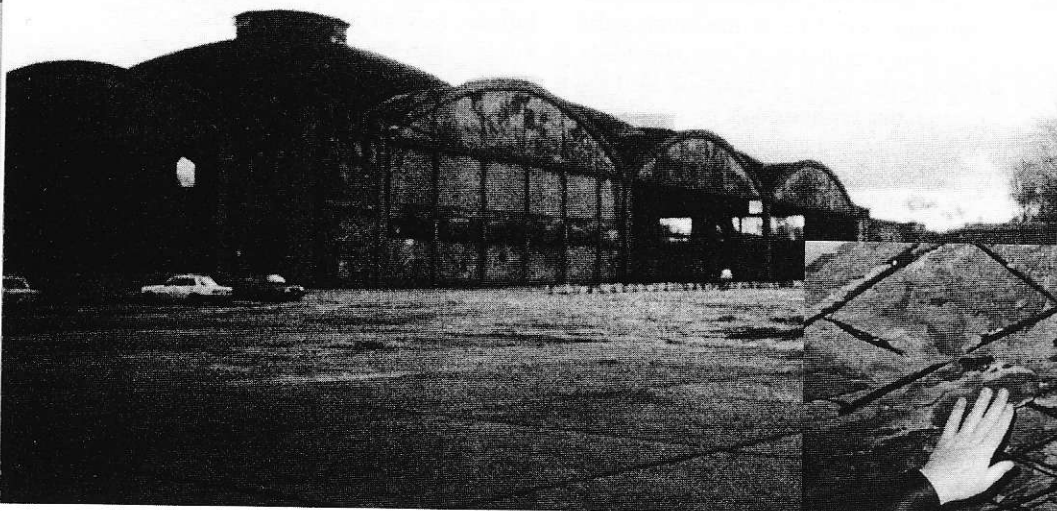




Vesilennukite angaarid Tallinnas on rahvusvahelise tähtsusega väljapaistvamaid ehitisi. Angaaride renoveerimise dokumentatsioon ja vastavad ettepanekud on esitatud kõige kõrgemal tasemel. Angaaride lagunemine aga toimib suureneva aktiivsusega edasi.

Roostekahjustused valgus(ventilatsioon-) šahti ääres

BETOONTARINDITE

kestvuse probleemid

OLAV SAMMAL

Rahvusvahelise Betooni
Föderatsiooni *fib* (CEB-FIP)
Nõukogu liige,
OÜ ETUI BetonTEST
juhatuse esimees

tulemusena muutub ehitiste kasutamise töökindlus/usaldatavus, tekivad praod, korrosioon, lagunemine, mis võivad muuta avariiohtlikeks. Piltlikult võib neid määratleda "viitsütikuga ehitisteks", milles "viitsütik" on sisse programmeeritud 25-50 aasta peale, ja mis vajab

pidevat kontrollimist, ümberseadistamist ja renoveerimist. Käesolevaks ajaks on kogunenud palju tõsiseid olukordi ehitiste töökindluse kindlustamisel ja need probleemid on muutunud prioriteetseteks nii Eestis, Euroopas kui maailma mastaabis.

Kasutusea sündroom

Sissejuhatus

Vananemine ja halvenemine on loomulik ja vältimatu protsess kõigi ehitiste ja ehitismaterjalide jaoks. Peamiseks probleemiks ei ole see, et nad halvenevad, vaid kuidas ja millise kiirusega. Tuleb märkida, et betooni kvaliteet ja toimimine ei ole teada, vaid on projekteerimisel eeldatud ja tegelikud omadused ilmnevad ehitamise ja kasutuse protsessis. Valmis rajatis ei ole konserveerunud, vaid pidevalt muutuv, koos meiega vananev. Ehitis peab kaasa tegema igapäevased ja igaastased keskkonna/kliima muutused, materjalide vananemise ja halvenemise. Kõige selle

TARINDITE KASUTUSIGA VÄLJENDAB SELLE KESTVUST JA MÄÄRATUD JÄRGMISTE OSAPOOLTE KOOSTÖÖGA:

OMANIK (KLIENT),

kes määratleb oma nõudmised ja soovid.

