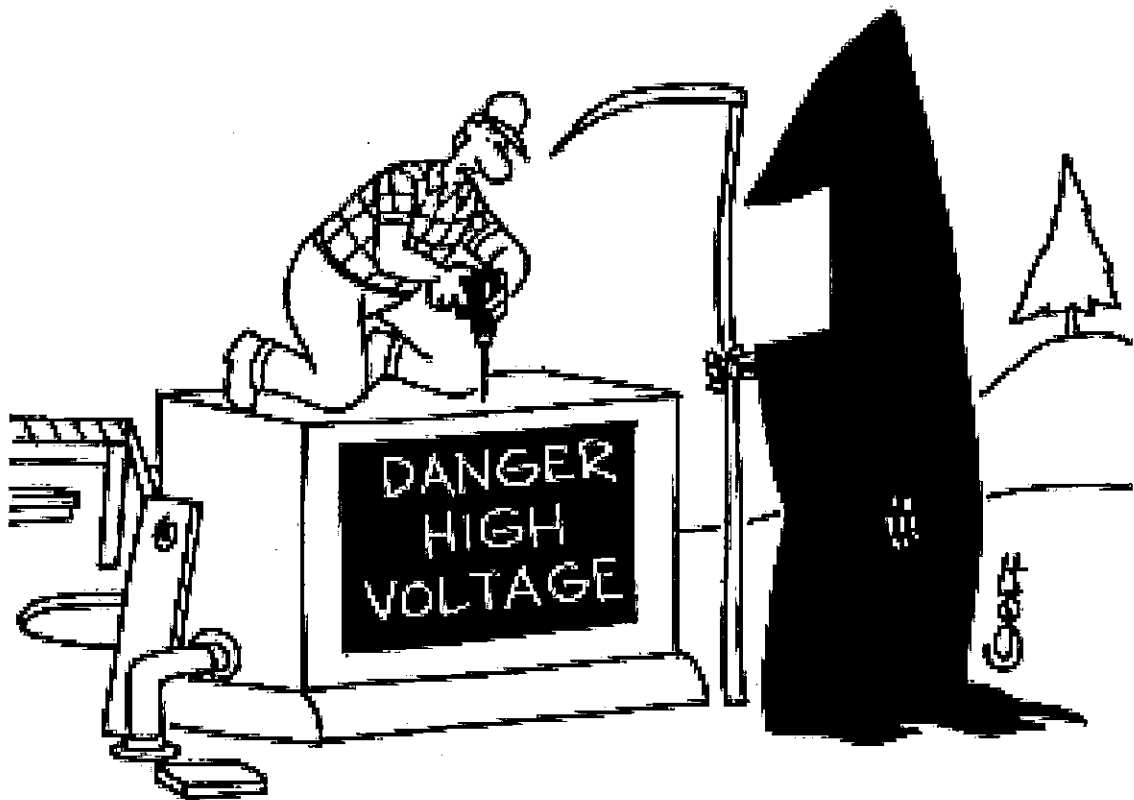


Grenswaarde Stroomsterkte

**Niet hoger dan 30 mA, gedurende
maximaal 0,2 seconden!!!**

© 2001 Ted Goff tedgoff@tedgoff.com <http://www.tedgoff.com>



**“Hold on. I’ll talk to you
in a minute.”**

“Als u even een minuutje wacht,
sta ik u zo meteen te woord.”

Elektrocutie

Elektrocutie is overlijden ten gevolge van een elektrische stroom die door het lichaam loopt. Een kleine elektrische stroom, bijvoorbeeld afkomstig vanaf een batterij, is ongevaarlijk. Andere spanningsbronnen met in principe onbeperkte ladingstoevoer van stroom - zoals het lichtnet - worden boven een wisselspanning van meer dan 50 Volt als levensgevaarlijk beschouwd. Het is echter de stroom die het gevaar veroorzaakt, niet de spanning. Een wisselstroom is gevaarlijker dan een gelijkstroom, maar een gelijkstroom is moeilijker los te laten doordat de samentrekking van spieren in één richting optreedt.

Gevolgen van elektrocutie zijn afhankelijk van

- Stroomsterkte, bepaald door de Wet van Ohm;
- Spanning;
- Lichaamsweerstand, factoren beïnvloeden de weerstand;
- De weg die de stroom door het lichaam neemt;
- De lichamelijke conditie;
- Omgevingsfactoren, bijvoorbeeld vochtige omstandigheden.

