

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma / Betonirakentaminen

Aatu Pajunen

SAUMABETONIPUMPPAUKSEN KESKEISET ONGELMAT JA RATKAI-  
SUEHDOTUKSET

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

PAJUNEN, AATU

Saumabetonipumppauksen keskeiset ongelmat

Insinööri työ

33 sivua + 1 liitesivu

Työn ohjaaja

lehtori Sirpa Laakso

Toimeksiantaja

Varte Oy

Maaliskuu 2014

Avainsanat

pystysaumabetoni, elementtien saumaus, saumabetonipumppaus

Rakennettaessa asuntoja betonielementeistä huomataan nykyisin enenevässä määrin rakenteissa tiiveysongelmia. Useasti tiiveysongelmia aiheutuu virheellisestä tai huolimattomasta elementtien saumaustyöstä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda esille betonielementtien saumaustöissä esiintyviä yleisimpiä ongelmia ja työvirheitä.

Elementtien saumaus on merkittävä osa rakennuksen runkovaihetta. Saumabetonin pumppaus on kriittinen työvaihe, jolla on huomattavaa vaikutusta myöhempisiin työvaiheisiin. Tutkimuksessa on haastateltu Varte Oy:n vastaavia mestareita ja asiantuntijaa, tutustuttu aiheesta kertovaan kirjallisuuteen ja verkkojulkaisuihin sekä keskusteltu ohjaavan lehtorin kanssa. Yhtenä esimerkkitapahtumana toimii Espoossa sijaitseva asuin-kerrostalo. Muut haastattelut perustuvat Varte Oy:n vastaavien mestareiden kohteisiin Kymenlaakson alueella.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattava kuvaus elementtien saumauksessa esiintyvistä ongelmista ja niiden tehokkaista ratkaisuista. Saumaustöiden laadukas lopputulos on monen tekijän summa, joista keskeisimpiä ovat tehokas valvonta, pätevä urakoitsija sekä hyvät sääolosuhteet. Saumojen kannalta tärkeintä on piiloon jäävä osuus, mikä korostaa valvonnan merkitystä saumaustöiden aikana.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

PAJUNEN, AATU

Major problems of Concrete-Pumping in In-Site Concrete  
Joints of Prefabricated Façade Units

Bachelor's Thesis

33 pages + 1 page of appendice

Supervisor

Sirpa Laakso, Senior Lecturer

Commissioned by

Varte Oy

March 2014

Keywords

vertical concrete pumping's, joint of precast facede units

When constructing apartment houses from precast concrete units sealing of the units becomes the main issue. The subject of this bachelor's thesis was to find out the most recent issues regarding the unit joints. This thesis aims at informing all site supervisors about matters related to building base concrete works that should be taken care of.

The aim of his thesis was to make known the most efficient ways to prevent failures during joint works of precast concrete unit joint works. This thesis provides an extensive package of information about main issues and troubles regarding joint works. The thesis gives advice on how to prevent emerging problems by taking into account the economical, health and safety matters.

This research for this thesis was conducted by reading books and interviewing supervisors who had been into concrete elements joint works. One construction site in Espoo, Finland was functioned as an alarming example. After the research the problems were describe in this thesis. Successful jointing work is a sum of many factors, including proper supervision, good weather conditions and a professional contractor.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	RAKENTEELLINEN MERKITYS	6
	2.1 Kantavuus ja jäykistys	6
	2.2 Ääni- ja lämmöneristävyys	7
	2.3 Paloeristys	7
	2.4 Raudoitusten suojaaminen	8
3	VAAKASAUMOJEN JÄYKISTÄMINEN SEINÄELEMENTEISSÄ	8
	3.1 Saumavalu muotittamalla	9
	3.2 Pumppaus pystysaumabetonilla	13
	3.3 Saumaus elementtiasennuksen yhteydessä	15
	3.4 Laadunhallinta	15
4	PYSTYSAUOMOJEN JÄYKISTÄMINEN SEINÄELEMENTEISSÄ	15
	4.1 Pumppaus pystysaumabetonilla	16
	4.2 Saumavalu muotittamalla	19
5	TYÖTURVALLISUUS	19
	5.1 Perehdytys	19
	5.2 Työmaalla huomioitavat asiat saumauksien osalta	20
6	SAUMASTÖIDEN ONGELMAT	21
	6.1 Epäonnistuneen saumaustyön esimerkkikohde	21
	6.2 Sauman pintojen vaikutukset	23
	6.2.1 Talviolosuhteet	23
	6.2.2 Pintojen laatu	24
	6.3 Paksuudet	24
	6.4 Raudoitukset	25
	6.5 Massa	26

6.5.1 Olosuhteet	26
6.5.2 Kuivabetonin laatu	28
6.6 Työn suorittaja	28
7 SAUMAUSTEN LAATUONGELMAT	30
8 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	

## 1 JOHDANTO

Rakentamisessa keskitytään entistä enemmän rakenteiden tiiveyksiin. Suomessa asuintaloja valmistetaan paljon betonielementtirakenteina. Tällöin tiiveysvaatimusten täyttämiseksi esille nousevat elementtien saumaustyöt. Huolellinen saumaustyö on tae tiiviistä ja rakenteellisesti oikein toimivasta kokonaisuudesta.

Rakenteiden energiatehokkuuden ja tiiveyden merkitys kasvavat rakenteiden laadun kannalta. Tämän opinnäytetyön avulla pyritäänkin löytämään keinoja saumaustöiden ongelmiin, jotta rakentamisen laatua voitaisiin nostaa entistä korkeammalle tasolle.

Betonielementtejä asennettaessa elementit jätetään irti toisistaan ja saumataan asennustyön jälkeen. Saumat pitää saumata aina ennen seuraavaa kerrosta rakennesuunnittelijan ohjeistuksen mukaisesti. Elementit ovat CE-merkittyjä, ja ne tarkastetaan jo tehtaalla ja ovat usein tiiveyden kannalta virheittä saapuessaan työmaalle, joten saumaus on se vaihe, johon työmaalla on kiinnitettävä huomiota riittävän tiiveyden ja kantavuuden takaamiseksi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella betonielementtien saumaustöitä ja niiden potentiaalisia ongelmia käytettäessä tarkoitukseen kehitettyä kuivabetonia. Potentiaalsiin ongelmiin pyritään löytämään taloudelliset, nopeat ja työturvalliset menetelmät ja ratkaisut.

## 2 RAKENTEELLINEN MERKITYS

### 2.1 Kantavuus ja jäykistys

Elementtien saumoilla on vaikuttava merkitys rakennuksen rungon jäykistykseen ja kantavuuteen. Ohjeistus rakennuksen turvallisuuteen kaikissa sen vaiheissa opastetaan Valtioneuvoston asetuksessa 205/2009. Asetus sisältää ohjeistuksen niin rakennuksen suunnitteluun kuin sen toteutukseenkin. Rakennesuunnittelijan velvollisuutena on antaa runkourakoitsijalle riittävä ohjeistus asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä asennussuunnitelmaa varten. Suunnittelussa tulee huomioida rakennuksen vakavuus koko rakennusvaiheen ajan. (Betoniteollisuus ry 2014.)

## 2.2 Ääni- ja lämmöneristävyys

*Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että melu, jolle rakennuksessa tai sen lähellä olevat altistuvat, pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna näiden henkilöiden terveyttä ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. (Ääneneristys ja meluntorjunta rakentamisessa, 1998.)*

Rakennuksen sisälle kantautuva melu on siis pidettävä riittävän alhaisena. Betonielementtien saumaustyöllä on oma osuutensa rakenteiden ääneneristävydessä. Toisin sanoen rakenteiden tulee olla suunniteltu niin, että niiden mukaan suunniteltuina rakenteet täyttävät edellä mainitut vaatimukset.

Betonielementtien saumauksella on myös vaikutus rakennuksen tiiveyteen. Jotta rakennus täyttää suunnitellut ääni- ja lämmöneristävyysvaatimukset, seinien betonisaumaukset tulee tehdä huolella. Julkisivuelementtien saumauksen jäädessä vajaaksi, vaikutukset huomataan mahdollisina lämpövuotoina tai meluhaittoina asunnoissa. Sisä- ja ulkotilojen välinen paine-ero aiheuttaa ilmavirtauksen. Tämä voidaan havaita vedon tunteena valmiissa asunnossa. Lämpökameralla tehdyissä tarkastuksissa pienemmätkin vuotokohdat paljastuvat selvästi kuvissa. (Sisäilmayhdistys 2014.)