PROJEKTEERIJAJ,

kes valmistab ette projekti, tehnilised andmed ja tingimused.

LEPINGUOSALINE,

kes peab järgima omaniku ja projekteerija nõudmisi ehitamisel.

KASUTAJAJ

(tihti, kuid mitte alati omanik või valdaja), kes on vastutav tarindi õigeaegse hooldamise eest, et kindlustada seda, et plaanitud kasutusega on saavutatav ilma ettenägematute kõrgete kulutusteta.

Igaüks nendest neljast osapooldest võib (tegutsemise või tähelepanu puudumisel) kaasa aidata tarindi kestvuse mitterahuldavale seisukorrale. Ka kahe poole vaheliste suhete probleemid võivad põhjustada vigu ning omada vastakaid efekte kestvusele. Niisiis igaüks nendest osapooltest omab hästi määratletud vastutusi betoontarindite loomis-, töötamis- ja hooldamisprotsesside piirides.

Omaniku kohustused

Inimelu ja heaolu seotuse kõrval on ehitiste hooldamise, remondi ja asendamise majanduslik tähtsus oluline omanike otsuste tegemisel. Majanduslike analüüside kaudu tuleb määrata alternatiivsete otsuste tagajärjed. **Omanik peaks otsustama igale olukorrale kõige paremini sobiva lahenduse ja arvestama:**

- tehnilisi ja funktsionaalseid aspekte,
- majanduslikku otstarbekust,
- sotsiaalseid (poliitilisi) seaduslikke nõudeid.

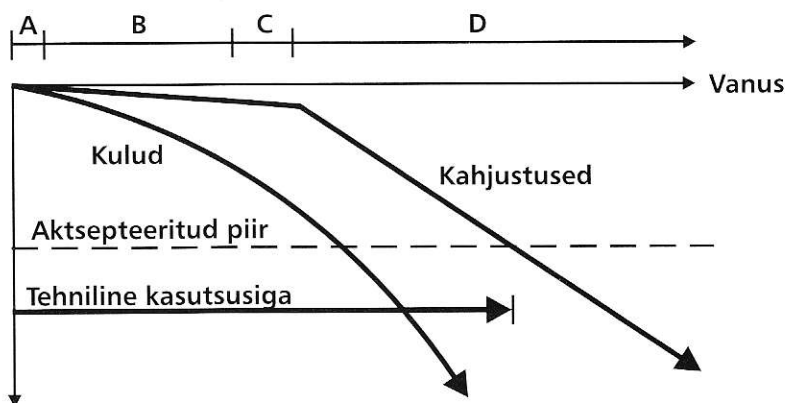
Võiks eristada kahte erinevat omanikku:

- **Üksikomaniku olukorras** (omanikuks näiteks riik, ühiskond, avalik teenistus või eraisik) omatakse tarindit ja sellega tegeletakse ühe omaniku poolt "hällist hauani". Sellises olukorras lähtutakse tarindite pikaajase kasutusea lähenemisviisist, milles projekteerimine, ehitamine ja hooldamine on suunatud nõutava kasutusea saavutamisele ja elutsükli maksumuse optimeerimisele.
- Teine olukord on see, et **tarindit omatakse ja kasutatakse mitme järjestikuse eraomaniku poolt**, kellel igal on kitsas majanduslik silmaring. Mitme omaniku korral ei tohi pikaajaline hooldamine sellest sõltuda. Tugevad algprojektid on seetõttu ainus viis tagamaks igakülgset kaitset nõutava ajalise perioodi jaoks.

Kõigepealt peab omanik nõudma kvaliteeti, ta peab seda kvaliteeti kontrollima, ta peab tarindit hooldama ja ta peab maksma esmaseid kulusi, samuti ka kulusid tarindi hooldamiseks, mis teda rahuldavad.

Põhinedes aastatepikkustele katsetele, on koostatud nn. "viieste seadus", mida tuleks eriti arvestada tarindite omanikel/valdajatel. Lihtne kõver kujutisel 1 väljendab betoontarindite kahefaasilise kasutusea modelleerimist.

