøvning før idriftsætning.....	14
4.6 Drift og vedligehold af installationer.....	14
4.7 Periodiske eftersyn og afprøvning .....	14
4.8 Digression – modstand omregnet til km ledning .....	15
5. Metode, målinger og stalde.....	17
6. Resultater og diskussion .....	20
6.1 Overgangsmodstand fra hovedjordklemme til neutral jord.....	21
6.2 Kvægstalde.....	21
6.3 Svinestalde .....	24
6.4 Supplerende modstandsmålinger .....	26
6.5 Generel kommentar til, hvad målingerne af overgangsmodstande viser.....	26
6.6 Supplerende spændingsmåling .....	27
6.7 Eksempler på potentialudligningsforbindelser.....	28
6.8 Vurdering af udligningsforbindelsernes fysiske tilstand .....	29
6.9 Vejledning om potentialudledning og udligningsforbindelser.....	31
6.10 Udligningsforbindelser skal dokumenteres .....	31
6.11 Årlig kontrol af udligningsforbindelser .....	31
7. Galvanisk tæring .....	32
8. Konklusioner og anbefalinger .....	33
9. Litteratur .....	34
10. Bilag .....	35

# 1. Sammendrag og konklusion

Potentialudligningsforbindelserne er undersøgt i fem kvæg- og tre svinestalde. Staldene er fra 1999-2003. Det konkluderes, at Stærkstrømsbekendtgørelsens bestemmelser, såfremt de følges, er tilstrækkelige til at sikre mod farlige eller generende (sansbare) spændingsforskelle mellem udsatte dele og fremmede ledende dele i stalde. Dog må det betones, at potentialudligningen i kritiske områder af staldbygninger, eksempelvis malkeafdeling, ofres særlig opmærksomhed.

De målte overgangsmodstande mellem inventar-/bygningdele og neutral jord svingede typisk mellem 5 og 30 ohm. Urenheder eller tæring ved selve målepunktet kan have bidraget til den målte overgangsmodstand. Niveauet for de målte overgangsmodstande anses ikke at kunne give anledning til farlige spændinger på bygnings- eller inventardele.

Generelt har det ikke været muligt ved direkte inspektion at konstatere, om udligningsforbindelserne i staldene er etableret korrekt, det vil sige i henhold til kravene i Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6. Kun enkelte steder var der synlige supplerende udligningsforbindelser. At potentialudligningsforbindelserne ikke var synlige, kan næppe tages som udtryk for, at de generelt manglede. Snarere har de været skjulte, da de i mange tilfælde indgår som integrerede dele af bygningskonstruktionerne. Målinger af overgangsmodstand til neutral jord indikerede også, at forbindelsen til jord i de undersøgte stalde generelt må anses for at være god.

Det har ligeledes været vanskeligt at fastslå, om udligningsforbindelserne rent teknisk er udført efter de anbefalinger, der ligger i vejledningen Landbrugets Byggeblad nr. 104.03-01. "Potentialudligning i bygninger med husdyr (kvæg, svin, fjerkræ ect.)".

Køerne i de undersøgte kostalde har ifølge landmændene tilsyneladende ikke udvist en adfærd, som normalt vil kunne tilskrives manglende potentialudligning.

I nogle af svinebesætningerne på de undersøgte svineejendomme har der været problemer med halebid, et adfærdsmønster, der kan fremkaldes af manglende potentialudligning. Problemerne med halebid har ikke kunnet lokaliseres til bestemte stier eller områder i staldene.

En vedvarende fejl i den elektriske installation, der trækker en fejlstrøm på mindre end 0,03 ampere, altså mindre end udløserstrømmen på HFI relæet, vil ved en overgangsmodstand på 30 ohm skabe en spænding mellem neutral jord og den berørte bygnings-/inventardel på under 1 volt. Dette vil ikke kunne mærkes af hverken mennesker eller husdyr.

En lav overgangsmodstand mellem neutral jord og en given bygnings- eller inventardel er som antydning ingen garanti for, at der er foretaget forskriftsmæssige udligningsforbindelser. Simpel berøringskontakt mellem inventar- og bygningsdele kan i sig selv give en lav modstand. Denne kontakt er næppe stabil, hvorfor det er vigtigt med egentlige forbindelser i form af metalliske ledere. Det bør derfor til enhver tid kunne dokumenteres, at udligningsforbindelserne vitterligt er til stede.

Udligningsforbindelser, der er dækket bag bygnings- eller inventardele eller nedstøbt i beton, bør være fotograferet, inden tildækningen finder sted.

Det kemiske miljø i stalde er stærkt tærende, og udligningsforbindelse må anses for at være udsatte. Afbrydes en udligningsforbindelse på grund af tæring, er en del af bygnin-

gen eller inventaret ikke længere potentialudlignet. Resultatet kan blive, at der opstår berøringsspænding på inventardele, hvilket kan udløse stress hos dyrene. Det bør altid bero på en nøje vurdering, om stress hos dyrene kan tilskrives berøringsspænding på inventar-/bygningsdele eller noget helt andet. Er man i tvivl, bør installationer og udligningsforbindelser kontrolleres. En aut. elinstallatør vil på forholdsvis kort tid kunne lave et "helbredstjek" af udligningsforbindelserne.

## 2. Baggrund, formål og mål

Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6 angiver, at den vedvarende berøringsspænding i stalde ikke må overstige 25 V. Til beskyttelse mod elektrisk stød ved indirekte berøring fastsætter bekendtgørelsen, at der udføres elektrisk potentialudligning. Det vil sige etablering af elektriske forbindelser, som bringer udsatte dele og fremmede ledende dele på omtrent samme potentiale. Tilstedeværelsen af potentialudligningsforbindelser er en forudsætning for korrekt funktion af "beskyttelsesudstyr, som automatisk afbryder forsyningen til den strømkreds eller det materiel, som udstyret beskytter mod indirekte berøring, i tilfælde af en fejl mellem en spændingsførende del og en udsat del eller en beskyttelsesleder i strømkredsen eller materiellet." Dette beskyttelsesudstyr er typisk HFI-relæ (eller HPFI-relæ) med en mærkeudløserstrøm på 30 mA.

Indirekte berøring vil sige menneskers eller husdyrs berøring af udsatte dele (ledende dele på elektrisk materiel, som kan berøres), der er blevet spændingsførende som følge af en fejl i installationen.

Formålet med FarmTesten har været at undersøge, om den elektriske potentialudligning i stalde virker efter hensigten. Det vil sige sikrer mennesker og dyr mod farlige spændingsforskelle mellem udsatte dele og fremmede ledende dele. Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, kap. 413.1 skelner i forbindelse med beskyttelse mod elektrisk stød mellem hovedudligningsforbindelser og supplerende udligningsforbindelser. En supplerende udligningsforbindelse er en lokal udligningsforbindelse, der sikrer, at der i tilfælde af fejl kan ske automatisk afbrydelse i de dele af installationen, som ikke i tilstrækkelig grad er beskyttet via hovedudligningsforbindelserne, uden at der sker skade på mennesker eller husdyr.

Hensigten med supplerende udligningsforbindelser er, at alle ledende dele i en stald forbindes til ét stort ledende net, som via hovedjordklemmen står i forbindelse med neutral jord. Ofte kan mere end en fungerende jordelektrode være forbundet til hovedjordklemmen.

I denne undersøgelse har fokus været på de supplerende udligningsforbindelser. Deres tilstedeværelse er søgt påvist ved måling af overgangsmodstanden fra målepunktet ved en given inventar-/bygningsdel til neutral jord.

Da supplerende udligningsforbindelser erfaringsmæssigt ofte er skjult, kan det være vanskeligt at afgøre, om de rent faktisk er etableret ved et givent målepunkt. Simpel kontakt/berøring mellem bygningsdele kan sandsynligvis (i nogle tilfælde) konstituere en god metallisk ledningsevne eller, hvad der er det samme, en lav modstand til neutral jord. Det er dermed klart, at en lav overgangsmodstand ikke (måske langt fra) altid er ensbetydende med tilstedeværelsen af regulære supplerende udligningsforbindelser.

Det har endvidere været formålet i undersøgelsen at afdække, om der er eventuelle problematiske installationer/inventardele i stalde i relation til elektrisk potentialudligning ved hjælp af supplerende udligningsforbindelser.



De retningsgivende arbejdsmaal for undersøgelsen har været, at:

- Opmåle overgangsmodstanden til neutral jord i en række punkter i kvæg- og svinestalde, for at be- eller afkræfte tilstedeværelsen af supplerende udligningsforbindelser. Denne opmåling foretages i fem kvæg- og tre svinestalde af nyere dato, det vil sige yngre end fem år.
- Undersøge om de supplerende udligningsforbindelser i en række nyere kvæg- og svinestalde er udført efter anvisningerne i Byggeblad nr. 104.03-01 af den 28. april 2003.
- Undersøge om udligningsforbindelserne er vedligeholdte.
- Opstille generelle anbefalinger til dokumentation for korrekt udførte udligningsforbindelser.

### 3. Indledning

Vagabonderende strømme opstår, når der er spændingsforskel, også kaldet potentialdifferens, mellem to metaller i eksempelvis et gulv og en drikkekop. Hvis et dyr kommer i berøring med overflader, der har forskellige potentialer, bliver dyret en leder mellem disse to punkter, og elektrisk strøm løber gennem dyrets krop.

Det er strømmen, som er farlig. Den forstyrrer de elektriske impulser i organismens nervesystem og kan påvirke hjerterytmen eller helt stoppe hjerteslaget. Hvis strømmen er kraftig, forårsager den direkte vævsskade. Strømstyrke over 100 mA er meget farlig for mennesker. Højfølsomme fejlstrømsrelæer (HFI-relæer) afbryder den elektriske spænding, hvis fejlstrømmen vedvarende overstiger 30 mA.

Ifølge Ohm's 1. lov  $U = I \times R$  er der to størrelser, der er bestemmende for, hvor meget strøm der løber i en leder, nemlig spændingen (volt) og modstanden (ohm). En høj spænding over en lav modstand vil give anledning til en høj strøm gennem modstanden og vice versa.

Det er påvist, at den elektriske modstand i et dyr afhænger af dets vægt. Modstanden afhænger ligeledes af, hvor stort et areal der er i kontakt med strømkilden. Det vil sige, om dyrene har to eller fire ben på gulvet, om strømmen går ind ved hovedet og ud ved for- eller bagben. Desuden spiller forholdene i kontaktpunktet en rolle, for eksempel leder et fugtigt underlag bedre end et tørt.

De fysiologiske virkninger som følge af påvirkning med elektrisk strøm er fælles for både mennesker og dyr, og det antages, at dyr føler elektrisk strøm på samme måde som mennesker. Mængden af strøm, som er nødvendig for at forårsage en mindre ændring i adfærd hos køer, er på størrelse med, hvad mennesket akkurat kan fornemme. Dyr er bedre ledere af strøm, da de ikke som mennesket er beskyttet af tøj og fodtøj. Ved en potentialdifferens under 10 volt sker der ingen direkte skader på vævet. Forsøg viser dog, at husdyr reagerer på spændingsniveauer på helt ned til 3-4 V.

Videnskabelige forsøg med fjerkræ, svin og kvæg har ikke kunnet påvise, at dyrene skades direkte ved mindre potentialdifferenser. Derimod viser flere af forsøgene signifikant ændret adfærd, og specielt for malkekøer, markant dårligere produktionsresultater og højere mastitisfrekvens.

Hvis svin er udsat for stressfaktorer så som dårlig luftkvalitet eller stærk varme, kan en spænding på inventaret være den faktor, der udløser problemer med halebid mv. Med en supplerende udligningsforbindelser vil denne stressfaktor blive elimineret.

## 4. Lovkrav og fortolkning af disse angående udligningsforbindelser

Kap. 413.1.2.1 i Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, Elektriske installationer anfører, at der i enhver bygning skal udføres hovedudligningsforbindelse.

Formålet med kravet er at sikre personale og dyr mod farlige spændinger, som kan forekomme ved berøring af forskellige ledende dele. Ud over at sikre mennesker og dyr mod farlige berørings- og skridtspændinger er udligningsforbindelserne også med til at sikre følsomme elektroniske installationer mod fejl og beskadigelse.

Udligningsforbindelser i en installation er ledere, der sikrer potentialudligning, og de er dermed en del af den samlede beskyttelse.

