



## RAKENNUSTIETO >

# Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> [rakennustieto.fi/rk/palvelut](https://rakennustieto.fi/rk/palvelut)

### Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

# Betonin valinta

Vesa Anttila, diplomi-insinööri  
Valmisbetonin kehityspäällikkö, Rudus Oy  
vesa.anttila@rudus.fi

Oikein valittu betonilaatu mahdollistaa sekä sujuvan betonivalun että betonirakenteen pitkän käyttöiän. Betonirakenteiden nopean vaurioitumisen syyinä on monesti väärin valittu betonilaatu.

## Rakennesuunnittelijan valinnat

Rakennesuunnittelijan tulee määrittää betonivalintaan varten ainakin rakenteen rasitusluokat ja suunnittelukäyttöiän, betonin lujuus- ja rakenneluokan sekä kiviaineen suurimman maksimiraekoon. Myös betonipeitteen nimellisarvo voi vaikuttaa betonivalintaan. Suunnittelija voi lisäksi antaa lisätietoina rakenteen pintaluokat, tasaisuus-, kulutuskestävyys- tai vedenpitävyysvaatimuksen. Erityisvaatimuksia voi olla lisäksi rakenteen lämmön- tai lujuudenkehitykselle.

Ominaisuuksien määrittämistä, jotka tulevat rasitusluokista tai kuuluvat betonintoimittajalle, ei suunnittelijan tule ilman pätevää syytä tehdä. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi vesi-sementtisuhte ja sideainesuhteet. Rakennesuunnittelijan on otettava huomioon betonilaadun luonnollinen kutistuma rakenteen riittävää raudoitusta arvioitaessa (laatat). Rakenteen betoni- peitteisiin vaikuttaa myös betonin vesi-sementtisuhte. Mitä pienempi vesi-sementtisuhte, sitä pienempi rasitusluokan mukainen betonipeite tarvitaan. Laatoissa, holveissa ja latioissa kovin pieniä vesi-sementtisuhteita ei kuitenkaan voida käyttää, koska herkkyyys plastiselle kutistumalle ja halkeilulle kasvaa ja pintojen viimeistely vaikeutuu.

Betonilaadun valintaan vaikuttavien tekijöiden arviointia kannattaa käydä läpi vaihe vaiheelta. Huomioitavia asioita ovat ainakin:

- viranomaismääräykset ja työselityksen ohjeet
- rasitusluokat ja suunnittelukäyttöikä
- rakenteen käytön ja -kuormien vaatimukset
- betonivalun työsuorituksen huomioiminen
- valuolosuhteiden ja jälkihoidon huomioiminen.

## a) Viranomaismääräykset ja työselityksen ohjeet

Jokaisen betonirakenteen valmistamisen tulee perustua voimassaoleviin normeihin. Viranomaismääräykset vaikuttavat rakenteen toteutukseen, materiaaleihin ja laatuvaatimuksiin. Valmiin betonirakenteen laatua arvioitaessa on erityisen tärkeää, että vaatimustasot ovat kaikille selvät.

Suomessa betonirakentamisessa noudatetaan nykyisin melko kattavasti eurooppalaisia standardeja, jotka ovat yleensä pakollisia. Tärkein betonistandardi on SFS-EN 206-1, joka kattaa betonin ominaisuudet. Muita tärkeitä standardeja ovat muun muassa betonin testausstandardit (sarjat SFS-EN 12350 ja 12390) ja 2010 voimaan tuleva työnsuoritusstandardi (EN 13670). Suomen rakentamismääräyskokoelma RakMK B4 (betonirakenteet) on tärkein suomalainen viranomaisnormi, joka vahvistaa viittausmenettelyllä SFS-EN 206-1 standardin Suomessa käytettäväksi ja sisältää sitä koskevan kansallisen liitteen.

Suomessa tärkeimpiä kansallisia ohjeita on Betoniyhdistyksen betoninormi BY50. Se sisältää RakMK B4:n, pääosin SFS-EN 206-1:n sekä muita hyviksi koettuja kansallisia ohjeita. Niimestään huolimatta betoninormi BY50 on kuitenkin ohje eikä pakollinen normi. Käytännössä BY50 kirjataan usein työselityksiin.

Usein rakennuspiirustuksissa ja työselityksessä viitataan myös muihin ohjeisiin, jolloin niidenkin vaatimuksia on noudatettava. Näitä ovat muun muassa lattiabetoniohjeet BY45 ja pintaluokitusohjeet BY40. Ohjeiden pätevyys voidaan ilmoittaa laittamalla ne pätevyysjärjestykseen. Betonivalinnoissa joudutaan silloin huomioimaan ohjeiden vaikutus betonilaatuihin.

Vuodet 2008–2010 eletään siirtymävaihetta, jolloin voidaan vielä käyttää osin kansallisia betonimäärityksiä. Myös suunnittelu voidaan tehdä joko suomalaisin tai eurokoodi suunniteluohjein. Vuoden 2010 jälkeen sekä betonirakenteiden suunnittelu että valmistus tulee olemaan täysin eurooppalaisten standardien ja ympäristöministeriön vahvistamien kansallisten liitteiden mukaista.

Eurooppalaisista standardeista saadaan raja-arvot materiaalien laadulle ja käytölle (sementti, seosaineet lisäaineet, kiviaineet) sekä vaatimukset betonin valmistukselle ja laadunvalvonnalle. Betonin materiaalit ovat nykyään pääosin CEM-merkittyjä ja niille on omat eurooppalaiset standardit. Standardit antavat raamit reseptikoostumuksille, betonin laatu- ja lujuustestauksille, työnsuoritukselle sekä betonin laadun arvostelulle. Nykyinen BY50 liittyy betonipeitteet myös vesisementtisuhteeseen.

## b) Rasisluokat ja suunnittelukäytökä

Valinnassa on mietittävä, minkälaisiin ympäristörasituksiin betonirakenne joutuu valmistuttuaan. Vaativia rasituksia ovat esimerkiksi kloridirasitus, erilaiset kemialliset rasitukset sekä pakkasrasitus.

Suunnittelijan on arvioitava kaikille rakenteille rasisluokat ja merkittävä ne rakennuspiirustuksiin. Niiden avulla saadaan raja-arvot betonisuhteutuksille kuten lujuusluokalle, maksimi vesi-sementtisuhteelle, minimisementtimäärälle sekä tarvittaessa betonin ilmamäärälle. Ra-

ja-arvot vesi-sementtisuhteelle, sementtimäärälle sekä ilmamäärälle ovat säilyvyyden takia. Lujuusluokkavaatimus ei siten liity vesi-sementtisuhteeseen. Usein rasisluokan raja-arvo vesi-sementtisuhteelle onkin määräävä ja betonisuhteutuksen lujuustaso määräytyy sen eikä lujuusluokan mukaan. Mikäli työmaalla on epäselvyyttä rasisluokkien määrittämisestä tai betonin raja-arvoista, kannattaa ottaa yhteyttä betonin toimittajaan.

