

**KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 168**

*Yrjö Aarnipuro*

**Kalanviljelyaltaat; materiaalit ja rakenteet**

**Helsinki 1999**



**RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS**



*Julkaisija*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

*Julkaisu-aika*

Joulukuu 1999

*Tekijä(t)*

Yrjö Aarnipuro

*Julkaisun nimi***Kalanviljelyaltaat; materiaalit ja rakenteet***Julkaisun laji**Toimeksiantaja**Toimeksiantopäivämäärä*

Vesiviljelyn tuloksikkö

*Projektin nimi ja numero**Tiivistelmä*

Viimeksi kuluneina vuosikymmeninä ovat viljelymenetelmät tehostuneet ja teknistyneet. Viljelyprosessia pyritään ohjaamaan ja säätelemään kullekin lajille ja tuotantotavalle mahdollisimman optimaaliseksi. Viljelylaitosten ympäristövaikutusten vähentämistarpeet ovat osaltaan suuntaamassa kehitystä ympäristöystävällisempiin ratkaisuihin. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos ja sen hoitama valtion kalanviljely ovat olleet monin tavoin edistämässä kalanviljelyn kehittämistä. Valtion kalanviljelylaitosten rakentamiseen ja uusimiseen liittyvässä suunnittelu-, kehitys- ja sovellutustyössä on kertynyt suuri määrä mm. kalanviljelyaltaita koskevaa teknisluonteista tietämystä, jota on talletettu laitosten suunnittelu-asiakirjoihin. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen aloitteesta on tätä hajallaan olevaa ja siten vaikeasti hyödynnettävää tietämystä koottu Insinööritoimisto Ylitälo Oy:n toimesta yhtenäiseen muotoon sekä valtion että yksityisen viljeilyn hyödynnettäväksi. Julkaisussa käsitellään tätä laitostekniikan keskeistä aihepiiriä; kalanviljelyaltaita ja niiden rakenteita sekä materiaaleja.

*Asiasanat**Sarjan nimi ja numero*

Kala- ja riistaraportteja 168

*ISBN*

951-776-244-5

*ISSN*

1238-3325

*Sivumäärä*

93 s.

*Kieli**Hinta*

50 mk

*Luottamuksellisuus**Jakelu*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Vesiviljelyn tuloksikkö  
PL 6  
00721 Helsinki  
Puh. 0205 751 252 Fax 0205 751201

*Kustantaja*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 6  
00721 Helsinki  
Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201



# Sisälllys

ESIPUHE – KALANVILJELYALTAAT; MATERIAALIT JA RAKENTEET .....	1
KALANVILJELYALTAAT – MATERIAALIT JA RAKENTEET .....	3
1. Materiaalien ja rakenteiden valinnan yleiset perusteet .....	3
2. Muovimateriaalit .....	4
Muovit jaetaan tavallisimmin kolmeen pääryhmään:.....	5
2.1 Kestomuovit .....	5
2.2 Kertamuovit.....	8
2.3 Kesto- ja kertamuovituotteiden valmistusmenetelmät .....	9
2.4 Lujitemuovit .....	11
2.4.1 Lujitemuovi konstruktiomateriaalina .....	14
2.4.2 Lujitemuovituotteiden valmistusmenetelmät .....	15
2.4.3 Lujitemuovituotteen valmistuksen laadunvalvonta .....	18
2.4.4 Lujitemuovituotteen kuljetus, käsittely ja asennus .....	18
3. Teräkset .....	19
3.1 Yleiset rakenneteräkset.....	19
3.2 Teräsrakenteen syöpymiskestävyys.....	19
3.3 Yleisten rakenneterästen pinnoitusmenetelmät .....	20
3.4 Ruostumattomat teräkset .....	23
3.4.1 Ruostumattomien terästen syöpymiskestävyys .....	24
3.4.2 Ruostumattoman teräsrakenteen valmistus ja valmiin rakenteen pintakäsittely .....	25
4. Betoni .....	27
4.1 Betonin ominaisuudet.....	27
4.2 Betonin säilyvyyteen vaikuttavat tekijät .....	28
4.3 Muut betonimateriaalit .....	29
5. Muut materiaalit .....	31
6. Haudontayksiköt.....	32
7. Pienaltaat .....	34
7.1 Allasmallit, niiden mitat ja materiaalit .....	34
7.2 Tyypilliset lujitemuovisten pienaltaiden rakennevirheet .....	37
7.3 Lujitemuovisen pienaltaan hankinta.....	38
7.4 Lujitemuovialtaan yleinen työselitys.....	40
7.5 Lujitemuovialtaan korjausmaalausohje .....	42
8. Massiivialtaat .....	44
8.1 Allasmallit, niiden mitat ja materiaalit.....	44
9. Betoniallas .....	48
9.1 Rakenteen ja sen mitoituksen perusteet.....	48
9.2 Betonialtaan yleinen työselitys.....	51
9.2.1 Vanhan betonialtaan pintakäsittelyn uudistaminen.....	61
9.2.2 Betonilakatun allaspohjan puhdistaminen.....	62
10. Teräsvaippainen, betonipohjainen massiiviallas .....	63
10.1 Teräsaltaan yleinen työselitys .....	64
10.3 Ruostumattomien teräspintojen huolto.....	66
11. Lujitemuovivaippainen, betonipohjainen massiiviallas .....	67
12. Kokonaan lujitemuovinen massiiviallas.....	69
12.1 Lujitemuovialtaan yleinen työselitys.....	70