### 4.1 Hovedudligningsforbindelser

Uddrag af kap. 413.1.2.1:

*"I enhver bygning skal hovedbeskyttelseslederen, hovedjordlederen, hovedjordklemmen og følgende fremmede ledende dele forbindes til hovedudligningsforbindelsen:*

- *Metalliske rørledninger til forsyning inde i bygningen, for eksempel for gas og vand.*
- *Metalliske konstruktionsdele<sup>1</sup>, centralvarme- og ventilationssystemer.*
- *Metallisk hovedarmering i betonkonstruktioner, hvis det er praktisk gennemførligt<sup>1</sup>.*
- *Jordingsanlæg for lynbeskyttelse."*

<sup>1</sup>: *Det er ikke noget krav, men det anbefales, at metalliske konstruktionsdele og metallisk hovedarmering i betonkonstruktioner forbindes til hovedudligningsforbindelsen.*

Se figur 4.1 side 15 for en oversigt over beskyttelsesledere.

Ifølge Sikkerhedsstyrelsens tolkning gælder anbefalingen hovedsagligt:

*"dele, som kan forventes at antage et jordpotentiale, der er forskelligt fra det potentiale, som hovedudligningsforbindelsen kan antage under fejlforhold. For eksempel anbefales det at forbinde søjler af metal eller af armeret beton til hovedudligningsforbindelsen, hvis de er anbragt direkte i jord eller på et fundament, som ikke selv er forbundet til hovedudligningsforbindelsen. Er fundamentet derimod forbundet til hovedudligningsforbindelsen, for eksempel fordi det bliver brugt som jordelektrode, er det unødvendigt at tilslutte selve søjlerne.*

*Andre dele, så som betonelementer ved elementbyggeri, trapper eller trappegelændere af metal, vinduespartier, facadebeklædninger af metal osv., behøver ikke at blive forbundet til hovedudligningsforbindelsen."*

## 4.2 Supplerende udligningsforbindelser

Der er ifølge Stærkstrømsbekendtgørelsen, kap. 413.1.3.1 endvidere krav om supplerende udligningsforbindelser:

*"Hvis betingelserne for automatisk afbrydelse angivet i 413.1.1.1 ikke kan opfyldes i en installation eller en del af en installation, skal der udføres en lokal udligningsforbindelse benævnt supplerende udligningsforbindelse".*

Uddrag af kap. 413.1.1.1 Afbrydelse af installationen:

*"Der skal forefindes beskyttelsesudstyr, som automatisk afbryder forsyningen til den strømkreds eller det materiel, som udstyret beskytter mod indirekte berøring, i tilfælde af en fejl mellem en spændingsførende del og en udsat del eller en beskyttelsesleder i strømkredsen eller materialet.*

*Beskyttelsesudstyret skal virke, så der ikke kan opretholdes en prospektiv berøringsspænding, der overstiger grænsen for den konventionelle berøringsspænding  $U_L$ , (...) i så lang tid, at den medfører risiko for skadelig, fysiologiske virkninger i en person (eller husdyr), der er i berøring med samtidigt tilgængelige, ledende dele."*

For mennesker er  $U_L = 50$  V vekselspænding (jvf. kap. 413.1.1.1), for husdyr er  $U_L = 25$  V vekselspænding (jvf. kap. 705.413.1).

En udsat del er ifølge Stærkstrømsbekendtgørelsen, kap. 213.7:

*"Ledende del på elektrisk materiel, som kan berøres og som normalt ikke er spændingsførende, men som kan blive spændingsførende i tilfælde af fejl på grundisolationen."*

Uddrag af Stærkstrømsbekendtgørelsen, kap. 413.1.6.1 skriver:

*"Supplerende udligningsforbindelser skal omfatte alle ledende dele, som kan berøres samtidigt, hvad enten det drejer sig om udsatte dele på fast installeret materiel eller fremmede ledende dele, herunder metallisk hovedarmering i betonkonstruktioner, hvis det er praktisk gennemførligt.*

*Udligningsforbindelsen skal forbindes til beskyttelseslederne for alt materiel, herunder også til beskyttelsesledere i stikkontakter."*

Noten til kap. 413.1.6.1 bemærker, at:

*"I Danmark anbefales det at forbinde armeringen til udligningsforbindelsen, men det er ikke noget krav."*

I Stærkstrømsbekendtgørelsen, kap. 705 om installationer i landbrug og gartneri og bygninger for husdyrhold er kravet om supplerende udligningsforbindelser også nævnt. Kap. 705.413.1.6 skriver:

*"I rum for husdyr skal der udføres supplerende udligningsforbindelser, som forbinder alle udsatte dele og fremmede ledende dele, der kan berøres af dyrene, med installationens beskyttelsesleder."*

Noten til kap. 705.413.1.6 anfører, at:

*"I rum for husdyr anbefales det at anbringe et metalnet i gulvet og forbinde nettet til beskyttelseslederen."*

Ved fremmede ledende dele forstås ledende dele, der ikke indgår i den elektriske installation, og som kan indføre et vist potentiale, almindeligvis jordpotentialen.

Fremmede ledende dele kan for eksempel være:

- Stålspær.
- Metallisk væg-/tagbeklædning.
- Ikke-isolerede gulve og vægge, det vil sige armeringsjern i gulve og fundamenter, der er støbt på byggepladsen.
- Staldinventar med elektrisk ledende forbindelse til jord.
- Metalliske rørledninger til forsyning inde i bygningen, for eksempel for gas og vand.

### 4.3 Kontrol af supplerende udligningsforbindelse

Stærkstrømsbekendtgørelsen, kap. 413.1.6.2 skriver (i uddrag), at:

*“Det skal kontrolleres, at den supplerende udligningsforbindelse er effektiv, ved at sikre, at modstanden  $R$  mellem udsatte dele og fremmede ledende dele, der kan berøres samtidigt, opfylder følgende betingelse:*

$$R \leq \frac{U_L}{I_a}$$

hvor  $I_a$  er beskyttelsesudstyrets udløsestrøm:

*ved fejlstrømsafbrydere, mærkeudløsestrømmen  $I_{\Delta n}$ .”*

og  $U_L$  er den konventionelle berøringsspænding på 25 V.

Mærkeudløsestrømmen  $I_{\Delta n}$  på et HFI-relæ er 30 mA.

### 4.4 Udførelse og ansvar

Sikkerhedsstyrelsen skriver følgende om udførelse og ansvar angående udligningsforbindelser:

*“Udligningsforbindelser skal normalt udføres af elinstallatøren, som også er ansvarlig for, at forbindelserne er rigtigt udført, og at der er gennemgående elektrisk forbindelse.*

*Der kan dog være tilfælde, hvor en del af udligningsforbindelsen udføres af andre entreprenører. Det gælder for eksempel, hvor armeringsjern i betonkonstruktioner skal tilsluttes hovedudligningsforbindelsen, eller hvor metalindlægget i ikke-isolerende gulve udgøres af armeringsjern i dækket. I disse tilfælde må det sikres gennem en nøje beskrivelse af udførelseskravene under støbeentreprisen, at armeringsjernene er forbundet indbyrdes, og at der findes egnede tilslutningssteder for elinstallatørens tilslutning af udligningsforbindelserne. Elinstallatøren er her kun ansvarlig for tilslutningen i de anviste tilslutningssteder.”*

## 4.5 Eftersyn og afprøvning før idriftsætning

Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, kap. 61.1.1 skriver, at:

*“Alle installationer skal i forbindelse med udførelsen og/eller efter færdiggørelsen, før de sættes i drift, efterses og afprøves for at sikre, i den udstrækning det er muligt, at de overholder nærværende installationsbestemmelser.”*

Kap. 61.2.5 skriver:

*“Eftersyn og afprøvning skal udføres af en sagkyndig person, der er kvalificeret inden for området”.*

Endvidere anføres i kap 61.1.6:

*“Ved afslutning af eftersynet og afprøvningen ifølge 61.1.1 (...) skal der udarbejdes en rapport.”*

Vedrørende selve afprøvningen anfører kap. 612.2:

*“Der skal foretages en prøve af den gennemgående elektriske forbindelse. Det anbefales, at prøven udføres med en forsyning, der har en tomgangsspænding på 4 til 24 V jævn- eller vekselspænding og med en strøm på mindst 0,2 A.”*

## 4.6 Drift og vedligehold af installationer

Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, kap. 621.1:

*“Ejeren (brugeren) af enhver installation (herunder også brugsgenstande med tilhørende ledninger) skal udvise påpasselighed med hensyn til at afværge, at installationen udsættes for overlast.*

*Ejeren (brugeren) er ansvarlig for installationens tilstand og vedligeholdelse og skal lade fejl og mangler afhjælpe snarest muligt samt foranledige, at der hurtigst muligt træffes foranstaltninger for at hindre, at fejl eller mangler kan foranledige fare for personer, husdyr eller ejendom.”*

## 4.7 Periodiske eftersyn og afprøvning

Bilag F til kap. 61 i Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, omhandler anbefalinger vedrørende periodiske eftersyn af installationen. Kap. F.1 skriver:

*“Medmindre andet fremgår af nationale regler eller nationale lovmæssige bestemmelser, skal periodiske eftersyn og afprøvning af elektriske installationer udføres for at afgøre, om installationerne eller dele af installationerne ikke har været udsat for forringelser, der gør dem usikre at bruge, og om de stadig er i overensstemmelse med installationsreglerne.*

*Det skal desuden omfatte undersøgelse af virkningerne af enhver ændring i anvendelsen af lokaler fra det, installationen oprindeligt var beregnet til.”*

I note 1 til kap. F.2 i bilaget står der angående interval mellem eftersyn og afprøvning:

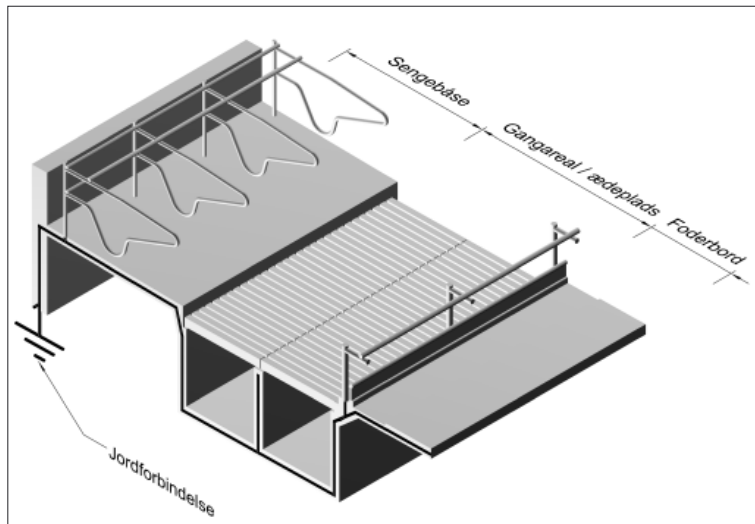
*“Intervallet kan for eksempel være tre år med undtagelse af i følgende tilfælde, hvor der kan være større risiko, og kortere perioder derfor kan være nødvendige:*

- Arbejdspladser eller steder, hvor der er risiko for beskadigelse, brand eller eksplosion.
- Arbejdspladser eller steder, hvor der er både højspændings- og lavspændingsinstallationer. (...)”

Og i kap. F.3 i samme bilag står der blandt andet:

“Det periodiske eftersyn og afprøvning bør mindst omfatte:

- Prøvning af den gennemgående elektriske forbindelse i beskyttelseslederne. (...)”



Figur 4.1. Eksempel på supplerende udligningsforbindelse i kvægstald med sengebåse.

## 4.8 Digression – modstand omregnet til km ledning

Det skal som beskrevet kontrolleres, at den supplerende udligningsforbindelse er effektiv (gennemgående elektrisk forbindelse), ved at sikre, at modstanden mellem udsatte dele og fremmede ledende dele i rum til husdyr (i.e. stalde) opfylder følgende:

$$I_a \times R \leq 25 \text{ V}$$

Med en mærkeudløserstrøm  $I_a = 30 \text{ mA}$  på HFI-relæet bliver  $R = 833 \text{ ohm}$ . Hvis de udsatte og/eller fremmede ledende dele er forbundet til jordpotentialen, er  $833 \text{ ohm}$  den maksimale overgangsmodstand, der må være til neutral jord. I en staldbygning er dette typisk tilfældet.