Elektrocutietabel Grensstromen en Tijdsduur

Stroomsterkte	Gevolgen	Uithoudingstijd
0,2 -2 mA	Voelbaar, vanaf 2 mA kramp	Onbepaald
7 -15 mA	Sterke krampverschijnselen, vanaf 10 mA gaat loslaten moeizaam	Onbepaald
Meer dan 15 mA	Loslaten niet meer mogelijk	< 15 seconden
Meer dan 20 mA	Hevige pijn en ademhalingsproblemen	< 10 seconden
Meer dan 30 mA	Ondragelijke pijn, optreden van verstikking	< 1 seconde
Meer dan 100 mA	Dodelijke elektrocutie	Onmiddellijk

Grensspanningen

Aan de hand van het vorenstaande heeft men daarnaast absolute grensspanningen opgesteld boven welke spanning, het voltage, gevaar bestaat bij aanraking.

Toestand menselijk lichaam	Wisselspanning	Gelijkspanning
Volledig droge huid of enkel vochtig door transpiratie:	50 V	120 V
Natte huid:	25 V	60 V
In water ondergedompelde huid:	12 V	30 V

VGM - Gevaren van Elektrische Stroom

Risico's van elektriciteit

De risico's van elektriciteit situeren zich op 2 gebieden:

- Gevaren voor de omgeving: brand en explosie;
- Gevaren voor de mens: elektrocutie en verbranding.

Gevaren voor de mens

Het menselijk lichaam bevat ongeveer 65% water waarin allerlei bestanddelen zijn opgelost zoals zouten, eiwitten, suikers enz.

Hierdoor wordt het menselijk lichaam geleidend voor elektrische stroom.

Het zenuwstelsel is opgebouwd uit zenuwweefsel. Dit zenuwweefsel is opgebouwd uit twee soorten cellen: zenuwcellen (neuronen) en steuncellen (neuroglia). De zenuwcellen hebben een bijzondere bouw, afhankelijk van hun functie. Zij moeten prikkels uit de buitenwereld opvangen en deze prikkels verder geleiden naar het zenuwstelsel.

Als men elektrische lading aan de buitenkant van de zenuwcel vergelijkt met die aan de binnenkant, dan verkrijgt men een spanning van ongeveer 70 millivolt (mV), waarbij de binnenkant negatief is geladen. Men noemt dit het potentiaalverschil. Een zenuwsignaal is niets anders dan een korte verandering van deze potentiaal, die zich zeer snel (tot 100 m per seconde) door het zenuwstelsel voortzet. *Zenuwprikkels zijn dus kleine elektrische stroompjes.* Hierin schuilt juist het gevaar van elektrische spanning voor de mens.

Een stroom van 0,1 A (100 mA), niet eens voldoende om een kleine opwarming te veroorzaken, kan als hij doorheen het lichaam vloeit, fatale gevolgen hebben. Een dergelijke stroom veroorzaakt bijvoorbeeld hartverlamming, omdat hij de elektrische spanningen grondig verstoort die instaan voor het in stand houden van hartkloppingen. Ook de ademhaling kan bij elektrocutie stilvallen waardoor men stikt.

Welke factoren bepalen het gevaar?

De lichamelijke letsels veroorzaakt door elektrocutie zijn afhankelijk van:

- Stroomsterkte;
- Weerstand;
- Frequentie;
- Tijdsduur;
- Stroomdoorgang.

Stroomsterkte

Hoe groter de stroomsterkte, des te ernstiger zijn de lichamelijke letsels!

0,5 - 5 mA	Geeft een licht prikkelend gevoel, op zichzelf onbeduidend qua gevaar. Het kan wel aanleiding geven tot een schrikbeweging die op haar beurt een verwonding of een val kan teweegbrengen. De lichte prikkeling gaat langzaam over in verstijving van de spieren in de hand die zich verder zet langs de pols naar de arm.
5 - 20 mA	Er ontstaan pijnlijke spierkrampen in hand en arm. Bij blijvende contractie treedt een krampachtige en pijnlijke verstijving van de spieren op. Daardoor kan het contact niet meer worden verbroken. Er is "aankleving" en zichzelf losmaken, is onmogelijk. Het contact kan niet meer worden verbroken bij een stroomsterkte van 7 à 14 mA voor vrouwen en een stroomsterkte van 10 à 24 mA voor mannen. Deze waarde van het niet meer kunnen losmaken, noemt men de grensstroomsterkte.

