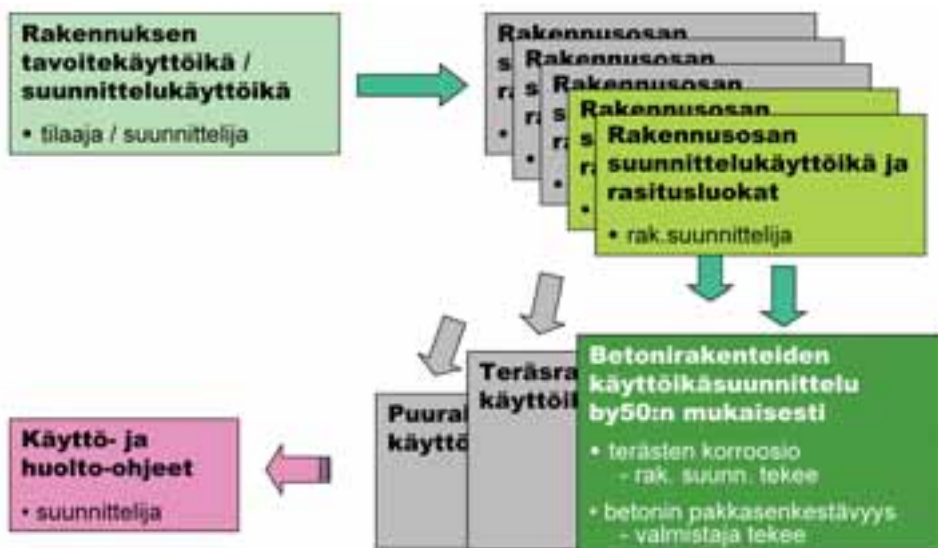


# KESKUSTELUA KÄYTTÖKÄMITOITUKSESTA

Jouni Punkki, tekniikan tohtori, elinkaari-insinööri,  
Parma Oy

Suunnittelijan kommentit:  
Tapio Aho, diplomi-insinööri,  
Insinööritoimisto Magnus Malmberg Oy



1

Suomessa 1.1.2005 käyttöön otetussa Rakennusmääräyskokoelman osassa B4 (Betonirakenteet, ohjeet) edellytetään kantavilta betonirakenteilta käyttöikäsuunnittelua. Piirustuksissa on esitettävä rakenteen suunnittelukäyttöikä (RakMK B4, 2004. kpl 1.3.2) ja "Jos rakenteen suunnittelukäyttöikä on yli 50 vuotta, tai muuten niin sovittaessa, osoitetaan rakenteen säilyvyys yleisesti hyväksytyllä tavalla" (RakMK B4, 2004. kpl 6.3.4). Betoniyhdistyksen julkaisussa by50, Betoninormit 2005 on esitetty yleisesti hyväksytty menetelmä käyttöikämitoitukseen (by50, Liite 4).

Käyttöikäsuunnittelun edellyttäminen normitavoilla on useammassakin suhteessa uraauurtavaa. Vastaava vaatimusta ei ole asetettu muille rakennusmateriaaleille Suomessa eikä muualla maailmalla. Normiuudistuksen taustalla ollut eurooppalaisen betonistandardin (SFS-EN 206-1) käyttöönotto ei edellyttänyt tämän kaltaista käyttöikäsuunnittelua, vaan valinta on ollut betoninormia valmistelleen kotimaisen työryhmän.

1

Rakennuksen käyttöikäsuunnittelun proseduuri.

2

Esimerkki käyttöiän jakautumakäyrästä. Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

## KANSALLISET LISÄVAATIMUKSET JA EUROOPPALAINEN STANDARDINTI

Yhtenäisen eurooppalaisen standardoinnin tavoitteena poistaa kaupan esteitä Euroopan sisämarkkinoilta. Siinä valossa kansalliset menetelmät esimerkiksi käyttöikäsuunnitteluun eivät ole pelkästään positiivinen asia. On toki hyväksyttävä, että esim. rakennusmateriaalien säilyvyyteen liittyvät määräykset voivat olla erilaiset eri puolilla Eurooppaan. Kuitenkin menetelmät tulisivat olla mahdollisimman yhtenevät, kansalliset olosuhteet tulisi ottaa huomioon kansallisissa liitteissä esitetyissä vaatimuksissa.