"VIESTE SEADUS" deklareerib:
"Üks dollar, mida kulutati faasis A, on



Kujutis 1: BETOONTARINDITE KASUTUSEA MUDEL.

Kasutusiga (de Sitter, 1983) võib jaotada nelja erinevasse faasi:

- Algfaas A:** Projekteerimise, ehitamise ja hooldusperiood.
- Algfaas B:** Esmased protsessid kasutusel, kahjustuste levimine pole veel alanud.
- Algfaas C:** Lagunemise levimine on just alanud.
- Levifaas D:** Lagunemise arengu ja levimise piirkond.

ekvivalentne viie dollariga faasis B, kahekümne viie dollariga faasis C, saja kahekümne viie dollariga faasis D."

See tähendab, et sama eluiga võib olla saavutatud väikese tähelepanuga "hea inseneripraktikaga" faasi A kestel, võrreldes väga kuluka lähenemisega tuleviku hooldamisel, remontimisel ja teostamisel, et tagada nõutud kasutusiga. Sel viisil võib kokku hoida palju raha, mida saab kasutada paremateks eesmärkideks.

Projekteerija kohustused

CEB-FIP TÜÜPKOODEKS MC 90 [1] on esimene Praktika Koodeks, mis esitab spetsiifilisi kasutusea nõudeid uutele projektidele ja näitab, kuidas see peaks olema saavutatud projekteerimisprotsessis. Projekteerimise põhinõudeks on: **Betoontarindid peaksid olema projekteeritud, ehitatud ja haldatud sellisel moel, et ettenähtud keskkonnamõjude all nad säilitaksid oma ohutuse, kasutuskõlblikkuse ja vastuvõetava välimuse otsese või mõeldava ajaperioodi jooksul, ilma ettenägematute kõrgete hooldus- ja remondikulude nõudmiseta**".

Tabel 1: EHITISE PROJEKTEERITAVA KASUTUSEA KLASSIFITSEERIMINE.

Klass	Projekteeritud	Näited kasutusiga
1	1-5 a	Ajutised ehitised
2	25 a	Asendatavad tarindiosad, näiteks kandetalad või nende toed
3	50 a	Ehitised ja tavalised rajatised, v.a. allpool nimetatud
4	100 a	Monumentaalehitised ja teised erilised või tähtsad tarindisüsteemid
5	120 a	Sillad

MC90 tutvustab kolme uut iseärasust projekteerimisprotsessis, need on:

- Kasutusperioodi mõju kasutuseale;
- Vajadus säilitada vastuvõetav välisilme, pidades silmas seda, et tarindid peaksid "meeldival vananema", seega betooni maine tõstmist avalikkuse silme ees;
- Kulutused säilitamiseks tarindit rahuldavas haldamises, mis suundub juurdepääsetavate, inspekteeritavate, hooldatavate, remonditavate ja asendatavate tarindite projekteerimisele.

Ehitiste projekteeritav kasutusega peaks olema määratud omaniku poolt. **Tabelis nr. 1** on näiteks toodud andmed Inglismaa riiklikust dokumendist (NAD).

Tingituna betooni loomusest ja väga individuaalsest viisist betooni ja betoonitarindite tegemisel, on vältimatud nende omaduste erinevad variatsioonid. Minimaalsed nõuded, mida tuleb täita, on kindlaks määratud rahvuslikes koodeksites ja standardites (teatud erinevusega).

Ometi ei saa standardid iseenesest kvaliteeti kindlustada, isegi mitte head standardid, kuna nad määravad vaid kindlaks minimaalsed nõuded. Standard saab olla ainult kui abivahend "tööriist" spetsiifilisemate soovitude koostamisel ja omaniku nõuete täitmise tagamiseks arendatavas projektis. Standardist kinnipidamine on soovituslik, välja arvatud riiklikud, ohutusnõuete omad. Selle kasutamist võiks võrrelda "tööriistaga" (näiteks haamer). Ameerika praktikas tehakse haamriga löök, mis maksab 1 dollar, aga arvele lisatakse 99 dollarit selle eest, et meister tegi haamrilöögi ainuõigesse kohta, mis tulenes tööriista kasutamise praktikast (kui aga tehakse löök valesse kohta?).

