



Tatu Bergström

# Sähkökeskusten IP-luokitus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

12.3.2024

## Tiivistelmä

Tekijä: Tatu Bergström  
Otsikko: Sähkökeskusten IP-luokitus  
Sivumäärä: 30 sivua  
Aika: 12.3.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka  
Ohjaaja: Lehtori, Jarno Nurmio  
Yrittäjä, Jarmo Leskinen

---

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää standardien määrittämien kotelointiluokkien vaatimukset sähkökeskuksiin liittyen. Työssä apuna käytetään Y-Keskus Oy:n keskusrakenteita sekä SGS:n todentamisen laitteistoa.

Työssä käydään läpi, mitä IP-luokka pitää sisällään ja mitä tulee käytännössä ottaa huomioon tiiviysluokkaa valitessa sähkökeskuksen näkökulmasta. Insinööriyötä voi hyödyntää myös muiden laitteiden koteloinnissa. Lisäksi työssä käydään läpi IK-luokkaa, koteloinnin valintaa, eri keskustyyppisiä sekä IP-luokan testausta ja todentamista.

Työn tuloksena saatiin kattava standardeja avaava kokonaisuus IP-luokasta ja siihen liittyvistä seikoista. Työn pohjalta IP-luokan valinta ja uusien koteloiden todentaminen helpottuu.

Avainsanat: SFS-EN 60 529, SFS-EN 62262, IP-luokka, IK-luokka, todentaminen

## Abstract

Author: Tatu Bergström  
Title: Switchboard IP Ratings  
Number of Pages: 30 pages  
Date: 12 March 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Specialisation option: Electrical Power Engineering  
Instructor(s): Jarno Nurmio, Senior Lecturer  
Jarmo Leskinen, Entrepreneur

---

The purpose of this thesis work was to find out the requirements of the enclosure classes defined by the standards in relation to electrical switchboards. Y-Keskus Oy's switchboard structures and SGS's authentication equipment are used as help in the thesis.

This thesis handles what the IP class includes and what should be considered in practice when choosing an ingress class to electrical switchboards. This thesis work can also be used in connection with the housing of other devices. It also covers the IK class, the choice of enclosure, different electrical switchboard types, and testing and verification of the IP class.

As a result, a comprehensive and uniform set of standards-opening IP class and related issues was obtained. Based on the work, the selection of the IP class and the verification of new enclosures becomes easier.

Keywords: SFS-EN 60 529, SFS-EN 62262, IP rating, IK rating, authentication

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Standardit	2
3	IP-luokitus	3
3.1	Ensimmäinen tunnusnumero	4
3.2	Toinen tunnusnumero	5
3.3	Vapaaehtoinen lisäkirjain ja täydentävä kirjain	7
4	IK-luokka	8
5	Suojaluokitus	9
5.1	Suojausluokka I	9
5.2	Suojausluokka II	10
5.3	Muut suojausluokat	11
5.4	Perussuojaus maallikoille	11
5.5	Perussuojaus ammattihenkilöille	12
6	Kotelointiluokan valinta	13
6.1	Kuivan tilan keskukset	13
6.2	Kostean sisätilan keskukset	14
6.3	Ulos asennettavat keskukset	14
7	Keskusrakenteet	16
7.1	Kehikkokeskus	16
7.2	Kotelokeskus	18
7.3	Kennokeskus	19
7.4	Muovikotelot	19
8	Kotelon IP-luokan todentaminen	20
8.1	Ensimmäisen tunnusnumeron testaus	20
8.2	Toisen tunnusnumeron testaus	25
8.3	IK-luokan testaus	27

9 Yhteenveto

29

Lähteet

30

## Lyhenteet

CENELEC:	European Committee For Standardization, Euroopan sähkötekniikan standardikomitea.
IEC:	<i>International Electrotechnical Commission</i> , kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
IK-luokka:	<i>Impact Protection</i> tai IK rating, kertoo kotelon iskunkestävyysluokan.
IP-luokka:	<i>International Protection</i> , kertoo koteloinnin tiiviysluokan.
SFS-EN 60529:	Standardi, joka määrittää sähkölaitteiden kotelointiluokat.
SFS-EN 62262:	Standardi, joka määrittää sähkölaitteiden kotelointien mekaanisen iskunkestävyyden.

# 1 Johdanto

Sähkökeskuksia asennetaan eri tiloihin ja olosuhteisiin. Keskuksen toiminta- ja käyttövarmuuden, turvallisen käytön sekä komponenttien suojaamisen vuoksi on keskuksien tiiveys eli kotelointiluokitus säädetty kansainvälisellä standardilla SFS-EN 60529 [1], jota tässä opinnäytetyössä tarkastellaan. Oikeanlainen suojaus veden pääsyn estämiseksi kotelonsisälle, pölyltä suojaus sekä kosketussuojaus huomioidaan kotelointiluokituksessa. Kotelointiluokituksen lisäksi perehdytään IK-luokkaan, perussuojaukseen sekä koteloiden IP-luokan testaukseen.

Opinnäytetyössä käydään läpi, mitä IP- ja IK-luokat tarkoittavat ja mitä säädöksiä niihin liittyy. Tämän jälkeen tutustutaan suojauksiin ja eri tiiviysluokkiin sähkökeskusten rakentamisten toteutuksissa. Seuraavaksi käydään läpi vielä eri keskustyypit ja avataan niiden IP-luokkia sekä rakenteellisia eroja toisiinsa. Lopuksi keskitytään kotelointien IP- ja IK-luokkien testaukseen ja todentamiseen Suomessa.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Y-Keskus Oy:n toimeksiantona. Y-Keskus valmistaa räätälöityjä sähkökeskuksia kiinteistöihin sekä teollisuuteen. Yritys on toiminut vuodesta 1977 nimellä Y-Keskus, jota ennen se on ollut jo mukana kiinteistö- ja teollisuussähkötoissa eri nimellä. Y-Keskuksen tuotanto ja toimisto sijaitsee Helsingissä. Pitkän historian vuoksi yrityksestä löytyy vankkaa teknistä osaamista alalle ja pitkää työkokemusta, jolla alalle pyrkivät saavat hyvän pohjan työuralleen keskusvalmistuksen maailmassa. Räätälöidyssä keskusvalmistuksessa tehdään tilaajalle keskus tarpeiden mukaan. Vakiokeskuksiin verrattuna ei tilaajan tarvitse itse ruveta muokkaamaan keskusta, vaan tilaaja juuri sellaisen keskuksen, mitä on tilannut. Kun nimellisvirrat kasvavat isommiksi, ei vakiokeskuskalle olekaan tukkujen hyllyllä. Onkin selvää, että tarvitaan räätälöity keskus.

Opinnäytetyön tavoitteena on selventää, mihin tarkoitukseen mikäkin IP-luokka on soveltuva, ja auttaa ymmärtämään, mitä kaikkea täytyy ottaa huomioon sähkökeskusta tilatessa. Opinnäytetyön pohjalta pyritään lisäämään Y-keskuksen tuotantoon yleisten IP-luokkien rinnalle välimalleja, kuten IP34-luokan keskus-tyyppi.

## 2 Standardit

Standardit ovat kirjallisia ohjeita, jotka ovat monen tahon toimesta yhdessä laadittuja. Monet Suomea koskevat standardit ovatkin kansainvälisiä eivätkä koske pelkästään Suomea. Standardit voivat koskea koko Eurooppaa tai jopa koko maailmaa. Standardit helpottavat arkea sekä työtä tekeviä, ja niillä taataan kaikille parempi turvallisuus. Turvallisuus on suurin standardien olemassaolon syy, jotta voidaan yhteisillä pelisäännöillä varmistaa sekä ihmisten että eläinten turvallisuus niin sähkölaitteiden kuin rakennusten kannalta. Standardit voivat määrittää tuotteille ja palveluille ominaisuuksia tai muita teknisiä vaatimuksia. Standardit toimivat käsi kädessä, eikä jo olemassa olevaa standardia pidä uudelleen standardoida. Olemassa olevaan standardiin voidaan viitata välttämättä ristiriidat ja eriävyydet. Standardeissa pyritään pysymään ajan tasalla. Ajantasaisuuden arviointi tehdäänkin vähintään viiden vuoden välein standardia päivittäessä. Jos arvioidaan, että kyseiselle standardille ei ole tarvetta, se voidaan kumota. Vaikka standardille ei olisi tulossa vähään aikaan uutta varsinaista standardiversiota, voidaan silti uudistukset päivittää olemassa olevan rinnalle. [2; 3; 4.]

International Electrotechnical Commission muodostaa lyhenteen IEC. IEC-standardit ovat maailmanlaajuisia standardeja, jotka ovat englanninkielisiä. IEC-standardit ovat Euroopassa yleensä käytettävissä sellaisenaan tai hyvänä pohjana, josta pienillä muutoksilla hiottuina saadaan standardi Eurooppaan sopivaksi. Kun IEC-standardi on Eurooppaan sopiva, voidaan se hyväksyä EN-standardiksi. EN-standardit on otettava käyttöön kaikissa EU- ja EFTA-maissa, jolloin EN-standardit ovat identtisiä näissä CENELEC:n jäsenmaissa. CENELEC

tarkoittaa European Committee For Electrotechnical, joka on suomeksi Euroopan sähkötekniikan standardikomitea. Siihen kuuluu 34 varsinaista jäsenmaata. [5; 6.]