Vajaa elementtisauma päästää myös herkemmin ääntä lävitse. Betoni on massiivinen rakenne, joka heikentää äänen kulkeutumista sen läpi. Saumat ovat ennen saumaustyötä täysin avonaiset, eli saumabetoni on käytännössä ainoa materiaali, joka tulee seinien saumoissa tilojen välille. Tämän vuoksi on ensisijaisen tärkeää tehdä saumaustyöt huolellisesti. Julkisivuissa äänen läpäiseminen tarkoittaa liikenteen aiheuttaman melun sisään kantautumista. Rakennuksien väliseinissä pyritään estämään melun kantautuminen porraskäytävistä asuntoihin. Toisaalta myös asunnon sisältä kuuluvien äänien kantautuminen muihin asuntoihin tulee estää. (Betoniteollisuus ry 2014.)

## 2.3 Paloeristys

Elementtien saumat vaikuttavat rakenteiden paloluokkiin. Useat betoniväliseinät toimivat rakennuksissa usein paloa osastoivina seininä. Tällöin on myös paloturvallisuuden näkökulmasta ensiarvoisen tärkeää, etteivät haitalliset savukaasut ja tulipalon aiheuttama lämpöenergia pääse elementtien saumoista vuotamaan osastoivien rakenteiden läpi. Tämä seikka tulee huomioida myös niin kutsutuissa piiloon jäävissä raken-

nusosissa, esimerkiksi alaslaskettujen kattojen yläpuolisista osista. Tästä rakennusvirheestä varoittavan esimerkkinä toimii Turun yliopistollisen sairaalan tulipalo-onnettomuus loppukesällä 2011. (Pylkkänen 2011.) (Helsingin Sanomat 2011.)

## 2.4 Raudoitusten suojaaminen

Betoni pelkästään ei aina ole riittävän lujaa kaikissa saumoissa, sillä betoni kestää heikosti vetorasitusta. Vetorasitusten vastaanottajana betonirakenteissa toimii betoniteräksiset, esimerkiksi harjateräs. Yksi betonin tärkeistä ominaisuuksista rakenteessa on suojata teräksiä korroosiolta, joita aiheuttavat sade ja sääolosuhteet. Esimerkiksi parvekkeiden liitokset rakennuksen runkoon ovat ulkotiloissa, joten ne altistuvat ilmakeudelle ja mahdollisesti suoralle sateelle. Tällöin saumaustyön jälkeen betoni peittää liitoksien teräsrakenteet suojaten niitä korroosion haittavaikutuksilta. Lisäksi sääoloille alttiina olevissa teräsbetonirakenteissa käytetään ruostumattomasta teräksestä valmistettuja teräsosia. (Betoniteollisuus ry 2014.)

## 3 VAAKASAUMOJEN JÄYKISTÄMINEN SEINÄELEMENTEISSÄ

Betonielementtitaloja rakennettaessa tärkeä osa rakenteen stabiliteettia on elementtien saumaus. Seinien ja ontelolaattojen saumat täytyy betonoida, jotta saavutetaan riittävä stabiliteetti kohteen rakennus- ja käyttöaikana. Saumojen betonointiin on käytettävissä erilaisia betoniseoksia vaadittavan lujuuden, notkeuden ja betonointilämpötilojen mukaan. (Betoniteollisuus ry 2014.)

Seinien saumojen voidaan betonoida muutamien eri tavoin. Saumat voidaan valaa esimerkiksi valusuppilolla tai erityisellä pumppausautolla. Tässä menetelmässä valmisteltävänä työnä joudutaan tekemään runsaasti muotitustöitä, jottei tuore betoni valu väärin paikkoihin. Tästä voi olla merkittäviä vaikutuksia rakenteiden lujuuksiin ja myöhempiin työvaiheisiin. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Saumoja voidaan täyttää myös erityisellä kuivabetonilla, johon vesi sekoitetaan työmaalla. Tällöin muotitustyöt jäävät vähemmälle ja betonointi voidaan suorittaa täysin työmaalla, ilman ulkopuolisia betoniautoja. Myös jälkitöitä on vähemmän, kun purettavia muotteja ei ole paljoa. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

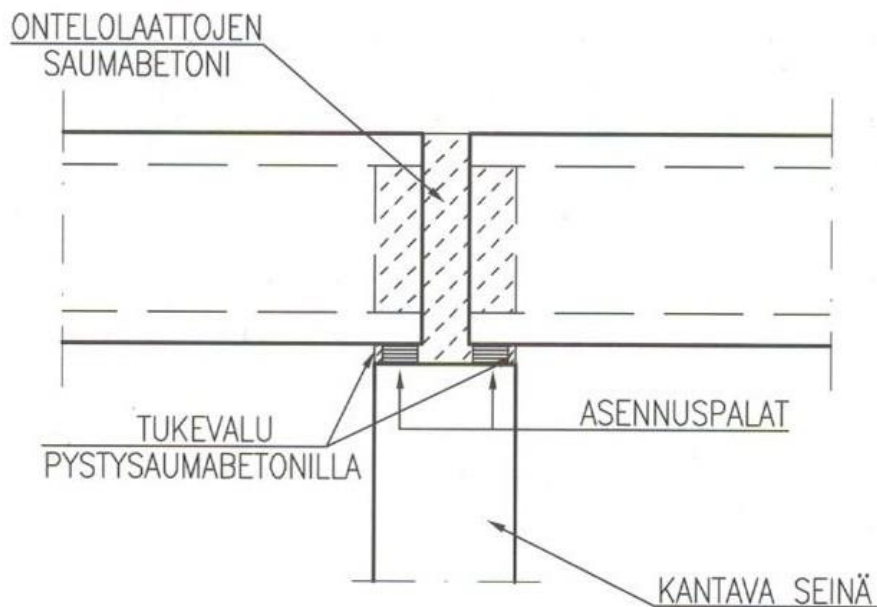


Kolmas keino saumojen betonointiin on saumata elementit asennuksen yhteydessä. Tällöin muottitöitä ei tarvita ollenkaan. Asennusbetoni laitetaan elementin paikalle, jolloin elementti asettuessaan asennuspalojen varaan puristaa ylimääräisen massan pois. Jälkityöksi jää vain pursuavan massan poistaminen. Tämä keino ei kuitenkaan sovellu ontelolaataston vaakasaumoihin. (Betoniteollisuus ry 2014.)

Kaikkien saumojen lujuusvaatimukset määrittää rakennesuunnittelija. Elementtien saumoissa vaadittavan lujuuden tulee olla vähintään 70 % seinäelementtien betonin suunnittelulujuudesta. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

### 3.1 Saumavalu muotittamalla

Vaakasaumojen suorittaminen valamalla mahdollistaa sekä seinän yläsauman, että ontelolaattojen välisen sauman jäykistämisen kerralla. Tällöin seinän yläpäähän ja ontelolaatan alapuolen saumausbetoniin ei tule työsaumaa, vaan liitokset ovat samaa valua. Ennen saumavalua alapuoliset aukot tulee tukkia. Tähän voidaan käyttää joko pumpattua pystysaumabetonia tai tukelautaa (kuva 1). Laudoitus on tosin hieman työläämpi, sillä muotit pitää purkaa valun kuivuttua.



Kuva 1. Ontelolaattojen päätysauma (Betonielementtien saumavalut 2002)

Saumavalamista muotittamalla käytetään pääsääntöisesti seinäelementtien yläsaumojen jäykistämiseen. Alavaakasaumojä jäykistetään valamalla lähinnä vain sokkelielementtejä valettaessa.

Ontelolaatat asennetaan palkkien tai seinäelementtien päälle asennuspalojen varaan, eli laatan ja sitä kannattavan rakenneosan väliin jää rako. Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan B4, Betonirakenteet mukaisesti tämän välin tulee olla 20 mm (B4, 2009). Raon tarkoituksena on varmistaa saumabetonin kulkeutuminen koko sauman matkalle, jottei betoniin jää tyhjiä, kantamattomia kohtia.