Põhinõuded lepinguosalistele

TAKENAKA korporatsioon (Jaapan) töötas mõni aeg tagasi välja nn. Kvaliteedi kontrolli süsteemi (TQC) ehitiste teostamisel, mis võimaldas suurendada lepingute mahtu (autoriteedi ja kvaliteedi tõusust) ~3 korda ning tõsta tootlikkust 3,27 korda. Lillehammeris Vision Eureka konverentsil andis Tapio J. Koi-vu (Soome VTT) oma ettekandes positiivse hinnangu TQC süsteemi kohta Põhjamaades ta tõi aga ära ka tähelepanuväärse mõtte (DR. Joseph M. Juranilt) "**Kvaliteedi juhtimise standardid on ähvarduseks kvaliteedile. See õnnetu areng on tulemas Euroopasse. Pole mingit tõendit kinnituseks, et üks kompanii, kes on täitnud ISO 9000**

nõuded (või omab tõendit selle kohta), oleks parem teistest kompaniist".

Teostamise meisterlikkus kujutab endast kõige olulisemat sammu betoonitarindite nõutud kvaliteedi saavutamisel. Kestvuse vaatenurgast on teostamisprotsessi hädavajalik osa tagada korrektne betooni kvaliteet ja betoonkaitsekihi paksus. Viimane koos hoiduritega on olulise tähtsusega, kuid tihti hooletusse jäetud osa. Sarruse peamiseks kaitseks on betoonkaitsekihi kvaliteet ja paksus. Betoonkaitsekiht agressiivsetes keskkondades peab tavaliselt olema minimaalselt 50mm, vastavalt erinevatele koodeksitele ja standarditele. Ometi võivad spetsiaalsed agressiivsed tingimused nagu tõus-mõõn ja pritsimistsoonid viia suurematele kattekihtidele veepealses tsoonis. 75mm väärtused on muutunud pikaajaliste (100...120 kasutuseaga) meretarindite jaoks normaalseks. **Lihne pöidlareegel, mida kutsutakse ruutjuure seaduseks, sõnastab, et suurendades kaitsekihti kahekordseks, suureneb kasutusega neli korda (võib olla isegi seitsmekordne).** Seetõttu kohapealne kontrollimine tellija järelevalve poolt on olulise tähtsusega. **Betooni järelhooldus** on kõvenemisprotsessi osa, mis kindlustab värske, äsja valatud betooni optimaalset muutmist tugevaks, tihedaks, kestvaks betooniks, kaitsekihi tsoonis, mis on vaba plastilise mahukahanemise ning temperatuuri pragudest.

BETOOINI ALGSTAADIUMI VÄLTEL ON VAJALIK:

- Kasutada sobivat kivistumisprotsessi. Valamine peab olema planeeritud nii, et nõutud tugevus oleks saavutatud vormi äravõtmise ajaks.
- Tagada vastupanu kuivamisest tingitud kahjustustele. Betooni pinnakihi enneaegne ärakuivamine peaks olema välditud, kuna see võib viia suurtele plastilise mahukahanemise pragudele.
- Tagada vastupanu varajase jäätumise kahjustustele. Betoon ei tohi külmuda enne, kui on saavutatud nõutud kõvenemise minimaalne aste.
- Tagada vastupanu temperatuuripingete kahjustustele. Temperatuurierinevused sektsioonide või ehitusvuukide vahel, kivinenud ja uuesti valatud betooni vahel ei tohiks viia pragudeni. Näiteks maksimaalselt 20°C temperatuurierinevas ristlõikes jahtumise ajal peale raketisest vabastamist ja 10...15°C erinevus tarindi ühendustes ja suurtes muutuvate mõõtmega tarindi põiklõigetel võiks olla lubatav.