Kansainvälinen standardi SFS-EN 60529 [1] määrittää sähkölaitteiden kotelointiluokat. SFS-tunnus standardissa tarkoittaa, että standardi on Suomessa vahvistettu. Se siis kertoo esineiden ja pölyn sisäänpääsyn suojausasteen, veden sisäänpääsyasteen sekä henkilön kosketussuojaukset. Kyseinen standardi pätee enintään 72,5 Kv:iin saakka. Standardi antaa hyvät raamit koteloinnin vaatimuksiin, mutta se ei ole kovin yksityiskohtainen. Näin ollen monia ohjeita joutuu monesti soveltamaan. [1.]

Sähkölaitteiden kotelointien mekaanisen iskunkestävyyden eli kotelon lujuusluokan määrittää standardi SFS-EN 62262 [7]. Kyseinen standardi käsittelee, kuinka kotelo suojaa sen sisällä olevia komponentteja ulkoisilta iskuilta. Standardi kertoo eri iskulujuusluokat ja antaa eri luokille omat arvot. Se kertoo myös, kuinka suoritetaan iskulujuusluokan testit, joilla standardin vaatimukset täytetään. Kyseinen standardi pätee enintään 72,5 kV:iin saakka. SFS-EN 62262-standardia käytetään niissä sähkölaitteiden koteloissa, joissa vaaditaan iskunkestävyyttä. [7.]

### **3 IP-luokitus**

Kotelointiluokka kertoo, millaisiin olosuhteisiin ja ympäristöön laite on suunniteltu. Kotelointiluokan tulisi käydä ilmi keskuksen tai laitteen arvokilvestä. Yksinkertaisesti kotelointiluokka kertoo, kuinka keskus on suojattu pölyltä, vedeltä ja vierailta esineiltä sekä kuinka keskuksen jännitteelliset osat on kosketussuojattu käyttäjältä. Sähkölaitteiden kotelointiluokkien standardi SFS-EN 60529 [1] määrittää laitteiden IP-luokituksien vaatimukset pääpiirteittäin. Kyseinen standardi on kansainvälinen, ja sitä tulee myös Suomessa noudattaa. Se ei kuitenkaan sisällä kaikkea tarvittavaa tietoa. Näin ollen Suomessa on kolmannen osapuolen

puolueettomia sertifiointilaitoksia, joilla riittää tietoa kotelointiluokkiin ja jotka voivat testata kotelon kykyä eri olosuhteissa ja todentaa, mihin olosuhteisiin kotelo kelpaa. [1; 8.]

IP-koodi on koodausjärjestelmä, joka kertoo koteloinnin suojausasteesta. Sähkölaitteiden kotelointia käsittelevä standardi SFS-EN 60529 [1] määrittää IP-koodin, jonka muodostuminen ja todentaminen käydään läpi seuraavissa luvuissa. IP-koodi yksinkertaistettuna kertoo, kuinka suuri on pöly-, vesi- ja kosketussuojauksen aste. IP-koodiin kuuluu I- ja P-kirjainten lisäksi kaksi tunnusnumeroa sekä mahdollisesti lisäkirjain tai lisäkirjaimia. IP-koodi alkaa aina tunnuksella IP, joka on kirjainlyhenne englannin kielen sanoista International Protection. [1.]

### 3.1 Ensimmäinen tunnusnumero

IP-koodin numerointi alkaa ensimmäiselle tunnusnumerolla. Ensimmäinen tunnusnumero tulee kosteus-, vierasaine- ja pölysuojausasteesta. Ensimmäinen tunnusnumero kertoo myös koteloinnin suojasta ihmisen kosketukselta vaarallisiin osiin. Ensimmäinen tunnusnumero on 0–6, ja ensimmäistä tunnusnumeroa ei tule kuin yksi tunnusnumero kotelointia kohden, mikäli alemmat kotelointiluokkavaatimukset täytetään. Numerokohtaiset tarkennukset löytyvät taulukosta 1. Jos ensimmäistä tunnusnumeroa ei tarvitse ilmaista eli mitään vaatimuksia kosteus-, vierasaine-, pöly- tai kosketussuojaukseen ei ole, korvataan ensimmäinen tunnusnumero kirjaimella X. [1.]

Laitesuojauksessa kotelonsuojausluokat esineiden ja pölynsuojauksen osalta on määritelty suojaamattomasta eli tunnusnumerosta 0 aina pölytiiviiseen tunnusnumeroon 6 asti. Tunnusnumero ilmaisee kuinka hyvin kotelointi estää määritellyn kappaleen sisäänkäsyä. Henkilösuojauksen kannalta kotelon kosketussuojaus ihmiskosketukselta on määritetty suojaamattomasta tunnusnumerosta 0 aina johdinlangalta suojattuun tunnusnumeroon 6 asti. Tunnusnumero kertoo, miten kotelointi estää tai rajoittaa ihmiskehon osan tai ihmisen pitämän esineen

tunkeutumisen vaarallisiin osiin. Numerokohtaiset tarkennukset löytyvät taulukosta 1. [1.]

Taulukko 1. IP-koodin ensimmäisen tunnusnumeron vaatimukset [6].

<b>Ensimmäinen tunnusnumero</b>	<b>Vieraiden esineiden ja pölyn suojaus</b>	<b>Henkilösuojaus</b>
0	Suojaamaton	Suojaamaton
1	Halkaisijaltaan $\geq 50$ mm kappa- leen sisäänkäsky on estetty	Nyrkin sisäänkäsky on estetty
2	Halkaisijaltaan $\geq 12,5$ mm kappa- leen sisäänkäsky on estetty	Sormen sisäänkäsky on estetty
3	Halkaisijaltaan $\geq 2,5$ mm kappa- leen sisäänkäsky on estetty	Työkalun sisäänkäsky on estetty
4	Halkaisijaltaan $\geq 1,0$ mm kappa- leen sisäänkäsky on estetty	Langan sisäänkäsky on estetty
5	Haitallisen pölymäärän sisään- käsky on estetty	Langan sisäänkäsky on estetty
6	Pölytiivis	Langan sisäänkäsky on estetty

Taulukon 1 ensimmäinen sarake kertoo IP-koodin ensimmäinen tunnusnumeron. Tunnusnumero sisältää kaksi eri merkitystä. Toisessa sarakkeessa kerrotaan suojauksen merkitys laitesuojauksen kannalta eli vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäskyn estäminen koteloinnin sisään. Kolmannessa sarakkeessa kerrotaan suojauksen merkitys henkilösuojauksen kannalta.

### 3.2 Toinen tunnusnumero

Toinen tunnusnumero tulee vesisuojausasteesta. Numero on väliltä 0-9. Toinen tunnusnumero kertoo, kuinka paljon kotelointi suojaa veden pääsyä kotelon sisälle. Toisen tunnusnumeron ilmoittama vesisuojausasteikko alkaa suojaamattomasta eli tunnusnumero nolasta ja on määritelty aina korkeapaineisen vesisuihkun kestäväksi eli tunnusnumero yhdeksään saakka. Numeroon kuusi asti merkittävä tunnusnumero ilmaisee, että se täyttää alempien tunnusnumeroiden

vaatimukset. Mikäli toiseksi tunnusnumeroksi on ilmaistu ainoastaan numero seitsemän tai kahdeksan, ei kotelointi täytä alempien luokkien numero viiden suojausta vesisuihkulta ja numero kuuden suojausta voimakkaalta vesisuihkulta. Edellä mainitussa tilanteessa ei ole mitään väärää, jos tapaus ei vaadi vedensuojausluokan viisi tai kuusi täyttäviä vaatimuksia. Taulukosta 2 voidaan tarkastella tarkemmin tunnusnumero kohtaiset vaatimukset. Jos tunnusnumero seitsemän tai kahdeksan täyttää kyseiset vaatimukset, ilmoitetaan se kaksoiskoodilla, jossa tulevat ilmi molemmat vesisuojausasteet muodostaen kaksi IP-koodia vinoviivalla, esimerkiksi IPX6/IPX8. [1.]

Viimeisen eli yhdeksännen tunnusnumeron ollessa yksin ei sen tarvitse täyttää numeroiden viisi, kuusi, seitsemän tai kahdeksan vaatimia suojauksia, ellei sitä vaadita. Jos tunnusnumero 9 pitää sisällään alempien numeroiden vaatimuksia, täytyy se edellä mainittuun tapaan ilmoittaa kaksoiskoodilla. Tapaukset, joissa täytetään useamman alemman tunnusnumeron vaatimukset voidaan myös ilmaista kolmoiskoodilla. Jos vesisuojausta ei tarvita, toista tunnusnumeroa ei tarvitse ilmoittaa, vaan se korvataan kirjaimella X, ja koteloinnin vesisuojaus voi olla mitä tahansa. Mikäli ensimmäistä ja toista tunnusnumeroa ei kumpaakaan tarvitse ilmaista, esitetään ne kirjaimilla X ja X muodossa IPXX. [1.]

