



Hasan Muhanad Zwayen

# Betonilattian halkeamien hallinta ja halkeamakorjaukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

25.10.2023

## Tiivistelmä

Tekijä:	Hasan Muhanad Zwayen
Otsikko:	Betonilattian halkeamien hallinta ja halkeamakorjaukset
Sivumäärä:	46 sivua
Aika:	25.10.2021
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine:	Rakennustekniikka
Ohjaajat:	Anne Aalto

---

Avainsanat: Betonilattian halkeama korjaukset, lattiat, sementti, plastinen kutistuma, plastinen painuma, halkeamat

---

Insinööriyön keskeisenä tavoitteena oli syventyä betonilattian halkeamien tutkimiseen ja selvittää niiden muodostumismekanismeja. Työ pyrki ymmärtämään, miten ja miksi halkeamat ilmenevät betonilattiassa. Insinööriyön keskeisenä tavoitteena oli tutkia betonilattian halkeilua ja sen syntymismekanismeja. Samalla etsittiin menetelmiä, joilla näitä halkeamia voidaan havaita ja keinoja niiden korjaamiseksi, jos niitä esiintyy betonipinnassa. Tutkimuksessa käsitellään betonin historiaa ja miten se on kehittynyt nykyaikaiseksi rakennusmateriaaliksi. Tutkimuksessa esiintyy betonilattioiden eri tyyppit ja niiden käyttö eri tarkoituksissa. Tutkitaan betonin ominaisuuksia ja sen käyttötapoja. Tutkitaan betonimassan koostumusta ja sen materiaaleiden valitsemista ja miten se vaikuttaa lopputulokseen. Käsitellään kutistumatyyppit lattiassa ja esitetään, miten kutistumat vaikuttavat betonin laatuun. Lujuuden säilyttäminen ja betonin ominaisuuden kehittäminen halkeamien estämiseksi on tärkeä vaihe prosessissa. Halkeilu betonilattiassa ensisijaisesti johtaa teräksen korroosion kasvamiseen ja lujuuden heikkenemiseen. Tutkitaan millä keinoilla halkeilua estetään ja millä menetelmillä vaurioita voidaan korjata.

## Abstract

Author: Hasan Muhanad Zwayen  
Title: Concrete floor crack management and crack repairs  
Number of Pages: 46  
Date: 25 October 2023  
Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineering  
Professional Major: Construction technical  
Supervisors: Anne Aalto

---

Keywords: Concrete floor crack repairs, floors, cement, plastic shrinkage, plastic deformation, cracks

The main objective of the engineering thesis was to delve into the investigation of cracks in concrete floors and understand their formation mechanisms. The work aimed to comprehend how and why cracks appear in concrete floors. The central goal of the engineering thesis was to study the cracking of concrete floors and its mechanisms of formation. Simultaneously, methods for detecting these cracks and means of repairing them if they occur on the concrete surface were explored. The study covers the history of concrete and how it has evolved into a modern building material. Various types of concrete floors and their uses for different purposes are presented. Concrete properties and its applications are investigated. The composition of concrete mix and the selection of its materials and how they affect the final outcome are examined. Different types of shrinkage in the floor are discussed, along with how these shrinkages affect the quality of concrete. Preserving strength and improving concrete properties to prevent cracks is a crucial step in the process. Cracking in concrete floors primarily leads to increased steel corrosion and reduced strength. The methods for preventing cracking and the techniques for repairing damages depend largely on the thickness and location of the cracks.

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	2
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Rajaukset	2
2	Betonin historia	3
3	Betonin osat	7
3.1	<b>Sementti</b>	7
3.1.1	Sementtiprosessi	7
3.2	Betonimassa	9
3.2.1	Vesisementtisuhde	11
3.2.2	Lujuus	13
3.2.3	Notkeus ja tiivistystavat	13
3.2.4	Kiviaine	14
3.2.5	Lisäaineet	15
3.3	Raudoitus	16
3.3.1	Betoniterästankojen, hitsattujen verkkojen ja raudoitteiden valmistus, katkaisu ja asennus	17
3.3.2	Teräskuidut	17
3.3.3	Jänneteräkset	19
3.3.4	Polymeerikuidut	19
4	Betonilattioiden valettupaikalla perustyyppit	22
4.1	Maanvarainen lattia	22
4.1.1	Paalulaatta	23
4.1.2	Pintabetonilattia	24
4.2	Betonilattioiden laatutekijät ja luokitusjärjestelmän käyttö	25
5	Betonilattioiden kutistumatyyppit	26
5.1	Plastinen kutistuma	27
5.2	Plastinen painuma	28
5.3	Kuivumiskutistuma	29

5.4	Lämpömuodonmuutokset	31
6	Betonilattian halkeama	32
6.1	Yleiset	32
6.2	Halkeilun vauriot betonilattialle	35
6.3	Halkeilun hallitsemiseksi ja estämiskeinot	36
6.3.1	Työn suunnittelu	36
6.3.2	jälkihoidon merkitys Betonilattiat	37
6.3.3	Sääolosuhteet	38
6.3.4	Plastisen kutistuman hallitseminen	40
7	Halkeamakorjaukset	40
7.1	Injektointimenetelmä	41
7.2	Imeyttäminen menetelmä	41
7.3	Halkeaman avaaminen ja laastipaikkaaminen	42
8	Johtopäätökset	42
9	Yhteenveto	43
	Lähteet	1

## **Lyhenteet**

v/s: Vesi sementti suhde betoni mäsässä, eli paljonko laitetaan vesi määrä sementin kanssa

## 1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään Metropolia Ammattikorkeakoululle. Betonilattioiden halkeilu on yleinen ongelma ja aiheuttaa paljon erimielisyyttä rakentajan ja tilaajan välillä. On vaikea määrittää, miksi betonilattiat halkeavat, koska kyseessä ei ole vain yksi syy, vaan siihen liittyy useita muita tekijöitä. Nämä tekijät liittyvät materiaalien ominaisuuksiin, huonosti suunniteltuihin tai huonosti toteutettuihin suunnitelmiin ja riittämättömään huolellisuuteen. (2)

Myös sääolosuhteet voivat vaikuttaa halkeamien syntymiseen. Ammattilaisilla, jotka tekevät betonilattiat voi olla vaihtoehtoisia ohjeita työmaalla. Myös tekijöiltä voi puuttua osaamista. Tutkimus käynnistettiin, sillä betonilattiat ilman päällysteitä ovat yleistyneet Suomessa ja maailmanlaajuisesti, erityisesti teollisuusalueilla. Varsinkin nykyaikana koulut ja päiväkodit, varastot ovat päällystämättömiä. Tähän on monia syitä, ja ne liittyvät kustannustietoisuuteen ja nopeaan asentamiseen ja siihen, että betonilattiat ilman päällysteitä ovat kestävämpiä. Kuitenkin näiden lattioiden ongelmana ovat niiden halkeamat, jotka ajan kuluessa tulevat näkyviin. Halkeamat ovat paitsi esteettinen ongelma myös laadullinen vika. Betonilattiat eivät saa päästää kosteutta teräkselle, koska se aiheuttaa korroosiota teräkselle ja se huonontaa kantavuutta ja kestävyyttä. Käytännössä todella vaikeaa on toteuttaa betonilattiat ilman halkeamia. (2)

Opinnäytetyössä tutkitaan millä ratkaisulla niitä voidaan korjata ja mitkä materiaalit siihen sopivat. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan betonin ominaisuuksia ja sitä, miksi betonilattiat joskus halkeavat enemmän kuin on sallittavaa ja joskus halkeamat ovat isoja. Tutkitaan lisäksi millä ratkaisulla voidaan korjata niitä ja mitkä materiaalit siihen sopivat. Tarkastellaan betonin ominaisuuksia ja sitä, miksi betonilattiat joskus halkeavat enemmän kuin on sallittua. Tässä tutkimuksessa etsitään menetelmiä, miten halkeamat korjataan ja mitä materiaalia käytetään. (2)

## 1.1 Työn tausta

Betoni on Yksi tärkeimmistä materiaaleista rakennusalalla globaalisti, ja siitä on käytetty rakentamisessa lähes jatkuvasti 1800 luvun puolivälistä 1900-luvun alkuun saakka. Tämä tarkoittaa, että betoni on ollut merkittävässä roolissa rakennusalan kehityksessä lähes 100 vuoden ajan. Rakentamisen peruseräpäätteet ovat pysyneet samoina, mutta tekniikka ja pienet yksityiskohdat ovat muuttuneet ajan myötä. Rakentajat käyttävät piirustuksia betonista ja sokkeleista sekä palkeista ja pilareista ja ne valetaan paikan päällä tai asennetaan valmiina elementteinä. Tästä aiheesta ja materiaaleista on tärkeä ymmärtää millä tekniikalla betoni valmistetaan ja mitkä ovat sen vaikutukset, jotka vaikuttavat lopputulokseen. Halkeamat ovat yleinen ongelma betonissa lämpimissä maissa maassa kuten Dubaissa, jossa lämpölaajenemiseen on omat rakennustapansa ja materiaalivalintansa. Kylmässä maassa kuten Suomi voi olla erilaiset ongelman lähestymistapansa, jos lattiassa halkeamat pääsevät paljon laajenemaan lattian sisäpintaan ja joutuvat jatkuvan kosteusrasituksen kohteeksi, se aiheuttaa korroosiota teräkselle ja korrosio on iso riski teräksen kantavuudelle. (1;2)

## 1.2 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteet ovat, että ensin selvitetään, miksi betonilattiassa tapahtuu joskus enemmän halkeamia ja joskus vähemmän ja selvitetään mistä ne johtuvat. Miten vähennetään halkeamia lattiassa. Tutkimuksessa selvitetään halkeamavauriot betonilattialle sekä pinnalle ja tutkitaan vielä ratkaisutapoja. Annetaan ohjeita rakentajille, miten halkeamat korjataan ja mitä materiaaleja eri tapauksissa käytetään.

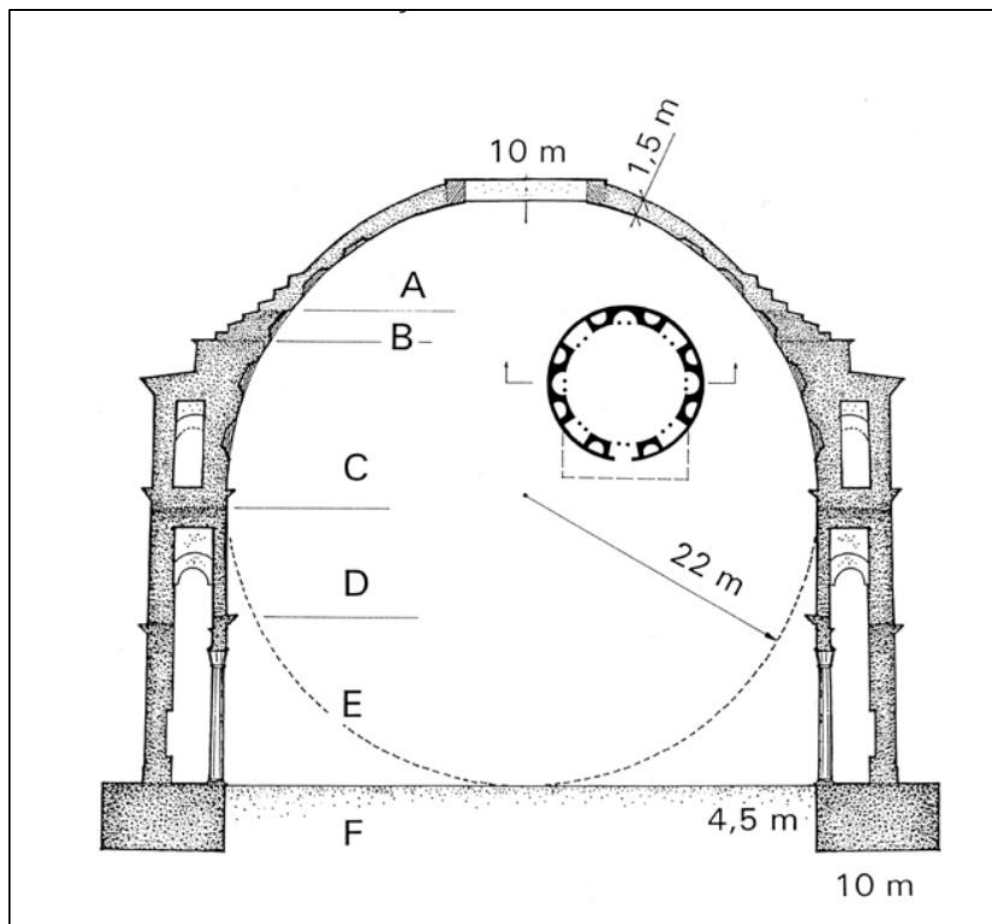
## 1.3 Rajaukset

Tutkimuksessa tarkastellaan betonin historiaa ja sen merkitystä rakennusalalla. Lisäksi pohditaan erilaisia betonilattioita ja niiden sovelluskohteita. Tutkimuksen fokus on rajattu käsittelemään betonilattioiden halkeamien muodostumista, syitä

niiden syntymiselle ja keinoja niiden vähentämiseksi. Lisäksi tarkastellaan, miten mahdollisia halkeamia voidaan korjata.

## 2 Betonin historia

Betoni on vanha rakennusmateriaali, jota Euroopassa roomalaiset kehittivät ja käyttivät laajasti. He omaksuivat kreikkalaisilta perityn kivirakentamistaidon ja kehittivät sitä eteenpäin, minkä lisäksi he ottivat käyttöön uudenlaista betonirakentamista. Kuuluisa betonirakennus on Pantheon, joka valmistui vuosina 118–128. Roomalaiset rakentajat kehittivät myös savi- ja kalkkilaastipohjaista muurausta. (1.)



Kuva 1. Pantheon, Rooma. Rakennuksen perustat ja alaosa olivat massiivisia rakenteita ja ne keventyivät ylöspäin mentäessä. (1)

Roomalaisten käyttämä betoni, nimeltään "Opus caementicum," ei ollut samanlaista betonia kuin nykypäivän betoni. Heidän betoninsa oli kehitetty erityisiä seoksia käyttämällä, ja sen sideaineena toimi kalkki. Tämä oli innovatiivinen lähestymistapa aikanaan ja vaikutti merkittävästi rakennustavan kehitykseen (1)

Viime aikoina on kestävyystutkimuksissa noussut esiin ainesosa "pozzolaani", joka on punertavan hiekan näköistä vulkaanista tuhkaa, joka sisältää runsaasti silikaa. Tämä materiaali sai nimensä Pozzuolin kylän mukaan, josta sitä louhittiin Napolin läheltä. Lisäämällä pozzolaania laastiin saatiin aikaan erittäin vahva materiaali, joka myös kovettui veden alla. Nykyään pozzolaanina käytetään useimmiten jauhettua hohkakiveä, amorfista piidioksidijauhetta eli mikrosilikaa (silica fume) tai vulkaanista tuhkaa. Metallinjalostuksessa yli jäävä masuuni-kuona on lievä pozzolaani, joka kiertotalouden kannalta on hyvä löytö. (10.)