Eurooppalaiset standardit sallivat säilyvyyskriteerien kansalliset vaatimustasot, koska eri Euroopan maat poikkeavat merkittävästi toisistaan. Suomessa onkin omat vaatimustasot lujuusluokille, vesi-sementtisuhteille, sementtimäärille ja ilmamäärille joita on noudatettava kuin EN 206:ssa. Nämä kansalliset vaatimustasot löytyvät sekä RakMK B4:stä että By50:stä.

Rasisluokkien valitseminen rakenteelle vaatii kokemusta, mutta valinnan helpottamiseksi on tehty myös ohjekirja (BY51). Betonia tilattaessa on kuitenkin aina osattava kertoa rasisluokat, koska ne ovat suhteutusten lähtötehtäviä ja ne vaaditaan myös kuormakirjatietoihin. Rasisluokkien perusteella saadaan sallitut sementtilaadut, seosaineosuudet, maksimi vesi-

Rasisluokat RakMK B4 mukaisesti 50 vuodelle (raja-arvot CEM I sementille)

	ei korroosiota tai rasitusta	karbonatisoitumisen aiheuttama korrosio				kloridien aiheuttama korrosio			kloridien aiheuttama korrosio		
		XC1	XC2	XC3	XC4	Merivesi			Muu kuin merivesi		
	X0					XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
suurin v/s-suhde						0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45
vähimmäislujuus luokka	K15	K25	K30	K30	K35	K40	K45	K45	K35	K35	K45
vähimmäis-sementtimäärä		200	230	250	270	300	320	320	300	300	320
F-luku											
P-luku											
		jäädytys-sulatus rasitus		jäädytys-sulatus rasitus suolan kanssa		aggressiiviset kemialliset ympäristöt					
		XF1	XF3	XF2	XF4	XA1	XA2	XA3			
suurin v/s-suhde		0,60	0,50			0,50	0,45	0,40			
vähimmäislujuus luokka						K40	K45	K50			
vähimmäis-sementtimäärä		270	300			300	320	330			
F-luku		1,0	1,5								
P-luku				25	40						

sementtisuhde, minimisementtimäärä, lujuusluokka ja tarvittaessa ilmamäärä, F-luku sekä P-luku.

Tilaaaja valitsee rakenteelle haluamansa suunnittelukäyttöiän. Käyttöikä vaikuttaa betonisuhteutuksen osa-aineiden raja-arvoihin ja BY50 ohjeilla betonipeitteisiin. Pidemmällä käyttöiällä raja-arvot suhteutukselle ovat tiukemmat ja betonipeitteet suuremmat. RakMK B4:ssä on taulukkoarvot 50 ja Betoninormissa BY50 50 ja 100 vuoden käyttöiälle. Pitempi käyttöikä lisää myös laadunvalvonnan määrää ja kiristää laatu-kriteerejä. Pidempi käyttöikä nostaa siten kustannuksia.

### c) Rakenteen käytön ja kuormien vaatimukset

Suunnittelija asettaa kaikille betonirakenteille lujuusluokkavaatimuksen kuormitusten mukaan. Nykyisin voidaan käyttää lujuusluokkatumusta K (esimerkiksi K30), mutta vuoden 2010 jälkeen tulee käyttää eurostandardin mukaista tunnusta C (esimerkiksi C25/30).

Suunnittelija merkitsee rakennepiirustuksiin myös kiviaineksen sallitun maksimiraekoon. Maksimiraekoon valinnassa joudutaan huomiomaan rakenteen mitat, jotta betoni saadaan tiivistymään rakenteen eri osiin sekä terästen ympärille. Notkeustaso määräytyy yleensä työmaan valutavan perusteella. Normaalisti oikea notkeusluokka on S2 tai S3. Notkeammat betonit voivat erottua helposti ylitiivistyksellä. Itsestään tiivistyvällä betonilla voidaan valaa korkeita tai ahtaita rakenteita, joiden tiivistys sauvavibroilla olisi muuten mahdotonta.

### d) Betonivalun työsuorituksen huomioiminen

Kun betonirakenteen rasitusluokat, käyttöikä ja suhteutuksen perustiedot ja -ominaisuudet on määritetty, on vielä mietittävä rakenteen työsuorituksen vaikutusta betonivalintaan. Työmaan kannattaa olla yhteydessä betonitoimitajaan, jotta oikeat betonivalinnat löytyvät. Huomioon otettavia asioita ovat ainakin betonimassan siirrot, tiivistettävyyden, sitoutuminen, pintojen hierto, plastinen kutistuma/painuma, halkeiluherkkyys sekä muotien purkunopeus, punosten jännitysajankohta ja lujuudenkehitysvaivat.

Työsuorituksen toteutus tulee aina arvioida betonivalinnassa. Joskus teoreettisesti laadukas betonivalinta voi olla sellainen, että käytännön toteutuksen vaikeus (betonointi, viimeistely) johtaa itse rakenteen epäonnistumiseen. Vaatimustasot ja toteutusmahdollisuudet tulee olla linjassa keskenään.

### Pumpattavuus

Suomessa pumpataan valmisbetonista liki 80 %. Pumpujen letkukoot ovat 4", 3", 2,5" tai jopa 2 tuumaa. Mitä pienempi letkukoko, sitä hienompaa betonimassaa joudutaan käyttämään. Pumpattava 2,5" ja 2" letkukoon massat ovatkin hienompia suhteutuksia kuin esimerkiksi ränni- tai hihnasiirroissa. Mitä hienempi suhteutus sitä suurempi on kutistuma- ja halkeiluriski.

### Sitoutuminen

Ratkaisevaa betonirakenteen valulle on usein betonimassan sitoutuminen. Erityisesti lattiabetonivaluissa työn etenemiselle on tärkeää betonin sitoutumisnopeus, jotta pintojen hierto ei viivästy. Myös hienoaimesäärän on lattiabetoneissa oltava yleensä normaalia suurempi, jotta hiertotyö on sujuvaa. Sitoutumisnopeuteen vaikuttaa eniten sementtilaatu ja määrä. Nopeaa sitoutumista haluttaessa tulee käyttää nopeaa sementtiä sekä suurempaa sementtimäärää. Seosaineet hidastavat yleensä sitoutumista. Käyttämällä notkistinta voidaan sementtimääriä laskea mutta samalla yleensä sitoutuminen hidastuu.