Taulukko 2. Toisen tunnusnumeron vaatimukset [1].

<b>Toinen tunnusnumero</b>	<b>Veden suojaus</b>
0	Suojaamaton
1	Pystysuoraan tippuvalta vedeltä
2	15° kallistettu laite tippuvalta vedeltä
3	Satavalta vedeltä
4	Roiskuvilta vedeltä
5	Vesisuihkulta
6	Voimakkaalta vesisuihkulta
7	Lyhytaikaiselta upotukselta
8	Jatkuvalta upotukselta
9	Läheltä suurella paineella suihkuavalta kuumalta vedeltä

Taulukko 2 kertoo, kuinka hyvin kotelointi suojaa veden haitallista sisään-pääsyä. Ensimmäinen sarake kertoo IP-koodin toisen tunnusnumeron. Toinen sarake kertoo, minkä vaatimuksen tunnusnumero omaa.

### 3.3 Vapaaehtoinen lisäkirjain ja täydentävä kirjain

Ensimmäisen ja toisen tunnusnumeron jälkeen on vapaaehtoinen lisäkirjain, joka kertoo kosketussuojan asteesta. Kirjain voi olla A, B, C tai D. Kirjain A tarkoittaa, että vaaralliset osat on kosketussuojattu nyrkiltä, B sormelta, C työkalulta ja D langalta. Lisäkirjain tarkoittaa kosketukselta suojaamisen eli sen, miten kappale voidaan työntää sähkökeskuksen sisään ilman, että se ulottuu jännitteellisiin osiin. [1.]

Lisäkirjainta voidaan käyttää vain tapauksissa, joissa kosketussuojaus on ilmoitettu ensimmäistä tunnusnumeroa parempi ja se täyttää alempien kotelointiluokkien vaatimukset. Silloin voidaan IP-koodiin lisätä tunnusnumeroiden perään lisäkirjain kertomaan paremmasta kosketussuojasta, esimerkiksi IPXXC. Mikäli ensimmäinen tunnusnumero on esitetty X-kirjaimella, voidaan tällöin ilmoittaa lisäkirjaimella vaarallisten osien kosketussuojaus, koska se ei muuten käy ilmi. Lisäkirjaimen ja ensimmäisen tunnusnumeron henkilösuojauksen kosketussuojauksia voi verrata taulukon 3 kosketussuojauksen asteen ja taulukon 1 henkilösuojaukseen. Jos lisäkirjainta ei esitetä, ei sitä tarvitse tunnusnumeroiden tapaan merkitä lainkaan. [1.]

Taulukko 3. Vapaaehtoisen lisäkirjaimen kosketussuojauksen merkitys [1].

<b>IP-koodin vapaaehtoinen lisäkirjain</b>	<b>Merkitys kosketussuojauksen kannalta.</b>
A	Nyrkiltä
B	Sormelta
C	Työkalulta
D	Langalta

Lisäkirjaimen tapaan on vielä täydentävä kirjain, joka on myös vapaaehtoinen. Se voi olla kirjain H, M, S, tai W tai mahdollisesti niiden yhdistelmä. Kirjain H tarkoittaa, että kyseessä on suurjännitelaitte. M-kirjain tarkoittaa, että laitteen kotelointiluokka on testattu laitteen ollessa käynnissä. S-kirjain tarkoittaa, että laitteen kotelointiluokka on testattu laitteen ollessa pysähdyksissä. W-kirjain puolestaan tarkoittaa, että laite on testattu erityisiin sääoloihin. Lisäkirjainta harvoin tarvitsee, mutta silloin kun se on määritetty, jää siitä tilaajalle ja käyttäjälle selvä merkki, että laite tai kotelo on varmasti omiin tarpeisiin sopiva. [8.]

Joskus on tapauksia, joissa keskus ei kokonaan täytä IP-luokkaa. Hyvä yleinen esimerkki tästä on kotelokeskus luokaltaan IP44, jossa on tuuletusritilä, jonka luokka on tässä tapauksessa IP24D. Keskus siis ei voi täyttää IP44-vaatimusta, jos siihen on asennettu kannesta läpi IP24D-aukolla varustettu tuuletusritilä tai vaikkapa tuuletin. Jotkut laitteet ja komponentit vain vaativat parempaa tuuletusta kuin mitä tilaan vaaditut koteloinnit sallivat, joten tätä varten on mahdollista esittää keskuksen eri osiolle omat IP-luokat, kuten keskus IP44 ja tuuletusritilät IP24D. [8.]

## 4 IK-luokka

IK-luokka eli englanniksi IK rating määrittää kotelon iskunkestävyyden. IK-luokasta puhuttaessa voidaan käyttää ilmaisua ilkeivaltaluokka tai iskunkestävyysluokka. IK-koodi muodostuu IK-kirjaimista sekä kaksinumeroisesta koodista. Tunnuksryhmänumerot 00–10 kertovat iskunkestävyyden luokan. Luokka alkaa IK00-luokasta, jolloin kotelossa ei ole erityistä iskunkestävyyttä. Luokka yltää aina IK10:een asti, joka kestää jo 20 J ja suuremman suoran iskun. Taulukko 4 ilmaisee IK00–IK10-luokkien iskunkestävyyden iskuenergiana eli jouleina (J). Jos koteloon on määritetty IK-luokka, koskee se koko kotelointia. Muussa tapauksessa on kotelon eri lujusluokkien kohdat merkittävä erikseen. [7.]

Taulukko 4. Kotelon iskuenergian kesto eri IK-luokissa [7].

IK-koodi	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Isku- energia (J)	0,0	0,14	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

IK-luokan päätarkoitus on kertoa, kuinka kotelo suojaa kotelon sisällä olevia komponentteja ulkoisilta iskuilta. IK-luokkaa voidaan käyttää myös määrittämään kotelon kestämissen. Kuivaan sisätilaan asennetulta keskukselta ei vaadita samankaltaista IK-luokkaa kuin ulos, yleisille alueille tai erityisiin olosuhteisiin asennetulta keskukselta. [7.]

IK-luokka testataan siten, että kotelo asetetaan jäykälle alustalle ja siihen isketään viiteen eri kohtaan. Samaan kohtaan saa iskeä enintään kolme kertaa, ellei tuotestandardissa ole toisin määritetty. [7.]

## 5 Suojaluokitus

### 5.1 Suojausluokka I

Suojausluokalla I tarkoitetaan suojamaadoitettua sähkölaitetta tai -koteloa. Luokan I laitteissa käytetään suojamaadoitusta sähköiskulta suojaamiseen. Suojamaadoitettu kotelo vaatii, että sen kaikki sähköä johtavat metalliosat ovat kontaktissa toisiinsa ja yhdistettynä maahan. Tällaisia osia ovat esimerkiksi keskuksen runko ja pistorasiaan kytkettävä metallirunkoinen laite, jossa on luokan I suojaus.

Sähkökeskukseen liitetyt suojajohdinlähdet ovat siis yhteydessä aina pistorasian maadoitusnavoista käytettävän laitteen runkoon, jos kaikki laitteet ovat luokan I laitteita. Vikatapauksissa jännitteellinen metalliosa, kuten keskuksen runko, ei jää vaaralliseksi vaan suojaavat komponentit laukeavat vikatilanteen takia ja näin ollen ei jännitettä enää ole metalliosassa. Yksinkertaisuudessaan

tilanteessa, jossa maahan yhdistetty johdin on yhdistettynä metallirunkoon ja tapahtuu oikosulku maan ja vaiheen välillä, aiheutuva eristysvika luo ison virran maahan, jolloin syöttävän johdon suojana toimiva suojalaite palaa tai laukeaa poistaen vaaratilanteen. [9.]

Suojamaadoituksen toinen hyvä puoli on se, että sillä luodaan potentiaalitasaus. Potentiaalitasauksella varmistetaan, ettei sähkölaitteiden runkojen välille synny jännite-eroja aiheuttaen sähköiskun vaaraa tai sähköiskua. Kuvassa 1 on nähtävillä luokan I symboli, joka kertoo, mihin suojamaadoitus on kytketty. Luokan I sähkökeskuksien rungon maadoituksen paikka on merkittävä samalla luokan I symbolilla keskuksen kanteen siihen kohtaan, jossa rungon maadoitus sijaitsee. Suojamaadoituksen kohta merkataan yleensä sähkökeskukseen tarralla, jossa on symbolin kuva. [9.]



Kuva 1. Sähkökeskuksen kannessa esimerkki suojamaadoituksen symbolista [9].