13. Putkiallas .....	71
14. Maa-altaat .....	72
14.1 Mitoitus ja toiminta .....	72
14.2 Rakenteet ja materiaalit .....	74
Kalanviljelyaltaiden käytöstä saatuja kokemuksia Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelylaitoksissa. ....	77

# ESIPUHE – KALANVILJELYALTAAT; MATERIAALIT JA RAKENTEET

Valtion kalanviljelyllä on Suomessa yli satavuotiset perinteet. Alku oli vaatimaton, perustettiin hautomoita, jotta saataisiin vastakuoriutuneita poikasia taantuneiksi arvioitujen kalakantojen elvytysistutuksiin. Ensimmäinen varsinainen kalanviljelylaitos rakennettiin kuitenkin jo vuonna 1892 Evon kalastuskoegaseman yhteyteen viljelyn koetoiminnan kehittämiseksi. Evolla saadut myönteiset tulokset, viljelytekniikan parantuminen ja viljelyillä poikasilla tehdyillä istutuksilla saadut myönteiset tulokset kalakantojen hoidossa innostivat valtiota kuten myös yksityisiä perustamaan uusia laitoksia eri puolille maata. Vuosisadan alkupuolella rakennetuista lukuisista valtion omista tai tukemista laitoksista vielä toiminnassa olevia ovat Evon lisäksi Kuusamon (Käylä, rakentaminen alkoi vuonna 1932) ja Kainuun (Hakasuo 1934) kalanviljelylaitokset ja vähän myöhemmin perustetuista Inarin (1951) ja Muonion (Särkijärvi 1956) laitokset.

Kalanviljelyn tähän mennessä voimakkain kehitysjakso käynnistyi 1960-luvun alkupuolella, jolloin Suomessa heräsi voimakas kiinnostus kirjolohen kasvatukseen ruokakalaksi. Kun myös istutuspoikasten kysyntä samanaikaisesti monista syistä lisääntyi, johti tämä mittavaan yksityisten viljelylaitosten rakentamiseen. Mädituotannon turvaamiseksi tunnettua alkuperää olevista kannoista ja vesien rakentamisen uhkaamien vaelluskalakantojen säilyttämiseksi ryhdyttiin 1960-luvulla myös laajentamaan valtion kalanviljelyä. Tuolloin käynnistettiin Taivalkosken (Ohtaaja 1966) ja Laukaan (1967) aikoinaan keskuskalanviljelylaitoksiksi kutsuttujen yksiköiden rakentaminen. Myöhemmin rakennettiin vielä Saimaan (Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitos 1989), Sarmijärven (1981) ja Tornionjoen (Leustojärvi 1988) laitokset. Vuonna 1994 ostettiin Tervon (Nilakkalohi) laitos valtiolle. Lautiosaaren laitos toimii karanteeniyksikkönä. Valtion kalanviljelylaitokset siirtyivät vuonna 1971 Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen hallintaan ja vuonna 1995 Valtion kiinteistölaitokselle, jolta tutkimuslaitos on vuokrannut ne käyttöönsä.