Betoni kehittyi, kun pozzolaani alkoi kiinnostaa rakentajia ja tutkijoita 1700-luvulla. Tällöin insinööri John Smeaton lisäsi pozzolaania Eddystone majakan kiviperustusten muurauslaastiin. Englantilainen James Parker patentoi sementin vuonna 1796 ja kutsui sitä Rooman sementiksi sen punertavan värin mukaan. (1.)

Englantilainen Josheph Aston perusti ensimmäisen sementtitehtaan vuonna 1824 ja valmiisti sementtiä suuressa mittakaavassa. Tämä oli jatkoa Smeatonin alkuperäiselle idealle.

Nykyaikaisen portlandsementin keksi englantilainen Isaac Johnson vuonna 1844, kun hän poltti Joseph Aspdin kehittämää sementtiä liian korkeassa lämpötilassa ja huomasi lämpötilan merkityksen sementin lujuudelle. Tämä merkitsi betonin voittokulkua ja suurteollisuuden syntymistä, ja sementtitehtaita alkoi syntyä ympäri Eurooppaa. (10)

Sementin valmistus laajeni ensin Englannissa ja levisi sitten Ranskaan, Saksaan ja Tanskaan. Suomeen sementtiä alettiin tuoda vuonna 1856. Nämä

sementin kehitykset olivat ratkaisevan tärkeitä nykyaikaisen betonin valmistuksessa ja mahdollistivat sen monipuolisen käytön rakennusalalla. Suomen ensimmäinen sementtitehdas toimi Saviolla vuosina 1869–1894. Laajempi teollinen sementin valmistus käynnistyi Paraisilla vuonna 1914 ja Lohjalla vuonna 1919. (1.)

Betonin ja teräsbetonin kehityksen merkittävänä vaikuttajana voidaan pitää ranskalaista puutarhuria Joseph Monieria, joka sai vuonna 1855 patentin menetelmälleen vahvistaa betonista valmistettuja kukkaruukkuja teräslangoilla. Monierin ansiosta häntä pidetään betonin ja raudoituksen kehittäjänä. Hän sovelsi kehittämiään periaatteita myös rakennusrakenteisiin, kuten putkiin vuonna 1868, seinälevyihin vuonna 1869 ja siltoihin vuonna 1880.(7).

Vaikka Monier ei ollut asiantuntija raudoituksen optimaalisessa suunnittelussa, hänen kehittämänsä rakennusjärjestelmä tunnettiin laajasti. Englantilainen William Wilkinson patentoi oman palkkirakenteensa vuonna 1854 ja keksi toimivan tavan sijoittaa teräskaapelit rakenteen alaosaan, jotta ne kestäisivät vetoa. Yhteisesti nämä innovaatiot vaikuttivat merkittävästi betonin ja teräsbetonin käytön leviämiseen rakentamisessa. Tämän myötä betonirakentamisen kehitys johti avoimempiin rakennusmuotoihin ja rakennusten ulkokuoren ei-kantaviin osiin. Kokonaisia elementtitaloja alettiin rakentaa sekä Amerikassa että Euroopassa jo 1900-luvun alussa. (1)

Suomessa betonin tuotannon alkaessa teräsbetoni saavutti nopeasti suosiota, ja 1930-luvulla se oli jo yleisin rakennusmateriaali Suomessa. Suomessa otettiin käyttöön ensimmäiset määräykset betonin ja rautabetonirakenteista vuonna 1913, ja varsinaiset standardit vahvistettiin vuonna 1929. Aluksi betonia käytettiin enimmäkseen teollisuusrakennuksissa ja julkisissa rakennuksissa. Betonivälipohjia arvostettiin alussa niiden tulenkestävyyden vuoksi. Ne alkoivat nopeasti korvata puupalkkeja ja kappaholveja 1890-luvulla.(1)

Alussa nämä välipohjat olivat usein holvimaisia, ja ne koostuivat joko teräspalkkien varaan valetuista rakenteista tai elementeistä, jotka liitettiin yhteen. Merkittävänä kehitysaskelena voidaan mainita ensimmäisen vaakasuoran betonivälipohjan valmistaminen Kaukaan rullatehtaalla vuonna 1900, ja tässä yhteydessä otettiin ensimmäistä kertaa käyttöön pyörörautainen rauditus kierteisen latta-raudan sijaan. (1)

Betonivälipohjat tulivat yleisiksi asuinkerrostaloissa 1930-luvulle tultaessa. 1950-luvulla rakentajat tekivät kokeiluja betonielementeistä yhteistyössä rakennusteollisuuden kanssa. Aluksi betonielementit olivat pieniä ja ne valmistettiin ja valettiin työmaalla, kuten Kisakylän portaat vuonna 1951 ja Teollisuuskeskuk-  
sen julkisivulaatat vuonna 1952. Myöhemmin suurmuottitekniikka korvasi perin-  
teisen runkomuurauksen, mikä vähensi rappauksen tarvetta. (7).

Ensimmäisiä aluerakentamiskohteita oli Pihlajamäen asuntoalue. Sen jälkeen teollisuudet kasvaneet ja Suomessa sen jälkeen elementti betoni on yleistynyt nopeasti. (1.s.6)



Kuva 2. Pihlajamäen asuntoalue 1960. Wikipedia

Pihlajamäen asuinalue on ensimmäisiä teollisesti tuotettuja lähiöitä, joka on määritelty rakennustaiteellisesti arvokkaaksi. Siinä yhdistyy luonto, pihat ja korkeat tornitalot. Alueella on enimmäkseen pitkiä lamellitaloja. (10)

### 3 Betonin osat

#### 3.1 Sementti

Sementti on hienoksi jauhettu epäorgaaninen materiaali, joka sekoitetaan veden kanssa. Tämä sekoitus käynnistää hydrataatioreaktiot, joissa vesi reagoi sementin kanssa. Näiden reaktioiden seurauksena betonimassa muodostuu ja kovettuu. Kun betoni on kovettunut, se säilyttää lujuutensa ja pysyvyytensä myös veden alla. Tämä tekee siitä erittäin hyödyllisen rakennusmateriaalin, joka kestää erilaisia ympäristöolosuhteita. (6)

##### 3.1.1 Sementtiprosessi

Sementin valmistusprosessissa on monia erilaisia vaiheita, jotka koostuvat raaka-aineiden louhinnasta aina valmiin sementin valmistukseen. Tässä on yleinen kuvaus sementin valmistusprosessista.

Raaka-aineiden hankinta. Sementin valmistukseen tarvitaan pääasiassa viisi raaka-ainetta: kalkkikiveä (kalsiumkarbonaatti) ( $\text{CaCO}_3$ ), savikiveä (piidioksidia ( $\text{SiO}_2$ ) ja alumiinioksidia ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sisältävä savi - josta muodostuu silikaattikomponentti- ja hiekkaa. Lisäksi tarvitaan rautaoksidia ja piitä, jos halutaan valmistaa värillistä sementtiä. (1)

Raaka-aineiden esikäsittely: louhitut raaka-aineet ja kivilaatu murskataan pieneksi rakeeksi ja sekoitetaan huolellisesti tasaiseksi massaksi. Tämä seos toimii lähtökohtana sementin valmistukselle.

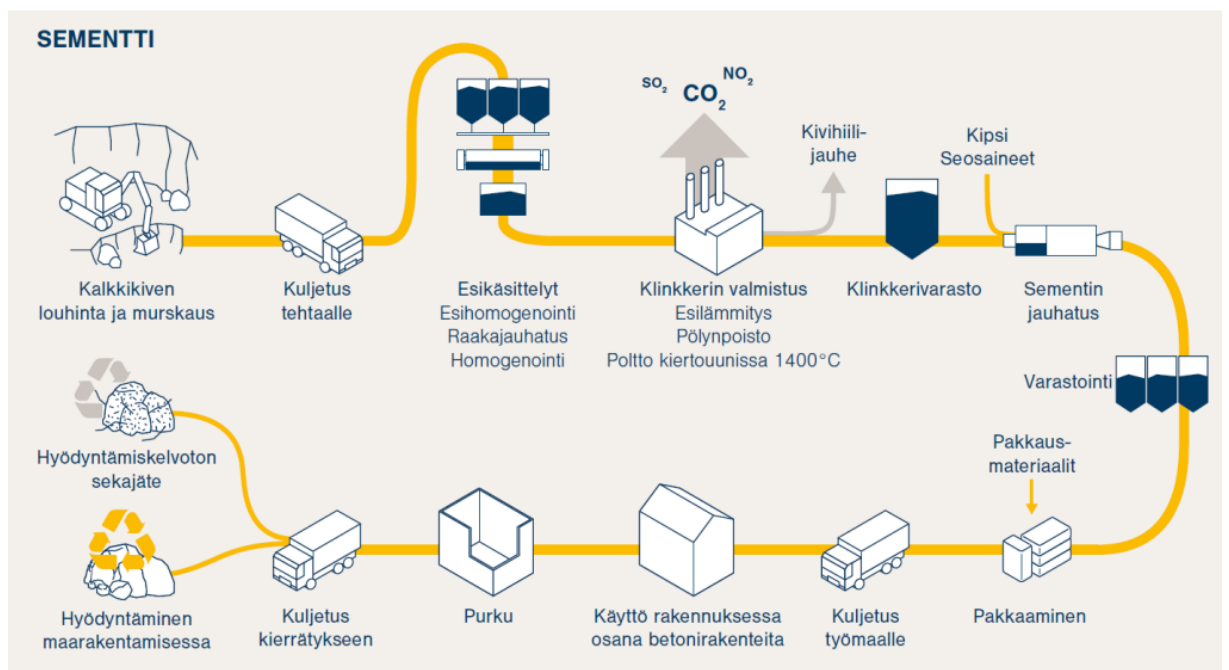
Sementti klinkkerin (uunin): Raaka-aineiden seos uunissa kuumennetaan korkeassa lämpötilassa (noin 1400–1500 astetta Celsius) klinkkeröinti uunissa. Tämä prosessi aiheuttaa kemiallisia reaktioita, jotka muuttavat raaka-aineiden

koostumusta. Lopputuotteena syntyy klinkkeriä, joka on rakeista materiaalia ja on pääasiallinen komponentti sementissä. (1)

Jauhatus: Klinkkeri, jossa kuumuus nousee tasaisesti lämpötilaan 1400-1600 astetta celsius. Tällöin kalkki, pii, rautayhdisteet ja alumiini reagoivat keskenään. Seos jauhetaan hienoksi jauheeksi ja lisätään siihen pieniä määriä muita aineita, kuten kipsiä ja joitain lisäaineita, joilla säädellään sementin lopullisia ominaisuuksia. Jauhatusprosessista saadaan sementtijauhe. (1)

Pakkaus ja varastointi: Valmis sementti joko pakataan säkkeihin tai siirretään irtotavarana suuriin säiliöihin tai säiliöautoihin kuljetusta varten. Sementti pakataan eri kokoihin säkkeihin.

Kuljetus ja käyttö: Sementti kuljetetaan rakennustyömaalle tai sementtitehtaisiin, missä sitä käytetään betonin, laastin ja muiden rakennusmateriaalien valmistuksessa. Sementin valmistusprosessi vaatii paljon energiaa, varsinkin klinkeröintivaiheessa siihen menee paljon sähköä, se aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä. Siksi sementtiteollisuus pyrkii jatkuvasti kehittämään ympäristöystävällisempiä valmistusmenetelmiä ja käyttämään uusiutuvaa energiaa päästöjen vähentämiseksi. (2-By betonointitieto- S15)



### Kuva 3. Sementin valmistusprosessi. (23)

Suomessa betoniteollisuus käsittää 250 eri puolella maata sijaitsevaa tehdasta, jotka valmistavat noin 4 miljoonaa kuutiota betonia.

## 3.2 Betonimassa

Betoni on ollut suosittu rakennusmateriaali pitkän ajan varsinkin runkomateriaalina rakentamisessa, kuten kerrostalojen, teollisuusrakennusten sekä infra rakentamisessa, koska betonissa on paljon hyödyllisiä ominaisuuksia, joita ei ole saatavilla muilla rakennusmateriaaleille yhtä helposti. Edullinen hinta, kosteuden kesto, lujuus ja jäykkyys, turvallisuus ja muokattavuus. Betoni sopii sinne missä on suuria rakennuksia, turvallisia rakenteita, jotka rakennettu jäykästi ja pysyvästi. Betoni toimii jopa rakenteissa, jotka ovat yhteydessä veteen tai maahan tai melkein missä tahansa. (16)

Betoni on halvempi kuin muut materiaalit:

Valmisbetoninkuutiometrin hinta on noin 100–150 € Suomessa ja hinta riippuu maasta, veroista ja betonin käyttötarkoituksesta ja mitkä ovat betonin lujuuden määräykset. Betonin käyttökohteita ovat mm. rakennuksen runkorakenteet, tukimuurit, sillat, tunnelit, laiturit, aallonmurtajat ja lentokentät sekä maan sisällä rakentamista ja siitäkin runsaasti mm. paaluina ja muina perustusrakenteina. Betoni on erinomainen valinta kohteisiin, joissa tarvitaan kosteutta kestävä materiaalia. (17)

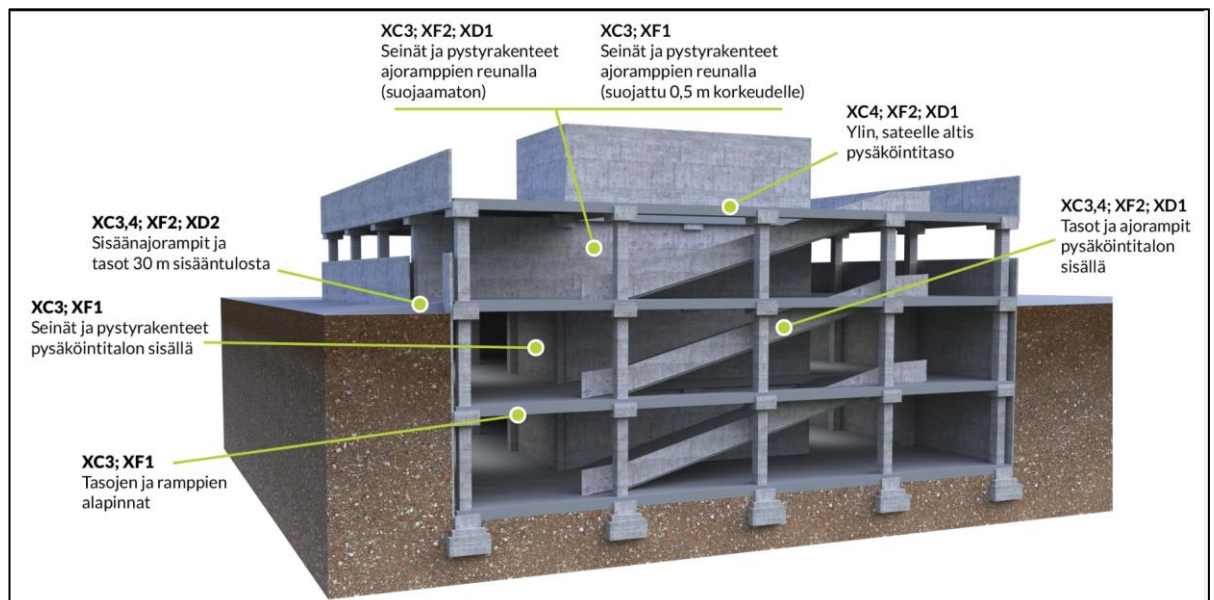
Betoni on tunnettu hyvästä kosteudenkestävyydestään ja tiiviyydestään, ja se soveltuu useisiin vedenalaisiin ja kosteisiin ympäristöihin. Tässä on joitakin esimerkkejä kohteista, joissa betonia käytetään kosteutta kestävä materiaalina: Vedenottamot: Betonia käytetään vedenottamojen rakenteissa, kuten altaissa ja suodattimissa, koska se kestää hyvin jatkuvaa kosteutta ja veden painetta. Viemärit ja vesijohtojärjestelmät: Betonia käytetään laajasti viemäreiden ja vesijohtojärjestelmien putkissa ja säiliöissä, sillä se on pitkäikäinen ja kestää kemiallisia vaikutuksia.