## 5.2 Suojausluokka II

Suojaluokan II sähkölaitteita tai koteloita kutsutaan suojaeristetyiksi laitteiksi tai koteloiksi. Luokan II laitteissa on peruseristyksen lisäksi vielä lisäeristys, jolla varmistetaan peruseristyksen pettäessä, että jännitteellisiin osiin pääsy estyy. Kaksinkertainen eristys antaa saman tason suojaukselle kuin kaksoiseristys, ja voidaankin puhua joko suoja- tai kaksoiseristyksestä luokan II laitteissa ja koteloidissa [11]. Sähkökeskuksissa suojaeristetty keskus tarkoittaa, että keskuksen kotelo on sähköä johtamatonta materiaalia, kuten muovia. Jos halutaan kotelon olevan suojaeristetty, se ei tarvitse runkomaadoitusta, sillä suojausluokan II laitteita ei tulekaan yhdistää suojamaadoitukseen. Suojaeristetyissä laitteissa ja

koteloissa käytetään kuvan 2 symbolia. Suojaeritetyn laitteen merkki tulee löytyä luokan II sähkökeskuksen arvokilvestä. [9.]



Kuva 2. Puhelimen laturissa esimerkkikuva suojaeristuksen symbolista [9].

### 5.3 Muut suojausluokat

Yleisin sähkökeskusten suojausluokka on I. Suojausluokan II keskuksiakin on paljon, mutta näiden lisäksi on vielä muitakin suojausluokkia. Luokkaan 0 voidaan törmätä vanhoissa laitteissa, joita harvoin näkee normaalissa arkikäytössä, sillä nykyään ei enää luoteta pelkkään peruseristykseen. Peruseristykseenä 0-luokassa on, että laitteessa on vain peruseristys eikä muuta suojausta. Luokan 0 laitteissa luotetaan laitteen ympäristön eristämiseen, jos peruseristys pettää. Koska luokan 0 laitteissa ei ole suojausmaadoitusta, vikatilanteessa paljaiden metalliosien altistuessa jännitteelle ei ole mitään vikasuojaa. [9; 10.]

Suojausluokka 0I perustuu peruseristykseen sekä mahdollisesti kaksoiseristykseen. Suojausluokan 0I laitteessa on varauduttu maadoittamiseen runkoon valmiiksi liitetyllä maadoituksella tai mahdollisuudella maadoittaa se. Suojausluokan 0I laitteessa ei ole liitetty syöttöpuoleen kiinni suojausmaadoitusta laitteen saadessa suojausluokan 0 tapaan suojausmaadoittamatonta sähköä. Suojausluokan 0I laite voidaan muuttaa suojausluokan I laitteeksi lisäämällä kytkentään peruseristyksen lisäksi suojausmaadoitus. [10.]

### 5.4 Perussuojaus maallikoille

Koteloinnin perussuojaus vaatii, että Suomessa tulee kaikkien keskusten olla koteloitu vähintään IP20-luokkaan kannet suljettuina. Kansiin, joihin on maallikolla pääsy tekemään käyttötoimenpiteitä, tulee olla kosketussuojattu IP20B.

Jos kosketussuojaus on huonompi kuin IPXXB, tulee kansien olla avattavissa vain työkalulla tai kolmiokara-avaimella, jotta maallikoiden pääsy estyy. Maallikoiden käyttöön suunnitellun keskuksen kotelon tulee täyttää vähintään IP2XC vaatimukset, eli keskuksen sisään tunkeutuminen vierailta esineiltä ja pölyltä on suojattu 12,5 mm:n asti ja sen yli, sekä keskuksen vaaralliset osat on kosketussuojattu työkalulta. [8.]

Kehikkokeskuksen kansien läpi tulevien ja ilman työkalua avattavien käsivaljelisten kansien käyttötoimenpiteitä vaativat tilat on suojattava maallikoilta vähintään IPXXB-luokituksen mukaisesti, eli kosketussuojattava jännitteelliset osat täytyy suojata sormelta. Vaikka komponentin luokitus olisikin IP20, ei maallikolla saa olla mahdollisuutta koskettaa peruseristettyä johdinta. Näin ollen riviliitintilojen tulee olla avattavissa vain työkalulla tai kolmiokara-avaimella. Din-aukon läpi tulevat komponentit kehikkokeskuksissa ovat yleensä hyvin suojattuja. Din-aukko peittää jopa komponentin ruuvin reiän. Kotelo- ja kennokeskuksissa tulee maallikon käyttöön tarkoitettuun tilaan asettaa erilliset kosketussuojat, jotka estävät sormen pääsyn keskuksen sisälle käyttötoimenpiteitä vaativissa tiloissa. [8.]

## 5.5 Perussuojaus ammattihenkilöille

Ammattikäyttöön tarkoitetuilla keskuksilla tulee kotelon luokituksen olla vähintään IP2X. Käyttötoimenpiteitä vaativat komponenttitilat tulisi kosketussuojata siten, että ne ovat turvallista käyttää ilman sähköiskun vaaraa ja tahattomalta kosketukselta jännitteellisiin osiin vältyttäisiin. Peruseristetyt johtimet saavat olla kosketeltavissa keskuksissa, jotka ovat ammattihenkilön käyttöön tarkoitettuja. Vaikka keskus tehtäisiin vain ammattihenkilön käyttöön, hyvään asennustapaan kuitenkin kuuluu, että käyttötoimenpiteitä vaativat tilat tehtäisiin jokaiselle turvalliseksi. Näin toimitaan, vaikka kyseessä olisikin sähköalan ammattihenkilö, joka tietää, missä on sähköiskun vaara. Tällä tavalla vältytään turhilta vaaranpaikoilta. Standardissa SFS 6002 on asetettu vaatimuksia, jotka liittyvät sulakkeen vaihtamiseen, ja nämä tulee myös ottaa huomioon. [8.]

## 6 Kotelointiluokan valinta

Kotelointiluokan valintaan vaikuttaa monta tekijää. Erityisesti asennuspaikkaan olisi hyvä perehtyä huolella. Valinnassa täytyy ottaa huomioon, tuleeko sähkökeskus kuivaan sisätilaan, kosteaan sisätilaan, erityisolosuhteisiin vai ulos. Myös muut mahdolliset keskuksen toimintaan vaikuttavat tekijät, kuten tilan muut käyttäjät, tulee huomioida. Kun sähkökeskuksen sijoituspaikka on tiedossa, täytyy sähkösuunnittelijan ottaa huomioon asennuspaikan vaatima kotelointiluokka sekä mahdollinen iskunkestävyysluokka. Lisäksi tulee varmistua, että keskusvalmistajalta tulee tilattua vaaditun kotelointiluokan keskus. Keskusvalmistajat eivät tiedä, minne keskus sijoitetaan, vaan he luottavat, että tilaajalla on tarvittavat tiedot [1]. Sähkökeskus tulee sijoittaa aina sellaiseen paikkaan, jonne pääsy on helppoa ja käyttö- sekä huoltotoimenpiteet mahdollista suorittaa turvallisesti [8].

### 6.1 Kuivan tilan keskukset

Sähkökeskuksen asennus kuivaan sisätilaan ei tarkoita välttämä suoraan IP20-luokituksen vaatimusta. Kuivassa tilassa täytyy ottaa huomioon henkilöiden suojaamiseksi tilan käyttäjät. On huomioitava, onko tilan käyttäjillä esimerkiksi vaaraa päästä kosketuksiin sähkökeskuksen vaarallisiin osiin, vaikkapa käyttäen työkalua tai lankaa, kun kannet ovat suljettuina. Paikoissa, joissa edellä mainittu vaara havaitaan, tulisi keskuksen kotelointiluokka olla IP2XD tai IP3XD, jolloin kotelointi suojaa vaarallisiin osiin pääsyn langalta. Tilassa ei saisi olla vesiroiskeen mahdollisuutta. [8.]

Kun tila on todettu kuivaksi, likaantumis- ja pölyyntymisaste havaittu normaaliksi sekä käyttäjien kosketussuojaus huomioitu, voidaan tilaan asettaa kosketussuojattu keskus. Kosketussuojaukselta kuiviin sisätiloihin ammattikäyttöön tarkoitettulle keskukselle IP-luokaksi sopii vähintään IP2X. Kosketussuojaukselta kuiviin sisätiloihin maallikoiden käyttöön tarkoitettulle keskukselle tulee IP-luokaksi valita vähintään IP2XC. Normaaleissa olosuhteissa edellä mainitut IP-luokat

ovat hyviä valintoja kuivan tilan keskuksiksi, ja näille IP-luokille kehikkokeskus olisi keskusrakenteeltaan hyvä valinta. IP20 ja IP30 ovat yleisiä kehikkokeskuksen IP-luokkia. Keskustyypeistä kerrotaan lisää luvussa 8. [8; 11.]

Kuivan tilan keskuksissa tulee huomioida mahdollisen takalevyn tarve. SFS-EN 60529 [1] ei vaadi kaikkien IP-luokkien sähkökeskuksiin takalevyä. Keskuksissa, jotka täyttävät kotelointivaatimukset ilman takalevyä, tulisi varmistua, vaatiiko asennusalue paloturvallisuuden kannalta keskuksen takaosan suojausta takalevyllä. Mikäli keskukseseen ei ole valmistajan toimesta takalevyä asennettu, ja keskus on rakenteeltaan takaa avoin, tulee olla valmistajaan yhteydessä ja varmistaa paloturvallisuus ja sekä kotelointiluokan vaatimusten täyttyminen. [8.]