Suomalainen betonirakentaminen on tietoisesti ottanut edelläkävijän roolin käyttöikäsuunnittelussa ja siinä roolissa vaaditaan herkkää silmää myös eurooppalaisen standardoinnin kehittymisen suuntaan. Suomalaisenkin menetelmän taustalla ollut käyttöikäsuunnittelua käsittelevä standardisarja ISO 15686 on päivitettyinä ja lisäksi fib on julkaissut mallikoodin /1/. Näistä kumpikaan ei kuitenkaan ole niin käytännölläheisellä tasolla, että ne mahdollistaisivat by50:n kaltaisen jokapäiväisessä suunnittelijatyössä tehtävän betonirakenteiden käyttöikämitoituksen. Näin ollen vielä jatkossakin tarvitsemme kansallisen menetelmän käyttöikäsuunnitteluun.

Suomalaista menetelmää edelleen kehitettäessä tulisi kuitenkin ottaa nykyistä tarkemmin huomioon

ISO 15686 standardeissa esitetyt periaatteet. Näin varmistettaisiin menetelmien yhteensopivuus tulevaisuudessa. Samoin Suomen kokemukset tulisi hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti eurooppalaisessa standardoinnissa.

## BETONIRAKENTEIDEN SÄILYVYYSVAATIMUSTEN EUROOPPALAINEN VERTAILU

CEN/TC 104 on tehnyt seikkaperäiset vertailut eri maiden EN 206-1 standardissa esitetyistä vaatimuksista /2/. Suomen voidaan todeta olevan keskiluokkaa useammassa vaatimuksissa, äärimmäisyyksiä Suomi edustaa mm. seuraavien vaatimusten osalta:

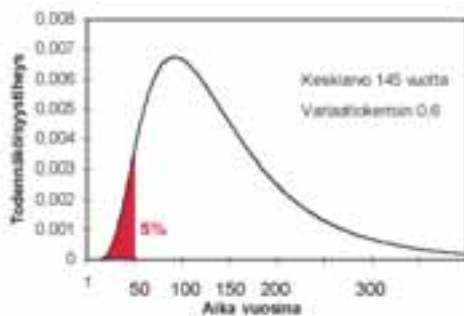
- Suomessa ei ole asetettu vaatimuksia vesisementtisuhteelle rasitusluokissa XC
- Pakkaskestävyyden vaatimukset ovat Suomessa muita maita tiukemmat

XC-rasitusluokissa betonin omaisuudet otetaan Suomessa huomioon betonin puristuslujuuden avulla, ei vesi-sementtisuhteen avulla niin kuin muissa Euroopan maissa. Tähän on ollut syynä betonin karbonatisoitumiseen liittyvät aikaisemmat suomalaiset tutkimukset, jotka on tehty käyttäen nimenomaan puristuslujuutta muuttujana. Vesi-sementtisuhte on kuitenkin teoreettisesti paljon parempi kriteeri ja suomalaisia vaatimuksia päivitetäessä tulisikin siirtyä käyttämään vesi-sementtisuhdetta ensisijaisena kriteerinä.

Betonin pakkasenkestävyyteen liittyvissä vaatimuksissa Suomi on jo pidempään ollut aivan omalla linjallaan. Erityisesti pakkasrasitus ilman kloridirasitusta (rasitusluokat XF1 ja XF3) edellyttää Suomessa betonin koostumukselta sekä testaukselta selkeästi enemmän kuin esim. Ruotsissa tai Norjassa. Suomen muista poikkeava suhtautuminen pakkasenkestävyyteen selittynee enemmän historiallisilla ja kulttuurillisilla syillä kuin puhtaasti teknisillä syillä. Suomessa ollaan kuitenkin ymmärtääkseni varsin laajasti nykykäytännön takana ja siten ei lie mitään syytä lähteä lieventämään vaatimustasoa muun Euroopan tasolle. Testausmenetelmien osalta on olemassa selkeää päivitystarvetta ja lisätietoa saadaankin lähiaikoina alkavassa kansallisessa Durafield-projektissa.