Paras ratkaisu onkin käyttää olosuhteiden mukaan sopivia betonisuhteutuksia. Talvella on järkevää käyttää nopeita betonimassoja ja kesällä hitaampia, jotta sitoutumisaika pysyy sopivana. Talvella voi käyttää rapid-suhteutuksia ja kesällä normaalisuhteutuksia. Mikäli sitoutuminen ei ole tarpeeksi nopeaa, voidaan sementtimääriä kasvattaa ja notkistimääriä pienentää. Samalla kuitenkin lisätään kutistumaa ja halkeiluriskiä.

### Maksimiraekoko

Betonirakenteen kannalta on tärkeää, että betonimassan kuivumiskutistuma ei nouse liian suureksi rakenteen ominaisuudet huomioiden. Mikäli kuivumiskutistuma on liian suuri rakenteen mitat ja rauditus huomioiden, tapahtuu näkyvää ja haitallista halkeilua. Vanha periaate on käyttää mahdollisimman isoa raekokoa perusvaluissa. Käyttämällä #32 mm maksimiraekokoa tarvitaan vähiten sementtiä ja vettä, jolloin kutistuvaa sementtikiveä on vähiten ja halkeiluherkkyys on pieni. Käyttämällä #16 mm kiveä, sementtiä ja vettä joudutaan käyttämään hieman enemmän. Hankalia maksimiraekokojen betonile ovat  $\leq 8$  mm, jolloin betoni sisältää paljon sementtiä ja vettä ja kutistuu paljon. Halkeiluherkkyys on siis suurempi maksimiraekolla #8 mm. Mahdollisuuksien mukaan, olisi #8 mm betoni aina hyvä korvata joko #10 tai #12 mm betonilla, jolloin kutistumista tapahtuu vähemmän. Mitä isompaa maksimiraekokoa voi käyttää, sitä parempaa betoni teknisesti on.

### Halkeilu ja laatat

Kaikki betonit kutistuvat jonkin verran. Normaali kuivumiskutistumataso on keskimäärin

0,6–0,7 promillea. Massojen, joissa on runsaasti sementtiä, vettä ja lisäilmaa, kutistumaton voi olla jopa yli 1 promillea. Normaali betonin kutistumatasoa voi arvioida BY50:n kutistuma-kaavalla. Teknisesti hyvät betonit, joissa on kohtuullinen määrä sideainetta ja vettä tai joissa vesimäärä on hyvin pieni voimakkaan notkistuksen takia, kutistuvat alle 0,7 promillea. Koska kaikki betonit kutistuvat, tulisi kaikissa betonirakenteissa aina käyttää riittävää raudoitusta ottamaan vastaan kutistuman aiheuttamia vetojännityksiä. Tämä pätee erityisesti betonilaa-toissa. Ilman riittävää verkkoraudoitusta tehdyt betonilaatat halkeilevat normaalisti. Raudoitusta voidaan tosin korvata myös maanvaraisissa laatoissa teräskuiduilla. Sallittu betonin kuivumiskutistumataaso riippuu rakenteesta ja raudoituksesta. Kokonaisuutta tulisi aina arvioida tapauskohtaisesti.

### Talvibetonointi

Lämpötilan laskiessa alle 10 °C:een joudutaan varautumaan talvibetonointiin. Varautumisella varmistetaan riittävä nopea betonin sitoutuminen ja lujuuden kehitys. Yleensä talvibetonointi edellyttää joko kuumabetonia, nopeaa sementtiä, sopivaa suojausta tai lämmitystä. Sementin sitoutumisreaktiot vaativat lämpöä ja mitä korkeampi lämpötila betonilla on sen nopeammin lujuus kasvaa. Kuumabetoni siis varmistaa erityisesti varhaisvaiheen nopeaa lujuudenkehitystä. Yleensä riittävän nopea sitoutuminen varmistetaan käyttämällä nopeita sementtejä (rapid- tai pikasementti) ja sopivaa eristesuojausta (eristepeitteet ja -levyt). Talvivaluissa tärkeää on valaa lämmin betoni nopeasti muottien ja eristesuojausten sisään, jotta betonin lämpö ei haihdu pois vaan hyödyntää sitoutumista. Tarvittaessa voidaan käyttää ulkoista lämmitystä (säteilijät, lämpöpuhaltimet, vastuslangat) nopeuttamaan sitoutumista ja lujuudenkehitystä. On syytä muistaa, että aina kun betoni jäätyy alle 5 MPa lujuudessa (tai tuoreena) sen mikrorakenne vaurioituu ja seurauksena on pysyvä lujuustason ja säilyvyyden heikentyminen.

### Pakkasenkestävä betoni XF1, XF3 (ilmaa yleensä 4–8 %, v/s 0,60 (XF1); v/s 0,50 (XF3))

Pakkasenkestävä betoni valmistetaan lisäämällä betoniin huokosten-lisäainetta, joka mahdollistaa pienten ilmapuolien muodostumisen betoniin. Kovettuneen betonin jäätyessä märkänä vesi pääsee laajenemaan betonin huokosiin, jolloin mikrohalkeilua ei synny. Suomalaisen ohjeiden mukaan pakkasenkestävyys edellyttää myös enintään vesi-sementtisuhdetta 0,60. Normaalisti pakkasenkestävää betonia käytetään aina, kun betoni voi jäätyä kosteana eli ulkobetonirakenteissa. Pystyrakenteissa käytetään SFS-EN 206:den mukaisesti pakkasenkestävää

betonia XF1 ja vaakarakenteissa XF3. Vaakarakenteissa pakkasrasitus on kovempaa, joten vaatimustaso XF3 luokassa on kovempi.

### Suolapakkaskestävä betoni XF2, XF4

Rakenteissa, jotka voivat jäätyä kosteana suolojen kanssa, betonin tulee olla suolapakkaskestävää. Tässä betoni on huokostettua, mutta lisäksi betonin rakenne on tiiviimpi, jotta se vastustaa suolojen haitallista vaikutusta. Suomessa suolapakkaskestäville betoneille on kehitetty oma P-luku betonityyppi. Suolapakkaskestävien betonien normaali käyttöalue ovat sillat. Myös talonrakennuksen kohteet, kuten portaat ja pysäköintilaatat ulkona (jäätymisenestoaineet) sekä laiturit meren rannoilla tulisi tehdä P-luku betoneilla. Kevyempi rasitus on yleensä pystyrakenteilla (XF2) ja raskaampi rasitus vaakarakenteilla (XF4).