Kun ontelolaatasto on asennettu, valettavat saumat tukitaan alapuolelta riittävän tiukasti tukelautoilla. Tukelautojen tarkoituksena on estää betonin päätyminen paikkoihin, joihin sitä ei haluta. Esimerkiksi seinän ja ontelolaatan päädyn välillä pyritään estämään seinäpinnan sotkeutuminen. Myös ontelolaattojen onteloiden päät tulee tukkia, jottei betoni valettaessa valu ontelolaattojen sisään. Tukkimiseen käytetään yleensä onteloiden mukana tulevia muovikorkkeja. Joskus korkit häviävät tai eivät mahdu paikallaan olevan laatan päähän. Tällöin voidaan käyttää tukkimiseen eristysvillaa tai styroksia. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Tämän jälkeen saumat valetaan umpeen ontelolaattojen yläpuolelta. Samalla valulla saadaan täytetyksi seinäelementtien vaakasaumat ja ontelolaattojen päätysaumamat. Saumaukseen käytettävä betoni tilataan valmisbetoniasemalta. Asemalle ilmoitetaan betonin vaadittu lujuus, notkeus, määrä ja mahdolliset rasitusluokan vaatimat lisäaineet. Betonin lujuuden ja rasitusluokan määrittää rakennesuunnittelija. Betoni toimitetaan valmisbetoniasemalta tarkoituksen mukaisella autolla työmaalle. Työmaalla betoni siirretään joko betonipumppausauton tai valusuppilon (kuva 2) avulla saumattaviin paikkoihin. Pumppausautossa käytetään letkua, jolla betoni ohjataan valettaviin saumoihin. Myös suppiloon voidaan asettaa letku, josta betoni valuu tarkasti saumoihin eikä betoni roisku tarpeettomasti ontelolaattojen päälle. (Betonielementtien saumavalut 2002.)



Kuva 2 Valusuppilo (Aatu Pajunen)

Välittömästi betonointitöiden jälkeen tulee saumat suojata olosuhteilta tarkoituksenmukaisella materiaalilla. Kesäaikana tähän sopii esimerkiksi tavallinen pressukangas tai muovikalvo, joka estää veden liian nopean haihtumisen. Liian nopeasti kuivutessaan betoniin syntyy halkeamia, jotka heikentävät betonin suunniteltua loppulujuutta. Betonoidun alueen päälle kannattaa tehdä puutavarasta kehikko, jottei kangas kosketa suoraan tuoreeseen betoniin. Näin betonin pintaan ei jää ylimääräisiä juovia. Pressu tai muovisuoja kannattaa myös ankkuroida naulaamalla tai asettaa painoja sen päälle, jottei tuuli kuori peittä betoniin päältä. Kesällä saumojen peittämisen lisäksi voi olla tarpeen kastella betonia muutaman päivän ajan, jottei betoni halkeile. (Puhdasvaluopas 2014.)

Talvisaikaan saumat pitää peittää lämmön haihtumisen estämiseksi. Lämmön haihtuminen hidastaa betonin kemiallista reaktiota, joka on kriittinen tekijä betonin lujuuden kehityksessä. Betonielementtien saumavalut -teoksen mukaan betonin tulee saavuttaa 5 MPa:n puristuslujuus ennen sen jäätymistä, jotta edellytykset betonin lopulliselle kovettumiselle ovat olemassa. Leveisiin päätysaumoihin ja laakeisiin valuihin voidaan ennen valua asettaa lämpölangat, jotka muuttavat sähköenergiaa lämpöenergiaksi ja luovuttavat sen edelleen betoniin. Tämä parantaa betonin kuivumisen edellytyksiä tal-

violoissa. Mahdollisuuksien mukaan tulee miettiä rakennuksen alapuolisen kerroksen osittaista lämmittämistä saumojen kuivumisen takaamiseksi. Lämmittämiseen voidaan käyttää esimerkiksi kaasutoimisia säteilylämmittimiä (kuva 3). Lämpötilan laskiessa alle +5 °C täytyy käyttää pakkasbetonia, jossa lisäaineella estetään betonin jäätyminen (tiettyihin rajoihin asti). Valmisbetoni voidaan tarvittaessa tehdä myös kuumalla vedellä, jotta sen massan lämpötila kovettumisen alkuvaiheessa on jo korkeampi. Tällöin betonin alkulämpöenergia on korkeampi, mikä kiihdyttää betonin omaa lämmönkehitystä. Betoni itsessään muodostaa lämpöenergiaa kovettumisen aikana. (Betonielementtien saumavalut 2002)



Kuva 3, Säteilylämmitin (Kuva: Aatu Pajunen)

Muotit ja muut valunaikaiset tukirakenteet poistetaan, kun betoni on riittävän lujaa. SFS Standardin 5975 Betonirakenteiden toteutus mukaan muottirakenteiden purkami-



nen on sallittua, kun betonin lujuus on riittävä estääkseen siirtymät ja muodonmuutokset tukien poistamisen jälkeen. Lisäksi erikseen mainitaan, että betonin lujuuden tulee olla 60 % nimellislujuudesta, paitsi jos suunnittelija on erikseen suunnitelmissaan maininnut jonkin muun lujuuden. (SFS 5975.)

### 3.2 Pumppaus pystysaumabetonilla

Yläsaumat voidaan saumata myös pystysaumabetonia pumpaamalla. Tällä menetelmällä muotitustyötä jää tehtäväksi paljon vähemmän. Pystysaumabetoni pumpataan sellaisenaan seinäelementin ja ontelolaatan saumaan tiiviisti, joten se kuivuttuaan toimii yläpuolen ontelolaataston valussa tukkeena (kuva 1). Pumppaukseen käytettävä betoni sekoitetaan työmaalla kuivabetonista. Kuivabetoniseosta lisätään pumppuun veden kanssa oikeassa suhteessa. Tämän jälkeen pumppu työntää ruuvin avulla saumabetonin letkua pitkin elementtien saumaan (kuva 4).



Kuva 4. Saumabetonin pumppaamiseen käytettävä pumppuasema (Kuva: Aatu Pajunen)

Pumpattaessa pystysaumabetonia pumppaaja kuljettaa pumpun letkua niin, että letkun pää on koko ajan jo levitetyn betonin sisällä, jotta varmistutaan tiiviistä lopputuloksesta (kuva 5). Jos letkun pää ei ole massan sisällä pumppauksen aikana, se aiheuttaa sauman sisälle onkaloita. Onkalot aiheuttavat rakenteeseen tiiveys- ja äänieristävyyso ongelmia ja pahimmassa tapauksessa voivat vaikuttaa rakenteen kantavuuteen. (Betoniteollisuus ry 2014.)



Kuva 5. Pumppaustyö; letku pumpattavan betonin sisällä (Kuva: Aatu Pajunen)

Pumppauksen jälkeen annetaan massan jäykistyä hetken aikaa, noin puoli tuntia, minkä jälkeen sauma tasataan lastalla seinäpinnan kanssa tasan, jottei sauman pursuamien aiheuta ongelmia myöhemmissä työvaiheissa, kuten esimerkiksi tasoitus ja maalaus- töissä. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Pystysaumabetonilla voidaan pumpata myös lähes kaikkia seinäelementtien alasaumoja. Tällöin elementit asennetaan pelkästään asennuspalojen varaan ja tuetaan niin sanotuilla tönäreillä eli vinotuilla. Tämän jälkeen saumapumppaaja täyttää elementin alasauman kokonaan pystysaumabetonilla. Menetelmä on kuitenkin erittäin riskialtis laadun kannalta, sillä sauman tulee olla riittävän suuri pumppuletkun suulakkeelle,

jonka halkaisija on 40 mm. Jotta saavutetaan vaadittava laatu pumppauksessa, letkun päähän tulee olla betonin sisällä koko pumppauksen ajan.

### 3.3 Saumaus elementtiasennuksen yhteydessä

Seinäelementtien alasaumat on mahdollista tiivistää jo heti asennusvaiheessa. Ennen elementin asennusta varmistetaan, että asennusalusta on puhdas ja jäätön, jotta betonin tartunnalle on soveltuvat edellytykset. Rakennusmies laittaa elementin asennuskohtaan saumamassaa riittävän paljon, jotta se täyttää koko sauman elementin ollessa paikallaan. Tämän jälkeen elementti lasketaan ennalta mitattujen asennuspalojen päälle ja ylimääräinen asennusmassa pursuaa raosta pois. RakMK B4 Betoninormit - määräyksen mukaisesti tällä tavoin toteutettavan elementtisauman paksuuden tulee olla vähintään 10 mm. Lopuksi sauman purseet korjataan pois ja varmistetaan se, ettei sauma missään tapauksessa jää koholleen. Koholleen jäävä sauma aiheuttaa yleensä ongelmia myöhemmissä työvaiheissa, kuten tasoitustöissä. (B4 2009.)