VGM - Gevaren van Elektrische Stroom

- 20 - 40 mA Bij het overschrijden van de grensstromsterkte zal de spiercontractie zich uitbreiden naar de borstspieren en wordt de ademhaling belemmerd. Verstikking kan de dood tot gevolg hebben. Ook kunnen de zenuwcentra op dit niveau worden verlamd. Onmiddellijke toepassing van kunstmatige ademhaling kan het leven redden.
- 50 - 200 mA In dit bereik kan zogenaamde hartfibrillatie optreden.
Wat is hartfibrillatie?
Normaal werkt het hart als een pomp, maar bij hartfibrillatie gaat het willekeurig trillen en klapperen. De bloedsomloop valt stil, het slachtoffer bezwijkt na enkele minuten door gebrek aan zuurstof in het bloed. Dit fenomeen betekent werkelijk levensgevaar omdat het onomkeerbaar is. Zelfs na het afschakelen van de stroom komt het hart niet uit zichzelf in de normale toestand. Enkel speciale apparatuur (meestal in ziekenhuizen) kan hulp bieden.
- 200 mA - 1 A Geeft vernietiging van de weefsels, zenuwen en spieren door opgelopen brandwonden veroorzaakt door de warmteontwikkeling van de stroom. Dergelijke verwondingen genezen moeizaam.
- Meer dan 1 A Veroorzaakt een hoge warmteontwikkeling en daardoor brandwonden met stolling van eiwitstoffen en vorming van myoglobine (= een spierkleurstof) die vergiftiging van de nieren veroorzaakt. Dit kan de dood betekenen.

Gevaarlijke stroomsterktes kunnen al ontstaan bij spanningen vanaf 50 V in een droog milieu, 25 V in een vochtig milieu en 12 V in een met vochtigheid verzadigd milieu. Dit wil bijgevolg zeggen dat de gebruikelijke spanning van 230 volt wel degelijk levensgevaar inhoudt.

De sterkte van de stroom door het lichaam hangt af van de spanningen en de weerstand. We weten immers uit de wet van Ohm dat $I = U : R$, dus hoe kleiner de weerstand en hoe groter de spanning, des te groter is de stroomsterkte.

Weerstand

Hoe kleiner de weerstand van ons lichaam, hoe groter het gevaar!

Er bestaan sterke individuele verschillen van persoon tot persoon, bovendien spelen de omstandigheden ook een grote rol.

Voor een droge huid bedraagt de weerstand van de ene vingertop naar de volgende ongeveer 5000 Ω , maar als de huid vochtig is - en de huid is meestal niet helemaal droog - kan de weerstand dalen tot beneden de 1000 Ω .

Dit betekent dat het aanraken van een spanning van 100 V al fataal kan zijn.

Rekenvoorbeeld

Nemen we 100 mA (0,1 A) aan als fatale stroomsterkte, dan is de spanning die een weerstand van 1000 Ω daarvoor nodig heeft, te berekenen via de wet van Ohm: $U = I \times R = 0,1 \text{ A} \times 1000 \text{ } \Omega = 100 \text{ V}$. Is de huid nat of staat men met de voeten in een plas water, dan wordt zelfs een spanning van 60 V levensgevaarlijk!

Frequentie

Wij zijn gevoelig voor de gebruikelijke frequentie van 50 Hz!

Voor de gebruikelijke frequentie van 50 Hz is ons lichaam het meest gevoelig! Gelijkspanning en frequenties boven de 1000 Hz vormen een iets minder groot gevaar.

VGM - Gevaren van Elektrische Stroom

Tijd

Hoe langer de inwerking van de stroom, hoe nadeliger voor je lichaam!

Elektrocutie treedt al op vanaf een contacttijd van tienden of zelfs soms honderdsten van een seconde!

Stroomdoorgang

De weg die de stroom door het lichaam volgt maakt verschil!

Ook de weg die de elektrische stroom door het lichaam volgt, is zeer belangrijk! Het is immers veel gevaarlijker wanneer de stroom de hartstreek passeert, dan wanneer de stroom van duim naar wijsvinger loopt. Als alleen spierweefsel wordt doorstroomd, zal dit minder levensbedreigend zijn, dan wanneer organen zoals het hart, de longen en dergelijke, worden geraakt.

Merk op dat al bij *kleine stroomsterktes* de elektrocutie *zéér ernstige* en levensbedreigende gevolgen kan hebben en dat op de vraag wanneer een *spanning gevaarlijk* is - of juist niet meer gevaarlijk is - *geen eenduidig antwoord* kan worden gegeven!