Pumppaamot: Betoni on ihanteellinen materiaali pumppaamoiden rakenteisiin, joissa käsitellään jätevettä ja muita nesteitä.

Padot ja aallonmurtajat: Suurten vesirakenteiden, kuten patojen ja aallonmurta-  
jien, rakentamisessa käytetään usein betonia sen kyvyn vuoksi kestää kosteutta ja aaltojen vaikutuksia.

Altaita: Betonia käytetään altaiden rakentamisessa uima-altaista vesivarastoihin ja jätevesialtaille niiden tiiviiden ja kestävyiden ansiosta.

Sisätilat: Betoni voi myös toimia tehokkaasti sisätiloissa, kuten kellareissa tai maanalaisissa parkkialueissa, pitäen kosteuden poissa ja ehkäisten homeen kasvua.(3)



Kuva 4. Betonin rasitusluokka erilaisia kohteita. (4)

Betoni on yleensä homeille vastustuskykyinen, koska sen tiivis rakenne estää kosteuden ja mikro-organismien pääsyn sen sisälle. Ajan myötä materiaalien pinnalle voi kuitenkin kerääntyä orgaanisia epäpuhtauksia, jotka mahdollistavat homeiden kasvun, mutta betoni on silti vähemmän altis tälle kuin monet muut materiaalit. Betonin pinta voidaan myös pinnoittaa erityisillä suoja-aineilla, mikä voi auttaa estämään kosteuden ja mikro-organismien tunkeutumista. (1;3)

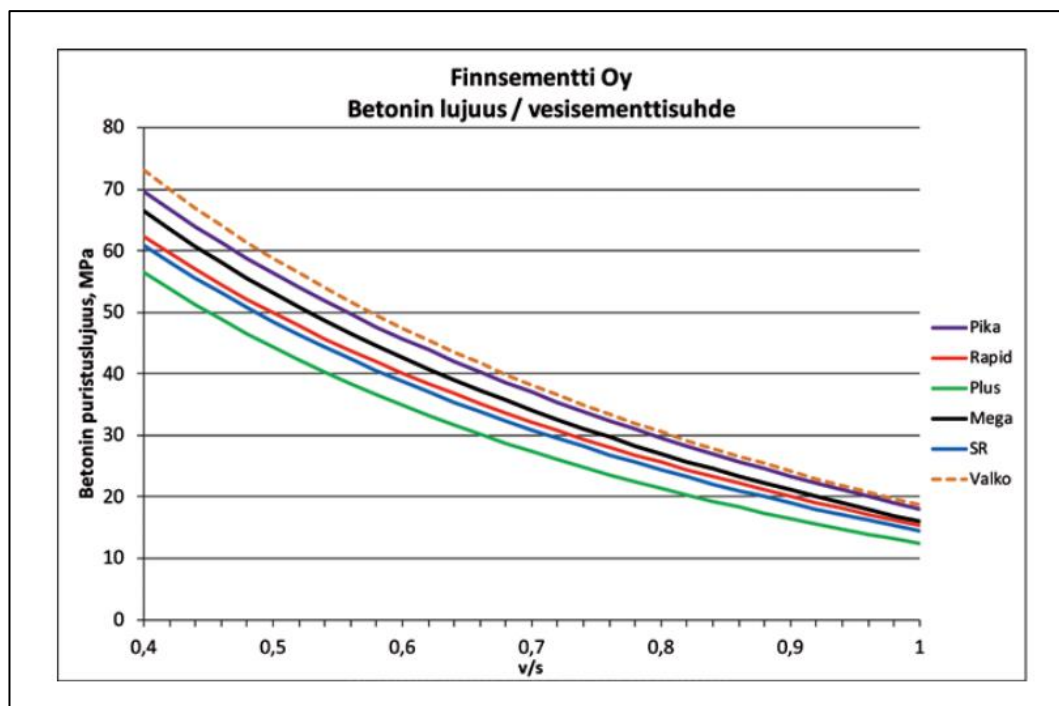
Betoni kestää erinomaisesti puristusta. Betonin hyvä puristuskestävyys voidaan saada, kun sekoitetaan vesi ja sementti huolellisesti määräyksen mukaan, saadaan tarpeellinen betonin puristuskestävyys. Puristuksen periaatteet ovat, mitä enemmän sementtiä ja vähemmän vettä sitä korkeampi lujuus. (3;4;21)

Betonin puristuslujuutta hyödynnetään erilaisissa paikoissa ja eri käyttökoh-teissa. Vetorasitusta varten käytetään terästä ja siksi tehdään mitoitus ja asennetaan teräkset, jotka voivat olla harjaterästä, jännepunoksia, erilaisia kuituja tai verkkoja. Nämä ominaisuudet ovat lujuus ja jäykkyys. Betoni vaimentaa värähtelyä ja eristää ääntä hyvin, sillä se on tiivistettyä massaa. Äänen eristä-miseen selvästi betonimassa on parempi kuin lasi tai teräs tai muut materiaalit ja siksi sitä käytetään teollisuusrakentamisessa paljon. (3;1;21)

Betoni on tosi turvallinen materiaali ja siihen on monia syitä, esimerkiksi mekaa-ninen lujuus sekä palonkestävyys ja kosteudenkestävyys. Betonista ei irtoa hai-tallista materiaalia terveydelle, sisäilmalle eikä veteen ja sitä on käytetty kym-meniä vuosia juomavesikaivojen renkaina sekä vanhoissa asunnoissa ja kerros-taloissa. (3;4)

### 3.2.1 Vesisementtisuhde

Betonisementtisuhde viittaa sementin määrään suhteessa muihin betonisekoi-tuksen komponentteihin, kuten veteen ja kiviainekseen (kuten hiekkaan ja so-raan). Tämä suhde on keskeinen tekijä betonisekoituksen suunnittelussa ja vai-kuttaa betonin ominaisuuksiin, kuten lujuuteen ja kestävyteen. (11)



Kuva 5. Vesisementtisuhde taulukko, joissa näkyy v/s riippuvuutta puristuslujuuteen. By Jouni punkki. (11)

Kuvasta 5 nähdään miten v/s vaikuttaa betonin puristus lujuuden määrä. Sementti toimii liimaavana aineena, joka sitoo kiviaineksen yhteen ja antaa betonille sen lujuuden ja kovettumisen. Siksi sementin määrällä on suuri vaikutus betonin laatuun. Betonisekoituksen tarkka sementtisuhde vaihtelee projektista toiseen ja riippuu useista tekijöistä, kuten tarvittavasta lujuudesta, betonin tarkoituksesta, ympäristöolosuhteista ja paikallisista standardeista. (11)

Sementtisuhde ilmaistaan yleensä painoprosentteina tai tilavuusprosentteina, ja se voi vaihdella merkittävästi eri betonikoostumuksissa. Yleensä betonisekoituksen suunnittelussa pyritään löytämään optimaalinen sementtisuhde, joka täyttää projektin vaatimukset parhaalla mahdollisella tavalla, ottaen huomioon sekä lujuuden että kustannukset. (11)

On tärkeää huomata, että liian suuri sementtisuhde voi tehdä betonista kalliimpaa ja alttiimpaa halkeilulle, kun taas liian pieni sementtisuhde voi johtaa heikkoon lujuuteen ja epätydyttävään loppu lujuuteen. Siksi sementtisuhdetta on

harkittava tarkkaan betonin suunnittelussa ja se on yksi keskeisistä tekijöistä betonin sekoitusprosessissa. (11)

Kun betonissa käytetään enemmän vettä, tulee alhaisempi lujuus ja jos betonimassalle lisätään työstettävyyttä vedellä, on toivotun lujuuden säilyttämiseksi lisättävä myös sementtiä. Vesisementtisuhde vaikuttaa myös halkeamiin betonilattiassa varsinkin kuin betonimassasta vähentyy vettä. (12)

### 3.2.2 Lujuus

Lattioiden lujuus määritetään suunnittelun aikana. Lujuuden määrittämiseen on monia erilaisia syitä kuten, jos on kantava lattia tai ei ole. Yleensä maanvaraisessa lattiassa puristuslujuus ei ole tärkeä laatukriteeri. Useimmissa lattioissa lujuusluokan c25...c30 betoni täyttää molemmat vaatimukset. (4).

Kohdistuvat rasitukset betonilattiassa kuten kloridirasitukset ja kemialliset rasitukset, joissa betonilattiassa vaaditaan hyvää tiiviyttä, betonin lujuus määräytyy yleensä säilyvyyden perusteella ja on alhaisia vesi- sementtisuhdevaatimukset takia luokkaa c35...c50. Lattian korkea lujuus ei ole aina hyvä lattian muiden laatuvaatimusten kannalta. Halkeilua voi nousta korkean lujuuden luokassa. Betonin lujuuden kehitys jatkuu 28 vrk:n jälkeen. (4)

Valitsemalla betonin laadun iäksi 91 tai 180 vrk, silloin betonissa tapahtuu vähemmän kutistumaa, koska vaadittu suunnittelulujuus saavutetaan pienemmällä sideainemäärällä. (9)

### 3.2.3 Notkeus ja tiivistystavat

Betonin tiivistyksen tarkoitus on, että betonimassamuotissa ei ole ylimääräistä ilmaa. Ympäroidään teräkset betonilla niin, että massa mahdollisesti pysyy tiiviinä. Muuten nimellinen lujuus arvo jää alhaisemmaksi. (4)

Paksujen yli 150 mm betonilaattojen tiivistämiseen ja tasoittamiseen tehokkaampia ovat sauvatäryttimet. Pintatäryttimet soveltuvat hyvin ohuiden, noin 60...120 mm. Esim. maanvaraisten betonilattioiden tiivistämiseen. Paksumpia betonipalkkeja varten yli 150 mm käytetään kaksoistärytintä. Paksummat betonilattiat tehdään ensin tiivistämällä tärysauvoilla ja tarvittavissa tärypalkkikäsitely tehdään useampaan kertaan. Suositeltava notkeusluokka on s2 ja s3. Tässä yhteydessä pintaa voi oikaista laserohjatulla valukoneella. (13)

### 3.2.4 Kiviaine

Betonimassassa käytetään kiviainetta, joka on CE- merkittyä ja standardin SFS-EN 12620 mukaista betonikiviainesta ja sen kansalliseen soveltamisstandardin SFS 7003 mukaista betonikiviainesta eri käyttökohteissa. (4)

Kiviaineksen käyttö betonissa on olennaista

sen ominaisuuksien ja rakenteellisen lujuuden kannalta kuten lujuus ja kantavuus. Erityisesti karkea kiviaines antaa betonille mekaanista lujuutta ja kantavuutta ja auttaa sitä kestämaan kuormitukset. Tiiviit kiviaineet täyttävät betonimassan luoman tiiviin rakenteen, ja se estää veden ja kosteuden tunkeutumisen materiaaliin, mikä tekee siitä säänkestävän ja pitkäikäisen. Kutistuminen ja halkeilun estämisessä tiivis kiviaine auttaa hallitsemaan kutistumista kovettumisen aikana ja vähentää halkeilun riskiä. Kiviaines antaa betonin kutistua hallitusti. (14)

Laadukkaassa betonilattiassa on kiviainesta 60...70 % betonimassan tilavuudesta, mikä vastaa noin 1700...1850 kg normaalipainosta kiviainesta betonikuutiometrissä. Kiviaineksen tavoitteena on koota runkoainelajitteista hyvin pakkautuva kokonaisuus, jossa vettä on silloin vähemmän. Kiviaineksen alhainen veden tarve vähentää kutistumaa ja halkeamia. Raekoko ja rakeisuus vaikuttavat ensisijaisesti betonin työstettävyyteen ja vedentarpeeseen. Raemuoto vaikuttaa pääasiassa työstettävyyteen ja tiivistyvyyteen ja kulutuskestävyyteen. Humus betonimassassa hidastaa betonin sitoutumista ja kovettumista merkittävästi ja

saattaa estää kovettumisen. Kiviaineksen valinnassa otetaan huomioon hienon kiviaineksen määrä ja laatu sekä yhdistetyn runkoaineen rakeisuus. Kun käytetään paljon hienoainetta betonimassassa, työstettävyys heikentyy ja lisää betonin veden tarvetta, mikä edelleen saattaa lisätä kutistumia ja halkeamia betonilattiassa. (4)

### 3.2.5 Lisäaineet

Betonissa käytetään lisäaineita, jotka vaikuttavat betonin ominaisuuksiin merkittävästi ja lisäävät betonille hyödyllisiä ominaisuuksia. Lisäaineet edistävät betonin sekoitusta, käsittelyä, levittämistä ja lopputulosta. Työstettävyys korostuu muotojen ja rakenteiden valmistuksessa. Lisäaineella on usein sivuvaikutuksia betonin muihin ominaisuuksiin. Lisäaineet toimivat eri sementin kanssa eri tavoin. (4)

Lisäaineiden käyttö vaikuttaa niin betonimassan sekä betonin ominaisuuksiin. Lisäaineita käyttämällä parannetaan betonin ominaisuuksia ja taloudellista kilpailukykyä. (3)

SFS-EN 934-2 -standardin mukaisesti vaaditaan, että lisäaineet, jotka täyttävät tämän standardin vaatimukset, tulee olla CE-merkittyjä. CE-merkinnällä lisäaineen valmistaja antaa vakuuden siitä, että tuotteen ominaisuudet ja laatu vastaavat eurooppalaisten tuotestandardien teknistä hyväksyntää (ETA). Tämä CE-merkintä osoittaa, että lisäaine on läpäissyt tarvittavat testit ja täyttää standardin asettamat vaatimukset. (3)

Tavalliset lisäaineet ovat notkistimet ja huokoistimet. Lattiassa voidaan käyttää myös kutistumaa kompensoivia (SCC-aineet) tai kutistumaa vähentäviä (SRA-aineet) lisäaineita. Nämä kutistuma lisäaineet vähentävät kutistumia betonilattiassa, jotka vaikuttavat halkeamiin betonilattiassa. Käyttöä on rajoittanut aineiden vähäinen käyttökokemus ja korkeana pidetty hinta. (4)

Tehonotkistimet eivät vaikuta betonin kuivumiskutistumaan. Ne kuitenkin lisäävät betonin sitoutumiskutistumaa. Notkistimet hidastavat betonin sitoutumista ja kasvattavat betonin lujuutta. Kuivumiskutistumaa voidaan pienentää käyttämällä kuivumiskutistuma lisäaineita - SRA-aineita. Nämä aineet vähentävät kuivumiskutistumaa sekä autogeenista kutistumaa betonissa. Lisäaineiden käyttö betonilattiassa vähentää betonin kuivumiskutistumaa melkein puoleen. RSA-aineiden käyttö vähentää lattian halkeama ja hidastaa mahdollisten halkeamien syntyä sekä pienentää syntyviä halkeamaleveyksiä. (15)

Yleisesti ottaen täysin lisäaineeton betoni voi täyttää vaatimukset betonin vähäisen kutistuman suhteen lujuusluokassa K30, kunhan betoniseoksen sementin ja vesimäärät ovat kohtuullisissa rajoissa. Betonin halkeamisherkkyys korreloi yleensä hyvin sen vapaan kutistuman kanssa. (15)

Pienissä lujuusluokissa betonin vesi-sementtisuhde ja vesimäärä kasvavat, joka aiheuttaa kuivumiskutistumaa betonilattiassa.