### 3.4 Laadunhallinta

Rakennustyömaalla suoritettavista betonisaumaustöistä tulee Betoninormien mukaisesti pitää betonointipöytäkirjaa, jotka arkistoidaan kymmeneksi vuodeksi. Ennen saumaustöitä on hyvä suunnitella työn vaatimuksia, vastuuhenkilöitä ja käytettävää saumaustyömenetelmää. Ennen saumausta tulee varmistua siitä, että saumat ovat ehdottomasti puhtaita ja sulia. Saumoihin tulevien rakenneosien, kuten terästen ja sähköputkien sijainnit tulee tarkastaa ennen varsinaista saumaustyötä. Saumaussuunnitelmassa määritetään vastuu saumattavien pintojen etukäteistarkastuksesta. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

## 4 PYSTYSAUMOJEN JÄYKISTÄMINEN SEINÄELEMENTEISSÄ

Kun valmistetaan rakennuksia betonielementeistä, vaakasaumojen lisäksi rakenteissa on elementtien väleissä lukuisia pystysaumoja. Pystysaumat tulee täyttää betonimassalla kuten vaakasaumatkin. Pystysaumoihin on käytettävissä kaksi erilaista perustyöskentelytapaa saumojen jäykistämiseksi. Lisäksi saumoihin tulee suunnittelijan ohjeiden mukainen rauditus.

#### 4.1 Pumppaus pystysaumabetonilla

Elementtien pystysaumojen täyttämiseksi 2000-luvun taitteessa kehiteltiin erillinen pumppausmenetelmä. Tämä menetelmä mahdollistaa saumojen betonoimisen ilman jälkitöitä. Parhaiten tämän betonointitavan edut tulevat esiin, kun sauman leveys on välillä 30–50 mm.. Työskentelyn kannalta on elementteihin hyvä suunnitella vaarna-  
muotoiset reunat, mikä estää saumabetonia valumasta pois saumasta. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Valmistelevina töinä sauma tulee olla puhdistettuna kaikesta ylimääräisestä materiaalista, kuten sahanpurusta ja jäästä. Saumassa ei saa myöskään olla vettä, jottei elementtien imukyky heikkene ja sauma tarttuu elementteihin suunnitellulla tavalla. Saumat tulee myös raudoittaa rakennesuunnittelijan laskelmien mukaisesti. Elementtien reunoissa on jo tehtaalla asennettuna tartunnat. Nämä tartunnat ovat nykyisin vaijerilenkkejä, jotka helpottavat sauman pumppaustyötä. Joissakin erikoistapauksissa voidaan käyttää harjateräslenkkejä suuremman lujuuden takaamiseksi. (Betonielementtien saumavalut 2002.)



Kuva 6. Väliseinäelementtien pystysauma raudoitettuna (Kuva: Aatu Pajunen)



Pumppausmenetelmässä suuressa roolissa on saumaukseen käytettävä erikoismassa. Vesimäärän annostelussa tulee noudattaa tarkkoja ohjeita, jotta massassa on juuri ne ominaisuudet, jotka se vaatii. Näitä ominaisuuksia ovat valumattomuus, hyvä tartuntakyky ja notkeus. Massa sekoitetaan työmaalla yleensä 1 000 kg:n suursäikeistä sekoittimeen. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Oikealla vesisuhteella valmistettu massa on myös säänkesto-ominaisuuksiltaan erinomaista. Jos työskentelylämpötila on +20 °C, yhden vuorokauden kuivumisen jälkeen massan lujuus on 15 MN/m<sup>2</sup>. Samassa lämpötilassa seitsemän vuorokauden lujuus on jo 30 MN/m<sup>2</sup>. Työskenneltäessä matalassa +5 °C:n lämpötilassa, massan lujuus vuorokauden jälkeen on jäätymislajuuden suuruinen, 5 MN/mm<sup>2</sup>. Matalassakin lämpötilassa massan lujuus 28 vuorokauden jälkeen on 30 MN/m<sup>2</sup>. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Lämpötilan laskiessa alle +5 °C, betonointiin on käytettävä pystysaumabetonin talvilaatua, jotta vältytään betonin enneaikaiselta jäätymiseltä. Pakkasmassaa voidaan käyttää todella kylmissä, -15 °C:n olosuhteissa ilman lisälämmitystä. Tällöinkin massa saavuttaa alle seitsemässä vuorokaudessa lujuuden 5 MN/m<sup>2</sup>. Talvisin saumaustöitä tehdessä on aina muistettava tarkastaa, ettei saumoissa ole jäätä tai lunta ja että sauma on sula. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Itse pumppaustyö on hyvin samankaltainen kuin vaakasaumapumppauksessakin. Ero on tietysti se, että pystysauma on pystyssä. Tämä aiheuttaa sen, että saumamassan notkeuden tulee olla oikea, jotta juuri pumpattu saumabetoni ei valu ulos saumasta. Kun saumabetoni jähmettyy hieman, se tasataan lastalla, jottei pinta jää koholleen. Jos saumassa ei takana käytetä stopparilautaa tai sauma ei törmää elementtiin, sauma tulee lastata myös toiselta puolelta. Sauman viimeistelyssä tulee kiinnittää huomioita siihen, että saumat eivät jää koholleen. Koholleen jääneet saumat aiheuttavat runsaasti lisätöitä ennen tasoitustöiden aloittamista, sillä koholleen kovettuneet saumat täytyy piikata, jotta tasoitustyö onnistuu. Koholleen jääneet saumat aiheuttavat luonnollisesti lisäkustannuksia ja aikatauluviiveitä. (Betoniteollisuus ry 2014.)



Kuva 7. Pystysaumapumppaustyö. Sauman takana stopparilauta. Saumassa huomattavissa myös vaarnamuoto. (Kuva: Aatu Pajunen)



Kuva 8. Pystysauma pumpattuna, lastalla tasaaminen tekemättä. (Kuva: Aatu Pajunen)

## 4.2 Saumavalu muotittamalla

Kuten vaakasaumoja, voidaan myös pystysaumoja toteuttaa valamalla muottiin. Menetelmässä elementtien pystysaumot raudoitetaan ensin suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Tämän jälkeen saumat muotitetaan ja valetaan umpeen. Betonina käytetään saumaukseen soveltuvaa saumabetonia, jonka maksimiraekoko on 4 tai 8 mm. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Valaminen tapahtuu pystysaumojen yläpuolelta, yleensä ontelolaattojen saumausvalujen yhteydessä. Talvisin muotteihin voidaan asentaa lämpölangat tai vaihtoehtoisesti jos mahdollista, pyritään lämmittämään rakennuksen se kerros, jossa valettavat pystysaumot sijaitsevat. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

Kun saumabetoni on saavuttanut vaadittavan purkulujuuden, muotit puretaan saumojen pois saumojen päältä. Tavallisesti rakennesuunnittelija määrittää vaadittavan lujuusvaatimuksen saumoille ennen seuraavan elementtikerroksen asentamista, jotta rakennuksen vakavuus säilytetään koko runkovaiheen ajan. (Betonielementtien saumavalut 2002.)

## 5 TYÖTURVALLISUUS

Työturvallisuuden merkitys työmailla kasvaa koko ajan. Muutamia vuosia sitten kypärän käyttö oli harvassa, mutta nykypäivänä työmaalle ei edes pääse, jos ei ole vaadittavaa suojakypärää, turvakenkiä, suojalaseja ja huomioväriä. Työturvallisuusvaatimusten lisäämisellä on suora vaikutus tapaturmien vähentämiseen rakennustyömailla. (Työturvallisuuskeskus 2014.)