Twee oorzaken van elektrocutie

Men kan op twee manieren worden geëlektrocuteerd, namelijk door rechtstreekse of door niet-rechtstreekse aanraking van een voorwerp onder elektrische spanning.

Rechtstreekse aanraking

Wanneer men zonder beschermingsmiddelen een niet of slecht geïsoleerde stroomvoerende draad aanraakt, kan de stroom zich een weg zoeken door je lichaam naar de grond (de weg van de minste weerstand). Dit is elektrocutie door rechtstreekse aanraking. Ook als je voldoende van de grond bent geïsoleerd, kan je rechtstreeks worden geëlektrocuteerd door het aanraken van twee draden die op verschillende potentiaal staan. D.w.z. dat er tussen de draden een elektrische spanning aanwezig is.

Voorbeelden

- Een snoer aanraken waarbij de isolatie stuk is;
- Een lamp vervangen zonder elektriciteit uit te schakelen en een contactpool raken.

Niet-rechtstreekse aanraking

Hierbij wordt geen stroomvoerende draad aangeraakt, maar wel een elektrisch toestel dat contact heeft met een stroomdraad. Ook wanneer je uitwendig geen schade opmerkt, kunnen sommige onderdelen - wegens een defect inwendig in het toestel - onder spanning komen te staan.

Bij aanraking van deze toestellen kan men ook worden geëlektrocuteerd.

Voorbeelden

- Een losgekomen stroomdraad heeft contact met de metalen buitenkant van een wasmachine. Bij het aanraken van de machine word je geëlektrocuteerd;
- Een geëlektrocuteerd lichaam aanraken dat nog in contact is met de stroom;
- Een elektrisch toestel dat verbonden is met een spanningsbron of batterij valt in een bad;
- Een afgeknapte elektrische leiding die een plas water raakt waarin je loopt;

VGM - Gevaren van Elektrische Stroom

- Een koppelstekker van een verlengsnoer dat in het stopcontact zit aanraken;
- Een grasmachine rijdt over een elektrisch snoer;
- Een gat boren in de muur en een elektrische leiding raken;
- Met een vochtige doek over een stopcontact wrijven.

Gevaren voor de omgeving

Brand

Door foutief gebruik kunnen *toestellen* worden *beschadigd*, wat tot kortsluiting kan leiden of *oververhit* raken en brand veroorzaken.

Voorbeelden

- Te hoge spanning;
- Verkeerde frequentie;
- Te lange tijdsduur van werken;
- Onaangepaste werktemperatuur;
- Toestellen waaraan is gesleuteld, zodat ze niet meer overeenkomen met de veiligheidsnormen.

Kortsluiting

Ook bij correct gebruik kan nog steeds een gevaarlijke situatie ontstaan namelijk *kortsluiting*. Indien twee draden die op een *verschillende potentiaal* staan *rechtstreeks* met elkaar in *contact* komen, treedt kortsluiting op. Dit betekent dat de stroom de weg van de minste weerstand volgt en wel het rechtstreekse contact tussen de twee draden. Hierbij is de *weerstand praktisch nul* waardoor een *zéér grote stroom* ontstaat. Door de *warmteontwikkeling* in de draden, smelten onderdelen van het toestel en kan brand ontstaan.

Voorbeelden

- Versleten isolatie kan kortsluiting veroorzaken;
- Een driewegstekker kan verschillende polen met elkaar verbinden en is daarom **VERBODEN**;
- Door een stekker aan het snoer uit het stopcontact te trekken, kunnen de koperdraden losraken, wat tot kortsluiting kan leiden.

Overbelasting

Te veel toestellen aangesloten op eenzelfde stroombaan, kan overbelasting teweeg brengen. D.w.z. dat de gevraagde stroomsterkte te groot is, waardoor de warmteontwikkeling zo groot is dat de leidingen smelten.

Rekenvoorbeeld

In de stroomkring zit een zekering van (maximaal) 10 A bij 230 V. Het maximum vermogen is dus 2300 W. We sluiten de volgende apparaten tegelijk aan: mixer (200 W), 5 lampen van elk 100 W (500 W), strijkijzer (1000 W), straalkachel (1500 W). Het ontwikkelde vermogen van in totaal 3300 W is groter dan het maximaal toegelaten vermogen van 2300 W.
OVERBELASTING DUS.