### 3.3 Raudoitus

Betonilla on pitkä historia rakennusmateriaalina, ja se tunnetaan erityisesti korkeasta puristuslujuudestaan. Kuitenkaan sen vetolujuus ei ole yhtä vaikuttava. Tämän vuoksi käytetään teräsvahvisteita betonirakenteissa. Teräs on erittäin vahva materiaali, joka omaa hyvät ominaisuudet sekä puristus- että vetolujuuden suhteen. Terästä voidaan taivuttaa ja muokata helposti, mikä tekee siitä ihanteellisen materiaalin rakennusalan monimutkaisiin tarpeisiin. Teräsvahvisteet, kuten terästangot tai -verkot, lisätään betonirakenteisiin parantamaan niiden vetolujuutta ja taivutuskestävyyttä. Tämä yhdistelmä betonin puristuslujuudesta ja teräksen vetolujuudesta tunnetaan "raudoitettuna betonina." Raudoitettu betoni on erittäin yleinen rakennusmateriaali, jota käytetään monenlaisissa rakennussovelluksissa, kuten pilareissa, palkeissa, laatoissa ja jalkakäytävissä. Lisäksi teräsvahvisteet auttavat estämään betonin halkeilua ja parantamaan sen yleistä suorituskykyä. (2;3)

Tämä yhdistelmä betonin ja teräksen ominaisuuksia mahdollistaa monimutkaisten ja kestävien rakenteiden rakentamisen. Teräsvahvisteiden käyttö on keskeinen tekijä monissa rakennushankkeissa, joissa tarvitaan sekä lujuutta että kestävyyttä. (10)

### 3.3.1 Betoniterästankojen, hitsattujen verkkojen ja raudoitteiden valmistus, katkaisu ja asennus

Betonissa käytetään teräksiä. Teräksen mitoitukselle ja määrittävyydelle on standardit. Kaikki terästaivutukset sekä mittatoleranssit on esitetty standardissa SFS 1267 ja sen liitteissä. Terästankoja käytetään lattioiden rakentamisessa ja teräksen tehtävänä on vastata vetolujuudesta. Yleensä terästangot asennetaan paikalla suunnitelmien mukaisesti. Raudoitukset valmistetaan joko työmaalla tai raudoitetehtaalla. Nykyaikana suurin osa teräksestä tulee työmaalle valmiiksi leikattuna ja taivutettuna. Suunnitelmissa yleensä esitetään kaikki tarvittavat tiedot kuten teräksen sijainti ja raudoituksen laatu sekä muoto ja tankojen niputtaminen. Raudoitus asennetaan piirustuksen mukaan ja niissä otetaan huomioon annetut betonipeitteen nimellisarvot. Raudoituksen asennettava ja kiinnitettävä, että lopullinen sijainti rakenteissa on toleranssien mukainen ja täyttää betonipeitevaatimukset. Teräksen jatkokset piirustuksessa määritetään paikat, minne ne asennetaan. Jatkoksia on erilaisia, kuten limijatkoksina, hitsauksen avulla standardien mukaan SFS-EN ISO 17660-1 mukaisesti tai muhveilla. (5)

### 3.3.2 Teräskuidut

Teräskuituja käytetään betonimassassa betonin vahvistamiseksi. Ensimmäinen tunnetun patentin 150 vuotta sitten 1874 Kaliforniassa haki A. Berend. Teräskuidut, jotka käytetty silloin eivät samanlaisia nykyisen mallia vaan lähinnä epä säännöllisen muotoisia teräspaloja. Kuitubetonia alettiin käyttää Suomessa 1970-luvulla. Suomessa ensimmäisiä kuitubetonikohteita 1980-luvun lopulla. Kuituja käytetään betonissa parantamaan betonin veto- ja taivutuslujuutta sekä

leikkauslujuutta ja iskunkestävyyttä. Teräskuitujen käytettävissä ovat ruiskubetonit sekä maanvaraisten lattioiden kuitubetonit. (21)

Teräskuidut ovat yksi vaihtoehto, jota käytetään perinteisen raudoituksen korvaamiseen betonirakenteissa. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi ruiskubetonissa, maanvaraisissa latioissa ja muissa betonirakenteissa, joissa tarvitaan lisää lujuutta ja halutaan välttää perinteisten teräsverkkojen tai raudoitustankojen asentamisen vaivaa. (3)



Kuva 6. Suomessa yleisemmät teräskuitutyyppien muotoja. By betoni (4)

Teräskuidut ovat erilaisia muotoisia ja ominaisuuksia sekä vaihtelevat pituuksia (15...60 mm), kuidun halkaisija (0,4...1,0 mm), Kuidun vetolujuus (900...1800MN/m<sup>2</sup>) sekä kuidun ankkurointitapa. Yleisemmät tyypit betonilattiasa on 50... 60 mm pitkiä ja 0,72...1,0 halkaisijaltaan oleva. Teräskuitubetonin yleinen käyttökohde lattian rakentamisessa ovat sahasaumatut maanvaraiset laatat, joissa teräskuitumäärät yleensä 25... 45 kg/m<sup>3</sup>. Pieni kuitumäärä johtuu siitä, että sauma ja kuitumäärä laitetaan siihen betonilattiaan, johon kohdistuu

kevyt kuormat ja niiden käytävyys vähentää sen halkeaman hallinta . Teräskuitumäärä saumattomassa betonilattiassa on yleensä 30... 50 kg/m<sup>3</sup>.(3;21)

Teräskuidut parantavat betonin dynaamisten kuormien kestävyttä sekä sitkeää murtokestävyyttä ja betonin vetolujuutta. Teräskuidut ovat tehokas keino hallita halkeamia betonissa, estäen niiden muodostumisen ja leviämisen, sillä ne luovat vahvan ja kestävänsidoksen betonin sisällä. (3)

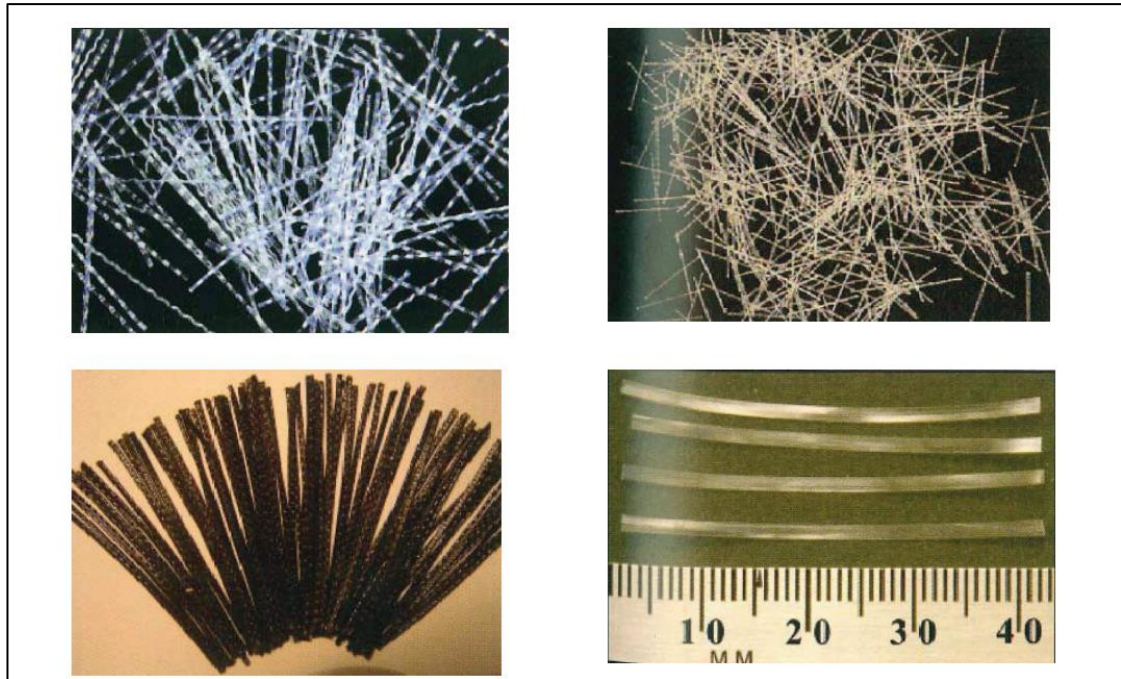
Teräskuitujen käyttö betonissa voi tehostaa betonin vetolujuutta, dynaamisen kuormituksen sietokykyä ja sitkeää murtokestävyyttä. (21)

### 3.3.3 Jänneteräksiset

Jälkijännitetyjä laattoja käytetään yleisesti kylmien ja lämpimien pysäköintilaitosten välipohjarakenteissa. Paalulaatat voivat myös olla suunniteltu Jännitettäväksi jänneteräksillä. Jälkijännitetyn rakenteen käyttöönotossa on yksi lisävaihe työmaalla, mutta se vähentää laatan perinteisen raudoituksen määrää. jälkijännitetyjen rakenteen käyttö voi säästää rakennuskustannuksia pitkällä aikavälillä. Nopeampi rakentaminen jälkijännitetyjen laattojen valmistus ja asennus voivat olla nopeampia kuin perinteisen raudoituksen käyttö, mikä lyhentää rakennusaikataulua. (18)

### 3.3.4 Polymeerikuidut

Polymeerikuidut ovat monipuolisia kuituja, jotka valmistetaan muovista, keino-kuiduista tai muista polymerointiprosesseilla saaduista materiaaleista. Rakennusalalla niitä käytetään monissa eri sovelluksissa, erityisesti betonin vahvistamisessa ja halkeamien hallinnassa. Tässä on tarkempi kuvaus polymeerikuitujen käytöstä betonilattioissa: Polymeerikuituja lisätään betoniin betonin vahvistamiseksi ja halkeamien hallinnan parantamiseksi. Ne toimivat samalla tavalla kuin teräskuidut, mutta niiden valmistusmateriaali on polymeeri. (18;4)



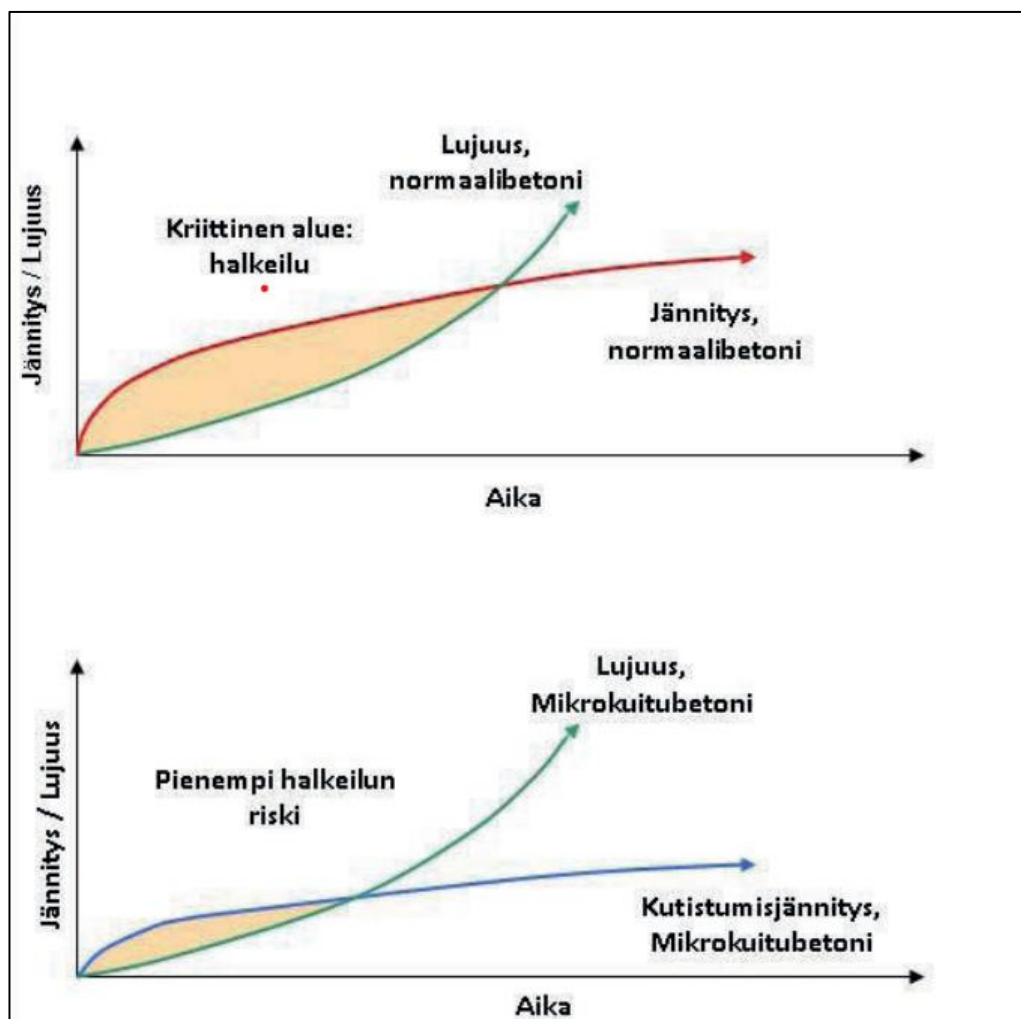
Kuva 7. erilaisia muovikuidut. By betoni (3;4)

Polymeerikuidut vähentävät betonin halkeilua ja antavat sille paremman kyvyn kestää kuormitusta. Tämä tekee niistä ihanteellisia käytettäväksi betonirakenteissa, erityisesti lattioissa, jotka altistuvat päivittäiselle kuormitukselle ja rasitukselle. Polymeerikuidut jaetaan yleensä kahteen pääryhmään: makrokuidut ja mikrokuidut standardin SFS-EN 138892-2 mukaisesti. (4)

**Makrokuidut:** Makrokuidut ovat paksuudeltaan millimetrin luokkaa. Tyypilliset kuitupaksuudet ovat 0,5–1,0 mm ja pituudet ovat 40–60 mm. Niiden hoikkusu-luku on välillä 70–110, ja niiden tiheys on noin 900 kg/m<sup>3</sup>. Makrokuitujen vetolujuus on luokkaa 350–700 MN/m<sup>2</sup>. Makrokuitujen toiminta betonissa perustuu niiden kokoon, määrään ja hyvään tartuntaan sementtipastan kanssa. Jotta kuidut toimisivat optimaalisesti, niiden kimmokerroin tulisi olla mahdollisimman lähellä sementtipastan kimmokerrointa, jolloin ne siirtyvät optimaalisesti jännitykset halkeaman yli. (4;19)