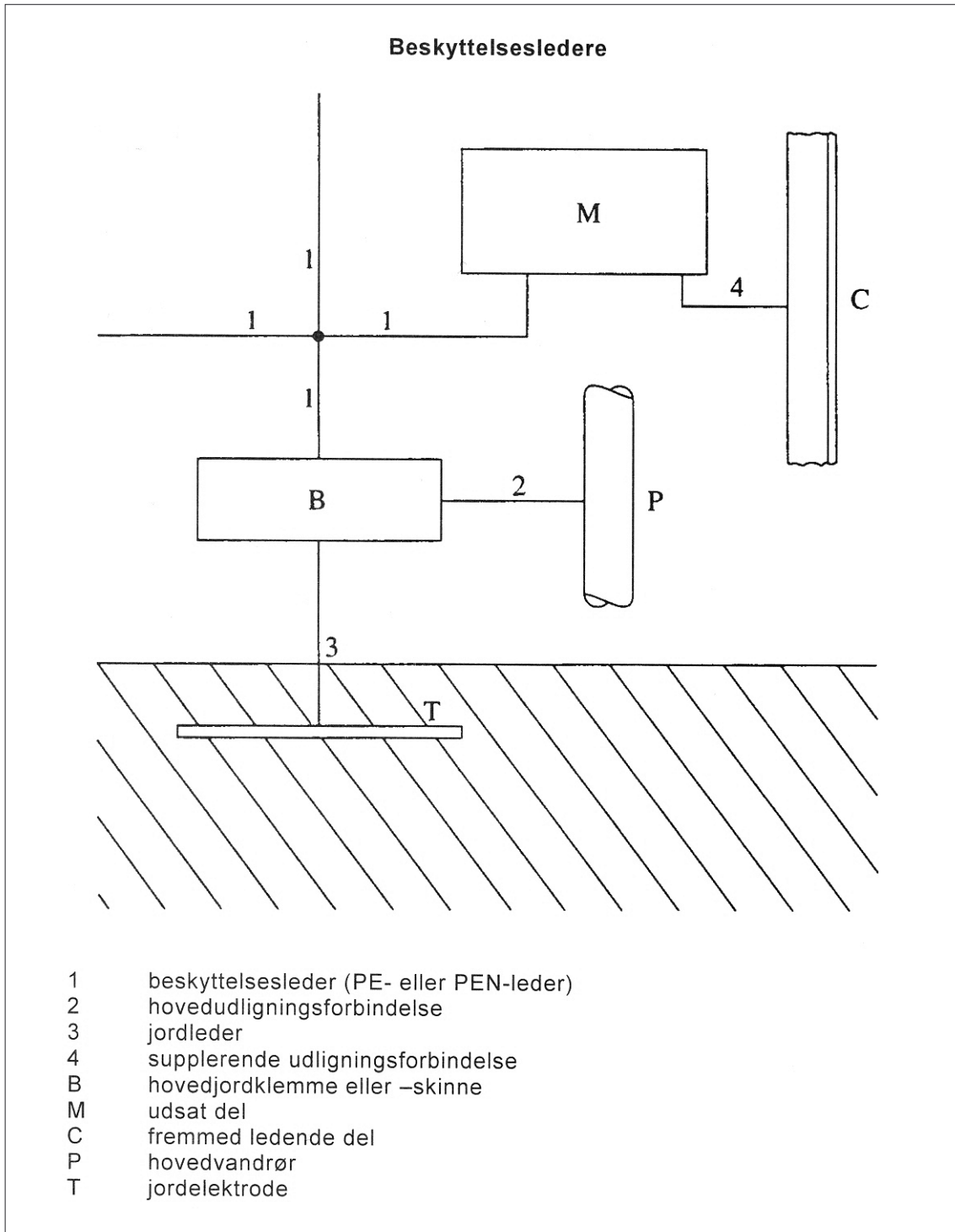
En modstand på  $833 \text{ ohm}$  kan eksempelvis ækvivaleres med længden af en  $1,5 \text{ mm}^2$  kobberledning (almindelig installationsledning). Kobber besidder en specifik modstand på:

$$17,5 \frac{\text{ohm} \times \text{mm}^2}{\text{km}}$$

En  $1,5 \text{ mm}^2$  kobberledning har derfor en modstand på  $11,67 \text{ ohm pr. km}$ .

En overgangsmodstand til neutral jord på  $833 \text{ ohm}$  svarer derfor til modstanden i ca.  $71,4 \text{ km}$   $1,5 \text{ mm}^2$  kobberledning!

På baggrund af førnævnte regnestykke er det indlysende, at overgangsmodstanden til neutral jord ved inventar-/bygningdele vil være markant mindre end 833 ohm, såfremt der er en ordentlig, metallisk forbindelse til jordpotentiale (selv om jerns specifikke modstand er 5-6 gange større end kobbers). Modsat er det lige så klart, at hvis overgangsmodstanden er stor, altså større end 833 ohm, er der ingen eller kun en meget ringe forbindelse til neutral jord.



Figur 4.2. Oversigt over typer af beskyttelsesledere og deres placering i en elektrisk installation. Kilde: Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, Elektriske installationer, 1. udgave. Schultz Grafisk, 2001.



## 5. Metode, målinger og stalde

Når man vil tjekke, om en elektrisk installation er sikret mod farlige berøringsspændinger ved hjælp af udligningsforbindelser, skal man undersøge:

- Hovedudligningsforbindelserne.
- De supplerende udligningsforbindelser.

Dette gøres ved at måle:

- Modstanden mellem hovedjordklemmen, hvortil hovedudligningsforbindelserne er forbundet, og de fremmede ledende dele, som kan indføre jordpotentialen (jvf. SB afsnit 6, kap. 413.1 2 1).
- Modstanden mellem dele, som er forbundet med supplerende udligningsforbindelser.

I princippet skal der etableres supplerende udligningsforbindelser mellem:

- Fremmede ledende dele.
- Udsatte dele.
- Fremmede ledende dele og udsatte dele.

Formålet med udligningsforbindelserne er aktuelt at bringe alle fremmede ledende dele på samme, fælles potentiale. I en bygning, hvor fremmede ledende dele indfører jordpotentialen, er dette fælles potentiale naturligvis jordpotentialen. Modstandsmåling mellem ledende dele, som er forbundet med en regulær leder (i.e. en ledning), vil vise 0 ohm (approximativt). En sådan måling viser desværre ikke, om delene har forbindelse til jord. Hvilket som beskrevet er forudsætningen for, at der ikke er farlige berøringsspændinger på inventar-/bygningdele i en bygning med ikke-isoleret gulv (i.e. gulv med armering). Det er med andre ord afgørende, at der er forbindelse til neutral jord.

Derfor er den gennemgående elektriske forbindelse til jordpotentialen, som udligningsforbindelserne skal tilvejebringe, undersøgt ved at måle overgangsmodstanden fra de ledende dele (primært fremmede ledende dele) i staldene til neutral jord. Jordpotentialen er defineret til at være det potentiale, den (ved forsyningstransformeren) jordforbundne nul-leder befinder sig på. Det vil altså sige, at forbindelsen til neutral jord er opnået via nul-lederen i hovedtavlen.

Begrundelsen for at vælge nul-lederen i definitionen af jordpotentialen, frem for hovedjordklemmen, er, at overgangsmodstanden til neutral jord i reglen er mindst gennem den jordforbundne nul-leder. Ligeledes gør denne definition af jordpotentialen det muligt at måle overgangsmodstanden til neutral jord via hovedjordklemmen lokalt på den undersøgte ejendom (i.e. total jordingsmodstand). Hovedjordklemmens forbindelse til jordpotentialen sker typisk gennem.

- Jordspyd.
- Armering i gulv og/eller fundament, som fungerer som jordelektrode.

Af disse to giver armering i gulv/fundament sandsynligvis langt den mindste overgangsmodstand.

Stikledninger til vandforsyning er i dag af plastik. Man vil derfor ikke opnå nogen videre forbedring af forbindelsen til jordpotentialen ved at lægge en "supplerende" jordleder fra hovedjordklemmen til metalliske vandrør inde i bygningen.

Hvis hovedjordklemmen har forbindelse til jordpotentialet via mere end én fungerende jordelektrode, hvilket ofte er tilfældet, er overgangsmodstanden til jord et resultat af parallelforbundne modstande. Fordelen ved dette er som bekendt, at modstanden til jord bliver mindre, end hvis hovedjordklemmen kun havde én forbindelse til jordpotentialet.

Det samme gør sig gældende, når der måles overgangsmodstand til jord på en ledende del i stalden. Måles der eksempelvis på en inventardel, så kan denne del være forbundet til hovedjordklemmen via en udligningsforbindelse, men den kan også have en "naturlig" god forbindelse til det jordforbundne, armerede gulv via det beton, den er fastgjort på/i. De målte overgangsmodstande i undersøgelsen er derfor en sum af serie- og/eller parallelforbundne modstande til jord.

Der er blevet målt overgangsmodstande i otte stalde, heraf fem til malkekøer, én til drægtige søer, én til smågrise samt én til slagtesvin, se tabel 5.1. Staldene er bygget i perioden 1999 til 2003, og skulle således alle sammen være udført med udligningsforbindelser i henhold til Stærkstrømbekendtgørelsens krav. Disse krav er beskrevet i detaljer i Landbrugets Byggeblad nr. 104.03-01.

Tabel 5.1. De undersøgte stalde. De otte stalde er fordelt på otte ejendomme i Jylland.

Stald, nr.	Dyr	Byggeår	Indretning og inventar
1	Malkekøer	1999	Sengebåse, tværstald, 2 boks AMS, foderkæde
2	Malkekøer	2001	6 rækker sengebåse, 2×10 malkestald
3	Malkekøer	2001	6 rækker sengebåse, 2×12 sildeben, fast exit
4	Malkekøer	2003	6 rækker sengebåse
5	Malkekøer	2002	7 rækker sengebåse, 4 boks AMS
6	Søer	2003	Drægtighedsstald med bokse, kontrolafdeling
7	Slagtesvin	2002	Spalter + dræn, vådfoder ad libitum
8	Søer + smågrise	2001	Delspalte, to-klima, ad lib. tørfoder, diffus ventilation

Der er målt overgangsmodstand mellem neutral jord og malkeanlæg, foderanlæg, inventar, vandtrug og stålspar i kvægstaldene samt foderanlæg, inventar, vandkopper samt øvrige vand- og varmeinstallationer i svinestaldene.

Til måling af overgangsmodstanden blev der anvendt et måleinstrument af typen EURO-TEST model Q 61557, som er et transportabelt måleinstrument beregnet til test af overgangsmodstand i henhold til Europæisk standard EN61557 og BS7671.

Måling af overgangsmodstand udføres ved, at der dannes en sluttet strøm kredsløb, hvorigennem instrumentet sender en strøm på ca. 15 mA. To ledninger går fra instrumentet: én til nul-lederen i hovedtavlen, og én til den inventar-/bygningsdel, hvor overgangsmodstanden til neutral jord ønskes målt. Nul-lederen står via det jordforbundne stjernepunkt i transformeren i forbindelse med neutral jord. Instrumentet måler spændingsfaldet i kredsen og beregner på baggrund heraf modstanden. Med denne opstilling måles modstanden gennem følgende kredsløb:

1. Nul-leder fra hovedtavle til stjernepunkt i forsyningstransformer.
2. Overgangsmodstand fra det jordforbundne stjernepunkt i forsyningstransformeren til jord (modstanden er her typisk ca. 2 ohm).
3. Jord (per definition er den 0 ohm).
4. Overgangsmodstand fra jord til den pågældende inventar-/bygningsdel. Denne overgangsmodstand omfatter modstanden i en eller flere parallelforbundne, det vil sige flere adgangsveje til jord, og/eller serieforbundne metalliske forbindelsesveje til målepunktet.

Her er det klart, at (langt) den største modstand i ovenanførte strømkreds ligger i overgangen fra jordelektrode(r) til jord (med undtagelse af modstanden i punkt 2). Modstanden i udligningsforbindelser er i sammenligning hermed forsvindende.

Hvor målepunktet er hovedjordklemmen, erstattes punkt 4 af overgangsmodstanden(e) fra jord til den eller de fungerende jordelektroder, som hovedjordklemmen via hovedudligningsforbindelser og/eller jordledere er forbundet til samt i tillæg hertil naturligvis modstanden i selve jordlederne/hovedudligningsforbindelserne.

Med den beskrevne metode måles overgangsmodstanden til jord uanset, hvordan målepunktet er forbundet til jord. Det er ikke i alle tilfælde indlysende, præcis ad hvilke veje et givent sted i bygningen står i forbindelse med jord. Dette er i princippet også ligegyldigt, når blot overgangsmodstanden til jord for alle ledende dele er passende lav.

Under tolkning af de målte modstandsstørrelser vil der blive set bort fra overgangsmodstanden fra det jordforbundne stjernepunkt i forsyningstransformereren til jord. Grunden er, at vi faktisk ikke kan sige noget sikkert om den. Vi betragter dermed hele den målte modstand som et sumresultat af serie- og parallelforbundne modstande fra målepunktet i stalden (inventar-/bygningssdel) til jord via hovedjordklemme og/eller naturlig forbindelse til jord.