Veiligheidsaspecten - Veiligheidsmaatregelen

De installatie

De veiligheid van de gehele elektrische installatie hangt af van volgende factoren:

- De *degelijkheid* van de verschillende onderdelen zoals *leidingen en verdeelkasten en machines of toestellen*;
- De *vakkundigheid* waarmee die onderdelen tot een geheel zijn *gemonteerd*.

VGM - Gevaren van Elektrische Stroom

Het gebruikte *elektrisch materiaal* moet veilig zijn, d.w.z. dat het moet voldoen aan de opgelegde normen. Dit is onder andere het geval voor onderdelen die de CE-markering dragen.

De *gehele installatie* is wettelijk (NEN 1010) onderworpen aan verschillende keuringen. Voor laagspanningsinstallaties zijn dit een *gelijkvormigheidsonderzoek* en een *controleonderzoek*.

- Bij de *ingebruikname* of bij een *belangrijke uitbreiding* van een bestaande installatie moet een *gelijkvormigheidsonderzoek* worden uitgevoerd. Het wordt uitgevoerd door een erkend controleorgaan dat nagaat of de voorschriften van het NEN 1010 werden nageleefd en of het gebruikte materiaal aan de veiligheidseisen voldoet.
- Grofweg, o.a. afhankelijk van omgevingsfactoren en andere variabelen, moet een *controleonderzoek* worden uitgevoerd om de 10 à 25 jaar voor huishoudelijke installaties en om de 1 à 5 jaar voor andere installaties. Hierbij wordt de doeltreffendheid van de verschillende beschermingsmaatregelen nagegaan.

Beschermingsmaatregelen voor de omgeving

Thermische zekering: smeltveiligheid

Een smeltveiligheid is een metalen draadje dat doorsmelt als een bepaalde stroomsterkte wordt overschreden. (Bijv. 6 A; 10 A; 16 A; 25 A.)

De smeltzekering beschermt de geleiders van de installatie (en de toestellen) tegen oververhitting. (Deze ontstaat door overbelasting of kortsluiting.)

Een smeltstop van 16 A smelt door als de stroomsterkte groter wordt dan 16 A. Er ontstaat warmte en het smeltdraadje in de veiligheid smelt door.

Heel wat toestellen hebben nog steeds een interne smeltzekering in het apparaat zelf, om ze te beschermen. Als een toestel het niet meer doet, is het altijd een goed idee om eerst daar aan te denken.

Als een smeltstop doorgesmolten is, MOET deze door een NIEUWE worden vervangen - NADAT - de oorzaak van het doorsmelten is weggenomen! Deze mag NOOIT worden vervangen door een ander type (zwaarder) en ZEKER NOOIT door een draadje!

Elektromagnetische zekering: automatische zekering

Smeltzekeringen worden steeds meer vervangen door automaten. Ze hebben het voordeel dat ze na het uitschakelen gemakkelijk opnieuw in bedrijf kunnen worden genomen (= herinschakelen).

Het doel is in geval van oververhitting of kortsluiting de stroomkring te onderbreken, vooraleer de installatie zelf of de toestellen worden beschadigd. De zekering zal 'uitslaan' indien de stroomsterkte groter wordt dan een vooraf bepaalde waarde.

Beschermingsmiddelen voor de mens

Aarding

De aarding is een koperen geleider die zich in de aarde bevindt en op verschillende plaatsen is verbonden met de elektrische installatie.

De aarding dient om bij een fout in de installatie de stroom te doen wegvloeien naar de aarde via de aardingsdraad (de weg van de minste weerstand) in plaats van eventueel door een persoon!

Een voorbeeld: Een losgekomen stroomdraad heeft contact met de metalen buitenkant van een wasmachine. Bij het aanraken van de machine kun je worden geëlektrocuteerd. Dit wordt vermeden als de wasmachine is geaard. Dan loopt immers een geleider van de metalen wand naar de aardingsdraad die de ladingen afvoert naar de aarde.

VGM - Gevaren van Elektrische Stroom

Elk stopcontact moet van een aarding zijn voorzien. De geleider met een geelgroene isolatie mag enkel als aardingsdraad worden gebruikt.

Dubbele isolatie

Niet alleen de stroomdraden zijn geïsoleerd, maar ook de buitenkant van het toestel is van de stroomvoerende onderdelen geïsoleerd.