**Mikrokuidut:** Mikrokuidut ovat ohuempia ja lyhyempiä kuin makrokuidut. Ne voivat olla halkaisijaltaan vain muutaman mikrometrin paksuisia ja pituudeltaan muutamia millimetrejä. Mikrokuidut voivat olla erittäin tehokkaita estämään

mikrohalkeamien kehittymistä betonissa. Mikrokuitujen tehtävänä ja käyttötarkoituksena on parantaa betonin koossapysymistä ja rajoittaa plastista kutistumista, jotka aiheuttavat halkeamia. Plastinen kutistuminen syntyy betonipinnassa liian nopeasta kuivumisesta ennen massan sitoutumista. Plastisessa kutistumassa mikro kuidut toimivat samalla tavalla kuin rauditus korjaamassa plastisen kutistuman aiheuttamia mikrohalkeamia. Kuidut estävät plastisen halkeamien kasvamista noin 2–4 tuntia valusta, koska silloin betonin vetolujuus on olematon. (4)



Kuva 8. Plastinen halkeama riski betonilattiassa ilman kuituja. By betoni

Polymeerikuitujen käyttö betonilatioissa auttaa parantamaan lattian lujuutta ja kestävyttä, mikä on tärkeää erityisesti tiloissa, joissa on suuri päivittäinen

liikenne ja kuormitus. Ne myös auttavat hallitsemaan halkeamia ja säilyttämään lattian eheyden pitkällä aikavälillä. (18)

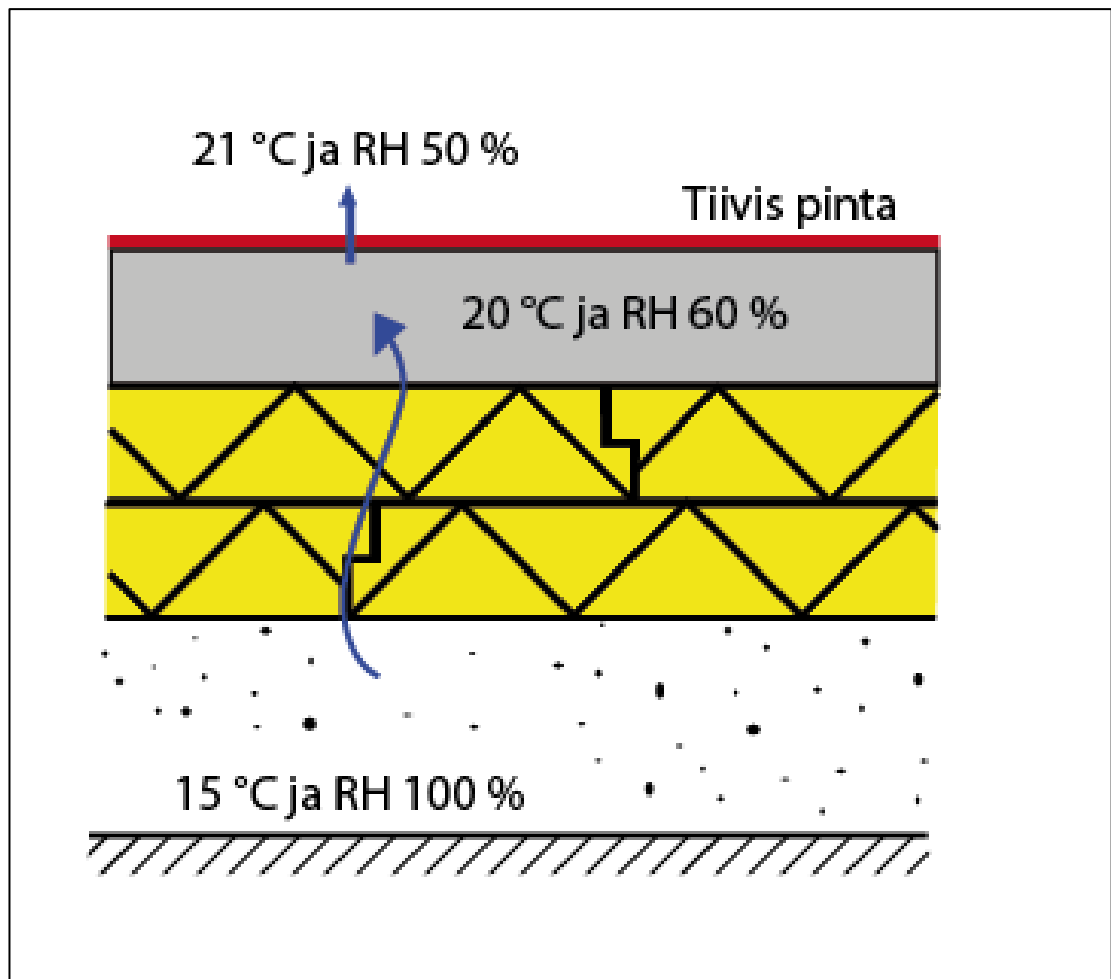
## **4 Betonilattioiden valettupaikalla perustyytit**

### **4.1 Maanvarainen lattia**

Maanvaraisella lattialla tarkoitetaan joko maasta vasten tai lämmöneristeiden päällä laitettu betonilaattapinta. Eristeet asennetaan välittömästi betonilattian alle, mutta se voidaan myös sijoittaa syvemmälle laatan alapuolelle, noin 300 mm paksuun hyvin tiivistetyn täyterroksen alle. (4)

Maanvarainen laatta soveltuu enemmän kantavalle laatalle. Pienillä kuormituksilla kuten pientalorakentamisessa, suositeltava paksuus laatalle 100 mm, etenkin verkkorautoitteiden kanssa. (4)

Suunnittelijat ottavat huomion Suunnittelun aikana pakkovoimat ja muutokset kuten kutistuma aiheutuvat voimien ja syntyviä halkeaminen sekä lämpötilan muutoksia johtuvat voimat. Voimien hallitsemiseksi ja halkeamien rajoittamiseksi asennetaan laatan välissä saumat sekä suunnitellaan se raudoituksella, että ylivoimat hallintaan. Kosteusteknisesti varmistettava, että laatan alle asennetaan päällystemateriaali ja tiivistetään se hyvin, jotta sieltä ei pääse kosteus betonipinnalle. Pohjarakennesuunnittelija määrittelee alustavan rakennuksen kantavuuden kohdekohtaisesti betonilattian suunnittelua varten. (2)



Kuva 9. Maanvarainen lattia, joissa on eristeet betonipinnan alle. (24)

#### 4.1.1 Paalulaatta

Paalulaatta on maata vasten valettava laatta. Mitoitetaan laatta kantavalla maapohjalla. Paalulaatat mitoitetaan kantavina teräsbetonirakenteina kantavien rakenteiden suunnitteluohjeiden mukaisesti. Paalulaattojen suunnittelussa on huomioitava käyttörajatilan taipumat tasaisuusvaatimuksia määritettäessä. paalulaattaa käytetään enemmän infranpuolella. (4, s. 9)



Kuva 10. Kuvassa paalulaattavalu. Suomen suuren koko mittakaavassa. (25)

#### 4.1.2 Pintabetonilattia

Kovettuneen betonin päälle valettavat pintabetonilattiat ovat raudoittamattomia tai raudoitettuja. Tätä laattaa käytetään yleensä asunto- ja toimistorakennuksissa, pysäköintilaitoksessa, teollisuuslaitoksessa tai kuorilaatan päällä, ontelolaatan päällä tai elementtivälipohjan päällä. (2)

Pintabetonilattian on ehdottomasti oltava kauttaaltaan kiinni tai vaihtoehtoisesti kokonaan irrotettu alustastaan. Pintabetonilattian osittainen irtoaminen johtuu useista rakentamisvaiheen virheistä sekä tartunnan pettämisestä, ja se voi aiheuttaa monia haittoja betonille, kuten hallitsemattoman vaurioitumisen. (4)

Yli 60 mm paksut pintabetonilaatat tehdään raudoitettuina. Raudoitus asennetaan betonilattiassa mahdollisemman yläpinnan lähempänä halkeilun välttämiseksi. Huomioidaan ympäristön rasitusluokan suunnittelun vaiheessa. Alle 60 mm paksut alustaan kiinnitetyt pintalaatat yleensä raudoittamattomina. Pintabetonilaatan vain kutistumisraudoitus voidaan korvata se laittamalla teräskuidut tai makrokuidut. Kuidut auttavat valua, koska raudoitus ei tarvitse tukea. (4)

## 4.2 Betonilattioiden laatutekijät ja luokitusjärjestelmän käyttö

Betonilattioiden luokitusjärjestelmä sisältävät yleiset laatutekijät, Näillä laatutekijöillä on iso merkitys lattioiden kestävyteen ja käytettävyyteen. Laatutekijöiden tulee sovitulla tavalla suunnittelussa. Laatutekijät luokiteltu taulukkojen mukaan. (21)

Kohde	Laatuluokka		
	Suoruus	Kulutuskestävyys	Halkeilu
<b>Asunnot ja toimistot</b>			
• päällystettävät lattiat, sisätilat	A	3	III
• arkkitehtoniset lattiat	A	3	<sup>3)</sup> I-UA tai I-UB
• muut päällystämättömät lattiat			
• parvekkeet ym. kylmät tilat <sup>1)</sup>	C	4	2)
• käytävä	C	3	II
• sauna ja pesuhuonetiolojen päällystettävät kaatolattiat	A	4	II
<b>Teollisuuslattiat</b>			
• tasaisuus tärkeä laatutekijä, kuten korkeissa varastoissa (esim. trukki-liikenne)	A0 (A)	2	II (I)
• kulutuskestävyys tärkeä laatutekijä (esim. suuret liikennekuormat, vilkas liikenne, pienet ja kovat trugin pyörät)	B	1 (2)	II (I-K)
• teollisuuslattiat yleensä (esim. pienteollisuustalot, kevyt teollisuus)	C	2	II
<b>Pysäköintilaitokset</b>			
• kulutuskestävyys ja pinnan karheus tärkeitä laatutekijöitä; kaltevuudet suunnitellaan niin, että lattialle ei muodostu lammikoita	B	2	II <sup>2)</sup>
<b>Toisarvoiset päällystämättömät tilat</b>			
• esim. kellaritilat asuinrakennuksissa	C	3	III

<sup>1)</sup> Pakkasekestävyys varmistettava ulkorakenteissa.  
<sup>2)</sup> Kantavissa rakenteissa noudatetaan voimassa olevien suunnitteluohjeiden vaatimuksia.  
<sup>3)</sup> Määritellään ja suunnitellaan kohdekohtaisesti.

Kuva 11. Laatutekijöiden valintaohje tavanomaisella vaatimustasolla. (2

1)

Jokaisella Betonilattialle omat laatuluokat, nämä luokitukset valitaan sen rakennuksen vaatimuksen mukaan. Laatutekijät määräytyvät lattioiden käytön mukaan. Kuvassa on esitetty erilaisia kohteita, joissa on paikat kuten asunnot, teollisuuslattiat, pysäköintilaitokset. Kuvassa on määritetty laatuluokka ja siihen sisällytetty suoruuksien ja kulutuskestävyys ja halkeilu. (3;4;21)

Suoruuksien ilmoitetaan kirjaimin A, B, C, A0, joista A0 on vaativin. Kulutuskestävyys esitetään numeroin avulla 1,2,3,4 joista vaativin on 1.

Suurin sallittu halkeamaleveys esitetään lukuarvolla I, II, III tai IV, joista luokka 1 on vaativin. Luokitusperusteiden mukaisesti ilmoitetaan betonilattian luokka kirjain-numero-numero yhdistelmänä, esimerkiksi A-2-II. A ilmoittaa suoruuksien vaatimus ja ilmoittaa kulutuskestävyysluokan ja Roomalainen numeron ilmoittaa sallitun halkeamaleveyden. Vaatimuksia asetettaessa on otettava huomioon niiden tarpeellisuus ja toteuttamismahdollisuus. (21)

## 5 Betonilattioiden kutistumatyypit

Sementin ja veden yhdistämisen jälkeen betonissa käynnistyvät välittömästi hydrataatioreaktiot. Betoni alkaa saavuttaa lujuutta muutaman tunnin kuluessa sekoittamisesta. Betonimassa voi kovettua veden alla, eikä siihen tarvita hapetta tai hiilidioksidia. kemialliset reaktiot nopeus riippuu enemmän lämpötilasta, ja reaktiossa syntyy lämpöä. Betonin sitoutumisvaiheessa ja kovettumisvaiheessa eli alkuvaiheessa tapahtuvat ilmiöitä ovat yleensä 1vrk:n ikäinen betoni ja siitä sanotaan plastisessa tilassa. (21;4)

Betonimassan työstettävyyden menetys noin kahden tunnin kuluessa sekoituksesta. Kemialliset reaktiot johtuvat tilavuuden muutokset. Veden haihtumisesta tai poistumisesta johtuvat tilavuuden muutokset. Lämpötilanmuutoksesta johtuvat tilavuuden muutokset. Suurin osa betonimassassa tapahtuvista ilmiöistä tapahtuu yleensä ensimmäisen 1–2 vuorokauden aikana. Tänä aikana tehtävät

toimenpiteet ja päätökset ovat ratkaisevan tärkeitä betonirakenteen laadun ja ominaisuuksien kannalta. Siksi on tärkeää ymmärtää, mitä tapahtuu betonissa näinä ensimmäisinä päivinä. (21)

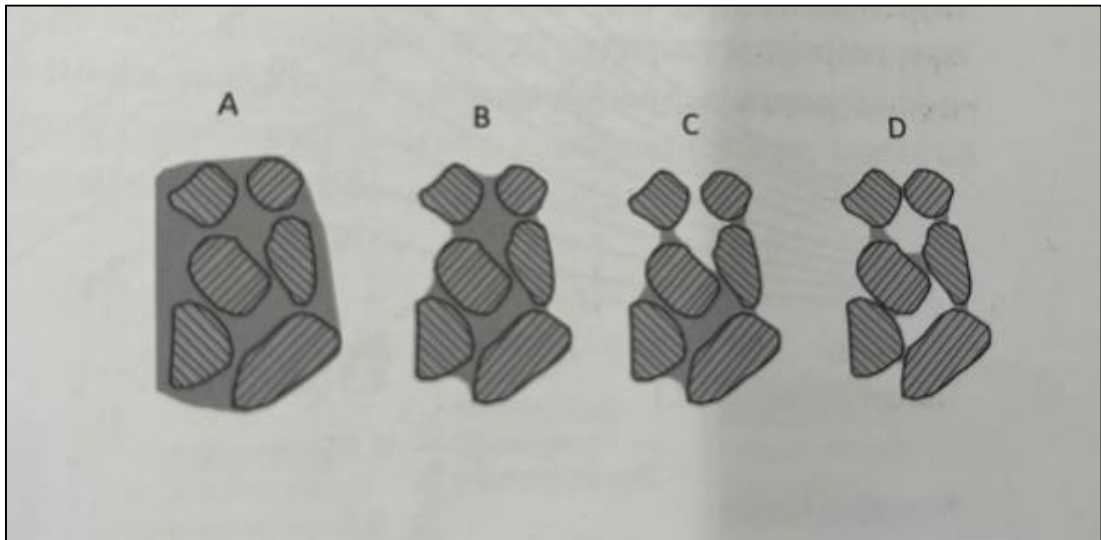
## 5.1 Plastinen kutistuma

Plastinen kutistuma on kutistumisen tyypeistä mahdollisesti merkittävin, ja sen hallinta on olennaista lattian laadun kannalta, Kutistuma jopa (0...5mm/m). (21)

Plastinen kutistuma voi myös olla yleinen halkeilun syy lattioissa, mutta useimmissa tapauksissa sen esiintyminen voidaan estää asianmukaisilla toimenpiteillä. (4)

Plastinen kutistuminen tarkoittaa betonimassan kutistumista vaakasuunnassa, kun veden haihtuminen betonipinnasta tapahtuu muutaman tunnin sisällä valamisesta. Plastisen kutistumisen syynä tapahtumassa on se, että betonipinnan kuivuminen tapahtuu nopeasti ennen kuin betoni on täysin sitoutunut. Veden haihtuessa ja pinnan kuivuessa pinnan lähellä syntyy pienten hiukkasten, lähinnä sementtahiukkasten, välille muodostuu kaarevia vesipintoja. (21)

Veden pintajännityksen ja veden sekä sementtahiukkasten välisen vetovoiman vaikutuksesta betonipintaan muodostuu kalvojännitystila. Tämä kalvojännitys aiheuttaa vetovoimaa, joka puolestaan johtaa betonimassan kutistumiseen. (21;4)



Kuva 12. Plastinen kutistuma. kuvassa näkyy veden haihtuminen betonin pinnasta imee betonimassan pieniä hiukkasia lähemmäksi toisiaan. By Betonitekniiikan oppikirja(4).