### Pakkasbetonit

Pakkasbetoneilla tarkoitetaan betonia, joka kestää tuoreessa vaiheessa alle nollan asteen lämpötiloja vahingoittumatta. Yleensä pakkasbetonin pakkasraja on –15 °C. Pakkasbetonia käytetään tilanteissa, joissa betonia ei voida tai ei yritetä pitää yli nollan asteen lämpötiloissa, kuten usein saumavaluissa talvella. Pakkasbetoni valmistetaan yleensä lisääineella, joka estää betonin sisältävän veden haitallisen jäätyneen. Pakkasbetonia ei tule sekoittaa pakkasenkestävään betoniin, joka siis kestää kovettuneena jäätyneis- ja sulamissyklejä. Tosin pakkasbetonin voi olla pakkasenkestävää.

### Lujuuden- ja lämmönkehitys

Muottien ja tukien purku sekä punosten jännitysajankohdat edellyttävät hallittua lujuudenkehitystä. Betonin valinta lujuudenkehityksen suhteen riippuu rakenteen mitoista, olosuhteista, suojuksesta ja lisälämmityksestä. Usein ennakkosuunnittelussa käydään läpi työmaan muottikierto ja suojausmenetelmät sekä valitaan sopiva betonilaatu. Talvella käytetään rapid-betonilaatuja lujuudenkehityksen nopeuttamiseksi ja kesällä normaaliilatuja. Käyttämällä lämmönkehityksen laskentaojelmia tai kypsyyskäyriä voidaan arvioida lujuudenkehitystä. Myös jännitettävien rakenteiden osalta toimintaperiaate on sama.

### Massiivirakenteet

Massiivirakenteissa pyritään välttämään korkeita lämpötiloja (> 60 °C) ja suuria lämpötilaeroja rakenteen eri osissa. Massiivirakenteisiin valitaankin yleensä hidas ja karkea sementti tai betoni, jossa on kuonaa seosaineena sementin kanssa. Massiivirakenteissa kuonabetonilla saadaan alhainen maksimilämpö ja pienen lämpötilaerot oikealla suojuksella.

## Esimerkkejä betonivalinnoista, kun käyttöikä on 50 vuotta (RakMK B4, BY50).

Rakenne	Rasitusluokka	Betonin raja-arvot, suositeltava max rae ja notkeus
rakenteet kuivissa sisätiloissa	X0	Vaatimukset: • lujuusluokka $\geq$ K15 Suositus: • maksimi raekoko #16; notkeus S2 • normaali rakennebetoni K30
rakenteet kosteissa sisätiloissa	XC1	Vaatimukset: • lujuusluokka $\geq$ K25 • minimisementtimäärä 200 kg/m <sup>3</sup> Suositus: • maksimi raekoko #16; notkeus S2 • normaali rakennebetoni K30
perustukset (maan alla)	XC2	Vaatimukset: • lujuusluokka $\geq$ K30 • minimisementtimäärä 230 kg/m <sup>3</sup> Suositus: • maksimi raekoot #32, #16; notkeus S2 • normaali rakennebetoni K30 • sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan
sokkeli (sisäkuori, maan alla)	XC2	Vaatimukset: • lujuusluokka $\geq$ K30 • minimisementtimäärä 230 kg/m <sup>3</sup> Suositus: • maksimi raekoko #16; notkeus S2, S3 • normaali rakennebetoni K30 • sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan
sokkeli, ulkokuori (ei kloridirasitusta)	XC3,4; XF1	Vaatimukset: • lujuusluokka $\geq$ K35 • vesi-sementtisuhte $\leq$ 0.60 • F-luku $\geq$ 1.0 • minimisementtimäärä 270 kg/m <sup>3</sup> Suositus: • maksimi raekoko #16; notkeus S2, S3 • pakkaskestävä betonilaatu K35 (ilma 5–8 %) • sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan
sokkeli, ulkokuori (kloridirasitus)	XC3,4; XF2; XD1	Vaatimukset: • lujuusluokka $\geq$ K35 • vesi-sementtisuhte $\leq$ 0.55 • P-luku $\geq$ P25 • minimisementtimäärä 300 kg/m <sup>3</sup> Suositus: • maksimi raekoko #16; notkeus S2, S3 • P-luku betoni K35 P25 (ilma 5–8 %) • sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan
lattiat (kuiva lämmin sisätila)	X0	Vaatimukset: • lujuusluokka $\geq$ K15 Suositus: • maksimirakoot #16, #12, #10 (#8 vain silloin kun on pakko) • rakeisuuskäyrä hierrettävyyden mukaan • notkeus S3 • lattiabetoni K30 • tarvittaessa nopeasti kuivuva betonilaatu • talvi: nopea sementti/sideaine • kesä: hidas sementti/sideaine
laatta ulkona, parvekelaatta (voi jäätää märkänä)	XC4; XF3	Vaatimukset: • lujuusluokka $\geq$ K35 • vesi-sementtisuhte $\leq$ 0,50* • minimi sementtimäärä 300 kg/m <sup>3</sup> • F-luku $\geq$ 1.5

Rakenne	Rasitusluokka	Betonin raja-arvot, suositeltava max rae ja notkeus
väliseinä (kuiva lämmin sisätila)	XC0	<p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimiraekoot #32, #16, #12, #10</li> <li>• notkeus S3, S2</li> <li>• pakkasenkestävä lattiabetoni K40* (ilma 5–8 %)</li> <li>• talvi: nopea sementti/sideaine</li> <li>• kesä: hidas sementti/sideaine</li> </ul> <p>Vaatimukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lujuusluokka <math>\geq</math> K15</li> </ul> <p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimi raekoko #16; notkeus S3</li> <li>• normaali rakennebetoni K30</li> <li>• sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan</li> </ul>
ulkoseinä, parvekekaide (voi jäättyä märkänä)	XC3,4; XF1	<p>Vaatimukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lujuusluokka <math>\geq</math> K35</li> <li>• vesi-sementtisuhte <math>\leq</math> 0.60</li> <li>• minimisementtimäärä 270 kg/m<sup>3</sup></li> <li>• F-luku <math>\geq</math> 1.0</li> </ul> <p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimi raekoko #16; notkeus S3</li> <li>• pakkasenkestävä betoni K35</li> <li>• sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan</li> </ul>
välipohjat (kuiva lämmin sisätila)	XC0	<p>Vaatimukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lujuusluokka <math>\geq</math> K15</li> </ul> <p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimiraekoko #32; notkeus S2</li> <li>• normaali rakennebetoni K30</li> <li>• tarvittaessa nopeasti kuivuva betonilaatu</li> <li>• talvi: nopea sementti/sideaine</li> <li>• kesä: hidas sementti/sideaine</li> </ul>
pysäköintitilan laatta (kylmä tila, vähän liikennettä, ei suojausta)	XC3,4; XF2; XD2	<p>Vaatimukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lujuusluokka <math>\geq</math> K35</li> <li>• P-luku <math>\geq</math> P25</li> <li>• vesi/sementtisuhte <math>\leq</math> 0,55</li> <li>• minimi sementtimäärä 300 kg/m<sup>3</sup></li> </ul> <p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimiraekoko #32, #16, #12, #10</li> <li>• notkeus S3, S2</li> <li>• P-luku betoni K35 P25 (ilma 5–8 %)</li> <li>• sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan</li> </ul>
laituri makea vesi (ei suolata)	XC3,4; XF3	<p>Vaatimukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lujuusluokka <math>\geq</math> K35</li> <li>• F-luku <math>\geq</math> 1.5</li> <li>• vesi/sementtisuhte <math>\leq</math> 0,50*</li> <li>• minimi sementtimäärä 300 kg/m<sup>3</sup></li> </ul> <p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimiraekoko #32, #16; notkeus S2</li> <li>• pakkasenkestävä betoni K40* (ilma 5–8 %)</li> <li>• sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan</li> </ul>
laituri meren ranta (suolavesi)	XC3,4; XS3; XF4	<p>Vaatimukset:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lujuusluokka <math>\geq</math> K45</li> <li>• P-luku <math>\geq</math> P40</li> <li>• vesi/sementtisuhte <math>\leq</math> 0,45</li> <li>• minimi sementtimäärä 320 kg/m<sup>3</sup></li> </ul> <p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimiraekoko #32, #16; notkeus S3</li> <li>• p-luku betoni K45 P40 (ilma 5–7 %)</li> <li>• sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan</li> </ul>