### 5.1 Pehdytys

Jokainen työmaalle saapuva työntekijä tulee perehdyttää työmaalle ensimmäistä kertaa saapuessaan. Perehdytyksessä kerrotaan työmaan keskeisiä asioita ja varmistetaan siitä, että kyseinen henkilö on pätevä työskentelemään hänelle tarkoitetussa työtehtävissä. Lisäksi tarkastetaan vaadittavat luvat, kuten työturvallisuus-, tulityö- ja ensiapukortit. Perehdytyksessä on hyvä kertoa työmaan sen hetkisistä keskeisistä vaaratekijöistä ja siitä kuinka niitä voi välttää. Perehdytyksen aikana täytetään perehdytyslo-

make, jonka perehdyttävä ja perehdytettävä allekirjoittavat. (Työmaahan perehdyttäminen 2013.)

## 5.2 Työmaalla huomioitavat asiat saumauksien osalta

Työturvallisuuden onnistuminen on monen tekijän summa. Vastaava mestari ja muut työjohtajat ovat suuressa roolissa näyttäessään esimerkin henkilökohtaisen työturvallisuuden tason vaatimuksesta kyseisellä työmaalla. Aktiivinen huomauttaminen puutteista ja viikoittaiset TR-mittaukset tuovat esille, kuinka tosissaan kukin työmaa työturvallisuuden ottaa. Nykypäivänä on yleinen käytäntö, että puutteellisella turvavarustuksella ei ole asiaa työmaan sisälle ja jatkuvat huomautukset voivat johtaa pysyvään porttikieltoon työmaalle. Lisäksi rakennusalan eri liitot järjestävät erilaisia kampanjoita ja kilpailuja, joilla pyritään innostamaan urakoitsijoita panostamaan työturvallisuusasioihin.

Elementtien saumauksia tehtäessä tulee kiinnittää laadun lisäksi huomiota myös työturvallisuuteen. Pystysaumaustöitä tehtäessä holvilla on lukuisia erilaisia letkuja ja johtoja, joihin on vaarana kompastua. Tämän vuoksi työmaan sähköt on pyrittävä asettelemaan niin, että ne voidaan nostaa esimerkiksi pikanaulojen avulla kulkemaan seiniä pitkin, mikä vähentää kompastumisvaaraa merkittävästi. Jos johtoja on kuitenkin jätettävä lattialle, hyvä keino on merkata johdot huomioteipillä, jotta ne on helppompaa havaita ja välttää kompastumiset. Työmaatekniikka olisi hyvä ottaa huomioon jo suunnittelupöydällä, jotta elementteihin voidaan suunnitella työnaikaisia läpivientejä seiniin ja välipohjiin.

Kompastumiset voivat aiheuttaa erilaisia vammoja kaaduttaessa, ja lisäksi holvilla pystyssä olevat harjaterästäpit voivat pahimmassa tapauksessa mennä ihon läpi. Tämän vuoksi tappien päihin tulee pujottaa erilliset suojatulpat, jotta teräväreunaiset päät ovat piilossa.

Toinen ja ehkä merkittävin kompastumisvaaran aiheuttaja on elementtien vinotukitopat eli tönärit (kuva 9). Kaikki seinäelementit tulee asennusvaiheessa tukea tönäreillä, eli elementtien asennusvaiheessa näitä on kerroksessa kaikkialla. Niiden poistaminen on mahdollista vasta elementtien jäykistämisen jälkeen, kun suunnittelija on siihen antanut luvan. Tämän vuoksi kunnollinen valaistus ja tönäreiden merkitseminen huomiovärillä jäävät ainoiksi keinoiksi välttää kompastumistapaukset työmaalla.



Kuva 9. Tönäri eli vinotuki (Kuva: Aatu Pajunen)

## 6 SAUMASTÖIDEN ONGELMAT

### 6.1 Epäonnistuneen saumaustyön esimerkkikohde

Tämän esimerkkikohteen myötä tuli esiin muutamia merkittäviä seikkoja pystysaumojen pumppaamisen osalta. Kyseessä on kerrostalotyömaa Espoossa, jossa pystysaumaaurakoitsija aiheutti merkittävät seuraukset hutiloidun pystysaumapumpausurakan vuoksi.

Kohteen seinäelementtien pystysaumoista suurin osa jouduttiin piikkaamaan ja pumppaamaan uudelleen. Kohteen rakennustarkastaja halusi varmistua täysin saumojen laadusta. Sen vuoksi kohteessa suoritettiin porauksia saumoihin, joita tarkasteltiin kameran avulla. Tällöin huomattiin merkittävät puutteet saumojen tiiveydestä niiden keskiosissa. Ulkopuolisesti saumat näyttivät täysin moitteettomilta, mutta saumojen sisällä tiiveydessä oli ongelmia. Puutteellisiksi havaitut elementtisaumat piikattiin aukeiksi ja pumpattiin uudelleen, tällä kertaa oikeaoppisesti. Saumojen kahteen kertaan te-

keminen pitkitti runkovaihetta merkittävästi aiheuttaen aikatauluviivästyksiä ja luonnollisesti myös merkittäviä lisäkustannuksia.

Pystysaumamat oli tarkoitus toteuttaa täysin pumpattuina pystysaumabetonilla. Toisin sanoen saumat olivat auki pumppaajaa varten, jotta tämä pääsee pumppaamaan saumat molemmilta puolilta. Saumoissa oli elementtien reunaliitoksien vaijerilenkit, pystyraudoitus ja joissain saumoissa mahdollisia sähköputkia. Tällöin pumppaajalla on täysi mahdollisuus suorittaa saumat laatu- ja rakennevaatimusten mukaisesti.

Jostain syystä pystysaumamat oli pumpattu niin, että saumabetonia ei ollut saumojen keskikohdissa ollenkaan, vaan sitä oli pumpattuna vain saumojen reunoilla. Tällöin pystyraudoituksen ja sähköputkien taakse ei betonia ollut kulkeutunut ja saumat jäivät keskeltä ontoiksi. Sama tapahtui sauman toiselta puolelta, eli pumppaaja pumppasi betonia niin pitkälle, kuin se helposti meni. Tämän jälkeen hän kuitenkin viimeisteli saumojen pinnat siisteiksi niin, että esimerkiksi tasoitteita hankaloittavia kohoumia ei ollut ja etuputsityölle eli elementtipintojen viimeistelytyölle ei juuri tarvetta ollut. Tämä loi vaikutelman saumojen laadukkaasta toteutuksesta, joka myöhemmin karmella tavalla kuitenkin paljastui päinvastaiseksi.

Oikeaoppisesti saumat olisi tullut toteuttaa niin, että alettaessa pumppaamaan pystysaumaa se olisi tullut pumpata raudoituksen ja sähköputkien taakse. Tällöin sauma olisi tullut keskeltä täyteen ensimmäisen puolen pumppauksella. Sen jälkeen olisi riittänyt muutaman senttimetrin paksuinen viimeistelypumppaus sauman toiselta puolelta ja pintojen tasaus.

Tämä esimerkki osoittaa selvästi, miten tärkeä pumppaajan ammattitaito ja motivaatio saumojen huolellisesta suorittamisesta on. Tällöin etenkin ensimmäisten saumojen mallikatselmus on ensiarvoisen tärkeää, jotta pystytään varmistumaan siitä, että sekä pumppauksen tilaaja että suorittaja ovat yhtä mieltä siitä, mikä vaadittavan laatutason tulee olla. Myös valvonnan merkitys pumppaustyössä kasvaa merkittävästi. On ensiarvoisen tärkeää, että pumppaajien toimia etenkin töiden alkuvaiheessa pidetään silmällä ja keskustellaan rakentavasti aina, kun puutteita pumppaustyön laadussa ja suoritustavoissa havaitaan.

## 6.2 Sauman pintojen vaikutukset

Ennen saumojen betonointia saumojen tulee olla täysin puhtaat ja sulat. Saumojen puhtaus luo edellytykset betonin kunnolliselle tarttumiselle. Kunnollinen tarttuminen takaa sen, että saumat ovat tiiviit ja rakenteellisesti vahvat. Saumojen epäpuhtaudet vaikuttavat saumaustyön lopputulokseen (luku 6.2.1).

### 6.2.1 Talviolosuhteet

Kylmä talvikeli hankaloittaa rakentamista monella tavalla. Betonin ominaisuudet vaihtelevat merkittävästi lämpötilan mukaan. Kylmät ja lumiset olosuhteet vaikeuttavat myös elementtisaumojen pumppaustyötä. Lämpötilan pysytellessä pakkasella pidempään, asennettavien elementtien saumapinnat jäätyvät melko varmasti. Tällöin saumoja tulee lämmittää ennen saumabetonin pumppaamista, jotta saumabetoni tarttuu elementtien pintoihin ja muodostaa rakenteellisen liitoksen.