Enkelte steder er der foretaget supplerende modstandsmålinger:

- I stald 1 er der lavet fire målinger mellem hovedjordklemmen og diverse rør.
- I stald 3 er der lavet otte målinger mellem gulvet i en malkegrav og inventar i malkestald.



Figur 5.1. Måleinstrument anvendt til måling af overgangsmodstand til neutral jord for inventar- og bygningsdele i stalde.

Der er foretaget orienterende målinger af den elektriske spænding mellem bygnings-/inventardele og gulv i tre af de undersøgte stalde. Målingerne er foretaget med et almindeligt, håndholdt multimeter.

Målingerne på de otte ejendomme er gennemført i november og december 2003.

## 6. Resultater og diskussion

Behandlingen og gennemgangen af de målte overgangsmodstande er opdelt på kvæg- og svinestalde henholdsvis.

Der er lavet diagrammer over overgangsmodstand til neutral jord for individuelle inventar- og bygningsdele samt for stalde. Endvidere er der udregnet gennemsnitstal (middelværdi) og standardafvigelse for de tal, der er afbilledet i diagrammerne.

Inden ovennævnte resultatgennemgang ses en tabel med de fundne overgangsmodstande fra hovedjordklemme til neutral jord, altså total jordingsmodstand, i de undersøgte stalde.

Efter gennemgangen af de målte overgangsmodstande i kvæg- og svinestalde følger en række mindre afsnit:

- 6.4 Supplerende modstandsmåling.
- 6.5 Generel kommentar til, hvad målingerne af overgangsmodstande viser.
- 6.6 Supplerende spændingsmåling.
- 6.7 Eksempler på potentialudligningsforbindelser.
- 6.8 Vurdering af udligningsforbindelsernes fysiske tilstand.
- 6.9 Vejledning om potentialudligning og udligningsforbindelser.
- 6.10 Udligningsforbindelser skal dokumenteres.
- 6.11 Årlig kontrol.

Abnormt afvigende måleresultater såkaldte outliers er sorteret fra i databehandlingen. Grunden er, at de ikke anses for at være repræsentative for forholdene i staldene. Generelt er modstandsværdier over 50 ohm frasorteret, og dette er gjort af praktiske grunde. Det er nemlig lettere at anskueliggøre variationen i de lave modstandsværdier, når de ikke forstyrres af stærkt afvigende talstørrelser. Under resultatgennemgangen nævnes, hvor mange og hvilke tal det drejer sig om.

Samtlige måleresultater kan ses i bilaget.

## 6.1 Overgangsmodstand fra hovedjordklemme til neutral jord

Tabel 6.1. Overgangsmodstand (i.e. total jordingsmodstand) fra hovedjordklemme til neutral jord via fungerende jordelektrode(r) på de undersøgte ejendomme.

Stald, nr.	Husdyr	Modstand, ohm
1	Malkekøer	8,3
2	Malkekøer	9,04
3	Malkekøer	9,38
4	Malkekøer	-
5	Malkekøer	7,96
6	Søer	6,3
7	Slagtesvin	8,35
8	Søer + smågrise	7,31
Gennemsnit		8,09
Standardafvigelse		1,04

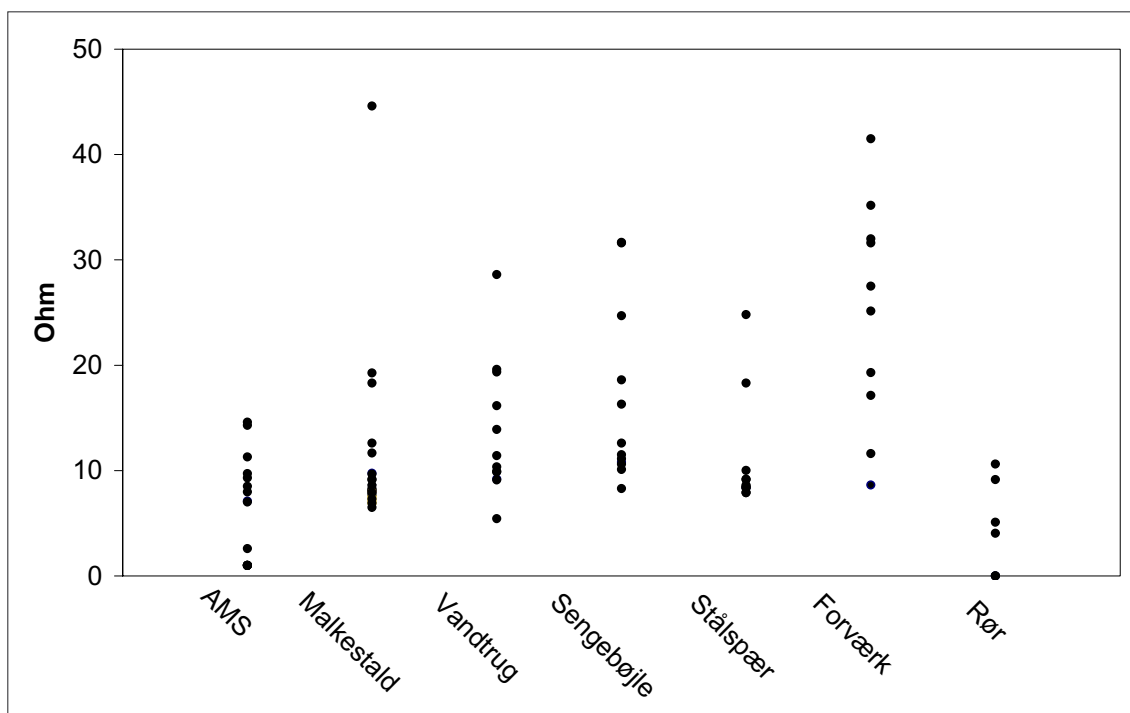
Overgangsmodstanden fra hovedjordklemme til neutral jord ligger, som det ses i tabel 2, altså typisk mellem ca. 7 og 9 ohm. De meget lave modstandsværdier viser, at hovedjordklemmen efter alt at dømme er forbundet til flere og andre fungerende jordelektroder end kun jordspyd.

Målingerne er foretaget i vinterperioden, hvor jorden i reglen er mere fugtig end i sommerhalvåret. Fugtforholdene i jorden er afgørende for overgangsmodstanden ved jordelektroden. Jo højere fugtighed, desto bedre er jordens ledeevne. Det er vanskeligt at sige, om overgangsmodstanden vil være større i en tør sommerperiode, men sandsynligvis er den det ikke.

Elinstallatøren skal ved montering/nedbankning af jordspydet sikre, at det når ned i jordlag, som altid er fugtige, og desuden skal det også nå ned i frostfri dybde. Endelig må det anføres, at de andre fungerende jordelektroder, såsom armering mv., er med til at sikre en lav jordingsmodstand selv under tørre forhold.

## 6.2 Kvægstalde

I figur 6.1 er målingerne af overgangsmodstand til neutral jord i de fem kostalde delt op på inventar- og bygningsdele.



Figur 6.1. Overgangsmodstand til neutral jord for inventar- og bygningsdele i fem kostalde.

Overgangsmodstanden til neutral jord ligger for de anførte syv slags inventar- og bygningsdele mellem 0 og ca. 50 ohm, hvilket er langt under grænseværdien på 833 ohm. Der er tilsyneladende en tendens til, at overgangsmodstanden ved forværk er lidt højere end ved de andre typer af inventar-/bygningsdele. Omvendt tyder det på, at overgangsmodstanden til jord på dele, som hører til AMS, generelt er meget lav.

Næsten alle de målte modstandsværdier ligger på niveau med eller lidt over overgangsmodstanden fra hovedjordklemme til jord, jvf. tabel 6.1.

I tabel 6.3 kan gennemsnitstal og standardafvigelse for de syv slags inventar- og bygningsdele ses. Som det ses, er der forskel (jvf. gennemsnitstal), men den er ikke stor. Man skal bemærke, at enkelte tal er sorteret fra, de såkaldte outliers, se tabel 6.2.

Tabel 6.2. Frasorterede tal (outliers) fra modstandsmålingen.

Stald nr. 2, inventar-/bygningsdel:	Modstandsværdi, ohm
Vaskeautomat	4.140
Pumpe for vaskemiddel	11.200
Vakuumpumpe	8.000
Rør til drikkevand	217
Forværk mod foderbord	94,9
Sengebøjle	94,0
Stald nr. 3, inventar-/bygningsdel:	
Nakkebom ved foderbord	53,81
Mellem gulv i grav og inventar i malkestald	56,15

Meget store modstandsværdier (> 1000 ohm) kan med sikkerhed siges at skyldes manglende forbindelse til jordpotentialet. Værdier mellem ca. 50 og 100 ohm kan måske tilskri-

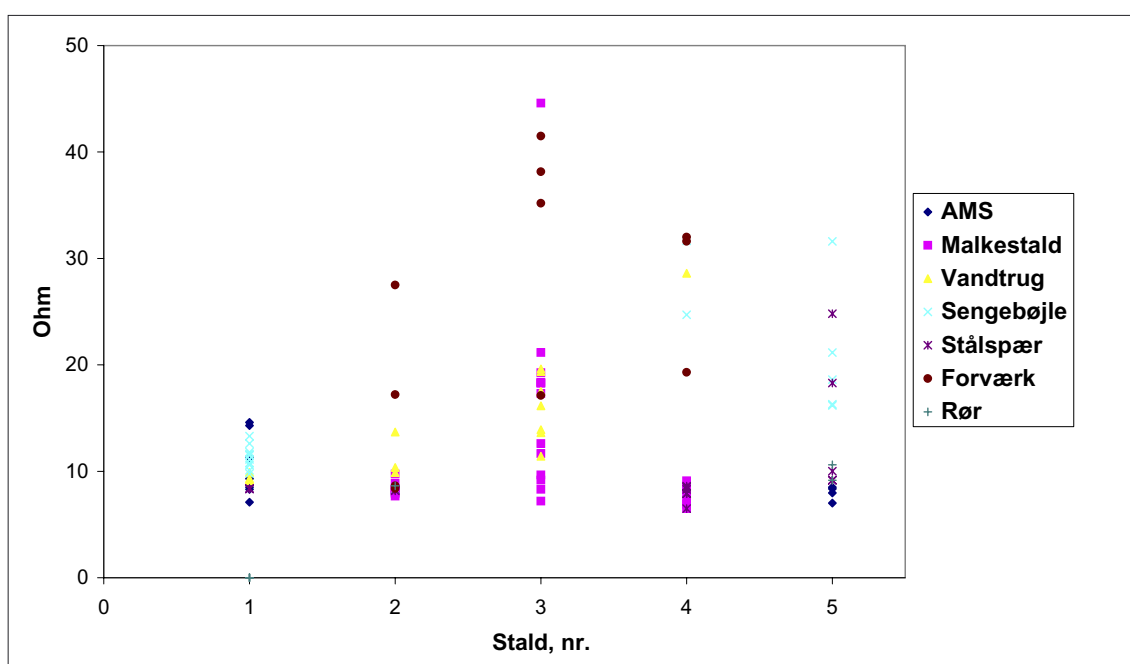
ves dårlig kontakt mellem måleklemme og måleemne. Hvis ikke, er overgangsmodstanden faktisk for høj til at sikre dyr mod sansbar spænding. Ved en modstand på 100 ohm kan spændingen blive 3 V.

Tabel 6.3. Gennemsnitstal og standardafvigelse for overgangsmodstand til neutral jord for syv slags inventar- og bygningsdele i fem stalde med malkekøer, jvf. tabel 5.1. Tallene plottet i figur 6.1 danner grundlag for beregningerne.

Inventar-, bygningsdel	Gennemsnitstal	Standardafvigelse	Antal målinger
AMS	9,7	2,6	12
Malkestald	12,1	7,8	28
Vandtrug	14,1	5,4	15
Sengebøjle	15,7	7,2	18
Stålspær	10,0	4,7	16
Forværk	25,1	11,6	11
Rør*	4,1	5,1	7

\*: Fire af målingerne er foretaget mellem rør og hovedjordklemme: Modstandsværdi 0 ohm.

I figur 6.2 er målingerne af overgangsmodstand til neutral jord anført samlet for hver af de fem stalde. Der er medtaget resultater fra måling på syv slags inventar- og bygningsdele; sammenlign med figur 6.1.



Figur 6.2. Overgangsmodstand til neutral jord ved inventar- og bygningsdele i fem kostalde. Følgende tal (outliers) er udeladt: For stald nr. 2 er det 217 (rør) og 94,9 (forværk mod foderbord) ohm; for stald 3 er det 53,81 (nakkebom ved foderbord) ohm, jvf. bilag 1 og tabel 6.2.