Lühidalt, hea järelhooldus on vajalik, et heast betoonisegust õiget kasu saada. Halb järelhooldus aga vastupidi hävi-

Nii või teisiti, kvaliteedi kontroll on vajalik. Et selle omandamine pole kerge, illustreerib sõbralik žarž, kus firma Oras leidis, et "kui nad esmakordselt said kvaliteedi kindlustamise lepingulised kohustused (QA PLAN), tundsid nad end, nagu oleksid kinni püüdnud "püksid rebadel" ja et nende kvaliteedi kindlustamise töö sarnaneb tõusuga kõrgele ja järsust trepist.



tab hea betoonisegu. Ja hea järelhooldus ei suuda halba betoonisegu kompenseerida.

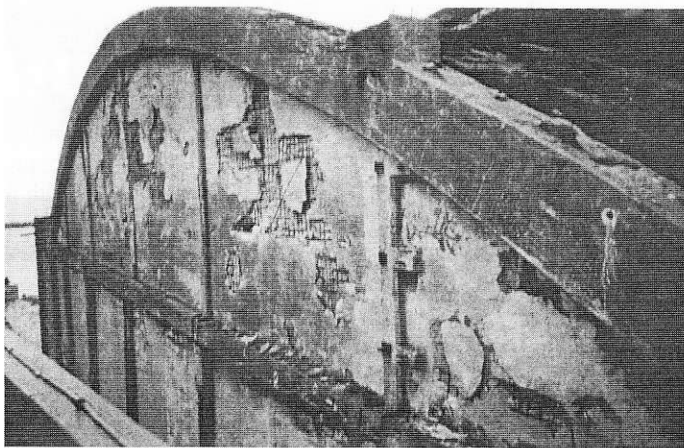
Välamise "betooniha" kvaliteedi domineeriva mõju tunnustamine (kaitsmaks nii betooni kui sarrust agressiivse aine läbitungimise vastu) on viinud spetsiaalse läbilaskva raketise voodri väljaarendamiseni, mis võib olla painduv ja kootud materjalist või jäik nagu plastikvooder. Sellised voodrid on võimelised parandama betoonkaitsekihti mõne välise cm ulatuses vesi/tsementsisalduse teatava akumulierimise ja reguleerimisega ja järelhoolduse paremaks muutmiseks. Seda tehnoloogiat peetakse üheks paremaks kestvust suurendavaks saavutuseks viimasel ajal.

Et dokumenteerida projekti tingimuste täitmist ja kontrollida järgnevat toimimist, peab projekteerimise ja teostamise Kvaliteedi Kindlustamise (QA) dokumentatsioon olema laiendatud, et kaasata informatsiooni, mida on kogutud tarindi toimimise ja kasutuse ajal. **Toimimise ja Hooldamise Käsiraamatu** arendamine, mis on spetsiifiline iga tarindi jaoks, suudab seda teha. See käsiraamat peaks olema ettevalmistatud projekteerija poolt ja peab kaasama kogu informatsiooni konstruktiivsest projekteerimisest ja ehitamisest, olles seotud tuleviku projekteerimisega ja hooldusega. See Toimimise ja Hooldamise Käsiraamat peab samuti sisaldama soovitusi, hinnates tuleviku inspeksioonide liiki ja sagedust ning peaks valgustama tarindi tundlikke või kriitilisi osi, mida oletatakse vajavat erilist tähelepanu kasutamise ajal. Kui tarind on omanikule üle antud, siis moodustab esmane Toimimise ja Hooldamise käsiraamat tarindi "Sünnitunnistuse".

Kasutaja kohustused

Ühiskonnal on palju esmaseid vajadusi, mis peavad olema täidetud tarindites hoolimata sellest, kas neid omatakse ühiskondlikult või privaatseks. Olulised nõuded kasutajale on:

- Ohutu minimaaltaseme hooldus tarindi või selle komponentide kokkuvarisemise vastu (globaalne oht), kui ka minimaalne kaitse hooldamisel kukkuvate rusude vastu (lokaalne oht).
- Katkematu ühiskondlik teenushooldus, mis on ettenähtud tarinditel. Võttes infrastruktuurid nagu sillad, maanteed, tunnelid, sadamad jm



Vesilennukite angaarid. Angaaride raudbetoonkoorikud on avariieelses seisundis.