Suomen talveen kuuluu myös olennaisena osana lumisateet. Tehtaalla muotista purettu elementti tuottaa hydrataatiolämpöä. Kun tehtaalla ajetaan lämmin elementti ulos pak-kaseen, sen pinta huurtuu. Mahdollinen lumisade lisää vielä päälle kertyvän jää- ja lumikerroksen paksuutta. Tämän vuoksi elementin olisi hyvä varastoida katokselliseen varastoon, jottei piiskaava lumisade pääse peittämään elementin pintoja. Elementtejä olisi hyvä myös jäähdyttää viileissä sisätiloissa ennen niiden kuljettamista ulko-varastoihin, jotta voidaan vähentää työmaalla välttämätöntä sulatustyötä.

Vaikka edellä mainittuja keinoja käytetäänkin, joihinkin saumoihin kerääntyy väkisin lunta tai jäätä. Tämä veden olomuoto pitää saada pois ennen saumojen betonipumppaustyötä, jotta jäiden ja lumen aiheuttamia sulamisonkaloita ei saumoihin synny. Saumojen sulattamiseen yleisesti käytetty keino on kaasupolttimella sulattaminen. Jos tiedetään elementtiä asennettaessa, että sen saumoja ei lähiaikoina valeta, on hyvä etenkin talvella suojata sauma, jottei talvisää pääse keräämään sinne lunta ja jäätä. Kesäaikana ongelmana on lähinnä runkovaiheen puutöistä aiheutuvien puupurun ja roskien kulkeutuminen saumoihin.

Kaikissa olosuhteissa betonielementtien saumojen tulee olla puhtaita ja sulia ennen saumaustyötä. Tämä on seikka, josta ei työmaalla saa tinkiä missään olosuhteissa. Valitettavasti kuitenkin usein törmätään tilanteisiin, joissa pumppausurakoitsija yleensä

aikataulun aiheuttamien paineiden vuoksi ei ole riittävän tarkkana saumojen puhtaudesta.

### 6.2.2 Pintojen laatu

Pintojen sileys vaikuttaa selvästi saumabetonin tarttuvuuteen. Karhea pinta tarjoaa betonille huomattavasti enemmän tarttumispinta-alaa kuin sileä pinta. Karhea pinta saadaan aikaiseksi välttämällä vanerin käyttöä muottimateriaalina elementtitehtaalla saumojen kohdilta. Yleisesti käytetty keino karhentaa sauma on höyläämätön lauta, josta reunat ovat viistetty. Tämä sekä helpottaa muotin purkua tehtaalla, että vahvistaa elementtisauman rakenteellista kestävyyttä.

Joissain kohteissa rakennesuunnittelija voi määrätä elementtien saumat pesubetonipinnoille. Tällöin tehtaalla elementtien saumakohtiin sivellään muottivaiheessa kemiallista hidastinta, joka elementin valun ja muotinpurun jälkeen pestään painepesurilla. Tällöin betonin pinnalta poistuu sementtiliima, ja esiin kaivautuu betoniin kiviaines. Tällöin elementtien saumoille tarjotaan erittäin otolliset olosuhteet saumabetonin tarttumiselle.

### 6.3 Paksuudet

Pumppauksen kannalta tärkeää on saumojen ideaalinen leveys. Tämä seikka tulee ottaa huomioon jo elementtisuunnittelussa. Saumaan pitää elementtien asennusvaiheessa jäädä riittävästi tilaa, jotta saumojen rauditus on mahdollista toteuttaa niin, että pumppaustyöstä ei tule tarpeettoman hankalaa. Elementtien suunnittelussa olisi hyvä huomioida myös valmistuksessa syntyvät mittapoikkeamat, etenkin väliseinäelementeissä. Näitä kun yleensä tehdään tehtailla samoilla muoteilla monena viikkona peräkkäin, joten muottien ikääntyminen lisää valmiin elementin poikkeamia suunnitellusta.

Elementtien valmistukseen on olemassa omat toleranssit erilaisille elementtityypeille. Standardin SFS-EN 14992 mukaisesti väliseinäelementtien valmistustoleranssi normaaliluokassa on  $\pm 10$  mm (SFS-EN 14992). Toisin sanoen kahden standardien mukaisesti valmistetun elementin sauma voi suunnitelmissa olla esimerkiksi 50 mm. Jos molempien seinien poikkeama suunnittelusta on tuo sallittu 10 mm, kaventuu sauma jo 30 mm:n levyiseksi. Kun tähän lisätään vielä rakennesuunnittelijan antama asennustoleranssi, voi sauma kutistua vain 20 mm leveäksi. Tämä tekee raudoittamisen



hankalammaksi ja mikä pahinta, elementtisauman betonipumppaus muuttuu erittäin hankalaksi. Tähän olisi hyvä saada pelivaraa jo suunnittelupöydältä, sillä liian leveä sauma on kuitenkin kokonaisvaltaisesti helpompi pystysaumauksen kannalta kuin liian kapea sauma. Sama ongelma voi esiintyä myös toiseen suuntaan. Toisin sanoen 50 mm leveäksi suunniteltu sauma voi toleranssien sisällä kasvaa jopa 80 mm leveäksi. Tällöin ongelmaksi tulee pystysaumabetonin pysyminen saumassa.

#### 6.4 Raudoitukset

Raudoitus tulee tehdä siten, että se täyttää suunnittelijan laskemat lujuusvaatimukset. Raudoitettaessa huomiota tulee kiinnittää myös siihen, ettei rautojen sijoittelusta aiheudu tarpeetonta haittaa pystysaumurakoitsijalle. Raudat asetellaan niin, että pumppaajan on mahdollista kuljettaa letkua koko pumppaustyön ajan betonin sisällä. Pumppaajalla pitää pystyä työntämään letku raudoituksen taakse, jotta sauman keskiosa ei missään tapauksessa jää vajaaksi.

Elementtien saumojen raudoituksesta ohjeistuksen antaa rakennesuunnittelija. Tavallisesti pystysaumoissa raudoituksena toimivat taipuisat vaijerilenkit, joiden läpi pujotetaan harjaterästanko. Elementtitehtaan laadunvarmistuksessa tulisi tarkistaa aina ennen valua, että seinäelementtien vaarnalenkit ovat oikein päin muotissa. Kun vaijerilenkit ovat oikein asennettu, työmaalla elementtiä asennettaessa vaijerilenkit ovat kohollaan ylöspäin. Harjaterästangon pujottaminen on merkittävän paljon helpompaa ja turvallisempaa, kun raudoittajan ei tarvitse pujotella tangon kanssa saadakseen kaikki lenkit tangon ympäri.

Raudoituksen sijoittelussa tulee myös huomioida se, etteivät raudat jää saumojen reunueille. Pumpattaessa saumaan pystysaumabetonia, raudoitus ei peity betonilla kokonaan, vaan jää osittain näkyviin. Tällöin raudoitus ei toimi rakenteellisesti oikein ja saumaraudoitus altistuu tällöin herkemmin myös korroosiolle.



Kuva 10. Pystysauman raudoitus; pystytanko ja vaijerilenkit (Kuva: Aatu Pajunen)

Raudoitustankoja saumaan aseteltaessa tulisi raudoitus tehdä saumaan keskeisesti, jotta pumpattavan pystysaumabetonin on mahdollista levittyä koko sauman alueelle. Pystysauman kannalta parempi vaihtoehto on käyttää yhtä paksumpaa tankoa kahden kapeamman sijaan, sillä kaksi tankoa peittää pumppausletkun kannalta epäedullisesti suuremman osan saumasta.

## 6.5 Massa

### 6.5.1 Olosuhteet

Aina betonitöitä valmisteltaessa tulee seurata säätiedotteita tarkasti. Kesällä Suomenkin leveysasteilla lämpötilat nousevat niin korkealle, että pystysaumapumppaus on alttiina ongelmille. Korkea lämpötila nopeuttaa betonin kovettumista, joten työskentelyaika on lyhyempi. Toisin sanoen pumppausta varten valmistettavaa pystysaumabetonia tulee tehdä pienempiä erä kerrallaan, jotta massan työstettävyyttä säilyy koko mas-  
saerän ajan oikeassa notkeusluokassa. Tällöin betoni levittyy saumaan huolellisesti ja vältetään tekemästä saumaan onkaloita.