Punkterne i figur 6.2 er i tabel 6.4 sammenfattet til et gennemsnitstal med tilhørende standardafvigelse for hver af de undersøgte stalde.

Tabel 6.4. Gennemsnitstal og standardafvigelse for overgangsmodstand til neutral jord for syv forskellige inventar- og bygningsdele i fem stalde med malkekøer, jvf. tabel 5.1. Tallene plottet i figur 6.2 ligger til grund for beregningerne.

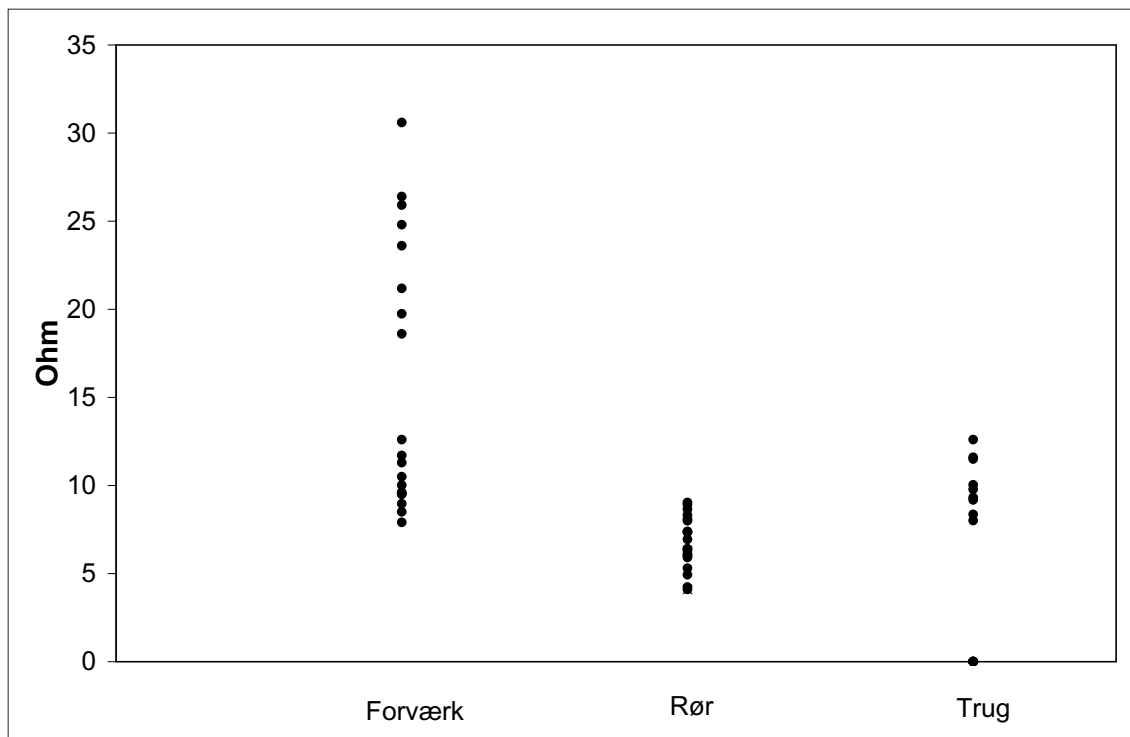
Stald, nr.	Gennemsnitstal	Standardafvigelse	Antal målinger
1	9,0	4,1	29
2	10,3	4,8	19
3	19,1	10,3	24
4	14,2	10,0	19
5	14,2	7,2	16

Figur 6.2 viser, at overgangsmodstand fra inventar-/bygningsdel til neutral jord ligger på ca. samme niveau i de fem stalde. I tabel 6.2 er der anført et gennemsnitstal for hver af de fem stalde med malkekøer. Selv om forskellen mellem største og mindste niveau er ca. 100 %, er den ud fra et praktisk synspunkt ubetydelig. I relation til grænseværdien på 833 ohm spiller det ingen rolle, om overgangsmodstanden er 20 ohm i stedet for 10. Endvidere kan der være flere grunde til, at der er målt lidt forskellige niveauer:

- Forskelle i fugtbetingelserne:
  - o Den relative luftfugtighed den pågældende måledag.
  - o Tørt eller fugtigt gulv i stalden/ved målepunktet.
- Uren kontaktflade mellem målegenstand og måleklemme.
- Forskel i jordbundsforhold.
- Forskel i inventar-/bygningsmateriale.

### 6.3 Svinestalde

I figur 6.3 er målingerne af overgangsmodstand til neutral jord i de stalde med svin delt op på inventar- og bygningsdele.



Figur 6.3. Overgangsmodstand til neutral jord for inventar- og bygningsdele i tre stalde til svin.

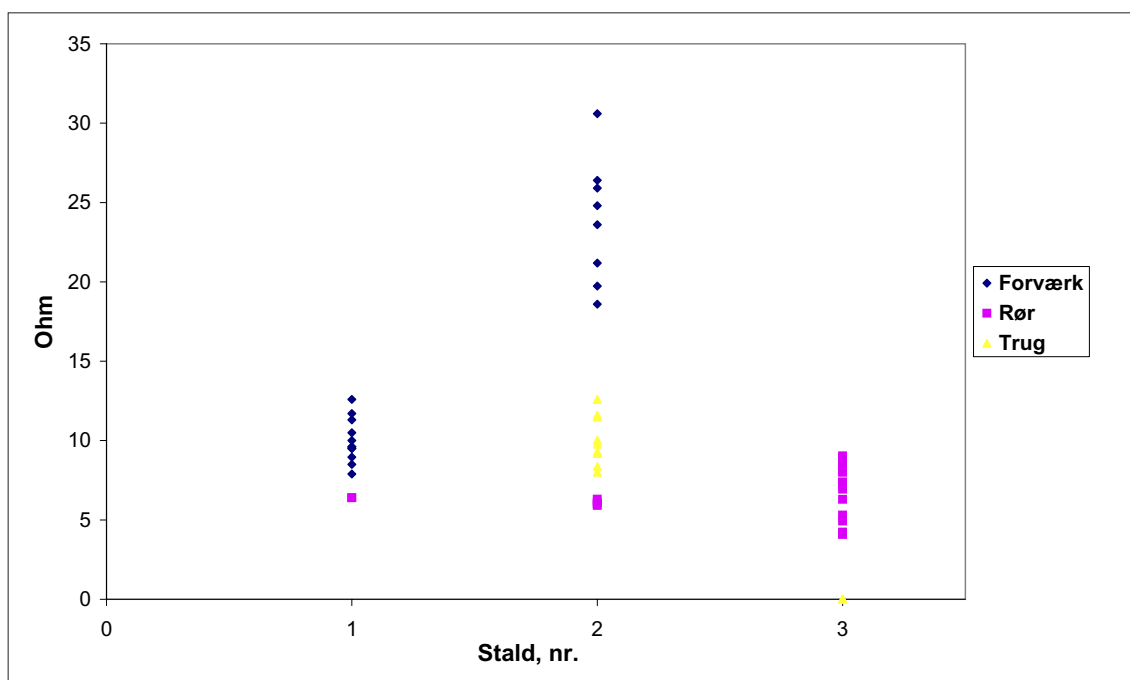


Tabel 6.5. Gennemsnitstal og standardafvigelse for overgangsmodstand til neutral jord for tre slags inventar- og bygningsdele i tre stalde til svin, jvf, tabel 5.1. Tallene plottet i figur 6.3 danner grundlag for beregningerne.

Inventar-, bygningsdel	Gennemsnitstal	Standardafvigelse	Antal målinger
Forværk	15,5	7,4	20
Rør	6,6	1,5	22
Trug	5,6	5,3	16

Figur 6.3 og tabel 6.5 viser, at overgangsmodstand til neutral jord er væsentlig større ved forværk end ved trug og rør – omkring to til tre gange. Sammenlignet med grænseværdien er overgangsmodstanden imidlertid generelt set meget lav for alle tre inventardele.

I figur 6.4 er målingerne af overgangsmodstand til neutral jord anført samlet for hver af de tre svinestalde. Der er medtaget resultater fra måling på tre slags inventar- og bygningsdele; sammenlign med figur 6.3.



Figur 6.4. Overgangsmodstand til neutral jord ved inventar- og bygningsdele i tre svinestalde.

Tabel 6.6. Gennemsnitstal og standardafvigelse for overgangsmodstand til neutral jord for tre forskellige inventar- og bygningsdele i tre stalde med svin. Tallene plottet i figur 6.4 ligger til grund for beregningerne.

Stald, nr.	Gennemsnitstal	Standardafvigelse	Antal målinger
1	9,5	1,8	14
2	14,5	8,0	21
3	4,7	3,5	23

Figur 6.3 og tabel 6.5 viser, at niveauet for overgangsmodstand er noget større i stald 2 end i stalde 1 og 3. Hele denne forskel er alene et udslag af, at overgangsmodstanden ved forværket i stald 2 er relativt højt. Se figur 6.4, hvor modstandsværdier for forværk i

stald 2 er afmærket med små sorte ruder. Forskellen mellem staldene er i sammenligning med grænseværdien på 833 ohm dog ganske ubetydelig. Generelt set var overgangsmodstanden i alle tre stalde meget lav.

## 6.4 Supplerende modstandsmålinger

I tillæg til de øvrige modstandsmålinger er modstanden mellem hovedjordklemmen og rør målt i stald 1, og i stald 3 er modstanden mellem et metalgulv i en malkegrav og inventar i malkestalden målt. Resultaterne af disse målinger er vist i tabel 6.7.

Tabel 6.7. Modstand mellem henholdsvis hovedjordklemme og inventardel i stald 1 og mellem inventardele i stald 3, jvf. tabel 5.1.

Stald, nr.	Målekreds	Gennemsnitstal	Standardafvigelse	Antal målinger
1	Diverse rør til hovedjordklemme	0	0	4
3	Mellem metalgulv i grav og inventar i malkestald	23,1	17,9	8

Med en modstandsværdi på 0 ohm er "diverse rør" i stald 1 efter alt at dømme forbundet til hovedjordklemmen med en udligningsforbindelse, sådan som de også bør være. Derimod er det ikke tilfredsstillende, at modstanden ligger i intervallet ca. 7-51 ohm mellem metalgulvet i malkegraven og inventaret i malkestalden i stald 3. Modstandsniveauet bør her nedbringes ved hjælp af supplerende udligningsforbindelser. Man skal nok være ekstra opmærksom på, at potentialudligningsforholdene er i orden i malkestald/AMS. Det er der flere grunde til:

- Der er meget elektrisk udstyr i en malkestald/AMS.
- Nogle dyr er nervøse i forbindelse med malkning, måske fordi der er stridigheder dyrene imellem.
- Slidtage og tæring.

## 6.5 Generel kommentar til, hvad målingerne af overgangsmodstande viser

De målte overgangsmodstande til jord for inventar-/bygningsdele ligger generelt set på niveau med eller over den modstand, der blev målt fra hovedjordklemme til jord. Såfremt målestedet kun står i forbindelse med jord via hovedjordklemmen, vil der naturligvis være en (lille) ekstra modstand i serie med overgangsmodstand fra hovedjordklemmen til jord.

Nogle målinger viser, at modstanden fra inventar-/bygningsdel til jord er mindre end overgangsmodstand fra hovedjordklemme til jord. Årsagen til dette kan være:

- Målepunktet står ikke i forbindelse med hovedjordklemmen, men står i forbindelse med jord ad anden vej, som giver en mindre overgangsmodstand.
- Adgangen til jord sker både gennem hovedjordklemmen og gennem en anden (naturlig) forbindelse til jord.

Målinger på varmerør i stald 8 viste i fem ud af otte målinger en overgangsmodstand til jord på 4-5 ohm, hvorimod overgangsmodstanden via hovedjordelektroden var målt til 7,31 ohm, altså en forskel på 2-3 ohm eller ca. 30-40 %.