Rakenne	Rasitusluokka	Betonin raja-arvot, suositeltava max rae ja notkeus
kemiallisesti rasitettu altaan seinät, pohja (ei pakkasrasitusta, pinnan alla)	XC2; XA2	Vaatimukset: <ul style="list-style-type: none"> <li>• lujuusluokka <math>\geq</math> K45</li> <li>• vesi/sementtisuuhde <math>\leq</math> 0,45*</li> <li>• minimi sementtimäärä 320 kg/m</li> </ul> Suositus: <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimirakekoko #16, #32</li> <li>• notkeus S3</li> <li>• esim. sulfaatinkestävä betoni K50* (sideaineet kemiallisen rasituksen mukaan)</li> <li>• sementtilaatu muottienpurkunopeuden mukaan</li> </ul>

\* v/s-suhde vaatimus vaikuttaa lujuusluokkaan

- minimisementtimäärät ovat tässä CEM I sementtiä, joksi käytettävä sementti on muutettava.
- Yleensä on käytettävä pumpattavuuden takia vähintään lujuusluokkaa K30.
- Pumppaus 3"/4" letkukoko → normaali suhteutus, #32/#16.
- Pumppaus 2"/2,5" letkukoko → hienompi suhteutus, pienempi max rakekoko.
- Sitoutuminen kesällä → normaali tai hidas sideainekombinaatio.
- Sitoutuminen talvella → nopea sementti, lämmitetty alusta, suojaus, lämmitys, (kuumabetoni).
- Massiivirakenne → hidas karkea sementti, kuonabetoni, matala betonin lämpötilä.

## Itsetiivistyvä betoni

Itsetiivistyvää betonia voidaan käyttää valukoh-teissa, joissa normaalia tiivistystä ei voida toteuttaa. Tyypillisiä kohteita ovat korkeat ohuet tiheästi raudoitetut seinät, korkeat pilarit ja erilaiset saneerausrakenteet. Itsetiivistyvällä betonilla saadaan myös korkealuokkaisia puhdas-valupintoja. Korkeat rakenteet voidaan valaa myös alhaalta ylös painealuna venttiilin kautta. Itsetiivistyvä betoni täyttää painovoiman avulla muotin valuen rästerän ja varausten ohii. Itsetiivistyvä betoni vaatii enemmän laadunvalvontaa ja työmaalla on tehtävä notkeuden mittauksia.

## Kuitubetonit

Teräskuitubetonin käyttö on lisääntynyt nopeasti ja se on saavuttanut suosiota erityisesti maanvaraisissa laatoissa. Kun raudoitus voidaan korvata osin tai kokonaan teräskuiduilla, nopeutuu rakennustyö ja joskus hankalien olosuhteiden raudoitustyö voidaan välttää. Teräskuitulaatuja on paljon, ja siksi teräskuitujen myyjät mitoittavat rakenteessa tarvittavan oman teräskuitunsa määrän. Betonin valmistaja sekoittaa valitun kuitutyyppin yleensä betoniaseamalla, jotta kuitujen sekoittuminen on tehokasta. Teräskuitubetonit ovat hieman työläämpiä työstää, joten massat ovat usein notkistettuja ja levitys sekä hieto on koneellistettu. Teräskuitubetonien käyttömäärä on tullut lisääntymään ja niille kehitetään uusia rakennesovelluksia. Muovikuitujen tyypillisiä käyttökohteita ovat laatat ja pintalattiat, jolloin niillä pyritään estämään plastista kutistumaa ja halkeilua. Hankalissa valuolosuhteissa (isot laatat, voimakas haihtuminen, pieni v/s-suhde) voi olla perusteltua vähentää halkeiluriskiä muovikuiduilla. Muovi- ja teräskuitujen käytölle betoniaseamalla on tärkeää annostelun automaattisuus, jolloin niiden käyttö ei hidasta tuotantoa ja on turvallista.

## Rakenteiden vaatimuksenmukaisuus

Betonirakenteiden kelpoisuus määritellään Suomessa vuoden 2004 jälkeen pääosin eurooppalaisten standardien perusteella (SFS-EN206-1 ja sen viitestandardit). (SFS EN-206). Euroopan yhteisön jäsenenä Suomessa tulee noudattaa rakennustuotedirektiiviin perustuvia eurooppalaisia standardeja. Kansallisia sovelluksia on lähinnä säilyvyyteen liittyvissä asioissa. Kaikissa hankkeissa tilaaja päättää, mitkä asiakirjat viranomaisvaatimusten lisäksi asetetaan työselityksissä betonirakenteen vaatimustasoiksi. Tarvittaessa asiakirjat tulee asettaa pätevyysjärjestykseen. Hankkeeseen osallistuvien tulee tietää, minkälaista laatua tavoitellaan ja miten laadun toteuttaminen arvioidaan.