Fotodel:

Fermi survevöö (kaar) ja lagunenud diafragmad.

Kaldtugedel postide roostekahjustused.



ajutiselt teenindusest maha, tingituna näiteks hooldamise ja remondi vajadusest, põhjustab see kõrgeid kulusid kasutajatele ning ka ühiskonnale.

- Tarindite minimaalse kasutusea kindlustamine, vältimaks liiga lühikesi tegelikke kasutusigaseid, kus siis ühiskond peab üle võtma vastutuse ennatlike remondikulude kohta.
- Tarindi nii limiteeritud terviklike kui ka keskkonna mõjustuste arvestamine nii ehitamisel, renoveerimisel kui ka järgneva kasutuse ning hooldamise kestel.
- Tarindi minimaalsete esteetiliste nõuete rahuldamine ja nende mõju keskkonnale.

SELLEKS, ET TÄITA ÜHISKONNA NÕUDMISI, PEAB KASUTAJA (VALDAJA/OMANIK) OLEMA VÕIMELINE JÄRGMISTE KOHUSTUSTE REALISEERIMISEKS:

1. Lagunemise põhjuste ettenägemine, kontrollimine ja määramine;
2. Tarindite seisukorra hindamine, ekspertiisid;
3. Alternatiivsete sekkumiste määramine hooldamisel või lühikesi/pikaajalise ohutuse kindlustamisel ning teostamisel ja nende majanduslike tagajärgede hindamine;
4. Nõustumine omanikuga eelistatud sekkumiseks ning valitud hooldamise või remondi projektide arendamiseks ning finantseerimiseks;
5. Hooldamise või remondi projektide täideviimine ning adekvaatne juhendamine;
6. Valikulise inspekteerimise organiseerimine hooldatud/remonditud tarindite seisundi ning jäävkasutusea hindamisel, "Sünnitunnistuse" uuendamisel;
7. Kvaliteedi kindlustamise skeemi omandamine, mis on kohandatud hindamis-, hooldamis- ja remondiprotsessi alusel ning nende protsesside vastava kvaliteedi kontrolli rakendamine;

8. Inspekteerimise organiseerimine. Tarindeid tuleks inspekteerida ja hooldada nii sageli ja nii hoolikalt kui võimalik, nii et nad täidaks järjekindlalt nende kasutamiseks ja ohutuseks vajalikke nõudeid. Normaalses keskkonnatingimustes asuvate tavapäraste betoontarindite kohta pakub MC90 välja ajavahemikud, mille järel on vaja tarindeid kompetentselt inspekteerida:

hooned, kontorid jne 10 aastat
tööstusehitised 5 ...10 aastat
maantee sillad 4 aastat
raudteesillad 2 aastat
väiksemad sillad 6 aastat

Kui täheldatakse tõsist kahjustust või kahtlustatakse suuremate defektide teket (võimalike konstruktiivsete tagajärgedega), tuleks ette võtta vastav tarindi olukorra hindamine ja järgnev ümberprojekteerimine.

Keskkonna agressiivsus

Tingituna keskkonna karmusest ja mikrokliima domineerivast mõjust, võivad tarindi erinevad osad olla kategoriseeritud erinevatesse klassidesse, mis tingib vajaduse tarind/keskkond vastastikuse mõjustamise teadliku hindamise järele.

KESKKONNA OLULISEMAD MÕJURID ON:

VESI VÕI NIISKUS Agressiivsed ained, mis võivad niiskuses (vees) esineda, on:

- süsihappegaas, mis on vajalik karbonisatsiooniks;
- hapnik, mis on vajalik korrosiooniks;
- kloriidid, mis soodustavad korrosiooni;
- happed, mis lahustuvad tsementi;
- sulfaadid, mis põhjustavad paisuva reaktsiooni tsemendis;
- leelised, mis annavad paisuva reaktsiooni agregaadiga.