Overgangsmodstanden til neutral jord i de undersøgte stalde må siges at have ligget på et passende lavt niveau set i forhold til ønsket om at sikre mod farlige eller generende spændinger. Bortset fra enkelte outliers, meget høje værdier, som i databehandlingen er sorteret fra, var niveauet generelt mellem ca. 5 og 30 ohm. Med en god metallisk forbindelse til hovedjordklemmen burde modstanden måske ikke have været så høj som 30 ohm, men urenheder i kontaktfladen mellem prøvetang og inventar-/bygningsdel kan måske i nogle tilfælde være årsagen til målte værdier på ca. 30 ohm. Imidlertid er der en ret klar tendens til, at overgangsmodstanden til neutral jord ved forværk er højere end forventet, det vil sige højere end, hvis der var en god metallisk kontakt til hovedjordklemmen via en udligningsforbindelse. Forklaringen er sandsynligvis, at netop forværk ikke er forbundet til armeringen i gulvet med en regulær leder (supplerende udligningsforbindelse). Forværket er typisk enten støbt ned i gulvet eller boltet fast til bolte, som er indstøbt i betonen. Dette vil i reglen give en tilfredsstillende forbindelse til jordpotentialen, som det også er vist i denne undersøgelse.

Det vurderes derfor, at potentialudligningsforholdene i de undersøgte stalde var i orden med passende lave overgangsmodstande til neutral jord ved en række udvalgte punkter i staldene. Stærkstrømsbekendtgørelsens forskrifter angående potentialudligning ser dermed ud til at kunne sikre tilstrækkelig beskyttelse mod farlig eller generende spænding på inventar-/bygningsele i stalde.

## 6.6 Supplerende spændingsmåling

I tre stalde er der lavet måling af eventuel spænding på inventar-/bygningsele, se nedenstående tabel.

Tabel 6.8. Gennemsnitstal og standardafvigelse for målte berøringsspændinger på inventar- og bygningsele i to kvægstalde og en svinestald. Det fulde datasæt kan ses i bilaget.

Stald, nr.	Dyr	Gennemsnitstal, volt	Standardafvigelse, volt	Antal målinger
1	Malkekøer	0,0	0,0	34
2	Malkekøer	2,6	3,6*	24
8	Søer + smågrise	1,1	0,2	17

\*: Den høje standardafvigelse i forhold til gennemsnitsværdien skyldes to målinger på ca. 14 volt mellem sengebøje henholdsvis forværk og gulv.

I datamaterialet for stald nr. 2 er der frasorteret to outlierspændingsværdier:

- 32,3 V, som blev målt på et rør til drikkevand; overgangsmodstanden til neutral jord det pågældende sted var i øvrigt 217 ohm.
- 65 V, som blev målt mellem en metalring på et motorværn og en kabelbakke. Malkepigen betjente motorværnet via en plastikstav. Fejlen blev efterfølgende rettet.

På de to inventardele i stald nr. 2, hvor der er målt 14 volt, var overgangsmodstanden til neutral jord ca. 94 ohm. Dette giver en fejlstrøm på ca. 150 mA. Hvis strømmen stammer fra den elektriske installation, burde HFI-relæet have udløst. Som målingen af de 65 V jvf. ovenstående viste, var HFI-relæet i stald nr. 2 ikke i orden på måledagen. Det burde have udløst ved en spænding på 25 V.

Det er klart, at en spænding på inventaret på 14 volt ikke kan accepteres, da det sandsynligvis kan påvirke køernes adfærd. Løsningen vil derfor være at finde frem til, hvad der fremkalder en spænding på 14 volt og rette fejlen, og så i øvrigt forbinde de pågældende inventardele noget bedre til jordpotentialen.

De to frasorterede outliers betragtes som fejl i den elektriske installation og ikke som repræsentative for forholdene i stalden.

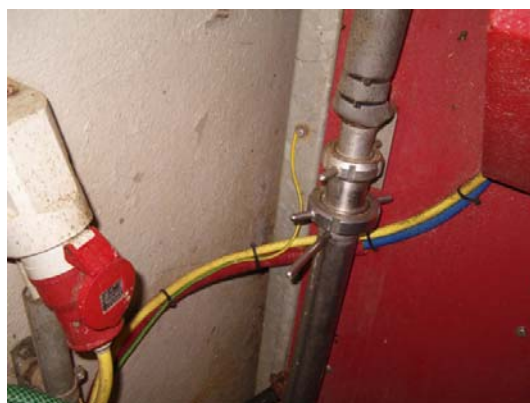
## 6.7 Eksempler på potentialudligningsforbindelser

Som nævnt skal der etableres supplerende udligningsforbindelser mellem alle ledende dele, som kan berøres samtidigt, hvad enten det drejer sig om udsatte dele eller fremmede ledende dele.

I nedenstående billedserie er givet nogle eksempler på potentialudligningsforbindelser, supplerende udligningsforbindelser, tæring på inventar-/bygningdele samt på steder, hvor der mangler supplerende udligningsforbindelser.



Figur 6.5. En udligningsforbindelse på rørdele til en malkeboks.



Figur 6.6. En udligningsforbindelse på rammen af en malkebot.



Figur 6.7. Supplerende udligningsforbindelser mellem to rørføringer.



Figur 6.8. Supplerende udligningsforbindelser mellem to rørføringer.



Figur 6.9. Eksempel på tæring i inventar-/bygningssdele, som kan betyde, at de pågældende dele ikke længere er ordentlig forbundet til elektrisk neutral jord.



Figur 6.10. Lignende eksempel.



Figur 6.11. Ledningen (supplerende udligninger) fra vandhanen ikke forbundet til rørene fra mælketanken.



Figur 6.12. Køerne kan berøre rammen ved drikkekopperne og svingbøjlen ind til malkecenteret samtidigt. De to inventardele er ikke indbyrdes forbundet med supplerende udligningsforbindelser. Imidlertid er de begge via væggen i forbindelse med det armerede og - dermed via udligningsforbindelsen - jordforbundne gulv. Det er derfor ikke forbundet med nogen risiko at berøre de to inventardele samtidigt.

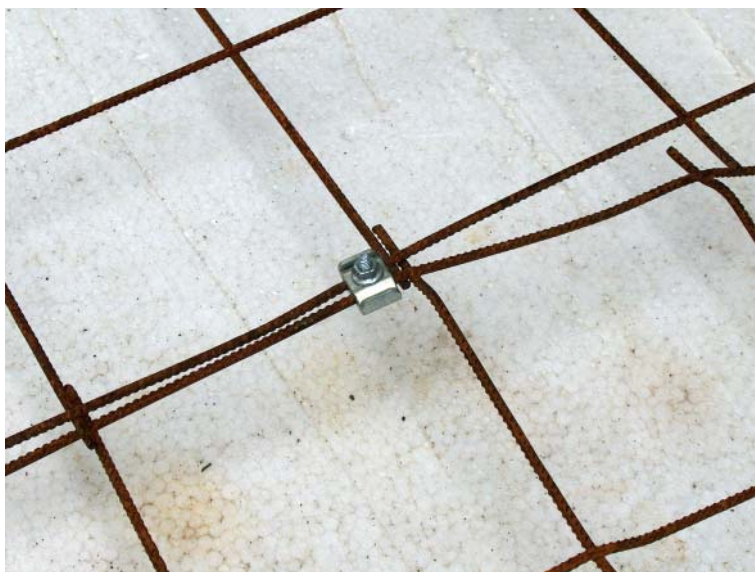
## 6.8 Vurdering af udligningsforbindelsernes fysiske tilstand

Det har i de undersøgte stalde ikke været muligt at foretage en egentlig inspektion af mange af de udligningsforbindelser, som forskriftsmæssigt skal være etableret på inventar-/bygningssdele. Generelt er det vanskeligt at konstatere, om udligningsforbindelserne er etableret korrekt, når først byggeriet er afsluttet. Krydsklemmer, udligningsledere og andre dele af udligningsystemet er i stor udstrækning indbygget i bygningskonstruktionerne og er dermed ikke synlige. Udligningsforbindelsernes tilstedeværelse kan således

kun fastslås indirekte, altså ved måling af modstanden fra den fremmede, ledende del til neutral jord.

Stolper af metal, som er nedstøbt i armeret gulv, behøver ikke at være forbundet til udligningsforbindelsen, når blot armeringen i gulvet er det. Dette kan forklare, hvorfor overgangsmodstanden ved de nedstøbte metalstolper i forværket var relativ stor. Armeret beton er næppe så godt ledende som en regulær, metallisk leder mellem metalstolperne og armeringen i gulvet, men forskellen er fra en praktisk synsvinkel dog uden betydning.

Det er afgørende for potentialudligningen, at al armeringen i gulvet er forbundet til udligningsforbindelsen. Derfor skal armeringsjernet, typisk rionet, være ordentligt indbyrdes forbundet, se figur 6.13.



Figur 6.13. Eksempel på hvordan en simpel klemme med skrue og bolt kan sikre, at rionet i armerede betongulve opnår en indbyrdes god og stabil metallisk kontakt.

Den manglende mulighed for at se udligningsforbindelserne og deres forbindelse med inventar-/bygningdele kan skabe tvivl om, hvorvidt de er etableret eller ej. Selvom en måling kan vise, at overgangsmodstanden til neutral jord er passende lav, er en måling i sig selv ikke et bevis for, at udligningsforbindelsen er til stede. God kontakt (ved simpel berøring) mellem to inventar-/bygningdele, hvoraf den ene er udligningsforbundet med hovedjordklemmen, og den anden ikke er det, kan i praksis sikre en naturlig lav overgangsmodstand til jord for begge inventar-/bygningdele. Problemet er, at denne kontakt ikke er stabil. En måling af overgangsmodstanden kan ikke vise, om berøringsforbindelsen mellem inventar-/bygningdele er stabil eller ej. Målingen giver kun et øjebliksbillede, og forholdene kan/vil ændre sig med tiden. Kun egentlige udligningsforbindelser mellem inventar-/bygningdele (altså de supplerende udligningsforbindelser) kan opretholde en stabil og "troværdig" metallisk forbindelse til hovedjordklemmen for alle inventar-/bygningdele.

## 6.9 Vejledning om potentialudligning og udligningsforbindelser

Landbrugets Byggeblad nr. 104.03-01 "Potentialudligning i bygninger med husdyr (kvæg, svin, fjerkræ etc.)" er en udførlig og illustreret vejledning i, hvor og hvordan der skal foretages potentialudligning i stalde. Byggebladet omsætter kort fortalt Stærkstrømsbekendtgørelsens krav til praktisk anvendelige anbefalinger. Det har som følge af den manglende adgang til visuel kontrol af udligningsforbindelserne ikke været muligt at vurdere, om Byggebladets anvisninger har været anvendt i de inspicerede stalde.

Byggebladet kan rekvireres ved Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, eller det kan hentes på nettet på [www.landbrugsinfo.dk](http://www.landbrugsinfo.dk).

## 6.10 Udligningsforbindelser skal dokumenteres

Udligningsforbindelser skal som angivet i Sikkerhedsstyrelsens anbefaling udføres af elinstallatøren, som også er ansvarlig for, at de bliver rigtigt udført, og at der er gennemgående elektrisk forbindelse. I praksis kan elektrikerer dog ikke være med i alle etaper på en byggeplads, så når det drejer sig om eksempelvis tilslutning af armeringsjern i betonkonstruktioner, er elektrikerer kun ansvarlig for tilslutningen i tilslutningsstederne. En nøje beskrivelse af kravene til etablering af udligningsforbindelser under støbeentreprisen skal sikre, at armeringsjernene er forbundet indbyrdes, og at der er lavet tilslutningssteder, som er tilgængelig for elektrikerer. Når først betonen er lagt, kan man reelt ikke længere fastslå, om den nævnte beskrivelse er fulgt til punkt og prikke. En måling vil selvfølgelig kunne vise, om overgangsmodstanden til jord er tilfredsstillende lav, men en måling giver som allerede nævnt kun et øjebliksbillede. Tingene vil ændre sig med tiden, særligt hvis forbindelsen mellem de ledende dele kun konstitueres af en simpel berøring mellem delene. Det anbefales derfor, at elinstallatøren eller støbeentreprenøren ved hjælp af billeder dokumenterer, at stalden rent faktisk er udligningsforbundet forskriftsmæssigt korrekt. Alternativt kan dokumentation ske ved, at elektrikerer fører tilsyn med, at arbejdet bliver udført, og til slut underskriver en beediget erklæring om, at udligningsforbindelserne er etableret. Såvel billeddokumentation som erklæringer bør gemmes af landmanden.

Elinstallationer i en færdigbygget stald skal, inden den tages i brug, efterses og afprøves. Dette gælder også udligningsforbindelserne. Afprøvningen skal udføres ved, at der måles elektrisk modstand mellem en række nøje udvalgte punkter i stalden. Målingerne skal afrapporteres på skrift, og målepunkterne bør kunne genfindes på en plantegning over stalden.