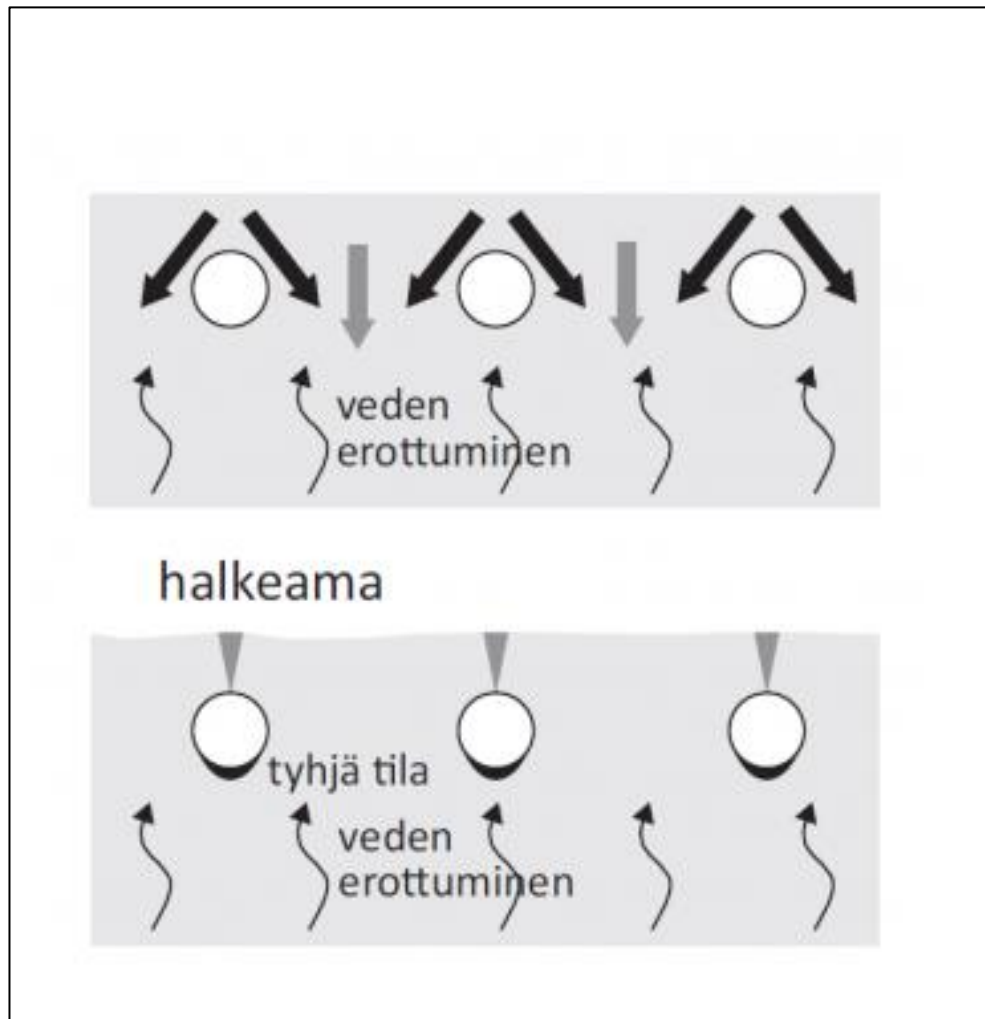
Betonin tilavuuden pieneneminen on yhtä suurta kuin veden haihtuvana betonipinnasta. (21)

Betonin sitoutumiseen jälkeen, silloin betonipinta sulkeutuu ja haihtuminen vähene merkittävästi. Plastinen halkeilun riski on merkittävästi kasvaa kun, betonin valun aikana ja kun aurinko paistaa suoraan betonipintaan, veden haihtuminen tapahtuu runsaasti, Kun betonia valetaan tuulisissa ja kylmissä olosuhteissa, betonin kovettuminen hidastuu, ja veden haihtuminen jatkuu pitkään, Jos betonia valetaan talvella lämmitetyllä alueella, lämmityskoneiden avulla ympäristö on lämmin ja kuiva, mikä nopeuttaa veden haihtumista betonipinnasta. (4)

## 5.2 Plastinen painuma

Plastinen painuma tarkoittaa tilannetta, jossa betonimassa painuu alaspäin ja samanaikaisesti vesi nousee ylöspäin. Yleensä plastinen taipuma tapahtuu ensimmäisen 2...3 tunnin aikana. Tämä voi aiheuttaa esimerkiksi raudoituksen ja rakenteen paksuusmuutosten kohdalla halkeilua. Plastisen painuman aiheuttama halkeilua voidaan estää käyttämällä notkeustasoa S2 tai S3 betonissa, sopiva kohtuullista vesimäärä. (4)

Plastisen painuman riski kasvaa yleensä, kun betonilaatta on paksumpi.



Kuva 13. Plastinen painuman syntymekanismi betonissa. By Betonilattiat 2023 by 457. (4)

### 5.3 Kuivumiskutistuma

Kuivumiskutistuma on tyypillinen kutistumisilmiö betonilattiassa, ja sen aiheuttamat materiaalien ominaisuudet tunnetaan melko hyvin. Kuivumiskutistumat otettu huomioon suunnittelun aikana. Varsinkin kun puhutaan betonin kutistumista, tarkoitetaan juuri kuivumiskutistumaa. Kuivumiskutistuma betonilattiassa voi olla (0,5...1,5 mm/m) ja se on enemmän kuin plastinen kutistuma ja autogeeninen kutistuma. (4)

Kuivumiskutistuman suuruus vaikutukset ympäristön kosteuspitoisuus ja betonin koostumus. Betonin koostumukseen liittyvät asiat kuten vesi ja sementti-suhde, kiviaineksen raekoko eli kiviaineksen tilavuus, rakenteen paksuus, vesimäärä. Jälkihoidolla ei ole merkittävää vaikutusta kuivumiskutistuman lopulliseen arvoon. Pitkä jälkihoitoaika voi pienentää loppukutistumaa, mutta samalla se saattaa siirtää kuivumiskutistuman alkamista myöhemmäksi. (4;3)

Sementtipastan katsotaan koostuvan yleisesti sementistä, vedestä, seosaineista ja betonin ilmamäärästä. Joskus pastaan voi sisällyttää myös kiviaineksen hienoainesta (filleri) ja mahdollisia muita mineraalisia jauheita, kuten kalkkijauhetta. Kuivuminen ja sitä kautta kutistuminen ovat käytännön rakenteissa hädästä. (21)

Normaalibetonissa kutistuminen alkaa heti jälkihoidon jälkeen betonissa. melkein 35 % kutistumista ensimmäisellä kuukaudella, 80 % 3 kuukauden aikana ja 90 % ensimmäisen vuoden aikana. (4)

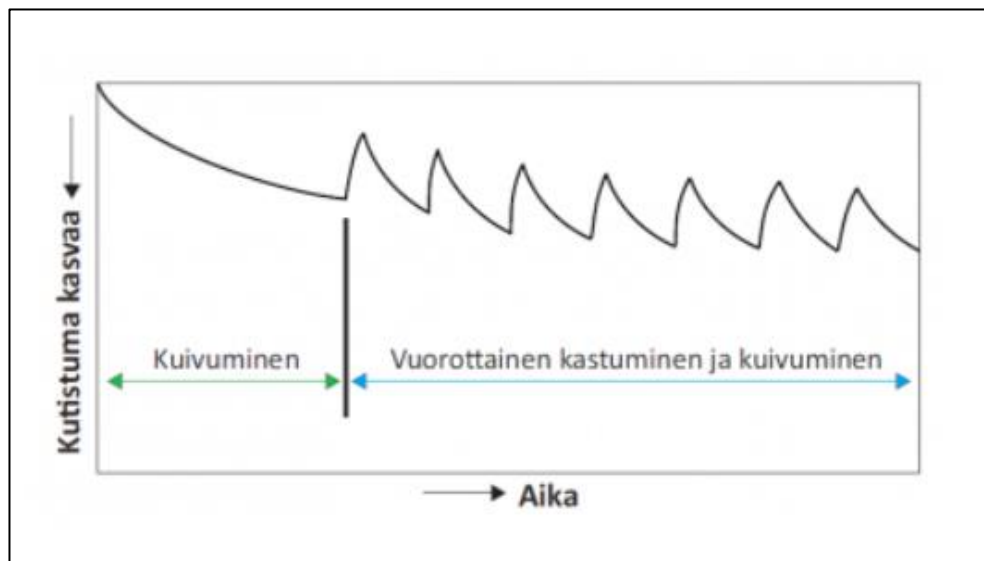
Kuivumiskutistumaan vaikuttaa ympäristön suhteellinen kosteusilma; mitä kuivempi ympäristö, sitä suurempi kuivumiskutistuma on. Suhteellinen kosteus ollessa 50 % on kutistuma noin 30...40 % suurempi kuin 70 %:n suhteellisessa kosteudessa. Lämpötila nopeuttaa kuivumista ja kutistumista, mutta ei vaikuta kutistuman suuruuteen. (4)

Kiviaines voi todellakin vastustaa kutistumista betonissa. Kun sementtipastan määrä vähenee ja kiviaineksen tilavuusosuus kasvaa, tämä voi pienentää betonin kutistumista. Kiviaines toimii osaltaan rajoittavana tekijänä kutistumiselle betonissa. Normaalibetonissa kiviaineksen tilavuusosuus on yleensä 55-75%. Kuitenkin veden ja sementin määrää tarvitaan tietty määrä betonin työstettävyyden, pumpattavuuden ja sitoutuvuuden varmistamiseksi. (4)

Betonilattian hyvää työstettävyyttä ja loppusuoritus saadaan hyvät laatuominaisuudet, kun laitetaan 280 kg sementtiä ja 150 litraa vettä ilman lisäaineita. (4)

Normaalissa lattiabetonissa ei yleensä voida betonin työstettävyyden ja lattian viimeistelyvaatimusten takia tehdä mitään kovin radikaaleja toimenpiteitä kutistuman rajoittamiseksi. (4)

Kuivumiskutistuman rajoittaminen tapahtuu pääasiassa betonin koostumuksen ja raudoituksen avulla. Mitä enemmän betonissa käytetään isompia kiviaineita, siitä vähemmän betonin jää kutistuvaa ainesosaa (sementtikiveä).



Kuva 14. Kuvassa näkyy kosteuden poistuminen aiheuttaa betonin kutistumista. (21).

#### 5.4 Lämpömuodonmuutokset

Betonin lämpölaajenemiskerroin on noin  $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ . Tämä tarkoittaa, että betonin pinta pitenee noin 0,01 mm jokaista metriä kohden, kun se lämpenee yhdellä asteella, ja vastaavasti lyhenee 0,01 mm jäähtyessään yhdellä asteella. Jos tätä lämpötilan laajenemista tai kutistumista ei hallita tai jos se ei pääse vapaasti tapahtumaan, rakenne voi haljeta tai vaurioitua muulla tavoin, kun betonin vetolujuus ylittyy. (4)

Maan päällä valetut betonipinnat, kuten lattiat ja laatat, voivat altistua halkeilulle ja kuivumiskutistuman aiheuttamille halkeamille. Tämä johtuu siitä, että

betonissa tapahtuu lämpötilan muutosten vaikutuksesta laajenemista ja kutistumista. Kesällä valettu betoni saattaa laajentua lämmön vaikutuksesta, ja kun se altistuu talven kylmille lämpötiloille, se voi kutistua. Tämä lämpötilan vaihtelu voi aiheuttaa halkeilua betonipinnassa, jos kutistumista ei ole hallittu asianmukaisesti suunnittelun ja toteutuksen aikana. Kuivumiskutistuman hallintaan liittyvät tekijät, kuten oikea betonin sekoitussuhde ja riittävä jälkihoito, voivat auttaa vähentämään halkeilun riskiä. (4)

## **6 Betonilattian halkeama**

### **6.1 Yleiset**

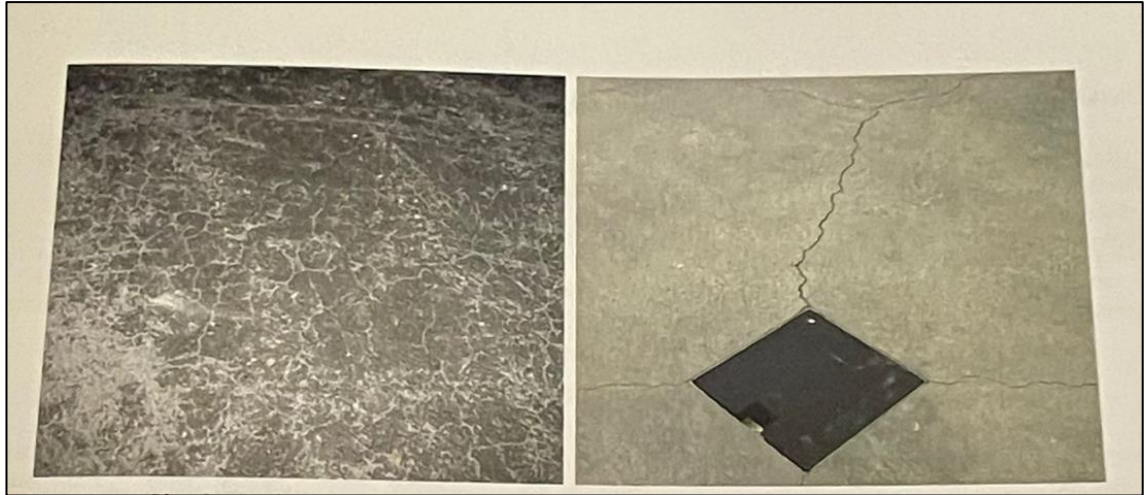
Kun betonin vetolujuus ylittyy, betoniin voi muodostua halkeamia. Rakenteen pysyvyyden, ulkonäön ja toimivuuden kannalta on tärkeää, että halkeamat pysyvät hallinnassa ja niiden leveydet ovat riittävän pieniä. (21)