## KOKEMUKSIA KÄYTTÖKÄSUUNNITTELUSTA

Reilun kahden vuoden aikana saadut kokemukset käyttöikäsuunnittelusta ovat olleet pääosin myön-



2

teisiä, toki kehitettäväkin on. Seuraavassa on pyritty ryhmittelemään käyttöikäsuunnitteluun liittyviä ongelmia ja kehitystarpeita.

### 1. Käyttöikäsuunnittelun proseduuri

Kronologisesti käyttöikäsuunnittelu etenee niin, että ensin valitaan koko rakennuksen suunnittelukäyttöikä ja tämän jälkeen merkittävien rakennosien suunnittelukäyttöiät. Rakennosien käyttöiät voivat olla lyhyempiä tai pidempiä kuin koko rakennuksen suunnittelukäyttöikä riippuen kunkin rakennusosan vaurion kriittisyydestä sekä rakennusosan korjattavuudesta tai vaihdettavuudesta.

Nykyiset määräykset eivät kuitenkaan edellytä koko rakennuksen ja kaikkien rakennusosien käyttöikäsuunnittelua, ainoastaan betonirakenteille tulee määrittää suunnittelukäyttöikä. Näin suunnittelijalla voi olla varsin puutteelliset lähtökohdat betonirakenteiden käyttöikäsuunnitteluun. Lähiajan tavoitteena olisikin käyttöikäsuunnittelun saaminen mukaan suunnitteluprosessiin kaikkien materiaalien osalta ja lisäksi rakennuksen suunnittelukäyttöikä tulisi vaatia kaikkien rakennusten osalta. Lisäksi suunnittelijat tarvitsevat lisätietoa eri rakennusosien käyttöiän valinnasta.

### 2. Käyttöiän valinta

Betonirakenteille voidaan valita 50 – 200 vuoden suunnittelukäyttöikä. Käyttöikäsuunnittelun tarkkuus on rajallinen ja siten käytännössä tulisi valita 50, 100 tai 200 vuoden käyttöikä, väliarvot tuskin ovat tarpeellisia. Rakennusten osalta käytännössä voisi olla kolme tasoa: Normaali (50 v), Premium-taso (100 v) sekä lähinnä monumentaalirakennuksissa käytettävä erikoistaso (200 v).

Rakennusten käyttöiän valinta on osoittautunut jossain määrin ongelmalliseksi, normaali 50 vuoden

käyttöikä tuntuu monelle turhan vaatimattomalle. Perusongelmana lienee käyttöiän määrittelyn puutteellinen ymmärrys. Suunnittelukäyttöikä määritellään ajanjaksoksi, jonka ajan rakenteen ominaisuudet säilyvät rakenteelta vaadittavalla tasolla edellyttäen, että sitä pidetään asianmukaisesti kunnossa. Varmuustasona on normaalisti 95%. Käytännössä esimerkiksi suunnittelukäyttöiän ollessa 50 vuotta, 5% kyseistä komponenteista todennäköisesti vaurioituu ennen 50 ikävuottaan, puolet kestävä lähes 150 vuotta ja pitkäikäisimmät kestävä noin 300 vuotta. Lisäksi on muistettava, että rakennuksen käyttökelpoisuus ei pääty rakennuksen suunnittelukäyttöiän täytyttyä. Rakennuksen käyttöä jatketaan korjaamalla tai vaihtamalla käyttöikänsä päähän päässeitä rakennusosia. Eli vaikka rakennuksen käyttöikäksi ilmoitetaan esimerkiksi 50 vuotta, rakennusta voidaan haluttaessa käyttää 200 tai vaikkapa 500 vuotta.