ATMOSFÄÄR Agressiivsed ained, mis võivad atmosfääris esineda, on:

- süsihappegaas, mis on vajalik karbonisatsiooniks
- vääveldioksiid, mis soodustab betooni neutraliseerumist

TEMPERATUUR Temperatuuri agressiivsed efektid võivad olla järgmised:

- külmumiseta olukorras – peamine lagunemise kiirust määrav tegur;
- külmumise korral – temperatuuri erinevused määravad külmakahjustuste tüübi.

Nõuded hindamisinsenerile

Hindamisinsenerid omavad väga olulist ülesannet ümber hinnates lagunenu või funktsionaalselt aegunud tarindeid ja vältides selliseid tarindeid langemast välja kasutusest, määrates ettepanekuid võimalike meetmete kohta, et kohandada tarind käesoleva aja vajaduste ja nõuetega. Hindamisinsener seisab silmitsi hulga ainulaadsete ja raskete tehniliste probleemidega nagu:

- Tehes nüüdisaegsete koormuste realistlikku hindamist ja nende võimalikku arengut tulevikus
- Määrates tarindi võimalikku ebahariliku toimimise sisemisi või väliseid põhjusi, ülemääraseid deformatsioone või paigutusi, lagunemist või halvenemist
- Uurides spetsiifiliste tarindielementide olulisust, mis mõjutab tarindi töökindlust ja kestvuse astet, nagu eelpingestamine,

- ankrud, kandjad, ühendussõlmed jne.
- Hinnates pragude mõju ja võimalikku betooni ja sarruse halvenemist kogu tarindi ohutusele ja toimimisele.

Tingituna ohutuse tagamisest, mida peab arvestama, peaks hindamine olema läbi viidud inseneri poolt, kel on ulatuslikud teadmised ja kogemused materjalide tehnoloogia, lagunemismehhanismide, tarindi omaduste, projekteerimise ja ehitamise protsesside alal. On selge, et hindamisinsener peab olema võimeline vastutama ebakorreksete hindamiste korral. Pole tõenäoline, et hindamisprotseduuride juhendid või koodeksid oleks tegelikult abiks selles suhtes, samuti ei saa nad asendada professionaalse eksperiti terviklikkust. **Mida on vaja, on mõistmine kliendi ja hindamisinseneri vahel, respektides selget riskide ja vastutuse jaotust.**

Lõpetuseks

Eesti on tunnustatud traditsioonidega ehitusmaa. Meil on palju väljapaistvaid ja tänini säilinud ehitisi/rajatisi. Väga paljud neist vajavad kohest hindamist, säilitamist, renoveerimist. Hiljuti Berliinis toimunud sümposiumil teatas Saksa FV ehitusminister, et ~ 40 % nende ehitustegevuse riiklikust eraldusest läheb olemasolevate ehitiste säilitamiseks. Eesti olukord on mitmeski halvem neist. **Millised summad aga eraldatakse meie riigi vahenditest, kasvõi ainult riiklike ehituste/rajatisete säilitamiseks, renoveerimiseks? Ja millised riiklikud ametkonnad peaksid vastutama vasta-va ehituspoliitika käivitamise, koordineerimise, realiseerimise, rahastamise, kontrollimise eest?** Meil on suur hulk rahvusvahelise tähtsusega väljapaistvaid ehitisi. Võtame kasvõi 85-aastase kasutusega Vesilennukite angaari Tallinnas. Angaari raudbetoonkoorikud on avariieelses seisundis (vt. fotosid). Iga aastavahetus võib neile kujuneda kurbmänguks. Toimub letargiline protsess angaari omaniku küsimuses. Angaari- de renoveerimise dokumentatsioon ja vastavad ettepanekud on esitatud kõige kõrgemal tasemel. Angaari lagunemine aga toimib suureneva aktiivsusega edasi. **Mis teha, kui pole midagi teha!?**

Märkus:

Käesolevas artiklis on kasutatud **fib** (CEB-FIP) eesti keelde tõlgitud materjale: Tüüpkoodeksit MC-90, tõlkevihi- kuid ERL-1 (Hindamine, säilitamine, remont) ja ERL-2 (Kestvus), millised on saadaval Eesti Ehituskeskuses (Rävala 8).

[HTTP://WWW.HOT.EE/BETONTST/](http://www.hot.ee/betontest/)