## 6.2 Kostean sisätilan keskuksset

Sisätiloissa täytyy myös miettiä likaantumisen, pölyntymisen sekä veden mahdolliset haitat ja sitä, kuinka mahdollista niiden on päästä koteloinnin sisään. Vaikka luokkien IP21 ja IP22 koteloinnit määritetään tippuv veden suojaavana, ei ole suotavaa valita näitä kosteisiin sisätiloihin käytettäväksi. Kosteissa sisätiloissa hyvä valinta olisi luokaltaan IP34 kotelointi, joka suojaa roisketta joka suunnasta ja estää 2,5 mm halkaisijaltaan olevien esineiden tunkeutumisen. [11.]

Jos kyseessä on kuitenkin paikka, jossa roiskuu vettä paljon tai likaantumisaste on suuri, tulee valita IP44-luokan kotelointi. IP34-luokan koteloinnin keskustyyppinä yleisin on kennokeskus. Jos kostea sisätila vaatii parempaa suojausta, voidaan valita IP44- tai IP54-luokan keskus. IP44- ja IP54-kotelointiluokkiin löytyy monia eri keskusrakenteita, mutta kotelokeskus tai kennokeskus ovat hyviä valintoja. [11.]

## 6.3 Ulos asennettavat keskuksset

Ulos asennettavat keskuksset vaativat huomattavasti enemmän suojausta, jotta käyttö ja komponentit pysyvät ennallaan vaihtelevista sääolosuhteista

huolimatta. Ulos asennettavan keskuksen tuleekin olla luokitukseltaan vähintään IP34D tai IP44. Yleisesti on käytetty IP44-luokan keskuksella keskustyyppinä kotelokeskusta, jossa eri koteloita yhdistämällä saadaan keskusrakenne aikaiseksi. Lisää keskusrakenteista kerrotaan luvussa 7. Paikan valinta on tärkeä ja monia tekijöitä tulee taas ottaa huomioon. Jos keskus sijoitetaan katokseen, jonne sadevesi ja lumi eivät pääse pakkautumaan, on IP44-luokan keskus turvallinen valinta ilman lisäsuojaa. [8.]

Jos keskus asennetaan suoraan taivasalle, täytyy varmistua, että keskuksen huolto- ja käyttötoimenpiteitä vaativat osat olisi suojattuna suoraan putoavalta vedeltä myös kannet auki avattuina. Suoja- sekä katujakokaapilla suojataan keskusta kolhiintumiselta sekä huolto- ja käyttötoimenpiteet putoavalta vedeltä. Suoja- ja katujakokaapit suojaavat keskusta lumen aiheuttamalta veden kondensoitumiselta keskuksen sisään. Katujakokaappiin asennettavalle keskukselle kotelointiluokaksi riittää IP34D tai IP44. [8.]

Taivasalle seinälle asennettu keskus, jonka IP-luokka täyttää vaatimukset, voidaan sadelipalla ehkäistä kondensoitumista ja veden kertymistä keskuksen sisälle. Katujakokaappiin asennettu keskus tulisi olla irti yläpäädyistä tai siihen tulee asentaa välikatto keskuksen ja kaapin katon väliin, ettei lumi pääse kondensoimaan koteloa. Kondenssiveden poistamiseen tulee IPX1-IPX5-kotelointeihin tehdä kenttä- tai kennokohtaiset kondenssiveden aukot. Tärkeää huomioitavaa kondenssiveden aukossa on, ettei sillä alenneta keskuksen kotelointiluokkaa, vaikka kotelossa olisikin reikä pohjassa.

Hyvä tapa estää kotelon ulkopuolelta roiskuvan veden pääsyä kotelon sisälle kondenssiveden aukosta on tehdä aukosta pyöreän reiän sijaan labyrintin muotoinen kondenssivesitulpalla. Esimerkki näkyy kuvassa 3. Kondenssiveden aukon olisi hyvä olla pinta-alaltaan vähintään 20 neliömillimetriä sekä halkaisijaltaan vähintään 5 millimetriä, jotta vesi pääsee helposti myös poistumaan koteloinnista. Kun mennään vaativampiin tiiveysluokkiin IPX6, IPX7 ja IPX8, kote-

loon ei ole enää mahdollista asettaa mitään reikiä, kuten kondenssivedenaukkoa. Tällöin täytyy varmistua tilaajan kanssa, että he tietävät, miten suorittaa kondenssivedenpoisto kotelosta ilman kondenssiveden aukkoa. [8.]



Kuva 3. Esimerkki labyrinthin muotoisesta kondenssiveden tulpasta.

Ulos asennettavan keskuksen komponenttien tulee olla pakkasenkestäviä tai keskuksen sisällä on oltava lämmittimiä, jotka pitävät komponentit vaadituissa ja tarvittavissa olosuhteissa. Suurta lämpötilan vaihtelua kokevat ulos asennettavat keskuksat tulisi varustaa myös lämmittimien lisäksi viilennyksellä eli tuuletusrilöillä. Keskukseseen voi myös tehdä eristyksiä, jotka auttavat keskusta pysymään lämpimämpänä. Eristykset estävät hieman veden kondensoitumista parantaen komponenttien kestämistä sekä kotelon ikää.

Yleisille ulkoalueille asennettavissa keskuksissa tulee ottaa huomioon myös IK-luokka eli ilkivalta luokka, josta on kerrottu luvussa 4. Keskuksista ei tule asettaa myöskään mihinkään näköesteeksi, jotta katujakokaappi ei esimerkiksi estä autoilijaa näkemästä suojatiellä liikkuvaa jalankulkijaa. Keskuksien sijoittamisesta yleisille alueille vastaa kunnan sijoituslupavirkailija, mutta sähkösuunnittelijan olisi hyvä itsekkin tietää, minne keskuksia on hyvä sijoittaa.

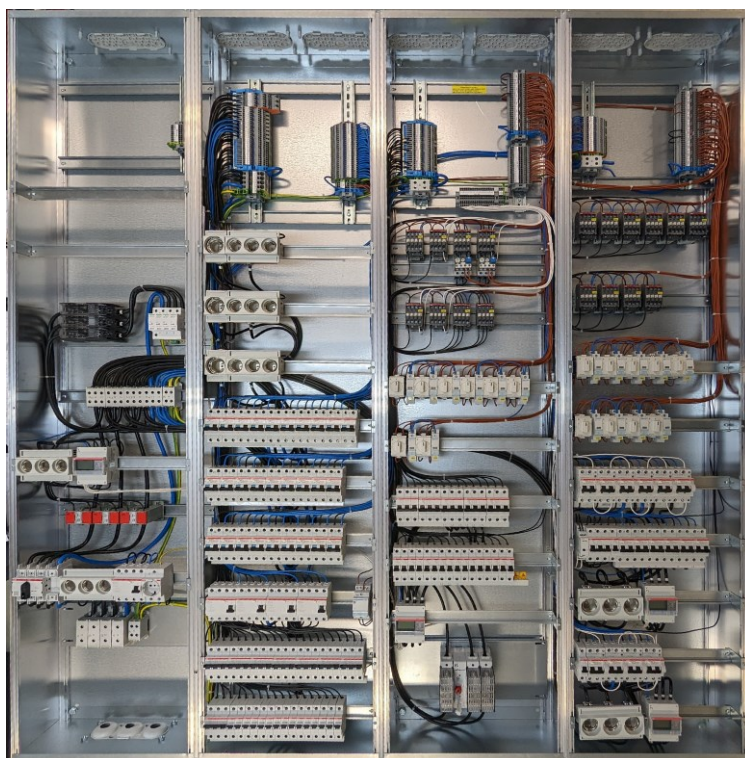
## 7 Keskusrakenteet

### 7.1 Kehikkokeskus

Kehikkokeskus on keskusrakenteista muovikoteloiden jälkeen kevein keskuksrakente. Tyypillisesti kehikkokeskus rakennetaan kahdesta metallisivusta, ala- ja

yläpuolelle asennettavista läpivientaihioista, keskuksen kansista sekä takalevystä. Jokaisella keskusvalmistajalla on omat materiaalit ja rakenteet. Kuva 4 näyttää periaatteen kehikkokeskusrakeenteelle. Kehikkokeskukset ovat yleensä valmistajasta riippumatta koteloituiluokaltaan IP20 tai IP30.

Virtakestoisuudeltaan kehikkokeskus kestää normaalisti 800 A, mutta joissakin tapauksissa on mahdollista yltää yli 1000 A:iin. Kehikkokeskus on käytännössä kannet avattuina yhtä tilaa, jonka pudotussuojat ja kentän välikanget jaottelevat. Keskusta rakentaessa ei siis tarvitse pujotella kotelosta tai kennosta toiseen, vaan johdotus on suoraviivaista ja vaivatonta. Kehikkokeskusten suurin hyöty käyttäjälle on se, että kansien läpi tulevia kojeita, kuten johdonsuoja-automaatteja, voidaan käyttää erillisiä kansia avaamatta. Kuitenkin tilanteissa, joissa halutaan estää kojeiden käyttö ulkopuolisilta henkilöiltä, voidaan keskuksen asentaa yhtenäisen suojaovi tai keskuksen ympärille suojakaappi, jonka suojiin käsin ohjattavat kojeet jäävät.