Viimeksi kuluneina vuosikymmeninä ovat viljelymenetelmät tehostuneet ja teknistyneet. Yhä enenevässä määrin pyritään viljelyprosessia ohjaamaan ja säätelemään kullekin lajille ja tuotantotavalle mahdollisimman optimaaliseksi. Laitosten ympäristövaikutusten vähentämistarpeet ovat osaltaan voimakkaasti suuntaamassa kehitystä ympäristöystävällisempiin ratkaisuihin.

Valtion kalanviljely on ollut jo vuosisadan alusta lähtien monella tavoin edistämässä kalanviljelyn kehittämistä. Erityisesti 1960-luvulla käynnistyneeseen ja viime vuosiin asti jatkuneeseen kalanviljelylaitosten rakentamiseen ja uusimiseen liittyvässä suunnittelu-, kehitys- ja sovellutustyössä on kertynyt suuri määrä erilaista teknisluonteista tietämystä, jota on mm. talletettu laitosten suunnitteluasiakirjoihin, mutta on hajallaan olevana vaikeasti saatavissa ja hyödynnettävissä. Vastaavaa tietämystä ja kokemusta on myös kertynyt laitosten suunnitteluryhmille, toiminnassa muuten mukana olleelle tutkimuslaitoksen henkilökunnalle ja valtion kalanviljelylaitoksia rakentaneille tahoille. Laitosten suunnittelua ja rakentamista on käsitelty myös lukuisilla RKTL:n vesiviljelypäivillä (viitteet Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 110, 1996).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa on jo pitkään ollut vireillä hanke tämän mittavan ja paljolti ainutlaatuisen viljely- ja laitosteknisen tietämyksen kokoamisesta yhtenäiseen, käyttökelpoiseen muotoon sekä valtion että yksityisen viljelyn hyödynnettäväksi. Äskettäin ilmestyneessä teoksessa (Mustajärvi 1999. Kalanviljelytekniikka. RKTL, Kala- ja riistaraportteja no 160) on käsitelty viljelytekniikan keskeisiä kysymyksiä mm. laitosten suunnitteluperusteita, vesitystä, mitoituksia, viljelytekniisiä menetelmiä sekä kuormitusta ja sen vähentämistä. Nyt käsillä olevassa teoksessa tarkastellaan vuorostaan erästä laitostekniikan keskeistä aihepiiriä; kalanviljelylaitteita ja niiden rakenteita sekä materiaaleja. Valtion kalanviljelylaitosten kaikessa suunnittelussa on pyritty ottamaan huomioon aikaisemmin jo tehdyistä - toisinaan myös puutteellisesti toimivista - ratkaisuista saadut kokemukset. Näitä on myös kirjattu molempiin teoksiin tarkoituksena estää samojen virheiden uusiminen.

Tämän raportin on tehnyt Insinööritoimisto Ylitalo Oy ja sen sisällöstä vastaa DI Yrjö Aarnipuro. Ylitalo Oy ja DI Aarnipuro ovat olleet mukana mm. useiden valtion kalanviljelylaitosten peruskorjausta koskevissa hankkeissa jo 1980-luvulta lähtien. Kiitokset kuuluvat myös teoksen suunnittelussa mukana olleille toimitusjohtaja Jussi Ylitalolle ja laitosjohtaja Markku Pursiaiselle sekä RKTL:n kalanviljelylaitosten henkilökunnalle liitteenä olevasta viljelylaitteiden käyttökokemuksia koskeneen palautteen antamisesta. Kati Manninen on osallistunut teoksen julkaisukuntoon saattamiseen.