Lähtökohtaisesti valtaosa (esim. noin 95%) rakennuksista tulisi suunnitella 50 vuoden käyttöiälle. 100 vuoden käyttöikä on jo erikoistapaus ja voisi käsittää noin 5% rakennuksista. 200 vuoden käyttöikä tulisi rajoittaa lähinnä vain monumentaalisiin rakennuksiin ja siten niiden osuus rakennuskannasta olisi käytännössä luokkaa 1%.

Nykyisellään havaitaan jossain määrin turhaa käyttöiän ylimitoitusta, esimerkiksi varastorakennus ja sen kantavat rakenteen saatetaan mitoittaa 100 vuoden käyttöiälle. Periaatteessa tämä toki on aivan hyväksyttävä toimenpide, mutta toisaalta tulisi pidättäytyä 50 vuoden suunnittelukäyttöiässä, jolle pidemmälle käyttöiälle ole perusteltuja syitä. Ja kun valitaan pidempi suunnittelukäyttöikä, tulisi hankkeen kaikkien osapuolten tiedostaa pidemmän käyttöiän valinnan kaikki taloudelliset vaikutukset. On muistettava että käyttöiän ylimitoittaminen on sekä raha- että luonnontalouden kannalta epätaloudellista,

Tapio Aho:

*Käyttöikä käsitteenä ja suunnittelutavoitteena vaa-  
dittu käyttöikä ovat uusia asioita ja siksi käytännöt  
ovat vielä kirjavia. Käyttöikä mielletään tarkaksi ra-  
kennuksen iäksi, jonka jälkeen käsissä on jätettä.  
Esimerkiksi Olkiluodon rakenteilla olevan ydinvoim-  
alan betonirakenteiden käyttöikäksi on määritelty  
65 vuotta. Rakennuttajan vaatimus on 60 vuotta ja  
toimittaja on huomionnut sen päälle rakennusajan 5  
vuotta. Toinen esimerkki on toimistorakennuksesta  
jossa rakennuttaja katsoi, ettei 100 vuotta ole riit-*

*tävä käyttöikä kyseiselle kiinteistölle, riittäväksi  
suunnittelukäyttöikäksi katsottiin 120 vuotta.*

### 3. Rasisluokkien valinta

Rasisluokkien valinta on suunnittelijan vastuulla ja valinta ei läheskään aina ole yksikäsitteisen selvä. Rasisluokkien osalta tulisi pyrkiä valitsemaan mahdollisimman oikeat rasisluokat. Jos halutaan kasvattaa varmuustasoa, se tulisi tehdä mieluummin suunnittelukäyttöiän avulla kuin rasisluokkia kiristämällä. Varmuustason kasvattaminen suunnittelukäyttöiän avulla on sekä useimmiten kyseenalaista. Suunnittelussa tulisi pyrkiä optimointiin, ei maksimointiin. Piakkoin ilmestyvä by51, Rasisluokkaohje, antaa toivottavasti suunnittelijoiden tarvitsemaa lisätietoa rasisluokkien valintaan.

Tapio Aho:

*Suunnittelijat eivät mielestäni pyri käyttöiän maksi-  
mointiin vaan pikemminkin huonojen kokemusten  
ansiosta yrittävät tehdä valintoja joilla tavoite saa-  
vutettaisiin luotettavasti, huomioiden käytännössä  
työmailla toteutuva rakentamisen laatu, joka oman  
kokemukseni perusteella on hyvin usein ihan jotain  
muuta kuin ohjeiden mukaan pitäisi olla.*

### 4. Osapuolten tehtävät käyttöikäsuunnittelussa

Osapuolten tehtävät on määritelty varsin selkeästi uudessa betoninormissa. Suunnittelija määrittelee millaisiin olosuhteisiin rakenne joutuu samoin kuin kuinka kauan sen tarvitsee siellä kestää. Eli käytännössä suunnittelija valitsee rakenteiden rasisluokat sekä suunnittelukäyttöiät. Terästen korroosioon liittyvien rasisluokkien (XC, XD ja XS) osalta suunnittelija joutuu joka tapauksessa valitsemaan terästen betonipeitteen ja betonin lujuuden ja siten suunnittelija tekee käyttöikäsuunnittelun kokonaisuudessaan e.m. rasisluokkien osalta.