Parhaillaan Suomessa eletään siirtymäaikaa ja vielä osin on päällekkäisiä ohjeita eurooppalaisissa standardeissa ja kansallisissa ohjeissa. Vaatimustasojen suhteen on siis syytä olla tarkkana. Vuoden 2010 jälkeen Suomessa noudetaan näillä näkymin sekä suunnittelussa että betonirakentamisessa eurooppalaisia standardeja täysimääräisesti. Eurokoodien ja EN 206-1 standardien sallimat kansalliset valinnat ovat ympäristöministeriön vahvistamissa kansallisissa liitteissä. Lähinnä säilyvyyden raja-arvoihin jää voimaan kansallisia arvoja.

Betonirakenteen kelpoisuuden arviointi riippuu rakenteen suunnittelukäyttöistä ja sen käyttöolosuhteista eli rasitusluokista. Näiden perusteella saadaan vaadittu laatu ja sen arviointimenetelmät. Normaali vaatimustaso (RakMK B4, BY50) riittää kaikkiin betonirakenteisiin ja lisävaatimuksia tarvitaan vain merkittävässä tai vaikeissa hankkeissa. Tällaisia



voivat olla esimerkiksi satamat, voimalaitokset tai isot tehtaات.

### **Viranomaisten perusvaatimustaso (RakMK B4), Betoninormi BY50**

Perusvaatimustaso löytyy rakennusmääräyскоoelmasta (RakMK B4), jonka sisältö on SFS EN-206:n mukainen. Usein käytetään työselityksissä perusvaatimustasona betoninormia BY50, joka sisältää melko kattavasti ohjeet betonirakenteen suunnitteluun, toteutukseen, materiaaleihin ja laadunarvosteluun. BY50 on Betoniyhdistyksen ohje, joten automaattisesti se ei ole vaatimustasona, mikäli sitä ei ole erikseen mainittu. Sisällöltään BY50 kattaa pääosin eurostandardin SFS EN-206 mutta on kattavampi ja ohjaavampi. BY50 lienee Suomessa yleisimmin käytetty laadunarviointiin ja kelpoisuuden toteamiseen. Betoninormi BY50:n vaatimustaso edustaa hyvää suomalaista betonirakenteen laatutasoa ja sen täyttäminen riittää viranomaisille.

### **Normaalia korkeampi vaatimustaso**

Normaalia korkeampia vaatimustasoja voi olla syytä kirjata betonirakenteille, joiden suunnittelukäyttöikätaivoite on pitkä (>100 vuotta), taloudellinen arvo on suuri tai turvallisuuteen liittyy suuria vaatimuksia. Tavoiteisiin pyritään silloin normaalia kovemmilla vaatimuksilla ja tiheimmillä testauksilla tai eri testausmenetmillä. Käytännössä päällekkäisiä testauksia on syytä välttää, koska eri menetelmät antavat eritasoisia tuloksia. Normaalia korkeammat vaatimustasot tulisi perustaa käytännön kokemuksen tai esitestauksilla saatuihin tuloksiin.

### **Muut ohjeet**

RakMK B4:n ja Betoninormien BY50 lisäksi Suomessa on joukko yleisesti käytettyjä ohjekirjoja, jotka muodostavat työselitykseen kirjoitettuna vaatimustasojen rungon. Tiehallinnon hankkeissa (sillat) käytetään ohjeita SYL3 ja siltabetonien P-luku menettely. Muita yleisesti käytettäviä ohjeita ovat muun muassa lattiatbetoni-ohjeet BY45, pinnoitusohjeet BY40. Betonin testausstandardit ovat kaikki pakollisia eurooppalaisia standardeja Suomessa ja betonitestaukset tulee tehdä niiden mukaisesti, jotta testaukset ovat päteviä. Työselitykseen voidaan lisäksi kirjata erillisiä kohdekohtaisia vaatimuksia, jotka on siten toteutettava.

## **Betonin vaatimuksenmukaisuuden toteaminen**

Yleensä vaatimuksenmukaisuus arvioidaan sekä tuoreesta että kovettuneesta betonista ja säilyvyyden suhteen myös joskus annospurttin tiedoilla (maksimi v/s-suhde, minimisementtimäärä).

### **a) Tuoreen betonin vaatimuksenmukaisuus**

Tuoreen betonin kelpoisuus määritellään lähinnä betonimassan notkeuden ja ilmamäärän perusteella. Kaikki betonin eurooppalaiset testausstandardit ovat pakollisia eli niitä on käytettävä. Standardit asettavat ohjeistuksen siitä milloin, miten ja missä kokee tehdään. Betonitestaukset edellyttävät usein sopivaa laboratoriotilaa, jotta kokeet voidaan tehdä oikeissa olosuhteissa. Testauksen tarkalla ohjeistuksella varmistetaan tulosten oikeellisuus.

Eurostandardien mukaan betonikuorman saapessa työmaalle kuormakirja tarkistetaan ja todetaan onko saapunut betonilaatu oikea. Samalla arvioidaan betonin notkeustaso kuorman purkamisen yhteydessä. Säänkestävällä betonilla ilmamäärä tarkastetaan tuoreesta betonista normin mukaisella näytteellä normin mukaisella testaustihedellä. Lämpötila mitataan muiden mittauksen ohella. Mikäli betonissa ei kuorman purkamisen yhteydessä havaita poikkeamia tilastusta laatutasosta, on betonikuorman vaatimuksenmukaisuus todettu. Yleensä tuoreen betonin testaukset tehdään betoniagemalla myös koe-kappaleen teon yhteydessä.

### **Notkeus**

Työstettyävystavoite annetaan joko notkeusluokkana tai notkeuden tavoitearvona (mm). Mittausmenetelmät Suomessa ovat lähinnä painuma ja leviamä. Notkeuden kelpoisuus arvioidaan standardin SFS EN-206 mukaisesti. Betonilaadun notkeusluokka tilauksessa valitaan työmaan valutavan perusteella tai tärkeimmissä kohteissa työselityksen perusteella. Notkeusluokille (S1, S2, S3, S4, S5) on SFS EN-206:ssa annettu vaihteluväli, johon painuma-arvo tulisi mittaauksissa asettua.

Massan notkeus voidaan mitata työmaalla, mutta painuma mitataan yleensä asemalla ja notkeus tähdätään hieman korkeammaksi, jotta se on työmaalla sopivaa tasoa. Standardi sallii myös tietyn määrän pieniä poikkeamia tavoitenotkeusvälistä. Notkeus mitataan lujuuskoe-kappaleiden teon ja ilmamäärän mittauksen yhteydessä tai silloin, jos notkeustasoa on syytä epäillä virheelliseksi. Vastaavasti toimitaan leviamäärävoilla. Rakenteen laadun kannalta painuma-arvoa tärkeämpää on saada betoni tiivistettyä hyvin. Jäykkä betoni vaatii enemmän tiivistystehoa ja notkea vähemmän.