Kuumaa säätä vastaan on keksittävä keinoja betonin kuivumisen hidastamiseksi ja työstöajan pidentämiseksi. Tähän vartenotettavia keinoja on esimerkiksi letkujen värin merkitys. Tumma letku kuumenee auringon paisteessa paljon vaaleaa letkua nopeammin. Valitsemalla kalustoon vaaleita letkuja tummien sijaan voidaan työstöaikaa pidentää merkittävästi. Toinen merkittävä tekijä on pitää betonin valmistus- ja pumpauspaikka varjossa. Jos varjopaikkaa ei löydy, on hyvä miettiä esimerkiksi varjostavan teltan rakentamista pumppausaseman ylle. Tällöin tuore betoni ei kovetu niin nopeasti, vältetään letkun turhilta tukkeutumisilta ja pidennetään pystysaumabetonin työstöaikaa aurinkoisella hellesäällä.

Toinen sulan aikana pystysaumatöitä kiusaava tekijä on vesisade. Pumpattaessa seinäelementtien saumoja tulee välittömästi pumppauksen jälkeen varmistua siitä, että sade ei pääse piiskaamaan tuoretta pystysaumabetonia, koska tällöin vaarana on saumabetoniin valuminen saumasta. Jos tiedetään vesisateen olevan tulossa ja julkisivu on alttiina sateelle, ei esimerkiksi julkisivujen pystysaumoja tule pumpata. Joissain kohteissa voi kuitenkin julkisivu olla huputettuna, eikä tätä ongelmaa ole. Väliseinistä tulee varmistaa, ettei sadevesi pääse valumaan holvilta saumoihin ja näin ollen vahingoittaa tuoreita elementtisaumoja. Tämä koskee sekä pysty- että vaakasaumoja.

Talvisin säällä on toisenlaisia vaikutuksia pystysaumapumppauksen onnistumiseen. Luonnollisesti matala lämpötila pakottaa käyttämään pystysaumabetonin pakkasversiota lämpötilan laskiessa alle +5 °C, jottei betonissa oleva vesi pääse jäätyämään. Pystysaumaukseen kehitetty kuivabetoni on käyttökelpoinen -15 °C:n lämpötilaan asti, mutta kylmempään mentäessä tulee saumattavia alueita lämmittää. Käyttökelpoinen menetelmä on lämmittää kerros tai porraskerrallaan ja tehdä kaikki saumaukset, mukaan lukien yläpuolisten onteloiden saumaukset. Lämmitetty kerros nopeuttaa betonin kuivumista ja näin ollen myös mahdollistaa ylempien kerrosten asennuksen nopeammin. Kerroksen lämmittäminen on kokonaisuudessaan kannattavaa, kun aikataulu ei suotta veny saumojen kuivumisen odottelun vuoksi.

Myös talvisin tulee varmistua siitä, ettei sade pääse pilaamaan tuoreita elementtisaumoja. Työmaalla on syytä seurata lumisade-ennusteita tarkasti, jotta voidaan ajoittaa ulkoseinien pystysaumaukset poutapäiville ja vältetään sateen mahdollisuudelta pilata saumat.

### 6.5.2 Kuivabetonin laatu

Useimmiten pystysaumanbetoni valmistetaan työmaalla 1 000 kg suursäkeistä sekoittamalla. Säkkejä kannattaa tilata tarvittava määrä kerralla kerralla, jos ne on mahdollista säilyttää työmaalla. Rahtikustannuksissa säästetään, kun jokaisesta säkistä ei tarvitse rahtia maksaa erikseen. Lisäksi tavara ei pääse loppumaan kesken töiden. Säkkejä varastoitaessa täytyy varmistua siitä, että säkit ovat huolellisesti säältä suojassa. Huolimaton säkkien varastointi kovettaa kuivabetonin ennen käyttöä, ja tekee sen käyttökelvottomaksi. Säkit tulee peittää mieluusti pressukankaalla, joka sidotaan niin, ettei tuuli pääse repimään suojausta säkkien päältä. Lisäksi on hyvä huolehtia, ettei säkkien päälle pääse muodostumaan vesipusseja.

Pystysaumapumppauksen ongelmakohtia pohtiessa on tullut esille myös massan laatuvaihtelujen aiheuttamat ongelmat saumaustöissä. Eri kuivabetonierien välillä on havaittu jonkin verran laatuvaihtelua eri kohteiden välillä. Eroja löytyy merkittävästi myös eri valmistajien välillä runsaasti.

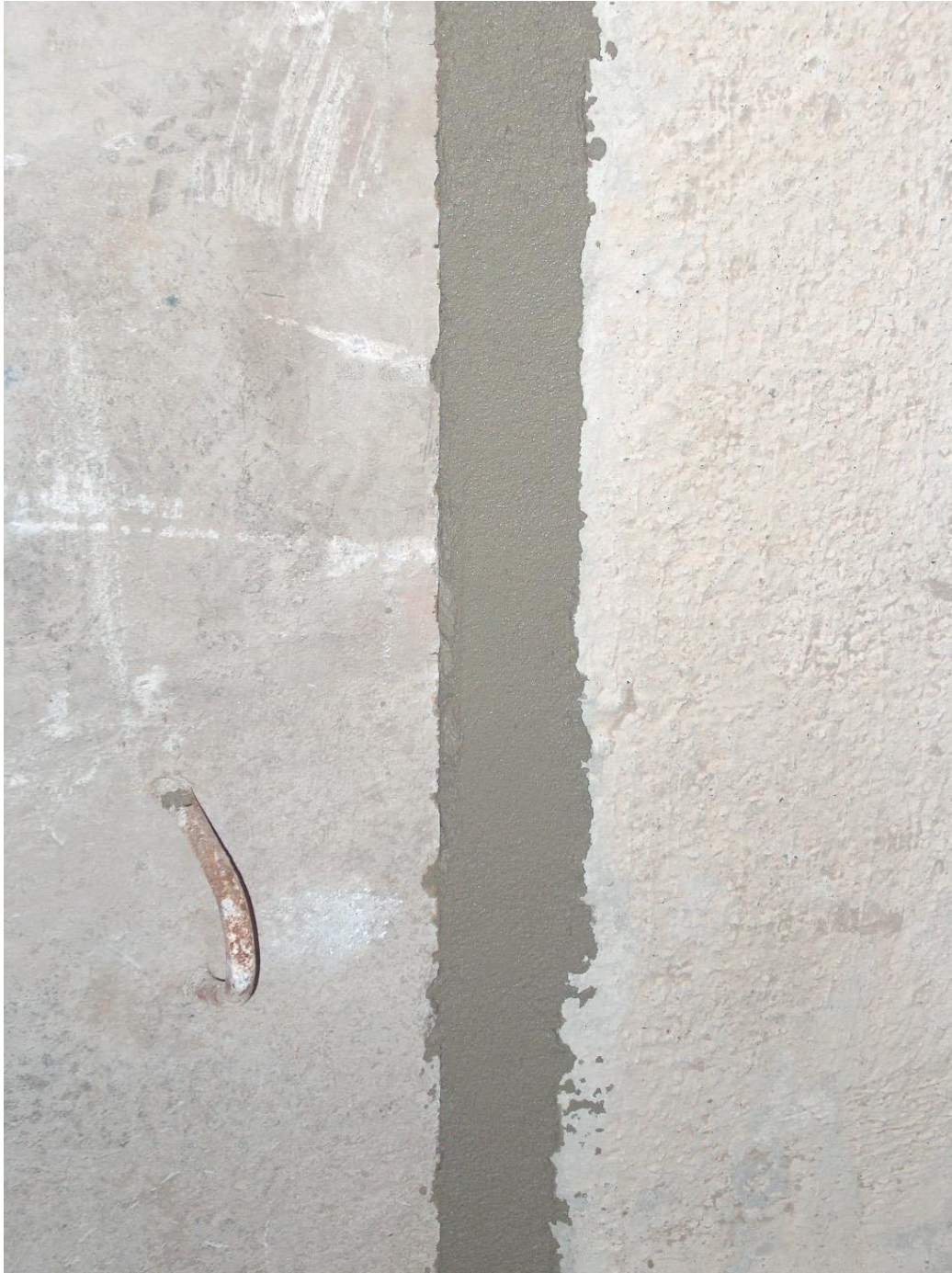
Laatuvaihtelut tulevat esiin betonia sekoitettaessa. Tällöin samalla vesimäärällä on huomattu vaihtelua massan notkeuden ja koostumuksen välillä. Huomioitavaa onkin, että jokainen massa on yksilö, jota tulee tarkkailla koko saumaustyön ajan.