Halkeamat betonilattioissa ovat yleinen ongelma, ja niitä esiintyy erityisesti suurissa betonipinnoissa, kuten lattioissa ja laatoissa. Tämä ongelma on ollut tiedossa jo pitkään. Betonilattioiden halkeamisongelmaan voi vaikuttaa monia eri syitä. Usein ongelmat liittyvät suunnitteluun, toteutukseen tai riittämättömään jälkihoitoon. (3;4;21)

Halkeilun aiheuttaja	Kirjain	Pääsyy	Toissijainen syy	Esiintymisaika-kohta
Plastinen painuma	A, B, C	Veden erottuminen	Nopea kuivuminen, liian myöhään aloitettu jälkihoito	0,5...4h (T=20...30°C), 4...8h (T=7...20°C)
Plastinen kutistuma	D, E	Pinnan nopea kuivuminen	Hidas haihtuvan veden korvautuminen (tiivis massa), liian myöhään aloitettu jälkihoito	0,5...4h (T=20...30°C), 4...8h (T=7...20°C)
	F	Lisäksi raudoitus yläpinnassa		
Hydrataatiolämpö tai lämmitys	G	Rakennusosien välinen lämpötilaero	Rakenteen liian nopea jäähtyminen	1...3d
	H	Rakennusosan sisäinen lämpötilaero		
Kuivumis-kutistuminen	I	Iso v/s, huono jälkihoito, väärin suunnitelturakenne (kutistumis-liikkeet estetty)	Huono tartunta työsaumassa	Viikko...useita kuukausia
Pintahalkeilu	J	Huono muotti	Suuri sementti- ja vesimäärä, huono jälkihoito	Yleensä 1...7d, joskus myöhemmin
	K	Huono tai liian aikainen pinnan hierto		
Pakkasrapautuminen	L	Vesi, jäätyminen ja sulaminen	Liian vähän suojahuokosia, betoni vedellä kyllästynyt	Ensimmäiset talvet ... useita vuosia
Raudoituksen ruostuminen	M	Liian pieni betonipeite	Liian huokoinen betoni	Useita vuosia
	N	Kloridit		

Kuva 15. Kuvassa näkyvät esiintyvät halkeamat ja selitykset. (21)

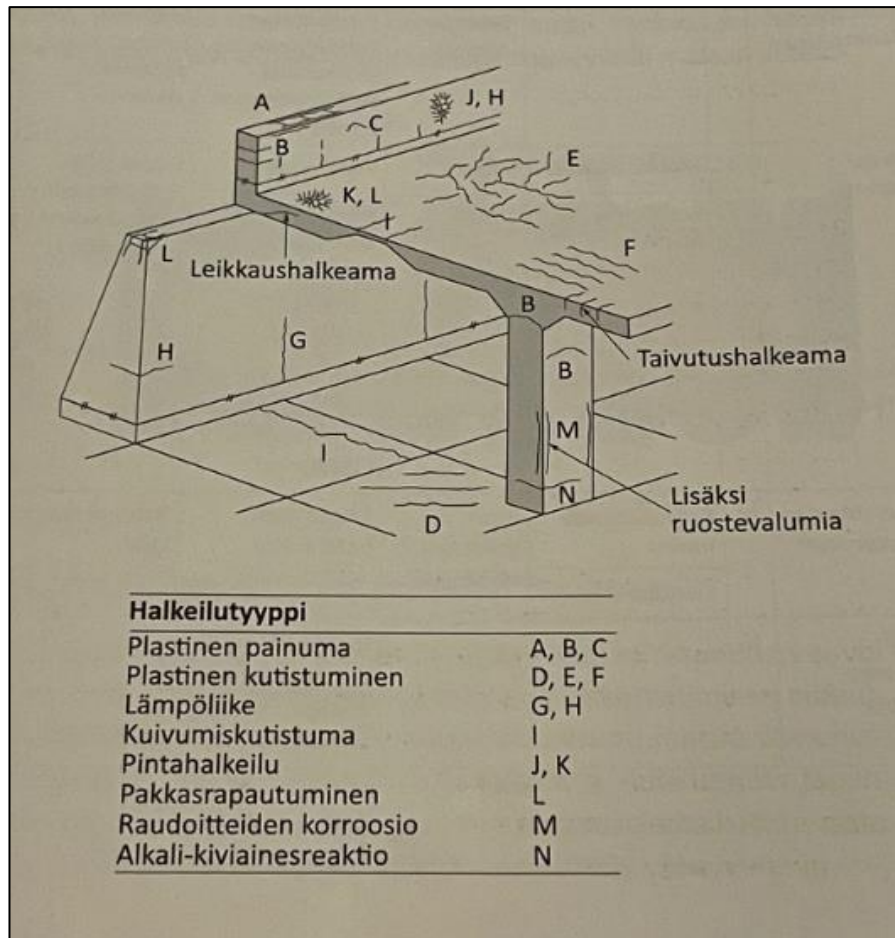
Suunnitteluvaiheessa ei aina oteta riittävästi huomioon lattian vaatimuksia ja kuormituksia, mikä voi johtaa halkeamien esiintymiseen. Toteutuksen aikana virheet, kuten huono betonin sekoitus tai epäasianmukainen raudoitus,



Kuva 16. Kuvassa näkyy plastinen kutistuma (vasemmalla) ja kuivumiskutistuma (oikealla) aiheutunutta. (21)

voivat myös lisätä halkeamien riskiä. Lisäksi jälkihoitoon kiinnitetyn riittämättömän huomion vuoksi betonin laatu ja halkeamien hallinta saattavat kärsiä. (4)

Paikat, joihin kohdistuvat kuormat yleensä tulee siihen paikkoihin halkeamia. Kuvan 16 mukaan näkyy kutistumavauriot ovat vaikuttavat betonin halkeilua pinnassa kuten Plastinen kutistuma ja kuivumiskutistuma. Plastinen painuma eniten niistä tullut halkeilua suuruus kuivumiskutistuma noin (0,5...1,5 mm). Lämpömuodonmuutokset voivat aiheuttaa halkeilua betonilattiassa, erityisesti silloin, kun suunnitteluvaiheessa ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota tähän seikkaan tai liikuntasauvojen suunnittelussa on ollut puutteita. (21;3;4)



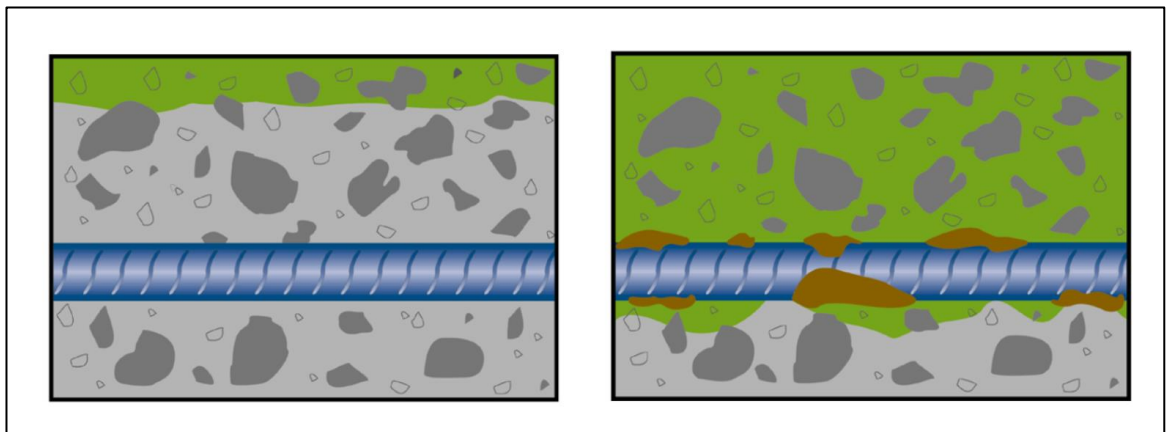
Kuva 17. Halkeilutyyppit ja niiden sijainti betonirakenteessa. (21)

## 6.2 Halkeilun vauriot betonilattialle

Betonilattian halkeamat voivat aiheuttaa ongelmia, koska ne mahdollistavat kosteuden pääsyn betoniin, mikä voi aiheuttaa lisävaurioita. Merkittävä ongelma on betonirakenteiden raudoitusterästen korroosio. Kuvan 26 mukaan teräs laajenee ruostuessaan. Tämän laajeneminen aiheuttaa betonirakenteeseen ongelmia kuten paineet, jännitykset ja muodonmuutokset sekä muita ongelmia. Kun teräkset ovat ruostuneet betoniin tulee rakenteellisia muutoksia, kun teräs ruostuu, se laajenee ja aiheuttaa lisää halkeilua ja lohkeamista. Tämä voi heikentää betonilattian kantavuutta. Pinnalliset vauriot korroosiosta aiheuttaa betonilattian

pinnalle näkyviä muutoksia, kuten halkeamia ja lohkeamia ja tämä voi tehdä lattiasta epätasaisen. (5;4)

Korroosio aiheuttaa betonin pinnalle ruosteisia tahroja, jotka vaikuttavat lattian ulkonäköön. Korroosio voi aiheuttaa turvallisuusriskejä, kun se heikentää betonilattian kantokykyä ja lattia heikkenee ajan mukana, kun vauriot jätetään korjaamatta. (5)



Kuva 18. Vasemmassa kuvassa on hyvää betonia, oikealla olevassa kuvassa on karbonatoidunutta betonia. (26)

### 6.3 Halkeilun hallitsemiseksi ja estämiseksi

#### 6.3.1 Työn suunnittelu

Betonirakenteisen lattian toteuttaminen onnistuneesti vaatii huolellisen suunnittelun ja asianmukaisen huomioonottamisen suunnitteluvaiheessa. Erityisesti vetojännitykset betonilaatoissa, jotka voivat aiheuttaa halkeamia betonilattiassa, on otettava huomioon ja hallittava asianmukaisesti. Tämä auttaa vähentämään halkeamien riskiä ja parantamaan lattian. (21)

Toteutusvaiheessa työmaalla ja laadukkaan lopputuotteen saavuttamiseksi on ensiarvoisen tärkeää, että kaikki osallistuvat ymmärtävät valun aikana suoritettavat toimenpiteet ja valutekniikan. Tähän sisältyy betonimassan toiminnan ymmärtäminen, betonimassan siirtämisen, betonin sitoutumisen ja tiivistämisen

tekniikka sekä jälkihoidon merkitys. Kaikki nämä tekijät on otettava huomioon ja suunniteltava huolellisesti ennen rakenteen valmistusta, jotta voidaan saavuttaa haluttu lopputulos ja minimoida mahdolliset ongelmat, kuten halkeamat. (4)

### 6.3.2 jälkihoidon merkitys Betonilattiat

Jälkihoidon tavoitteena betonilattian rakentamisessa on varmistaa betonin laadukas kovettuminen ja vähentää mahdollisten halkeamien riskiä. Jälkihoitoon sisältyy usein betonipinnan kosteuden säilyttäminen, lämpötilan valvonta ja tarvittaessa pintakäsittelyt. (4;21;3)

Riittämätön jälkihoito betonilattialle voi johtaa huonoon pinnan laatuun ja heikentää lopullisen rakenteen laatua. Siksi on erittäin tärkeää noudattaa asianmukaista jälkihoitoprosessia varmistaakseen, että betoni kovettuu ja kehittyy optimaalisesti, välttääkseen halkeilua ja saavuttaakseen korkeat laatuvaatimukset. Jälkihoitoon kuuluvat kosteuden ylläpito, lämpötilan valvonta ja tarvittaessa pintakäsittelyt, ja niiden asianmukainen toteutus on keskeistä lopputuloksen kannalta. (4:3)

Käytäntönä on pidettävä, että jälkihoito aloitetaan ennen seuravana aamuna. Aloitetaan mieluummin heti kuin betoni alkaa kuivumaan. Jälkihoidon ideana on säilyttää kosteus betonissa ja estää kosteuden haihtuminen betonista, mikä vähentää halkeamien riskiä. (3)

Betonipinnan peittäminen muovilla heti, kun pystyy kävelemään betonin päällä, auttaa säilyttämään kosteuden betonipinnassa. Kun kosteus lähtee pois betonipinnasta, muovien ja pinnan väliin jää kosteutta, mikä auttaa säilyttämään kosteuden betonipinnalla., joka vähentää halkeamia riskiä betonipinnalla. Ruis-kutelan betonipinta sen jälkeen. (3)

Jälkihoito voi tarkoittaa talvella betonilattian lämmittämistä ja pakkasen estämistä. Talvella on erittäin tärkeää seurata betonilattian valamisen lämpötilaa ja

on otettava huomioon, että sääolosuhteiden tulee pysyä vähintään +5 asteen lämpötilassa sekä valun aikana että sen jälkeen. (29)



Kuva 19. Kuvassa näkyy mies, joka laita jälkihoito aineita betonilattialle. (29)

Varhaisjälkihoitoaineella voidaan estää veden haihtuminen betonipinnasta, ja se vaikuttaa myös tuoreeseen betonimassaan. Varhaisjälkihoitoaineet levitetään betonipinnalle hiertämisen jälkeen, ja niiden avulla voidaan vähentää verkko-maisen kutistuman riskiä ja estää verkkomaiset plastinen halkeamat. (29)

### 6.3.3 Sääolosuhteet

Valuolosuhteet vaikuttavat merkittävästi betonilaatan onnistumiseen ja lujuuden saavuttamiseen. Useimmat betonityypit liittyvät betonilattian yläpintaan. Tämä lattian yläosa on jatkuvassa vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa ja siihen vaikuttavat sääolosuhteet, kuten aurinko ja tuuli. Betonilattian kovettumisessa

on erittäin tärkeää välttää liiallista kuivumista, sillä se voi aiheuttaa haitallisia vaikutuksia betonille, erityisesti plastinen kutistuman ja halkeamien muodossa, etenkin betonilattioissa. Valuolosuhteiden hallinta edellyttää, että valutilan lämpötila (c) ja suhteellinen kosteus (RH%) mitataan säännöllisesti betonilattian lämpötila ja kosteus kalibroidulla mittalaitteella. Valuolosuhdetekijöistä tarkempia ovat:

- Auringonpaiste betonilattialle
- Valaistus
- ilman kosteuspitoisuus
- ilman, valualustan ja betonin lämpötila

Lämpötila on oleellinen merkitys varsinkin tuoreen betonin ominaisuuksiin.  
(3;21;4)

Alhainen lämpötila betonissa hidastaa betonin sitoutumista riippumatta sementtityypistä. Hitaasti kovettuvalla sementillä alhainen lämpötila vaikuttaa voimakkaammin kuin nopeasti kovettuvalla sementillä. Sitoutumisaika puolittuu, kun lämpötila nousee kymmenellä asteella, esimerkiksi +20 °C:sta +30 °C:een, ja kaksinkertaistuu, kun lämpötila laskee kymmenen astetta, esimerkiksi +20 °C:sta +10 °C:een. Lämpötilaerot voivat johtua betonin epätasaisesta kovettumisesta, mikä puolestaan vaikuttaa veden haihtumiseen betonipinnasta. (3)