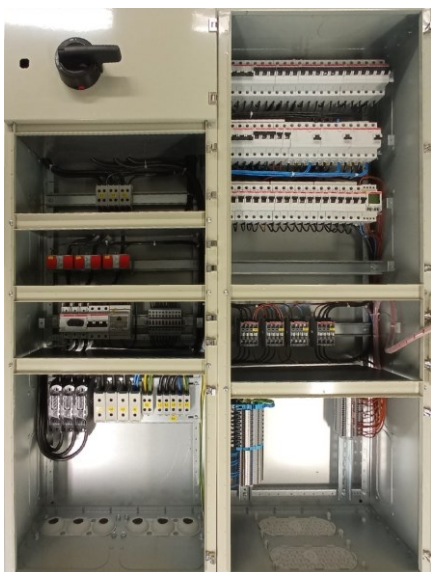


Kuva 4. Kehikkokeskusrakenne ilman kansia, Y-Keskus YKA mallisto, IP30.

## 7.2 Kotelokeskus

Nimensä mukaisesti kotelokeskukset rakennetaan yhdestä tai useammasta kotelosta. Koteloita voidaan liittää toisiinsa kasvattaen kotelokeskuksen kokoa. Kotelokeskus koostuu kentästä eli yhdestä pystysuuntaisesta kotelosta. Kenttä voidaan vielä jakaa osiin eri kansijaotteluilla eli erillisiin kennoihin, jolloin voidaan jakaa esimerkiksi komponentit ja riviliitintilat erilleen. Yleensä kotelokeskuksen kansirajaukset toteutetaan vaaka-asentoon asennettavalla välilistalla, johon asennetaan pudotussuoja rajaamaan keskusta sisäpuolelta. Kuvasta 5 näkee hyvin, kuinka komponentit on jaettu omiin kennoihin.

Kannet keskuksessa on varustettu tiivisteillä ja saranoinnilla. Keskuksen kansien läpi saadaan käyttöön halutut kytkinten vääntimet, nokkakytkimet, merkki-valot sekä muut kanteen asennettavat komponentit. Komponentit muuten löytyvät kansien alta. Kansien läpi tulevat komponentit tulee asentaa siten, että IP-luokka ei heikkene. Yleiset kotelokeskuksen kotelointiluokat ovat IP44 ja IP54. Kotelokeskusten niemellisvirran kestoisuus on yleensä 800 A. Jos kyseessä on kostea sisätila, kotelokeskus on oiva valinta. Kotelokeskus käy hyvin myös ulko-käyttöön, kunhan otetaan huomioon luvussa 6.3 käydyt asiat.



Kuva 5. Kotelokeskus, jossa kaksi kenttää vierekkäin, Y-Keskus YKC mallisto, IP54.

### 7.3 Kennokeskus

Kennokeskus on ikään kuin kehikkokeskuksen ja kennokeskuksen yhdistelmä. Kennokeskus rakennetaan metalliseen sokkeliin, joka muodostaa keskuksen rungon eli ikään kuin kotelon keskukselle. Kennokeskuksen komponentti- ja rivi-liitintilat voidaan kennokeskuksen tapaan jaotella omien kansien alle eli kennoihin. Kennokeskus voi olla yhden kentän kokoinen, tai sitä voidaan kasvattaa kuinka paljon vain leveyssuunnassa lisäämällä aina uusi kenttä sivulle. Kennokeskukselle tyypillinen luokka on IP34, mutta kotelokeskuksia valmistajilta löytyy luokasta IP31 aina luokkaan IP55 asti. Kotelokeskus käy monipuolisesti moneen paikkaan, kunhan otetaan ympäristö huomioon IP-luokkaa valittaessa. Kennokeskuksessa komponentit jäävät saranoitujen kansien alle lukuun ottamatta tapauksia, joissa nokkakytkimet, mittarit tai vastaavat kojeet ovat kannen läpi tuotuja ilman, että IP-luokka heikkenee.

### 7.4 Muovikotelot

Muovikotelot ovat materiaaliltaan muovia, ja niitä voidaan käyttää monessa eri paikassa. Muovikoteloita on saatavilla monessa eri koossa ja erilaisilla muoviseoksilla. Muovikotelot ovat yleisesti hyvin tiiviitä, ja niiden tiiveysluokat yleensä ovat IP65, IP66, IP67 ja IP69. Muovikotelot käyvät hyvin moneen tarkoitukseen. Muovikotelon tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu hyvä iskunkestävyys, vaikka se onkin teräksistä koteloa paljon kevyempi. Muovikotelot ovat yleensä yksittäisiä koteloita, eikä näitä voi rivittää kotelokeskusten tapaan. Markkinoilla on muutama rivitettävä muovikotelosarja, mutta ne perustuvat kennorakentamiseen, jossa iso kokonaisuus rakennetaan pienistä yksittäisistä kennoista.

Muovikoteloon kohdistuvista iskuista ja muista naarmuja aiheuttavista tilanteista ei muovikoteloon jää yhtä herkästi jälkiä kuin metalliseen koteloon. Yksi tärkeä ominaispiirre muovikoteloilla on suojaeristeisyys. Suojaeristettyjä koteloita käytetään, kun halutaan, että runko ei johda sähköä tai vaaditaan suojausluokan II kotelointia.

## 8 Kotelon IP-luokan todentaminen

Suomessa ei vaadita valmistajalta kolmannen osapuolen todentamista kotelon IP-luokkaa varten. IP-luokan saavuttaminen vaatii, että standardin SFS-EN 60529 [1] mukaiset vaatimukset on täytetty. Vaikka valmistajan ei tarvitse koteloida testauttaa, on silti suotavaa antaa testaukseen ja todentamiseen erikoistuneiden yritysten ottaa ohjat omiin käsiinsä. Nykyään monet loppuasiakkaat vaativatkin, että kotelon tarkastaa puolueeton yritys, jolla olisi enemmän osaamista testauksesta ja todentamisesta. Suomessa toimii muutamia yrityksiä, joiden palveluna on todentaa, tarkastaa ja testata sähkölaitteita sekä koteloida. Vaikka puolueeton taho todentaa IP-luokan, pysyy valmistajalla vastuu kotelon IP-luokasta. Valmistajan tulee siis varmistua, että laatu pysyy samana vuodesta toiseen, vaikkei välissä olisikaan uusia todentamisia. [3.]

Kotelon IP-luokkaa varmistaessa täytyy ensin tietää, mihin luokkaan tähdätään, ja varmistua, että täytetään kyseisen luokan ja alempien luokkien vaatimukset. Kotelo kasataan sellaiseksi kuin se normaalikäytössä olisi. Mikäli kotelo sijoitetaan normaaleihin käyttöolosuhteisiin ilman muita erikoisia lisävaatimuksia, tulee testaukset suorittaa lämpötila-alueella 15–35 °C. Testitilanteessa ilmankosteuden tulee sijoittua välille 35–75 % ja ilmanpaineen välille 86–106 kPa. [1.]

### 8.1 Ensimmäisen tunnusnumeron testaus

IP-koodin ensimmäinen tunnusnumero saadaan kosteus-, vierasaine- ja pölysuojaustesteistä. Niissä selvitetään kotelon kykyä suojata keskuksen sisustaa pölyltä sekä kosketukselta. Ensimmäisen tunnusnumeron vierasaine- ja pölysuojaustesti suoritetaan tunnusnumeroille 1, 2, 3 ja 4 tunkemalla keskuksen kotelon aukkoihin koetinta taulukon 5 mukaisesti. Tunnusnumero hyväksytään, mikäli koettimen halkaisija ei pääse tunkeutumaan mistään kotelon sisälle. Ensimmäisen tunnusnumeron vierasaine- ja pölysuojaustesti tunnusnumeroille 5 ja 6 tehdään käyttäen apuna talkkipölyä sekä alipainetta. Näin saadaan selville,

kuinka kotelointi suojaa, kun kyseessä olisi jo pölytiivyyttä vaativa luokka. Taulukosta 5 selviää vaatimukset keskuksen kotelointiluokan ensimmäisen tunnusnumeron vierasaine- ja pölysuojausasteen todentamiselle. [1.]

Taulukko 5. Testausehdot kotelointiluokan ensimmäisen tunnusnumeron vierasaine- ja pölysuojaukselle sekä testin toteutus [1].