### **Ilmamäärä**

Ilmamäärä mitataan yleensä betoniasemalla ja joissakin tapauksissa työmaalla. Ilmamäärän kelpoisuus arvioidaan RakMK B4:n tai BY50:n mukaisesti. Ilmamäärälle asetetaan yleensä vähimmäisarvo betoniaseman omien kovettuneen betonin hyväksytytjen pakkaskokeiden perusteella. Tästä raja-arvosta ilmamäärä saa alittua 0,5 % tai ylittyä 4 %. Normi BY50 asettaa lisäksi

raja-arvon ilmamäärän minimi- ja maksimiarvoille. Mittausväli on annettu betoninormissa RakMK B4:ssä ja BY50, koska säilyvyys on kansallinen kysymys. Käytännössä mittaus tehdään usein betoniasemalla, koska työmaalla ei ole tarvittavaa kalustoa tai mittaustilaa. Siltojen suhteen vaatimukset on esitetty SYL3:ssa. Ilmamäärän perusteella tarkastellaan P-luku betonien kelpoisuutta siltatyömaalla P-luku laskelmin, joissa vaaditun P-arvon tulee täyttyä. Ennakkokokeina ja vuosittaisina tasokokeina tehdään kovettuneen betonin huokosjakokokeita tai varsinaisia pakkaskokeita. Ilmamäärän perusteella tarkastellaan P-luku betonien kelpoisuutta siltatyömaalla P-luku laskelmin, joissa vaaditun P-arvon tulee täyttyä. Ennakkokokeina ja vuosittaisina tasokokeina tehdään kovettuneen betonin huokosjakokokeita tai varsinaisia pakkaskokeita.

### Lämpötila

Tuoreelle betonille voidaan asettaa vaatimuksia myös lämpötilan suhteen (kuumabetoni). Lämpötilamittausten tulee täyttää asetetut standardin ja työselityksen vaatimukset sallitulle vaihteluvälille.

### b) Kovettuneen betonin vaatimuksenmukaisuus

Betonin vaatimuksenmukaisuuden arvioinnissa tärkein ominaisuus on puristuslujuus. Tuoreesta betonista otetuista standardinmukaisista betoninäytteistä tehdään koekappaleita näyttötoentosuunnitelman mukaisesti. Yleensä SFS EN-206:n mukainen näytteenottoväli on riittävä. Siinä jatkuvalla tuotannolle (valmistus jatkunut pitkään) on hieman pidemmät näytteenottovälit kuin alkutuotannolle.

Koekappaletyyppi on betonivalmistajan päätettävissä ja Suomessa käytetään sekä kuutiota että lieriötä. Koekappaleet on tehtävä eurostandardin SFS EN-12350-3 mukaisesti. Betonin lujuuskoekappaleet voidaan SFS EN-206:n mukaan tehdä betoniasemalla. Mikäli betonimassaan lisätään lisäaineita työmaalla siten, että betonin laatu muuttuu tunnetusta, koekappaleet tulee tehdä työmaalla. On syytä huomata, että koekappaleet, joita ei ole tehty eurotestausstandardien mukaan eivät ole kelvollisia vaatimuksenmukaisuuden arviointiin.

### Betoniperheet

Rakennuspiirustuksissa annetun nimellislujuuden toteutumisen arvioidaan vaatimuksenmukaisuuslaskelmin, joiden perusta on standardissa SFS-EN 206. Kelpoisuus voidaan osoittaa joko yksittäisenä betonilaatuna tai betoniperheenä, jossa on useita yksittäisiä laatuja. Eurostandardin ideana on muodostaa saman raaka-ainepohjan betoniresepteistä oma ryhmä, jonka edustajana on esimerkiksi yleisin betonilaatu.

Jos yleisin betonilaatu on esimerkiksi K30, kaikki muut lujuusluokat muutetaan vastaamaan lujuustasoa K30. Puristuslujuudelle on olemassa kolme kriteeriä, jotka betonilaadun ja perheen on täytettävä.

Betoniperheen kelpoisuus voidaan arvostella halutulla aikavälillä, kunhan se on vuotta lyhyempi. Yleensä arvosteluväli on muutama kuukausi. Käytännössä eurostandardin betoniperhe laadunarvostelu pyrkii ohjaamaan betonin laadun Euroopassa ja sen toimivuus on siten todettua. Betoniperhe ajattelussa näytteenotto tehdään määrätyn välein kaikista betonilaaduista. Eniten valmistettua testataan kuitenkin eniten.

Betonin tilaajalle SFS EN-206:n mukainen lujuuden laadunarvostelu ei anna enää lujuusluokka- ja betonilaatukohtaista laaturaporttia. Käytännössä betonitehtaat seuraavat laatua itsenäisesti ja kolmannen osapuolen tekemä tarkastus varmistaa laadunvalvonnan. Mikäli laadussa on poikkeamia, tekevät tehtaat työmaille ja valvontaelimelle vajaalaatuilmoituksen. Työmaat eivät siis enää saa erillisiä lujuusraportteja vaan laatu on riittävä, jos vajaalaatuilmoitusta ei tule. Erikseen betoniperheistä poimittuja betonilaadun lujuustuloksia ei voida käyttää betonin kelpoisuuden arviointiin, vaan se tulee tehdä betoniperheen kautta, jos tehtaan laadunvalvonta on näin suunniteltu. Käytännössä SFS EN-206 on lisännyt hiukan betonilaatujen varmuustasoa, sillä betoniperheen hajonta on usein yksittäistä laatua suurempi, joten myös ylilujuustasoa on pidettävä korkeampana.

### Pakkasenkestävyys

Pakkasenkestävyyden mittausmenetelmiä tuoreesta betonista ovat ilmamäärän mittaus tai air void analyzer (AVA). Kovettuneesta betonista mittaus tehdään huokosjaolla, laattakokeella (Borås-koee makealla vedellä) tai jäädytys-sulatuskokeella. Pakkaskestävyys kuuluu eurostandardin kansallisesti päätettäviin asioihin, joten suomalaiset kriteerit löytyvät joko RakMK B4:stä tai BY50:stä. Pakkaskestävyyden vaatimuksenmukaisuuden arviointi riippuu sekä rasitusluokasta (XF1/XF3) että käyttöiästä (50/100 vuotta). Normaalisti pakkasenkestävyys edellyttää säännöllisesti tehtyjä ilmamäärämittauksia tuoreesta betonista sekä vuosittain tehtäviä kovettuneen betonin pakkasenkestävyyskokeita. Varsinaisten pakkasenkestävyyskokeiden testaustiheys riippuu käyttöiästä. Vuosittain tehtävillä kovettuneen betonin kokeilla tarkastetaan, että betonisuhteutuksen pakkasenkestävyys toimii halutulla ilmamäärätasolla. Tuoreen betonin ilmamäärän seurannalla päivittäin varmistetaan, että betonisuhteutuk-

sen ilmamäärä ja siten pakkasenkestävyys säilyy läpi vuoden.