Betonointitilan ilman lämpötilan tulisi olla vähintään +10 C, se pitäisi olla saavutettuna edellisinä päivinä. Huomioidaan koko huoneiston lämpötila niin, että se pysyy tasaisena erityisesti nurkissa ja ovien läheisyydessä. Betonilattian nahkoituksen (nahkoitua) riski voi olla enemmän, kun lämpötila nousee yli +25 C.  
(21;3)

Hyvissä olosuhteissa saadaan parhaat tulokset viileähköllä +15...20 C:n mäsalla. Viileissä olosuhteissa lämpötilan voi viimeistelyvaiheen nostaa jopa +30

C:seen. Lämmitys ilmavirtaukset mahdollisimman pieniksi pois valunaikana ja betonin sitoutumisen aikana. (3)

#### 6.3.4 Plastisen kutistuman hallitseminen

Betonilattian massan sekoittamisessa on pyrittävä saavuttamaan huolellinen ja hallittu betoniseoksen valmistus. Samalla on tärkeää tarkkailla tarkasti veden määrää betonimassassa. Plastisen kutistuman lisääntyminen betonilattiassa, aiheutettuna veden haihtumisesta pinnalta, voi edistää halkeamien kehittymistä lattialle. Oikea-aikaisuus jälkihoidon auttavat huomattavasti plastisen kutistuman hallitsemiseen betonilattiassa. (3;2;4)

## 7 Halkeamakorjaukset

Betonin halkeaminen lattiassa voi heikentää betonia ja vauriot ovat kasvaneet huomattavasti ajan mukaan. Kantavuus sekä säilyvyys ovat heikentyneet varsinkin halkeamien jälkeen. Suuret halkeamat voivat alentaa betonin leikkauskestävyyttä ja taivutusta. Halkeamat ja niiden korjaukset riippuvat useita tekijöistä, joita ovat

- Pinnalle asetettu ulkonäkövaatimukset
- Raudoituksen tyyppi (normaali/ruostumaton)
- Halkeaman sijainti, leveys, syvyys ja liikkuvuus
- Pinnan kosteus ja kloridirasituksen voimakkuus
- Pintakäsittelytyyppi (avoin/tiivis). (30)

Tavoitteena halkeamien korjaamisessa on sulkea ne niin, ettei haitallisia aineita pääse betoniin eikä teräkseen aiheudu vaurioita ja estää ongelmien kasvaminen. Halkeamien korjaaminen voimia välittäväksi on yleensä mahdollista

toteuttaa ainoastaan injektoimalla, yleensä käyttäen epoksia tai sementtiä. Halkeamien korjaamiseen menetelmät niitä on paljon. käsitellään tässä tutkimuksessa muutama menetelmiä. (30)

### 7.1 Injektointimenetelmä

Injektoinnissa nestemäinen kovettuva aine ruiskutetaan betonin halkeamiin, jotta se täyttää halkeamassa olevan tilan ja kovettuu pysyväksi osaksi rakennetta. Injektoinnilla voidaan korjata yli 0,2 mm leveitä halkeamia. Kapeampien halkeamien käsittelyyn käytetään muita menetelmiä, kuten imeyttämistä ja pinnoittamista. (30;31)

Injektoineella aineella voidaan käyttää kovettuvia muoveja yleensä joko polyuretaani tai epoksia. Hienoa sementtilaastia (hienosementti, sementti, tai mikrosegmentti). Yleensä injektointiin käytetään muovia. Suuria halkeamiin voidaan injektoida sementtiä. Sementtien injektointiin on monia erilaisia vaihtoehtoja, kuten mikrosegmentti, hienojakoinen sementti ja rakennussegmentti. (30)

Mikrosegmentti on erittäin hienoksi jauhettu sementti, sen raekoko on  $<20 \mu\text{m}$ . Mikrosegmentti sekoitetaan veden kanssa ja lisätään lisäaineita. Hienosementin ominaisuudet ovat likimaain samat kuin mikrosegmentillä, mutta hienosementin raekoko on 20–40  $\mu\text{m}$ .

### 7.2 Imeyttäminen menetelmä

Halkeamat, jotka johtuvat plastisesta kutistumista betonilattialla korjataan sen kapeita halkeamia imeyttämismenetelmällä eli antamalla matalaviskoosisen kovettuvan muovin tunkeutua kapillaarisesti ja painovoiman avulla halkeamiin. Imeytyksellä voidaan tehokkaasti estää veden ja siihen liuenneiden suolojen tunkeutuminen halkeamiin. Imeytys täyttää pääasiassa halkeaman lähellä olevan pinnan, eikä sillä ole rakenteellista merkitystä. (31;30)

Imeytymis- ei ole soveltava korjaustapa, jos halkeilu johtuu rakenteen vaurioitumiseen esim. raudoituksen korroosion tai pakkasrapautumisen. (4)

### 7.3 Halkeaman avaaminen ja laastipaikkaaminen

Liikkumattomat halkeamat, joilla ei ole rakenteellista merkitystä ja jotka ovat syntyneistä kertaluonteista syistä (törmäys, kuivumiskutistuminen jne.) voidaan nämä halkeamat korjata avautumalla halkeamat ja täyttämällä syntynyt ura sopivalla korjauslaastilla. Ura on suositeltavaa avartaa vähintään 15 mm:n leveyiseksi. (4;21)

## 8 Johtopäätökset

Betonilattian halkeamien estämisessä on monia erilaisia toiminta tapoja. Ammattilaisten taidot ja heidän työnsä vaikuttavat olennaisesti betonilaatan lopputulokseen. Oleellista ovat materiaalivalinnat, suunnittelu ja sääolosuhteiden huomioiminen. Oikeiden materiaalien valinta, kuten sopiva kiviaineksen raekoko betonilattialle ja suositeltava suurin raekoko, on tärkeää betonilattian laadun kannalta.

Lisätty raudoitus lattiassa on tärkeää, koska se vähentää halkeamien mahdollisuutta lattiassa. Teräs toimii erityisen hyvin vedonkestävänä materiaalina. Lisäksi teräskuidut ja muovikuidut auttavat parantamaan betonilattian vetolujuutta, erityisesti valun alkuvaiheessa ennen betonin kovettumista. Betonissa oleva veden määrä ja vesi/sementtisuhde betonipinnassa vaikuttavat merkittävästi. Kasvava vesimäärä betonissa lisää kutistumariskiä ja halkeamien muodostumista. Siksi pieni vesimäärä betonissa johtaa parempiin tuloksiin, ja suositeltava vesi/sementtisuhde on 0,5 tai vähemmän. Betonin lujuteen vaikuttaa sen vesi/sementtisuhde (v/c), joten suositeltavaa on käyttää betoniseoksia, joissa veden määrä on kohtuullinen. Sääolosuhteilla on merkittävä vaikutus

betonin lopputulokseen, erityisesti silloin, kun vesi haihtuu nopeasti ja suurelta osin betonipinnasta.

Tällaisissa olosuhteissa plastinen kutistuma lisääntyy betonissa ja halkeamat muodostuvat helpommin. Jälkihoito on tärkeää plastisen kutistuman hallinnassa ja sen vähentämisessä. Jälkihoito tulisi aloittaa mahdollisimman pian, kun pinnalle ei enää ole riskiä, ja pinnat tulisi peittää muovilla estääkseen veden haihtumisen. Tällä tavoin sementti voi sitoutua veteen riittävästi, mikä parantaa lujuutta ja vähentää kutistumariskejä.

On suositeltavaa ylläpitää lämpötila 15–25°C valun aikana ja sen jälkeen, koska korkeammissa lämpötiloissa plastisen kutistuman riski kasvaa. Siksi lämpötilan valvonta ja betonimassan lämpötilan seuraaminen ovat erittäin tärkeitä, jotta saadaan hyviä tuloksia pinnalle. Talvella betonin valamisen aikana lämpötilan tulisi olla vähintään +5°C, sillä muutoin betonin sitoutuminen ei onnistu ja lujuuden saavuttaminen ei tapahdu asianmukaisesti. Koko alueen lämpötilan hallinta on välttämätöntä halkeamariskin vähentämiseksi.

Lämmityksen käyttöä ei suositella, koska se voi nopeuttaa veden haihtumista pinnalta ja kasvattaa halkeamariskiä ajan kuluessa.

## 9 Yhteenveto

Betonilattian suunnittelu pohjautuu eurokoodien ohjeisiin sekä kansallisiin suunnitteluperiaatteisiin, jotka antavat suunnittelulle suuntaviivat ja tarkentavat määräykset. Suunnittelijat suunnittelevat betonilattiassa tarvittavat raudoitukset ja betonin paksuudet, jotka vastaavat tavoiteltua kantavuutta rakennuksessa. Suunnittelijat määrittelevät liikuntasaumot betonilattiassa ja niiden tehtävänä on estää halkeamia ja niiden kasvamista. Siirtymävaiheessa on määritetty kansalliset raja-arvot veden ja lisäaineiden suhteesta massassa, jotta se ei vaikuta sitoutumista ja lujuuden kehittymistä. Tuotantoa ohjataan määräyksin betonilattian toteuttamisessa Suomessa. Ohjauksen seuraaminen ja toteuttaminen parantavat huomattavasti betonin lopputulosta ja vähentävät halkeamia.

Betonilattian onnistumiseen vaikuttaa monia erilaisia tekijöitä. Betonin materiaalit valitsemiseen ja valun sääolosuhteet sekä suunnittelu periaatteet, toteutus aikana, ammattilaiset työntekijät, lämpötila valun aikana. V/s vaikuttaa huomattavasti plastisesta kutistumisesta, siitä vaikuttaa sen halkeaman syntymisen ja lopputuloksen betonin lujuus ominaisuudet. Huolellinen jälkihoito on olennainen osa betonilattian kunnossapitoa, sillä se edistää betonin parantumista ja estää liiallisen veden haihtumisen. Näin betonilattia ei kuivu liian nopeasti ja tällä tavalla minimoidaan halkeilun riskiä.

## Lähteet

1. By Betoni perustietoa arkkitehtiopiskelijalle. Verkkoainesto. <[Betoni-Pe-rustietoa-arkkitehtiopiskelijalle\( betonin historia\).pdf](#)>. Luettu 3.09.2023.
2. By betoni sovellus [Betonin valmistus - Betonitieto](#) Luettu 5.09.2023.
3. By betoni sovellus [Betonin valmistus - Betonitieto](#) Luettu 5.09.2023.
4. By Betoni [Betonin ominaisuudet ja käyttö - Betoni](#) Luettu 9.09.2023.
5. By Betonilattiat 2023 by 457 kirja Luettu 14.09.2023 Luettu 9.09.2023.
6. By Lattiaeristeet finnfoam [Lattiaeriste, oikea lämmöneriste maanvarainen alapohja ! | Finnfoam](#) Luettu 14.09.2023.
7. By Betoninormit 2016 by 65. Luettu 18.08.2023 Luettu 14.09.2023.
8. By Betoni. Betoni.com. Betonin historia <https://betoni.com/tietoa-betonista/betonin-historia/> Luettu 14.09.2023.
9. By Cemex. America netti sivu, sementin historia. <https://www.cemexusa.com/products-and-services/cement/history-facts> Luettu 16.09.2023.
10. By Betoni lehti. betonin historia. Luettu 19.09.2023
11. By Wikipedia Betoniraudotus <[Betoniraudotus – Wikipedia](#)> Luettu 20.09.2023
12. By Jouni punkki. Vesi-sementtisuhde 100 vuotta. Rakennustekniikan laitos, Aalto-yliopisto [BET1801\\_78-83.pdf \(betoni.com\)](#) Luettu 22.09.2023.

13. By Finnsementti. Betoni lujuus riippuu vesi-sementtisuhteesta [Betoniin lujuus riippuu vesi-sementtisuhteesta - Finnsementti](#) Luettu 22.09.2023.
14. By Betonin tiivistys. Teoriaa tärytys tiivistyksestä [BETONIN TIIVISTYS \(betoniyhdistys.fi\)](#) Luettu 24.09.2023.
15. By 43 Betonin kiviainekset 2008, Suomen betoniyhdistys ry, Multiprint Oy Luettu 25.09.2023.
16. . Betonilattioiden kutistuman ja halkeilun hallinta, Jasmiina Hietala, Betonilehti 3/2011, Suomen betoniyhdistys ry Luettu 27.09.2023.
17. By Elementti suunnittelu [Betoni rakennusmateriaalina | Ympäristöominaisuudet | Valmisosarakentaminen | Elementtisuunnittelu](#) Luettu 30.09.2023 Luettu 9.09.2023.
18. By Kilpailutabetoni.fi [Valmisbetonin hinta 2023 toimitettuna ja pumpattuna \(kilpailutabetoni.fi\)](#) Luettu 30.09.2023 Luettu 9.09.2023.
19. By Mikko Haro , opinnäytetyö metropolia [Haro\\_Mikko\\_Yltelle.pdf](#) Luettu 1.10.2023.
20. Polymeerikuidut Betonissa 2012 [BLY13\\_painoversio.indd](#) Luettu 3.10.2023.
21. Micael Kjellman. Opinnäytetyö kuitubetonin käyttö [KUITOBETONI KÄYTTÖ ELI \(ERILLAISET BETONIT\).pdf](#). Luettu 7.10.2023.
22. By betonuitekniikan oppikirja 2018 by 201 Luettu 10.10.2023.
23. By Betonirakenteiden halkeilu ja halkeamakorjaus. Opinnäytetyö Toni Reinikka. [Reinikka\\_Toni\\_jyvaskylän\\_tärkeä\\_aihe.pdf](#) Luettu 11.10.2023.

24. By Betonirakentieden valmistuksen hiilijalanjälki. Opinnäytetyö Anne Myllylä [MyllyläAnne.pdf \(tuni.fi\)](#) Luettu 12.10.2023.
25. By finnfoam maanvarainen lattia [Lattiaeriste, oikea lämmöneriste maanvarainen alapohja ! | Finnfoam](#) Luettu 14.10.2023.
26. Kreate rakennusfirma [Poikkeuksellisen suuri vähähiilinen paalulaatta taakaa vahvan pohjan Keskon logistiikkakeskuksen automaattivarastolle - Kreate](#) Luettu 17.10.2023.
27. By Piimat oy. Teräskoroosio. [korroosio - PiiMat Oy](#) Luettu 17.10.2023.
28. Betonilattiat kortisto. Rakennustuoteteollisuus [betonilattiat-kortisto\\_2012.pdf \(betonitieto.fi\)](#) Luettu 16.10.2023.
29. Betonilattioiden jälkihoito. Suomen betonilattiaiyhdistely ry BLY-3 [BLY](#). Luettu 16.10.2023.
30. By Betonirakenteiden korjausohjeet 41 2016. Luettu 17.10.2023.
31. Siliko 1.233 Halkeamien korjaaminen- Yleisohje [s1233\\_05-03.pdf \(vayla-pilvi.fi\)](#) Luettu 19.10.2023.