De dubbele isolatie dient om te vermijden dat metalen onderdelen kunnen worden aangeraakt. Een scheerapparaat, haardroger, en dergelijke zijn voorzien van een dubbele isolatie zodat men aan de buitenkant geen metalen onderdelen kan aanraken en dus ook niet met stroom in contact kan komen. Dit wil niet zeggen dat ze ongevaarlijk zijn, want er kan immers nog kortsluiting binnen in het toestel optreden of het apparaat kan in een met water gevulde wastafel of bad vallen.

Toestellen met een dubbele isolatie mogen niet zijn geaard!

Aarding of dubbele isolatie beschermen ons in sommige gevallen tegen elektrocutie bij niet-rechtstreekse aanraking, echter NIET TEGEN RECHT-STREEKSE AANRAKING!

Daarvoor kan een differentieelschakelaar (aardlekschakelaar) een oplossing bieden.

Differentieel of verliesstroomschakelaar of automatische differentiaalschakelaar (ADS)

Een differentieelschakelaar (aardlekschakelaar) onderbreekt de stroomkring als er een verschil wordt gemeten tussen de stroomsterkte in de aanvoerleiding (V: vertrek) en deze in de terugvoerleiding (R: retour). Als er een geleidend contact is met de aarde zal de stroom worden uitgeschakeld.

Een automatische differentieelschakelaar wordt geplaatst op alle stroomvoerende geleiders van een elektrische kring. De hoeveelheid stroom die door de automatische differentieelschakelaar naar de gebruiker loopt, moet dezelfde zijn als de hoeveelheid die terug van de gebruiker door de automatische differentieelschakelaar loopt. Wanneer een gedeelte van de terugvloeiende stroom naar de aarde lekt, dan is er een verschil en zal de schakelaar automatisch in werking treden. Het verschil wordt door de meetinrichting van de automatische differentieelschakelaar gemeten. Wanneer de gemeten waarde van de hoeveelheid stroomverlies een vooraf ingestelde waarde overschrijdt, schakelt de schakelaar uit. De goede werking van een differentieel-schakelaar kan met een ingebouwde testinrichting (testknop T) worden gecontroleerd.

Voorbeeld

Als er een geleidend contact is met de aarde (door een isolatiedefect of een niet-geïsoleerde persoon die de leiding aanraakt) dan zal in richting R een andere stroom vloeien dan in richting V. Een ADS reageert op dit verschil en sluit de kring automatisch af. De gevoeligste ADS reageert op een verschil van 30 mA. Er zijn er ook die minder gevoelig zijn en slechts reageren op 0,5 A (500 mA). Deze aardlekschakelaars van 500 mA werden vroeger toegepast bij 'natte' groepen (zoals de wasmachineaansluiting), maar in woningen mag tegenwoordig alleen nog 30 mA worden toegepast.

Een aardlekschakelaar biedt echter geen enkele beveiliging als men volledig geïsoleerd is en twee draden aanraakt die op een verschillende potentiaal staan!

De persoon is voor de ADS een gewone gebruiker. Aangezien in V en R dezelfde stroom vloeit, schakelt de ADS niet uit.

VGM - Gevaren van Elektrische Stroom

Preventieve maatregelen

Gebruik VEILIGE TOESTELLEN EN SNOEREN

(CE-markering, géén driewegstekker.)

Gebruik DEGELIJKE TOESTELLEN EN SNOEREN

(Bijvoorbeeld: Isolatie niet beschadigd.)

VERMIJD WATER

(Niet reinigen met vochtige doeken, niets aanraken met natte handen of voeten.)

VERMIJD OVERBELASTING

(Eerst de oorzaak van overbelasting wegnemen en dan pas de zekering vervangen door de JUISTE soort het JUISTE type!)

- WERK NOOIT ONDER SPANNING. Borg de uitgeschakelde stand tegen wederinschakeling door:
 - De zekeringen weg te nemen;
 - De schakelaar uit te schakelen en indien mogelijk te vergrendelen met een hangslot;
 - Een waarschuwinglabel "Niet inschakelen" aan te brengen.
- Controleer met gepaste middelen (voltmeter, spanningstester, en dergelijke) de SPANNINGSLOOSHEID van de stroomvoerende delen;
- Pas het ELEKTRISCHE SCHEMA steeds onmiddellijk aan bij eventuele wijzigingen;
- Houd de deuren van de ELEKTROTECHNISCHE RUIMTEN en de SCHAKELKASTEN waarin zich een elektrische gevaarbron bevindt, STEEDS GESLOTEN.