### Suolapakkaskestävyys

Mittausmenetelmiä ovat varsinaisesti P-luku laskenta-arvon seuranta ja kovettuneen betonin laattakoe suolavedellä. Alkutestauksessa voidaan käyttää myös huokosjakoa. P-luvun laskennassa seurataan P-luku arvoa vesi-sementtisuhteen ja ilmamäärän mittaustietojen perusteella. P-luku menetelmä on suomalainen menetelmällä, jota ei ole muualla käytössä. Menetelmä on Tiehallinnon kehittämä ja otettu käyttöön silloissa. Myöhemmin menetelmä on otettu käyttöön myös talonrakennukseen. Vaatimustenmukaisuuden periaate on sama kuin pakkasenkestävyydessä. Kovettuneen betonin ennakkokokein (huokosjako, Boräs-koe) varmistetaan reseptin toimivuus, ja sen jälkeen reseptitiedoin ja ilmamäärämittauksin varmistetaan riittävä suolapakkaskestävyys.

Tuoreen betonin ilmamäärämittauksista, sideainemääristä ja vesimäärästä lasketaan P-luku kaavalla P-luku arvo, joka kertoo täytyykö vaatimustas. Jokaiselle rakenteelle on suunnitteluvaiheessa annettava tavoite P-luku arvo, johon tuotannossa pyritään. Mikäli laskettu P-luku arvo, ylittää tavoitteen on betoni vaatimuksenmukaista. Tiehallinnon ohjeessa ”siltabetonien P-lukumenetely” on vaatimustasot silloille. Betoninormi BY50 asettaa talonrakennuksen betonirakenteille 50 vuoden käyttöiässä P-luku arvon P25 rasitusluokassa XF2 ja P40 rasitusluokassa XF4. P-luku arvon lisäksi voidaan vaatimustenmukaisuus todistaa laattakokeella (suolavesi), jolloin kovettuneen betonin rapautuma ei saa ylittää sallittuja raja-arvoja, jotka on annettu Siltabetonien P-lukumenetely-ohjeessa tai RakMK B4:ssä käyttöänsä mukaan.

### Vesitiiveys

Vesitiiveys mitataan kovettuneesta betonista vedenpainetunkeuma-kokeella. Vesitiiveys arvioidaan suunnittelijan antaman tavoitearvon perusteella. Eurostandardi SFS EN-206 määrittelee kokeen sekä testausstandardi (SFS-EN 12390-8) testimenetelmän. Normaalisti Suomessa on käytetty vesitiiveyden tavoitearvoa 100 mm, joka tarkoittaa, että painekäsittelyssä vesi tunkeutuu korkeintaan 100 mm betonipinnan sisään. Koe tehdään yleensä etukäteen käytettävällä reseptillä tai ennakkokokeina heikoimmalla reseptillä (vähiten sideainetta). Normaalisti vesitiiveys ei ole ongelma yli K35 betonilaaduilla, vaan vain silloin kun käytetään alhaista lujuusluokkaa sekä karkeaa sementtiä tai pientä sideainemäärää.

### Annostiedot

Erityisesti säilyvyyden suhteen voidaan seurata vaatimustenmukaisuuden toteutumista myös

annostiedoista. Lähinnä kyseessä on maksimi vesi-sementtisuhteen toteutumisen seuranta tai minimisementtimäärien seuranta. Tavoitteena on varmistaa että rasitusluokkien raja-arvot eivät ylitä. Tarkistus voidaan tehdä toteutuneen betonikuorman annosprinteistä.

### Puristuslujuus

Kovettuneen betonin vaatimuksenmukaisuus todetaan puristuslujuuskoekappaleilla joko betonilaaduittain tai betoniperhe periaatteella. Lujuustason tulee täyttää laadunarvostelujakson aikana kolme kriteeriä, jotka ovat jatkuvalle tuotannolle:

- yksittäinen testatulostulos:  $\geq K-4$ ,
- yksittäisen laadun kuuluminen betoniperheeseen:  $\geq K+1,48 \times$  otoskeskihajonta
- betoniperheen kaikkien muunnettujen lujuustulosten vertailubetonin keskiarvo:  $\geq K+1,48 \times$  keskihajonta.

Mikäli laatuavoitteet täyttyvät, ei erillisiä lujuusraportteja työmaille lähetetä vaan kolmannen osapuolen sertifioitu tarkastuselin tarkastaa tehtaiden tuotannon tuotannon vuosittain ja toteaa laadun täyttyneen.

### Rakennekoekappaleet

Mikäli todetaan, että betonin vaatimuksenmukaisuus ei toteudu, saa työmaa siitä ilmoituksen. Joskus myös työmaalla voidaan havaita valmiissa rakenteissa puutteita, joiden perusteella voi olla syytä epäillä betonin laatua. Tällöin voidaan tehdä testauksia valmiista betonirakenteesta. Eri menetelmille lujuuden testauksen rakenteesta löytyy omat eurooppalaiset testausstandardit. Betonia rikkomattomana testausmenetelmän voidaan käyttää kimmovasaraa. Normaalisti rakenteesta porataan koelieriöitä lujuuden tai pakkasenkestävyyden varmistamiseksi. Näistä voidaan määrittää puristuslujuus tai tehdä mikroskopiautkimuksia esimerkiksi tasalaatuisuuden, mikrohalkeilun tai huokosjaon selvittämiseksi. Eurooppalaisista standardeista löytyy ohjeet vaatimustenmukaisuuden raja-arvoille rakennekoekappaleille ja hyväksymismenettelyille lujuuden suhteen. RakMK B4:ssä ja BY50:ssä raja-arvot säilyvyyden suhteen.

On muistettava että käytettäessä rakennekoekappaleita selvitetään aina betonirakenteen kelpoisuutta. SFS EN-206:n mukaan rakennekoekappaleilla ei normaalisti selvitetä toimitetun betonin kelpoisuutta tai sen laatuosaa. Tämä johtuu siitä, että käytännössä betonirakenteen laatuun vaikuttavat paljon valuolosuhteet, betonin siirrot, tiivistysteho, jälkihoito ja kovettuvan betonin lämmönkehitystaso. Rakenteesta otetut koekappaleet eivät siten suoraan voi kuvata toimitetun betonin laatua. Eri tekijöiden merkitys rakenteen laatuun tulee arvioida erikseen rakennekoekappaleiden pohjalta.