Pakkasenkestävyyden sekä myös kemiallisen rasisluokituksen osalta (rasisluokat XF ja XA) suunnittelijan tehtävänä on määrittää rasisluokat ja suunnittelukäyttöikä ja betonin valmistaja valitsee betonin koostumuksen sekä käytettävän testausmenetelmän pakkasenkestävyyden toteamiseksi. Näin betonin valmistajalla on myös vastuu betonin pakkasenkestävyyden varmistamisesta. Teollisuudessa on toivomus, että tässä roolijaossa myös pysyttäisiin aivan erikoistapauksia lukuun ottamatta. Suunnittelijan esittämät ylimääräiset vaatimuksen esimerkiksi testausmenetelmien suhteen vain harvoin parantavat betonin pakkasenkestävyyttä, mutta ai-

### Suunnittelijan ja betonin valmistajan tehtävät

Rasitusluokkaryhmä	Rasitusluokka	Suunn.käyttöikä	Lujuusluokka	Betoni- peite	Halkeamien maksimileveys	Kivianneksen ylinimerisraja	Sementtityyppi	v/s-suhde	Betoni- ilmamäärä	Testausmenetelmä	Pakkasenkestävyys
X0	S	S	S	S	S	S	B	B <sup>1</sup>			
XC	S	S	S	S	S	S	B	B <sup>1</sup>			
XD	S	S	S	S	S	S	B	S			
XS	S	S	S	S	S	S	B	S			
XF	S	S	S	S	S	S	B	B	B		B
XA	S	S	S	S	S	S	B	B			

<sup>1</sup> XD- ja XC-luokissa betonille ei aseteta vaatimusta vesi-sementtisuhteelle, mutta valmistajan on tiedettävä ja pyynnöstä asiakkaalle ilmoitettava vesi-sementtisuhteen tavoitearvo myös näissä rasitusluokissa.

3

Osapuolten tehtävät käyttöikäsuunnittelussa eri rasitusluokissa. Vihreällä on merkitty suunnittelijan tehtävät ja punaisella betonin valmistajan tehtävät.

heuttavat yleensä turhia lisäkustannuksia. Betonin valmistaja tietää parhaiten miten käytössä olevilla raaka-aineilla betonin pakkasenkestävyys voidaan varmistaa.

#### Tapio Aho:

*Betonivalmistajien kyky ottaa huomioon säilyvyysvaatimukset vaihtelee varsin laajalti. Olen usein tavannut betonitoimittajia, joilla on oma paikkakunta-kohtainen "kulttuuri" toimintatavoissaan. Suunnittelijat tietävät tämän ja yrittävät siksi "vahitia", että asiat varmasti tulisivat tehdyksi ohjeiden mukaan. Siitä taas saattaa syntyä käsitys, että suunnittelija ei pysy omissa karsinassaan.*

#### 5. Käyttöikäsuunnittelun kaksi menetelmää

Betoninormit tarjoavat kaksi tapaa käyttöikämitoitukseen. Yksinkertaisella taulukkomitoituksella voidaan mitoittaa rakenteet kaikissa rasitusluokissa. By 50:n taulukoista 4.7 ja 4.8 saadaan betonin koostumuksen ja ominaisuuksien raja-arvot, kun suunnittelukäyttöikä on 50 tai 100 vuotta. Taulukkomitointia käytettäessä betonipeitteen vähimmäisarvo saadaan taulukosta 2.17. Taulukkomitointi on yksinkertainen menetelmä, mutta ei mahdollista optimointia. Menetelmä onkin käyttökelpoinen lähinnä vain, jos betonirakenteen puristuslujuus on lähellä taulukkojen 4.7 tai 4.8 minimitasoa.

Muussa tapauksessa menetelmä johtaa helposti tarpeettomaan ja hallitsemattomaan käyttöiän ylimitoitukseen.