Ensimmäinen tunnusnumero	Suojausten testaus esineiden ja pölyn sisäänkäynnille.
0	Suojausten testausta ei vaadita.
1	<p>Pallo, jonka halkaisija on 50 mm, ei saa kokonaisuudessaan tunkeutua kotelon sisään eikä kosketa jännitteellisiä osia. Testikoetin tungetaan 50 N:n voimalla, 10 %:n toleranssilla.</p> <p>Testikoetin muodostuu noin 100 mm pitkstä eristysaineisesta kädensijasta, 50 mm:n pallosta ja näiden väliin jäävästä 45 mm:n suojasta.</p>
2	Pallo, jonka halkaisija on 12,5 mm, ei saa kokonaisuudessaan tunkeutua kotelon sisään eikä kosketa jännitteellisiä osia.
3	<p>Testipuikko, jonka halkaisija on 2,5 mm, ei saa tunkeutua kotelon sisään. Testipuikko tungetaan 3 N:n voimalla 10 %:n toleranssilla.</p> <p>Testipuikko muodostuu 100 mm pitkstä jäykästä metallisesta koepuikosta ja 100 mm pitkstä eristysaineisesta kädensijasta, joiden väliin jää pallomainen halkaisijaltaan 35 mm:n eristysaineinen pysäytyspinta.</p>
4	Esine, jonka halkaisija on 1,0 mm, ei saa tunkeutua kotelon sisään.
5	<p>Vieraita esineitä ei saa tunkeutua kotelon sisään. Pölyä saa tunkeutua kotelon sisään sen verran, ettei se ole laitteille haitaksi.</p> <p>Kotelo asetetaan testikaappiin, jossa talkkipölyjauhetta puhalletaan 2 kg testikaappin tilavuuden kuutiometriä kohden. Testejä samalla talkkipölyjauheella voidaan suorittaa enintään 20 kappaletta, jonka jälkeen talkkipölyjauhe on vaihdettava. Talkkipölyjauheelta vaaditaan, että se pystyy läpäisemään 50 µm:n halkaisijan ja 75 µm:n sivunpituiseen reiän.</p>

	<p>Luokan 1 kotelossa, jossa käyttöolosuhteissa koteloon muodostuu ilmanpaineen alenemista ympäristön ilmanpaineeseen verrattuna, testattavan kotelon sisään luodaan tyhjiöpumpulla 80-kertainen alipaine kotelon tilavuuteen verrattuna. Testissä imunopeutta 60 kertaa kotelon tilavuus tunnissa ei saa ylittää. Mitattava paine ei saa ylittää 2 kPa. Jos tuotestandardi ei määritä koteloa erikseen luokan 2 koteloksi, pidetään kotelointia luokan 1 kotelona.</p> <p>Luokassa 2, jossa käyttöolosuhteissa koteloon ei muodostu ilmanpaineen alenemista ympäristön ilmanpaineeseen verrattuna, jätetään testattava kotelo käyttöasentoon testikaapin sisälle 8 tunnin ajaksi pölyttymään ilman tyhjiöpumppuun kiinnittämistä.</p>
6	<p>Vieraita esineitä ei saa tunkeutua kotelon sisään. Pölyä ei saa tunkeutua kotelon sisään.</p> <p>Kotelo asetetaan testikaappiin, jossa talkkipölyjauhetta puhalletaan 2 kg testikaapin tilavuuden kuutiometriä kohden. Testejä samalla talkkipölyjauheella voidaan suorittaa enintään 20 kappaletta, jonka jälkeen talkkipölyjauhe on vaihdettava. Talkkipölyjauheelta vaaditaan, että se pystyy läpäisemään 50 µm:n halkaisijan ja 75 µm:n sivunpituiseen reiän.</p> <p>Kotelointia pidetään aina luokan 1 kotelona, jossa käyttöolosuhteissa koteloon muodostuu ilmanpaineen alenemista ympäristön ilmanpaineeseen verrattuna, vaikka ilmanpaine ei vaihtelisikaan. Testattavan kotelon sisään luodaan tyhjiöpumpulla 80-kertainen alipaine kotelon tilavuuteen verrattuna. Testissä imunopeutta 60 kertaa kotelon tilavuus tunnissa ei saa ylittää. Mitattava paine ei saa ylittää 2 kPa.</p>

Suojaus vaarallisten osien koskettamiselta tapahtuu tunkemalla koetinta keskuksen koteloinnissa oleviin aukkoihin. Taulukosta 6 näkee ensimmäisen tunnusnumeron sekä lisäkirjainten koettimet sekä vaadittavat testausetäisyydet vaarallisiin osiin. Tunnusnumeron 2 nivelsormi näkyy kuvassa 6.



Kuva 6. Nivelsormi testaamaan kosketussuojausta.

Jotta keskuksen koteloinnin kosketussuojaus voidaan varmentaa, täytyy koettimen sekä vaarallisten osien välisen etäisyyden olla tarpeeksi suuri. Enintään 1000 V:n vaihtosähköllä toimivien laitteiden riittävä etäisyys tarkoittaa, että testikoetin ei koske vaarallisia jännitteellisiä osia tai käyttäessä merkkilampullista koetinta ei merkkilamppu saa syttyä. Muut tarkemmat hyväksymisehdot, kuten suurjännitelaitteiden ehdot, löytyvät standardista SFS-EN 60529. [1.]

Taulukko 6. Testausehdot kotelointiluokan ensimmäisen tunnusnumeron kosketussuojaukselle sekä testin toteutus [1].

Ensimmäinen tunnusnumero	Suojauksen testaus vaarallisten osien koskettamiselle.
0	Suojauksen testausta ei vaadita.
1	<p>Pallo, jonka halkaisija on 50 mm, ei saa kokonaisuudessaan tunkeutua kotelon sisään eikä kosketa jännitteellisiä osia. Testikoetin tungetaan 50 N:n voimalla 10 %:n toleranssilla.</p> <p>Testikoetin muodostuu noin 100 mm pitkstä eristysaineisesta kädensijasta, 50 mm:n pallosta ja näiden väliin jäävästä 45 mm:n suojasta.</p>

2	<p>Nivelsormi saa tunkeutua kotelon sisään 80 mm, eikä se saa missään sormen asennossa koskettaa jännitteellisiä osia. Nivelsormen pysäytyspinnan pääsy kotelon sisään tulisi estyä. Nivelsormi tungetaan 10 N:n voimalla 10 %:n toleranssilla.</p> <p>Nivelsormi muodostuu kahdesta 90°:n taipuvasta nivelestä ja olla 80 mm pitkä. Nivelsormessa pitää olla mitoiltaan 50 mm korkea ja 20 mm leveä pysäytyspinta.</p>
3	<p>Testipuikko, jonka halkaisija on 2,5 mm, ei saa tunkeutua kotelon sisään. Testipuikko tungetaan 3 N:n voimalla 10 %:n toleranssilla.</p> <p>Testipuikko muodostuu 100 mm pitkstä jäykästä metallisesta koe- puikosta ja 100 mm pitkstä eristysaineisesta kädensijasta, joiden väliin jää pallomainen halkaisijaltaan 35 mm:n eristysaineinen pysäytyspinta.</p>
4	<p>Testilanka, jonka halkaisija on 1,0 mm, ei saa tunkeutua kotelon sisään. Testilanka tungetaan 1 N:n voimalla 10 %:n toleranssilla.</p> <p>Testilanka muodostuu 100 mm pitkstä jäykästä metallisesta koe- puikosta ja 100 mm pitkstä eristysaineisesta kädensijasta, joiden väliin jää pallomainen halkaisijaltaan 35 mm:n eristysaineinen pysäytyspinta.</p>
5	<p>Testilanka, jonka halkaisija on 1,0 mm, ei saa tunkeutua kotelon sisään. Testilanka tungetaan 1 N:n voimalla 10 %:n toleranssilla.</p> <p>Testilanka muodostuu 100 mm pitkstä jäykästä metallisesta koe- puikosta ja 100 mm pitkstä eristysaineisesta kädensijasta, joiden väliin jää pallomainen halkaisijaltaan 35 mm:n eristysaineinen pysäytyspinta.</p>
6	<p>Testilanka, jonka halkaisija on 1,0 mm, ei saa tunkeutua kotelon sisään. Testilanka tungetaan 1 N:n voimalla 10 %:n toleranssilla.</p> <p>Testilanka muodostuu 100 mm pitkstä jäykästä metallisesta koe- puikosta ja 100 mm pitkstä eristysaineisesta kädensijasta, joiden väliin jää pallomainen halkaisijaltaan 35 mm:n eristysaineinen pysäytyspinta.</p>

## 8.2 Toisen tunnusnumeron testaus

Toinen tunnusnumero saadaan vesisuojaustestistä, jossa selvitetään, kuinka paljon keskuksen kotelointi estää veden pääsyä kotelon sisään. Taulukosta 7 näkee kunkin tunnusnumeron testaustoimenpiteet. Toisen tunnusnumeron luokkien 1 ja 2 testausvälineenä toimii kuvan 7 kaltainen tippuvesilaitte, jolla taulukon 7 mukaisesti tiputetaan vettä kotelon päälle testattavaan kohtaan kauttaaltaan tasaisesti. [1.]



Kuva 7. Tippuvesilaitte, jolla testataan koteloiden vesitiiveyttä.

Toisen tunnusnumeron luokkien 3 ja 4 testaukset suoritetaan kuvan 8 mukaisella kaariputkilaitteella. Toisen tunnusnumeron luokkien 5 ja 6 testaukset suoritetaan suihkusuuttimella ja luokan 7 upotusaltaassa. Tunnusnumeron 8 testaukset suoritetaan joko luokan 7 kaltaisessa altaassa sovitussa syvyydessä tai painevesilaitteessa, jolla simuloidaan paineella halutun syvyyden vaatimat olosuhteet. Tunnusnumero 9 testataan viuhkasuuttimella. Kotelon vesisuojausaste hyväksytään, jos vettä on kertynyt sallittu määrä, laitteen oikeanlainen toiminta ei vaurioidu eikä turvallisuus heikenny. [1.]