## 6.11 Årlig kontrol af udligningsforbindelser

Stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, kap. 61 anbefaler, at intervallet for periodiske eftersyn som udgangspunkt kan være tre år. Det bemærkes, at perioden skal være kortere i visse tilfælde. I lyset af at miljøet i stalde befordrer tæring, er det vores opfattelse, at udligningsforbindelserne bør kontrolleres oftere end hvert tredje år. Proceduren bør være, at installationerne gennemgås, og overgangsmodstanden til neutral jord måles på en række nøje udvalgte punkter i stalden. Eksempelvis kan man følge samme plan, som blev anvendt ved kontrolmålingen i forbindelse med afslutningen på byggeriet. Denne kontrol skal naturligvis udføres af en aut. elinstallatør.

## 7. Galvanisk tæring

Når alle elektrisk ledende dele i stalden forbindes med hinanden, øges risikoen for galvanisk tæring i overgangszonen mellem gulv og indstøbte stolper. For at modvirke tæringen er det afgørende, at overgangszonen holdes tør. Til dette findes der flere metoder:

- Stolpen forsynes med en krave af for eksempel krympeplast. Udenpå lægges en opstøbning om stolpen.
- Gulvet overfladebehandles i en cirkel på minimum 15 cm fra stolpen, og selve stolpen overfladebehandles fra gulvniveau og minimum 15 cm op. Overfladebehandlingen kan gøres med epoxy, staldasfalt eller lignende.

Galvanisk tæring kan begrænses væsentligt ved, at der anvendes ens materialer, for eksempel galvanisering af inventar, stålspær, armering og jordledere.

Landbrugets Byggeblad nr. 104.03-01 "Potentialudligning i bygninger med husdyr (kvæg, svin, fjerkræ ect.)" giver detaljeret vejledning om korrosionsbeskyttelse (galvanisk tæring).



## 8. Konklusioner og anbefalinger

- Det vurderes, at Stærkstrømsbekendtgørelsens bestemmelser, såfremt de følges, er tilstrækkelige til at sikre mod farlige eller generende (sansbare) spændingsforskelle mellem udsatte dele og fremmede ledende dele i stalde.
- Overgangsmotstanden til neutral jord ved en række inventar- og bygningsdele lå i de undersøgte stalde generelt på et lavt og tilfredsstillende niveau, det vil sige ca. 5-30 ohm.
- Det var kun ganske få steder muligt at finde (supplerende) udligningsforbindelser.
- Det kan være vanskeligt at afgøre, om de målte lave niveauer for overgangsmotstand rent faktisk kan tilskrives tilstedeværelsen af udligningsforbindelser, eller om de i stedet skyldes en god og naturlig metallisk kontakt/forbindelse til jordpotentialet.
- Landbrugets Byggeblad nr. 104.03-01 er en god hjælp for bygherre og håndværkere til at sikre, at Stærkstrømsbekendtgørelsens bestemmelser vedrørende potentialudligning overholdes.
- Det anbefales at være ekstra opmærksom på, at potentialudligningsforholdene er i orden i malkestalde/AMS, hvor der er meget elektrisk udstyr til stede. Endvidere er nervøse dyr, eksempelvis i forbindelse med malkning, sandsynligvis mere adfærdspåvirkelige end rolige dyr.
- Tilstedeværelsen af supplerende udligningsforbindelser bør kunne dokumenteres, helst i form af billeder, der tages, inden forbindelserne skjules under bygningsdele.
- Billedokumentationen bør suppleres med en egentlig opmåling af overgangsmotstanden til neutral jord på en række nøje udvalgte punkter i den nybyggede stald. Særligt kritiske områder bør ofres stor opmærksomhed, både under projektering og ved den afsluttende, verificerende måling. Måleresultaterne bør være tilgængelige for bygherren.
- På grund af et råt, kemisk og fysisk miljø i stalde og den deraf følgende tæring af inventar- og bygningsdele, bør udligningsforbindelser kontrolleres minimum årligt. Dette bør gøres af en aut. elinstallatør, som foretager en regulær opmåling af overgangsmotstanden i stil med den, der blev foretaget, da stalden var nybygget.
- Galvanisk tæring kan modvirkes ved anvendelse af galvaniserede materialer og ved, at overgangszonen mellem gulv og indstøbte stolper holdes tør.

## 9. Litteratur

Stærkstrømsbekendtgørelsen.

- Afsnit 6, Elektriske installationer.
- Maskinsikkerhed, Elektrisk materiel på maskiner, afsnit 204-1.

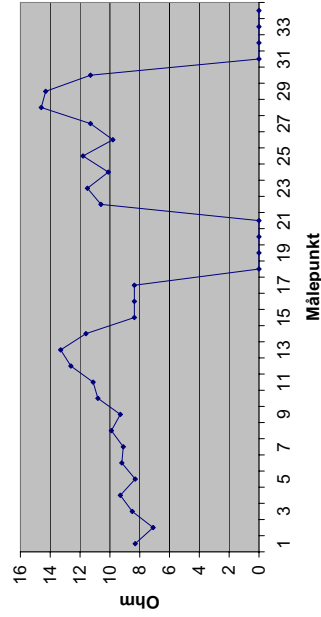
Landbrugets Byggeblad nr. 104.03-01, 28. april 2003, "*Potentialeudligning i bygninger med husdyr (kvæg, svin, fjerkræ ect.)*". Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik.

## 10. Bilag

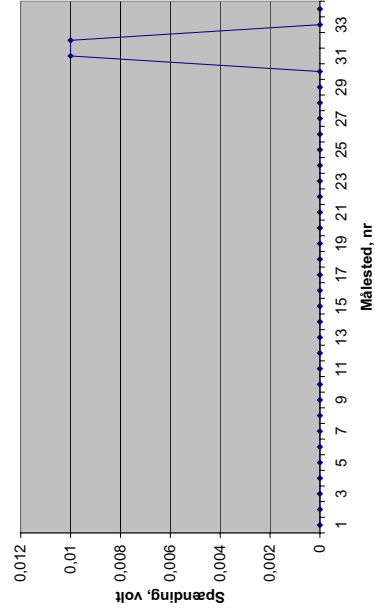
Besætning nr. 1, malkekøer, sengebåse, tværstald, 2 boks AMS, foderkæde.....	36
Besætning nr. 2, malkekøer, 6 rækker sengebåse, 2×10 sildeben .....	37
Besætning nr. 3, malkekøer, 6 rækker sengebåse, 2×12, 30 gr. fast exit.....	38
Besætning nr. 4, malkekøer, 6 rækker sengebåse, malkecenter .....	39
Besætning nr. 5, 7 rækker sengebåse, 4 boks AMS .....	40
Besætning nr. 6, svin, drægtighedsstald med bokse, kontrolafdeling .....	41
Besætning nr. 7, slagtesvin, spalter + drænet, vådfoder ad lib.....	42
Besætning nr. 8, søer og smågrise, delspalte, to-klima, ad lib tørfodring, diffus ventilation.....	43

Besætning nr. 1:  
Malkekøer, sengebåse, tværstald, 2 boks AMS, foderkæde  
1999

Besætning nr. 1



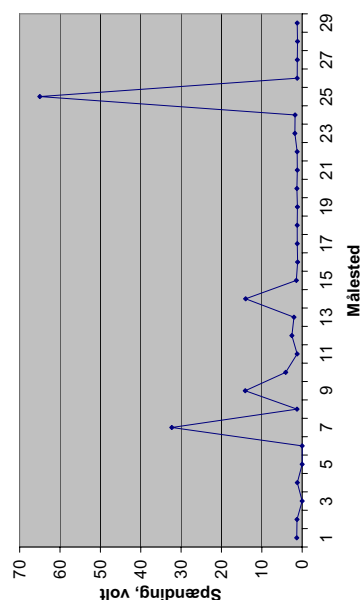
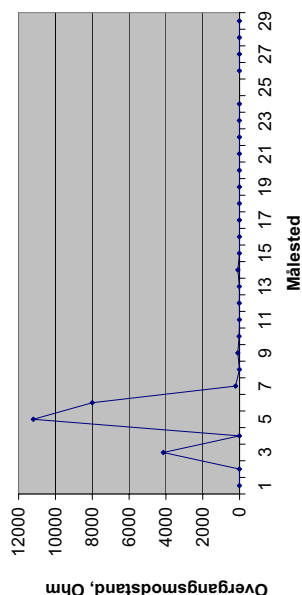
Besætning nr. 1



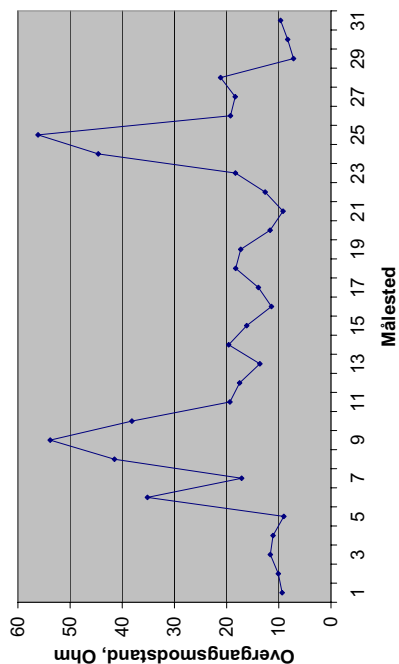
Målested, nr.	Modstand, Ohm	Spænding, volt	Bemærkninger
H	8,3	0	Hovedudligningsforbindelse
1	7,1	0	AMS
2	8,5	0	AMS
3	9,3	0	AMS
4	8,3	0	AMS
5	9,2	0	Vandtrug
6	9,1	0	Vandtrug
7	9,9	0	Vandtrug
8	9,3	0	Vandtrug
9	10,8	0	Sengebøjle
10	11,12	0	Sengebøjle
11	12,61	0	Sengebøjle
12	13,3	0	Sengebøjle
13	11,6	0	Sengebøjle
14	8,36	0	Stålspær
15	8,36	0	Stålspær
16	8,36	0	Stålspær
17	0	0	Mellem H og diverse rør i teknikum
18	0	0	Mellem H og diverse rør i teknikum
19	0	0	Mellem H og diverse rør i teknikum
20	0	0	Mellem H og diverse rør i teknikum
21	10,6	0	Sengebøjle
22	11,5	0	Sengebøjle
23	10,1	0	Sengebøjle
24	11,8	0	Sengebøjle
25	9,8	0	Sengebøjle
26	11,3	0	Indgangslåge til AMS nr. 1
27	14,6	0	Indgangslåge til AMS nr. 2
28	14,3	0	Udgangslåge fra AMS nr. 2
29	11,3	0	Udgangslåge fra AMS nr. 1
40	0	0,01	Mellem foderkæde og jord, drift
41	0	0,01	Mellem foderkæde og jord, drift
42	0	0	Mellem foderkæde og jord, drift
43	0	0	Mellem foderkæde og jord, drift

Besætning nr. 2:  
Malkekøer, 6 rækker sengebåse, 2x10 sildeben  
2001

Målested, nr.	Modstand, Ohm	Spænding, volt	Bemærkninger
1	9,04	1,34	Klemme i tavle til jord
2	8,63	1,28	Vandrør
3	4.140	-	Vaskeautomat
4	8,16	1,21	Stige til mælkebeholder
5	11.200	-	Pumpe for vaskemiddel
6	8.000	-	Vakuumpumpe
7	217	32,3	Rør til drikkevand
8	8,63	1,28	Forværk mod foderbord
9	94,9	14,1	Forværk mod foderbord
10	27,5	4,08	Forværk mod foderbord
11	8,38	1,24	Forværk mod foderbord
12	17,2	2,55	Forværk mod foderbord
13	13,7	2,04	Forværk mod foderbord
14	94	14	Vandtrug
15	9,75	1,44	Sengebøjle
16	7,66	1,13	Inventar ved udgang fra malkestald
17	8,27	1,22	Inventar i malkestald
18	8,34	1,23	Inventar ved udgang fra malkestald
19	8,17	1,18	Inventar i malkestald
20	8,46	1,31	Kabelbakke i malkestald
21	8,26	1,21	Stålspær i sengebås
22	8,29	1,24	Sengebøjle
23	10,36	1,81	Vandkar
24	9,87	1,76	Vandkar
25		65	Mellem metalring på motorværn og kabelbakke
40	8,86	1,23	Målepunkt nr. 15 under malkning
41	8,03	1,21	Målepunkt nr. 16 under malkning
42	7,92	1,15	Målepunkt nr. 17 under malkning
43	8,15	1,23	Målepunkt nr. 18 under malkning