### 6.6 Työn suorittaja

Esimerkkikohteesta selvisi, että on pumppaajan ammattitaito ja motivaatio ovat tärkeitä pumppausurakan onnistumisen kannalta. Vaikka valmistelevat työt tehdään kuinka hyvin tahansa ja saumojen tilavuus on ihanteellinen, ei pumppaustyö valmistu oikeaoppisesti, jos pumppaajan ammattitaidossa tai motivaatiossa on puutteita.

Elementtien pystysaumapumppausurakoitsijalle ei ole olemassa samanlaisia pätevyysvaatimuksia kuin esimerkiksi luokkahitsareille. Tässä on mielestäni selvä pohdiskelun paikka. Pitäisikö Suomen rakentamispätevyyksiin lisätä erillinen pätevyysosuus pystysaumapumppaajille? He kuitenkin vastaavat työllään rakenteellisesti samankaltaisten rakenteiden tuottamisesta. Tällä pätevyystestauksella karsittaisiin pois niitä yksilöitä, jotka eivät ole riittävän motivoituneita tai ammattitaitoisia suorittamaan rakenteille merkityksellistä elementtien saumaustyötä.

Pumppaustöiden yleisenä ongelmana tuntuu olevan itse pumppaustyön virheellinen suorittaminen. Toisin sanoen saumat tehdään ulkoisesti hyvännäköisiksi, mikä luo virheellisen vaikutelman saumojen todellisesta laadusta. On verrattain helppoa tehdä sauma näyttämään hyvältä, mutta todellisuudessa sauman piiloon jäävä osa, joka voi olla sandwich-elementeissä esimerkiksi villaa vasten, voi pumppaajalta jäädä täysin vajaaksi (kuvat 11 ja 12).



Kuva 11. Viimeistelty sauma (Rautanen 2014)





Kuva 12. Sauman tausta jää usein vajaaksi. (Rautanen 2014)

## 7 SAUMAUSTEN LAATUONGELMAT

Kuten ennen muitakin työvaiheita myös elementtisaumaustöistä pidetään aloituspalaveri, jossa käydään läpi ainakin seuraavat asiat:

- työn vaatimukset

- aikataulu
- vaadittava laatutaso
- käytettävät työmenetelmät
- mallikatselmus.

Työhön vaikuttavat tekijät, kuten sääolosuhteet, saumojen puhdistus ja valmistelu on hyvä sopia ennalta, jotta vältetään tarpeettomilta viivästyksiltä työmaalla. **Mallikatselmus on hyvä pitää heti saumaustöiden alkuvaiheessa, jotta saumausurakoitsija ja tilaaja ovat yhtä mieltä vaadittavasta laatutasosta.** Saumojen laadulla on huomattava vaikutus kohteen myöhempään sisävaiheen töihin, esimerkiksi tasoitus- ja sähkötöihin.

Urakoitsijan kanssa pitää myös varmistua oikeista massavalinnoista suhteessa säähän, jotta saumojen lujuudenkehitystä ei tarvitse odottaa turhaan väärän massavalinnan vuoksi.

## 8 YHTEENVETO

Lopuksi voidaan todeta onnistuneen elementtien saumaustyön olevan monen oikein tehdyn tekijän summa. Jo kohdetta suunniteltaessa voidaan vaikuttaa saumaustöiden hyvään laatuun, jos voidaan panostaa elementtien ja rungon huolelliseen suunnitteluun.

Seuraavan vaiheen vaikuttava tekijä on elementtitoimittaja. Jos ennalta tiedetään luotettavia elementtitehtaita, joista elementit tulevat mittatarkkoina, on syytä miettiä, olisiko hieman korkeampi hinta kokonaisuutta tarkasteltaessa kuitenkin säästö, jos saumaustöissä ja sitä kautta muissa myöhemmissä työvaiheissa ei ongelmia aiheudu elementtien saumojen vuoksi.

Aikataulut on nykyisin vedetty minimiin, ja rakentamisen eri vaiheita suoritetaan kaikkina vuodenaikoina. Tällöin sääoloja täytyy seurata aktiivisesti. Talvisin pakkanen, jää ja lumi kiusaavat pystysaumaustöitä. Kesällä taas kuumuus ja betonia kuivatava lämmin tuuli aiheuttavat päänvaivaa.

Kaikkien työmaalla tapahtuvien työvaiheiden lisäksi myös saumojen onnistumisen kannalta kuitenkin merkittävin tekijä on varmasti onnistuneen urakoitsijan valinta. Alueelliset erot ovat myös merkittäviä urakoitsijoiden välillä. Olosuhteiden ollessa kohtuulliset, saumojen huolellinen toteuttaminen on lähes täysin pumppaajan käsissä. Tällöin erityisesti valvonnan merkitys korostuu etenkin työvaiheen alkumetreillä. Resurssit rajoittavat kuitenkin valitettavan usein työmailla tapahtuvaa laadunvalvontatyötä. Myös valvovassa asemassa olevien henkilöiden, kuten vastaavan- ja työmaamestareiden työmotivaatio, on merkittävä seikka.



## LÄHTEET

Betonielementtien saumavalut. 2002. Betonikeskus ry.

Betonirakenteiden toteutus 2011. Standardin SFS-EN 13670 käyttö Suomessa  
28.3.2011 SFS 5975. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Betoniteollisuus ry 2014. Elementtien asennus.. Saatavissa:

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus> [viitattu 1.2.2014].

Betonivalmisosat. Seinäelementit. SFS-EN 14992 10.9.2007

B4, Betonirakenteet 30.4.2009. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristömi-  
nisteriö, Asunto- ja rakentamisosasto.

Elementtien asennus. Asennusohjeet. Elementtien asennus. Betoniteollisuus ry.

[http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet/elementtien-  
asennus](http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet/elementtien-asennus) [viitattu 23.3.2014]

Palokatkojen osuus rakennuksien kokonaisturvallisuudesta 2011. Tuomas Pylkkänen.  
Suomen Palokatko yhdistys.

Pienrakentajan betoniopas, s9. Betoniteollisuus ry. Saatavissa:

<http://www.betoni.com/Download/22666/Pienrakentajan%20betoniopas%20netti.pdf>  
[viitattu 23.3.2014]

Puhdasvaluohje 2014. Betoniteollisuus ry. Saatavissa:

[http://www.betoni.com/Download/22609/Puhdasvaluopas\\_betoni\\_netti.pdf](http://www.betoni.com/Download/22609/Puhdasvaluopas_betoni_netti.pdf) [viitattu  
4.3.2014].

Pystysaumaus. Juotosvalut. Elementtien asennus. Betoniteollisuus ry.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/juotosvalut> [viitattu  
23.3.2014]

Timo Rautanen. Saint-Gobain Weber Oy Ab. 2014

Turun sairaalapalo paljasti piilevän vaaran kiinteistöissä 2011. Helsingin Sanomat. s.A9. 2.10.2011.

Turvallisesti raksalla. Työturvallisuuskeskus. Saatavissa:

[http://www.ttk.fi/files/253/turvallisesti\\_raksalla.pdf](http://www.ttk.fi/files/253/turvallisesti_raksalla.pdf) [viitattu 23.3.2014]

Työmaahan perehdyttäminen 2013. Rakennustyömaan turvallisuustehtävät. VTT.

12.6.2013 Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/ytya/t-johtaminen.htm> [viitattu 18.3.2014]

Ulkoseinät 2014. Terveelliset tilat-tietojärjestelmä. Sisäilmayhdistys. Saatavissa:

<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/ulkoseinat/> [viitattu 23.3.2014]

Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa 1998. Määräykset ja ohjeet. C1. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

Ääneneristys. Betoni ja kestävä kehitys. Betoniteollisuus ry. Saatavissa:

<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/aaneneristys> [viitattu 23.3.2014]