Tavallisimpia rasitusluokkayhdistelmiä varten on kehitetty tarkemmat käyttöiän mitoitusmenetelmät. Ulkorakenteet ilman pakkasuolarasitusta voidaan tehokkaasti mitoittaa laskennallisella mitoituksella (by50: Liite 4). Pakkassuolarasitettujen betonien pakkasenkestävyys mitoitetaan tutulla P-lukuun perustuvalla menetelmällä. XD- ja XS-rasitusluokissa betonipeitettä voidaan pienentää alentamalla betonin vesi-sementtisuhdetta. Käytettäessä laskennallista mitoitusta tai XD- ja XS-luokkien tarkempaa menetelmää eivät taulukon 2.17 betonipeitteen vähimmäisarvot ole enää voimassa.

Tieto vaihtoehtoisten menetelmien olemassaolosta ei ole saavuttanut kaikkia. Joskus ihmetellään laskennallisilla menetelmällä saatuja betonipeitteen arvoja, jotka alittavat taulukon 2.17 minimiarvot. Tietämys käyttöikäsuunnittelun menetelmistä etenee vain tiedottamisen ja koulutuksen kautta. Hartaana kehitystarpeena olisi rasitusluokkien XD ja XS saaminen mukaan samaan laskennalliseen mitoitusmenetelmään XC- ja XF-rasitusluokkien kanssa.

#### 6. Käyttöikäsuunnittelu rasitusluokissa X0 ja XC1

Rasitusluokissa X0 ja XC1 betonirakenteisiin ei kohdistu mitään vauriomekanismeja ja siten kyseiset

rasitusluokat on jätetty pois laskennallisesta mitoitukselta. Käytännössä tämä aiheuttaakin yllättäen hankalia tilanteita, koska laskennallisella mitoituksella määritetty betonipeitevaatimus rasitusluokassa XC3 voi olla pienempi kuin vastaava taulukkomitoituksen vaatimus rasitusluokassa XC1.

Myös halkeamaleveys vaatimukset yli 50 vuoden käyttöiällä rasitusluokissa X0 ja XC1 aiheuttavat ajoittain hankaluuksia jännebetonirakenteissa. Tiukempien vaatimusten vuoksi jännevoimia joudutaan kasvattamaan tai teräsmäärää lisäämään. Kuitenkin määritelmänsä mukaisesti teräs ei ruostu rasitusluokissa X0 ja XC1 ja siten halkeamaleveyden rajoittaminen käyttöiän funktiona ei ole teoreettisesti oikein.

Rasitusluokkien X0 ja XC1 osalta käyttöikäsuunnittua olisikin täsmennettävä. Koska vauriomekanismeja ei ole olemassa, tulisi vaatimusten olla yhtenevät koko 50 – 200 vuoden alueella. Näin käyttöikäsuunnittelu rajoittuisi käytännössä ulkobetonirakenteisiin, mikä onkin aivan perusteltua.

### YHTEENVETO

Suomalainen betonirakentaminen on vienyt rakennusmateriaalien käyttöikäsuunnittelua aimo harppauksen eteenpäin edellyttämällä käyttöikäsuunnittelua normitasolla. Tällaiseen pioneerityöhön liittyy selkeät riskinsä, positiiviset imagovaikutukset voivat helposti jäädä määräysten aiheuttamien lisäkustannusten varjoon. Kahden vuoden kokemukset eivät ole tuoneet esille mitään katastrofaalisia vaikutuksia. Suomalainen betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu on vähintään erimainen lähtökohta jatkokehittämiseen

#### Tapio Aho:

*Suomalaisesta käyttöikämenettelystä olen täysin samaa mieltä Jouni Punkin kanssa; se on edistyksekkäin ja analyttisin mitä tiedän, eikä sitä ole syytä jättää sivuun Euronormien tullessa. Päävastoin: sitä pitäisi edelleen kehittää yhä paremmaksi suunnittelijoiden ja betonin valmistajien työkaluksi.*

#### KIRJALLISUUS:

1. fib. The Model Code for Service Limit Design (MC-SLD), 2006
2. CEN TC 104/SC1 Survey of national requirements used in conjunction with EN 206-1: 2000