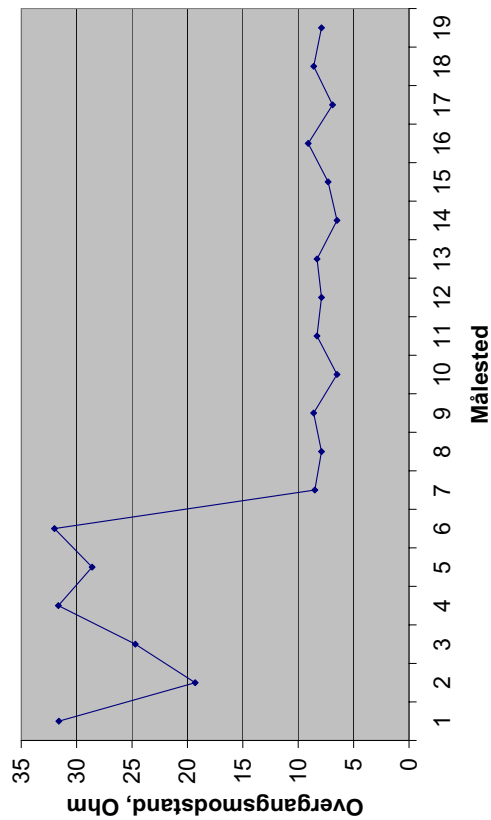


Besætning nr. 3:  
Malkekøer, 6 rækker sengebåse, 2x12, 30 gr. fast exit  
2001



Målested, nr.	Modstand, Ohm	Spænding, volt	Bemærkninger
1	9,36	-	Tavle
2	10,1	-	Kompressor i teknikrum
3	11,62	-	Vakuumpumpe i teknikrum
4	11,11	-	Vakuumpumpe i teknikrum
5	9,03	-	Vandkar
6	35,18	-	Fangtitter ved dybstrøelse
7	17,13	-	Fangtitter ved foderbord
8	41,5	-	Nakkebom ved foderbord
9	53,81	-	Nakkebom ved foderbord
10	38,15	-	Nakkebom ved foderbord
11	19,36	-	Vandkar
12	17,51	-	Vandkar
13	13,63	-	Vandkar
14	19,61	-	Vandkar
15	16,15	-	Vandkar
16	11,41	-	Vandkar
17	13,91	-	Vandkar
26	18,27	-	Bagplade i malkestald
27	17,3	-	Bagplade i malkestald
28	11,66	-	Bagplade i malkestald
29	9,18	-	Bagplade i malkestald
30	12,61	-	Bagplade i malkestald
31	18,31	-	Bagplade i malkestald
32	44,6	-	Mellem gulv i grav og inventar i malkestald
33	56,15	-	Mellem gulv i grav og inventar i malkestald
34	19,26	-	Mellem gulv i grav og inventar i malkestald
35	18,36	-	Mellem gulv i grav og inventar i malkestald
36	21,15	-	Mellem gulv i grav og inventar i malkestald
37	7,19	-	Mellem gulv og inventar i malkestald
38	8,31	-	Mellem gulv og inventar i malkestald
39	9,66	-	Mellem gulv og inventar i malkestald

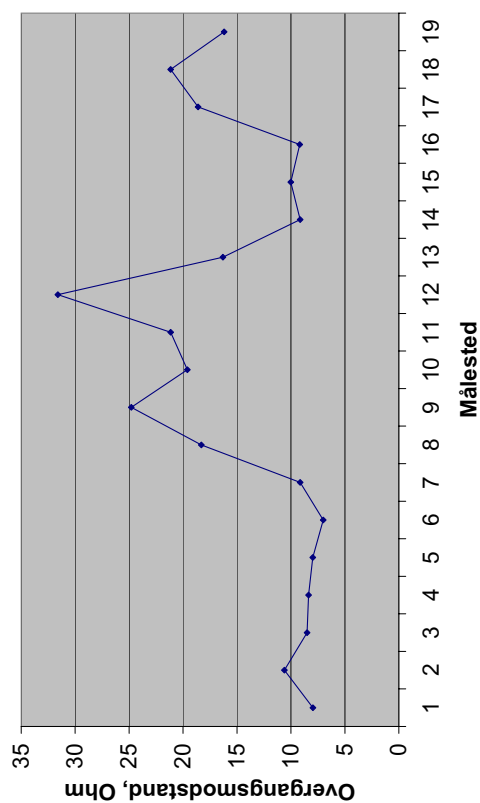
Besætning nr. 4:  
Malkekøer, 6 rækker sengebåse, malkecenter  
2003



Målested, nr.	Modstand, ohm	Spænding, volt	Bemærkninger
1	31,6	-	Fangitter ved foderbord
2	19,3	-	Fangitter ved foderbord
3	24,7	-	Sengebøjle, yderste række
4	31,65	-	Sengebøjle, yderste række
5	28,6	-	Vandkar
6	32	-	Fangitter ved foderbord
7	8,5	-	Stålspær
8	7,9	-	Stålspær
9	8,61	-	Stålspær
10	6,5	-	Stålspær
11	8,31	-	Stålspær
12	7,9	-	Stålspær
26	8,3	-	Malkestald
27	6,5	-	Malkestald
28	7,3	-	Malkestald
29	9,1	-	Malkestald
30	6,9	-	Malkestald
31	8,6	-	Malkestald
32	7,9	-	Malkestald

Besætning nr. 5:  
 Malkekøer, 7 rækker sengebåse, 4 boks AMS  
 2002

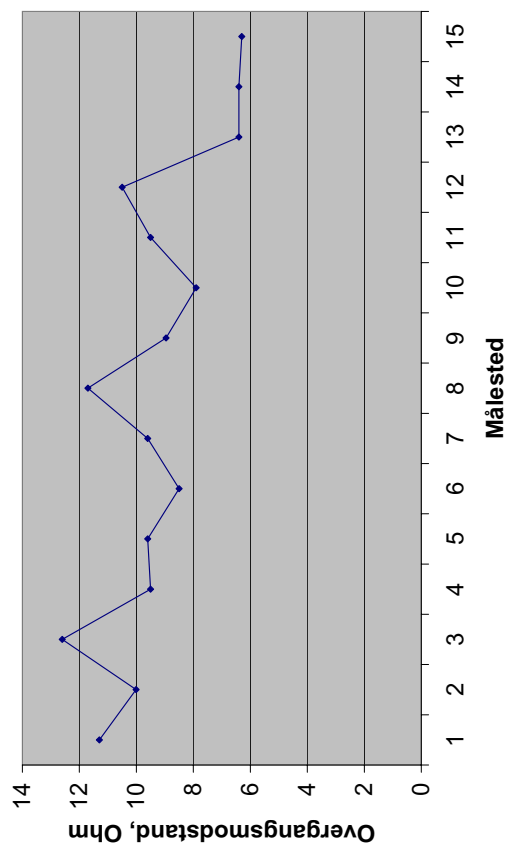
Målested, nr.	Modstand, ohm	Spænding, volt	Bemærkninger
1	7,96	-	Hovedtavle, klemme
2	10,61	-	Vanddrør, teknikrum
3	8,51	-	AMS
4	8,36	-	AMS
5	7,97	-	AMS
6	7,01	-	Styretavle for AMS
7	9,15	-	Mælkerør til køletank
8	18,3	-	Stålspær ved kalvebokse
9	24,8	-	Stålspær ved kalvebokse
10	19,6	-	Inventar ved kælvningsbokse
11	21,15	-	Inventar ved kælvningsbokse
12	31,6	-	Sengebøjle
13	16,3	-	Sengebøjle
14	9,15	-	Stålspær
15	10,01	-	Stålspær
16	9,18	-	Stålspær
17	18,61	-	Sengebøjle
18	21,15	-	Sengebøjle
19	16,19	-	Sengebøjle



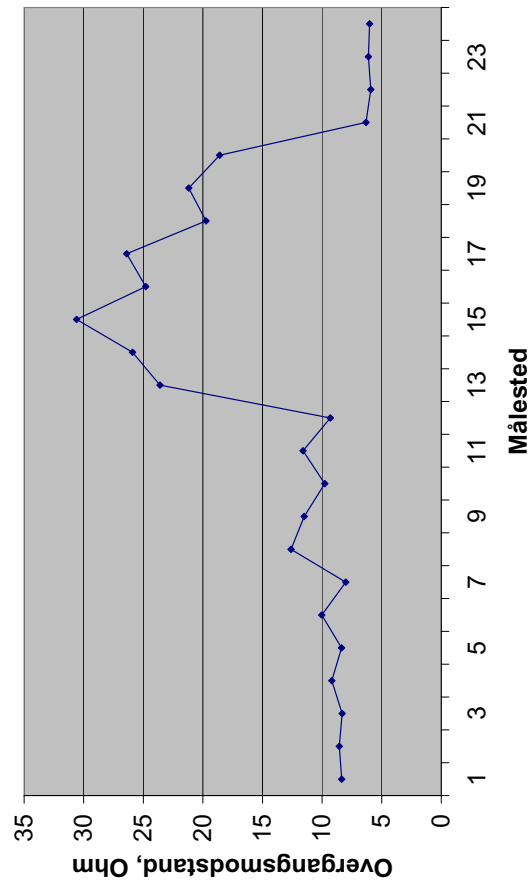


Besætning nr. 6:  
Svin, drægtighedsstald med bokse, kontrolafdeling  
2003

Målested, nr.	Modstand, ohm	Spænding, volt	Bemærkninger
1	11,3	-	Forværk på drægtighedsboks
2	10,01	-	Forværk på drægtighedsboks
3	12,6	-	Forværk på drægtighedsboks
4	9,5	-	Forværk på drægtighedsboks
5	9,6	-	Forværk på drægtighedsboks
6	8,5	-	Forværk på drægtighedsboks
7	9,6	-	Forværk på drægtighedsboks
8	11,7	-	Forværk på drægtighedsboks
9	8,96	-	Forværk på drægtighedsboks
10	7,9	-	Forværk på drægtighedsboks
11	9,5	-	Forværk på drægtighedsboks
12	10,5	-	Forværk på drægtighedsboks
26	6,4	-	Rør
27	6,4	-	Rør
50 (H)	6,3	-	Hovedudligningsforbindelse



Besætning nr. 7:  
Slagtesvin, spalter + drænet, vådfoder ad lib  
2002



Målested, nr.	Modstand, ohm	Spænding, volt	Bemærkninger
1	8,35	-	Hovedudligning
2	8,56	-	Supplerende udligning
3	8,32	-	Supplerende udligning
4	9,18	-	Fodertrug
5	8,36	-	Fodertrug
6	10,03	-	Fodertrug
7	8,01	-	Fodertrug
8	12,6	-	Fodertrug
9	11,5	-	Fodertrug
10	9,78	-	Fodertrug
11	11,6	-	Fodertrug
12	9,31	-	Fodertrug
13	23,6	-	Inventar mellem trug og gang
14	25,91	-	Inventar mellem trug og gang
15	30,6	-	Inventar mellem trug og gang
16	24,8	-	Inventar mellem trug og gang
17	26,4	-	Inventar mellem trug og gang
18	19,74	-	Inventar mellem trug og gang
19	21,18	-	Inventar mellem trug og gang
20	18,6	-	Inventar mellem trug og gang
26	6,31	-	Vådfoderrør i mellemgang
27	5,91	-	Vådfoderrør i mellemgang
28	6,11	-	Vådfoderrør i mellemgang
29	6,01	-	Vådfoderrør i mellemgang

Besætning nr. 8:  
Søer og smågrise, delspalte, to-klima, ad lib tørfodring, diffus ventilation  
2001

Målested, nr.	Modstand, Ohm	Spænding, volt	Bemærkninger
1	7,31	1,1	Jordelektrodens modstand
2	8,91	1,32	Varmerør
3	8,31	1,21	Varmerør
4	7,34	1,31	Varmerør
5	9,03	1,42	Varmerør
6	8,65	1,41	Varmerør
7	7,39	1,32	Varmerør
8	6,94	1,09	Varmerør
9	7,36	1,11	Varmerør
10	8	1,05	Varmerør
11	0	-	Inventar, foderaut + vandtrug
12	0	-	Inventar, foderaut + vandtrug
13	0	-	Inventar, foderaut + vandtrug
14	0	-	Inventar, foderaut + vandtrug
15	0	-	Inventar, foderaut + vandtrug
16	0	-	Inventar, foderaut + vandtrug
17	0	-	Inventar, foderaut + vandtrug
18	4,1	0,8	Blandesløjfe til varmerør
19	6,3	0,95	Blandesløjfe til varmerør
20	8,1	1,15	Blandesløjfe til varmerør
21	5,3	0,91	Blandesløjfe til varmerør
22	4,1	0,81	Varmerør i midt stald
23	4,93	0,92	Varmerør i midt stald
24	4,23	0,82	Varmerør i midt stald