Kuva 8 Kaariputkilaite, jolla testataan koteloiden vesitiiveyttä.

Taulukko 7. Vesisuoja testi veden sisään tunkeutumiselle [1].

Toinen tunnusnumero	Suojaus veden pääsylvä.
0	Testausta ei vaadita.
1	Testaus suoritetaan tippuvesilaitteella, jolla 10 minuutin ajan tiputetaan 1 mm/min vettä tasaisesti kotelon pinnalle kotelon normaalissa käyttöasennossa. Kotelo tulee testin ajaksi asettaa keskitetysti pyörivälle alustalle, joka pyörii 1 r/min.
2	Testaus suoritetaan tippuvesilaitteella, jolla 2,5 minuutin ajan tiputetaan 3 mm/min vettä tasaisesti kotelon pinnalle neljässä eri asennossa, jolloin kokonaisaika on 10 minuuttia. Kotelo tulee olla 15° kallistettuna molemmin puolin pysty- sekä kohtisuorassa asennossa.
3	<p>Testaus suoritetaan kaariputkilaitteella, jolla 10 minuutin ajan enintään 200 mm:n etäisyydeltä suihkutetaan 60° satavaa vettä. Veden virtauksen tulee olla 0,07 l/min reikää kohti kerrattuna reikien lukumäärä.</p> <p>Vaihtoehtoisesti testaus suoritetaan sadevesisuuttimella, jolla 1 min/m<sup>2</sup> vähintään 5 minuutin ajan enintään 200 mm:n etäisyydeltä suihkutetaan 60° satavaa vettä. Veden virtaus tulee olla 10 l/min.</p>
4	Testaus suoritetaan kaariputkilaitteella, jolla 10 minuutin ajan enintään 200 mm:n etäisyydeltä suihkutetaan 180° satavaa vettä. Veden virtauksen tulee olla 0,07 l/min reikää kohti kerrattuna reikien lukumäärä.

	Vaihtoehtoisesti testaus suoritetaan sadevesisuuttimella, jolla 1 min/m <sup>2</sup> vähintään 5 minuutin ajan enintään 200 mm:n etäisyydeltä suihkutetaan 180° satavaa vettä. Veden virtauksen tulee olla 10 l/min.
5	Testaus suoritetaan suihkuvesisuuttimella, jolla 1 min/m <sup>2</sup> vähintään 3 minuutin suihkutetaan vettä 2,5–3 metrin etäisyydeltä. Veden virtauksen tulee olla 12,5 l/min. Suuttimen halkaisijan tulee olla 6,3 mm
6	Testaus suoritetaan suihkuvesisuuttimella, jolla 1 min/m <sup>2</sup> vähintään 3 minuutin suihkutetaan vettä 2,5–3 metrin etäisyydeltä. Veden virtauksen tulee olla 100 l/min. Suuttimen halkaisijan tulee olla 12,5 mm
7	Testaus suoritetaan upotusaltaassa, johon kotelo upotetaan 30 minuutin ajaksi. Kotelon yläpuolen ja veden pinnan väliin tulee jäädä 0,15–1,0 metriä.
8	Testaus suoritetaan upotusaltaassa, johon kotelo upotetaan sovitukseksi ajaksi. Veden taso täytyy sopia.
9	Testaus suoritetaan viuhkasuuttimella, jolla joka asennossa 30 sekunnin ajan 1 min/m <sup>2</sup> vähintään 3 minuutin suihkutetaan koteloon vettä 175 mm:n etäisyydeltä. Veden virtauksen tulee olla 15 l/min. Suurilla koteloilla suihku kaikista suunnista aiotun käytön mukaan.  Jos kotelo on pieni, tulee se asettaa pyörivälle alustalle. Alustan pyörimisnopeuden tulee olla 5 r/min. Vettä suihkutetaan kulmista 0°, 30°, 60° ja 90°.

### 8.3 IK-luokan testaus

Kotelon IK-luokka saadaan selville mekaanisia iskuja sisältävällä testauksella. Testissä kotelo kasataan siihen kuntoon kuin se on käyttöön tullessa tarkoitettu. Kotelon on oltava käyttömätön ja puhdas. Testaus tulee suorittaa lämpötila-alueella 15–35 °C. Ilmanpainetestin tulee sijoittua välille 86–106 kPa. Testaus suoritetaan kuvan 9 mukaisella iskurilla. Iskurin takapää vedetään taakse ja jousi palauttaa iskurin iskien jousen asettamalla voimalla. Kullekin IK-luokan iskuenergian suurelle on oma testi-iskurinsa. Testissä iskurin iskevä pää asetetaan kotelon kohtaan, jota testataan. [7.]



Kuva 9. Iskuri, jolla testataan kotelon iskulujuutta.

Testin voi suorittaa myös tiputtamalla kuvan 10 mukainen metallinen kuula suoraan tietyltä korkeudelta testattavaan kotelon kohtaan tai asettamalla kuula heiluriin ja pudottamalla se tietyltä korkeudelta testattavaan kotelon kohtaan. Koteloon testattavat iskut jaetaan tasaisesti ympäri koteloa, iskuille alttiita kohtia on oltava viisi ja kotelon saman kohdan ympäristöön ei saa kolmea kertaa enempää iskeä, ellei tuotestandardi toisin määritä. Mikäli kotelo kestää IK-luokan iskuenergian määrittämän voiman siten, että kotelo ja sen sisällä olevat komponentit eivät vaurioitu, voidaan IK-luokan testaus hyväksyä. [7.]



Kuva 10. Kuula, jolla testataan kotelon iskulujuutta.

## 9 Yhteenveto

Työssä perehdyin laajasti sähkökeskusten kotelointiluokkiin ja niiden valintaan. Standardit määrittivät suoraan vaatimukset koteloinneille, joten niiden avaaminen muodostui pääasialliseksi tehtäväkseni. Selkeimmät suoraan kotelointiin liittyvät standardit olivat SFS-EN 60529 Sähkölaitteiden kotelointiluokat ja SFS-EN 62262 Sähkölaitteiden kotelointien mekaanisen iskunkestävyyden lujuusluokat.

Koska halusin opinnäytetyön olevan kattava, avasin myös keskusrakenteita ja niihin liittyviä valintoja. Työtä tehdessä huomasin, kuinka IK-luokka on viime vuosina nostanut arvoaan, ja uskon että, tulevaisuudessa tähän tullaan enemmän ottamaan huomiota keskusta tilatessa.

Työtä tehdessä pääsin tutustumaan sähkökeskusvalmistajan keskusrakenteisiin. Pääsin myös tutustumaan siihen, miten kotelointiluokkia todennetaan käytännössä. Käytännön esimerkit avasivat, kuinka standardin asettamat ehdot ovat melko helppoja noudattaa ja niiden pohjalta voidaan luoda jotain, mistä muodostuu turvallinen ja yhteisiä sääntöjä noudattava tuote.

## Lähteet

- 1 SFS-EN 60529. 2019. Sähkölaitteiden kotelointiluokat. SFS.
- 2 SFS-/IEC-/EN-standardit. Verkkoaineisto. Sesko. <<https://sesko.fi/standardit/sfs-iec-en-standardit/>>. Luettu 15.7.2023.
- 3 Haapaoja, Vesa, testausinsinööri & Merikari, Jari, sertifiointitiiminjohtaja, SGS, Helsinki. 2023. Keskustelu 17.10.2023.
- 4 Mitä standardi tarkoittaa. Verkkoaineisto. SFS. <<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>>. Luettu 15.7.2023
- 5 Sähköalan standardit SFS:stä. Verkkoaineisto. SFS. <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tietoastandardeista/sahkoalanstandarditsfssta.html.stx#>>. Luettu 20.7.2023
- 6 IEC ja CENELEC. Verkkoaineisto. SESKO. <<https://sesko.fi/standardit/iec-ja-cenelec/>>. Luettu 10.8.2023
- 7 SFS-EN 62262. 2002. Sähkölaitteiden kotelointien mekaanisen iskunkestävyyden lujuusluokat. SFS.
- 8 SFS-käsikirja 640. 2016. Sähkökeskukset. Suomen standardisoimisliitto. 2016. Sähkökeskukset. 1. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 9 Sähköasennuksen suojausperiaatteet. Verkkoaineisto. Stek. <<https://stek.fi/sahkoasennuksen-suojausperiaatteet/sahkolaitteiden-suojausluokat/>>. Luettu 9.9.2023
- 10 Sähkölaittekorjaajan opas. 2017. ST-ohjeisto 6. Espoo: Sähkötieto ry.
- 11 Kotelointiluokka kertoo sähkölaitteen käyttökohteen. 2015. Verkkoaineisto. Sähkömaailma. <<https://www.sahkomaailma.fi/kotelointiluokka-kertoo-sahkolaitteesta-kaiken-oleellisen/>>. 1.10.2015. Luettu 9.9.2023