Helsingissä 19 kesäkuuta 1999

*Kai Westman*

Vesiviljelyjohtaja



# KALANVILJELYALTAAT – MATERIAALIT JA RAKENTEET

## 1. Materiaalien ja rakenteiden valinnan yleiset perusteet

Valtion kalanviljelylaitosten uudisrakentamisten ja peruskorjausten jakso ajoittui 1980- ja 1990-luvuille. Nämä yhteiskunnan varoin toteutetut hankkeet ovat tuoneet sekä tutkimukseen ja käyttökokemukseen että valitettavasti myös yrittämiseen ja erehtymiseen pohjautuvaa tietoa. Valtion kalanviljelylaitosten omistusjärjestelyjen ja rakentamisorganisaatioiden muutosten vuoksi on katsottu tarpeelliseksi kirjata muistiin nyt vallitseva tilanne ja luoda suunnittelijoiden, valmistajien ja käyttäjien tarpeisiin ohjeisto niistä tiedoista ja taidoista, jotka on ollut mahdollista hankkia pitkäjänteisessä, noin 15-20 vuotta kestäneessä rakentamisjaksossa.

Eri rakennusprojekteissa määriteltiin kalanviljelyaltaiden materiaalien ja rakenteiden kestoiksi noin 30 vuotta. Allasmateriaalien valintaan ja pinnoitustöiden suorittamiseen on kestoikävaatimuksen perusteella kiinnitetty erityistä huomiota. Allasrakenteiden ja niissä käytettävien materiaalien testaamiseksi on suoritettu koerakentamista. Lisäksi on kerätty sekä analysoitu aiemmista ja muualla suoritetuista rakennushankkeista saatuja tietoja.

Nykyisen tietämyksen perusteella on ilmeistä, että Valtion kalanviljelylaitoksille rakennetut viljelyaltaat täyttävät pääsääntöisesti asetetut materiaalivaatimukset. Viimeisimmissä laitoshankkeissa on voitu hyödyntää laajimmin kertynyttä kokemusperäistä tietämystä ja voidaankin arvioida näiden allasrakenteiden kestävänsä asianmukaisesti hoidettuna hyväkuntoisina asetettu kestoikävaatimus.

Rakenteiden ja materiaalien valinnassa on otettava huomioon yleisen kestoikävaatimuksen ja kohtuullisten kustannusten lisäksi myös muut yleiset/tapauskohtaiset kalanviljelyn erityisvaatimukset. Näitä ovat myrkyttömyys, hygieenisuus, itsepuhdistuvuus, puhdistusvälineiden ja -aineiden kestävyys, soveliaat pintaominaisuudet (väri, kiilto, karheusaste, kovuus), soveliaat lyhyt-/pitkäaikaiset kimmo- ja lujuusominaisuudet sekä ympäristöolosuhteiden asettamat vaatimukset kuten lämpötilavaihteluiden ja korroosion kestävyys.

Kalanviljelyaltaita ulos sijoitettaessa korostuvat erilaiset ympäristörasitukset (ilmasto- ja lämpötilavaihtelut, auringon valo, lumi ja jää) sekä maa- ja pohjarakentamisen osuus.

Viljely-yksiköt ja niihin kuuluvat putkistot osineen ja tarvikkeineen muodostavat kalanviljelylaitoksen rakentamiskustannuksista merkittävän osan. Näissä laitososissa esiintyvien vaurioiden kustannukset muodostuvat toisaalta suoranaيسista materiaali- ja suojauskustannuksista sekä korjauskuluista, toisaalta seurannaiskustannuksista, joita ovat seisokit, tuotantotappiot, materiaalitappiot vauriotapauksissa, erilaiset ympäristöhaitat ja tuotannon tehokkuuden aleneminen.

Materiaalikustannuksia ei voida laskea pelkästään vertaamalla kalliimman ja halvemman materiaalin hintaa. Materiaalin hinta ja kestävyys sekä muut ominaisuudet eivät välttämättä korreloi keskenään; kalliimpi ratkaisu ei takaa materiaalin

sopivuutta. Materiaalikustannuksia laskettaessa tulee lähteä siitä, että viljely-yksikkö suunnitellaan tiettyä käyttötarkoitusta varten, jolloin investointikustannuksiin sisältyvät myös materiaalikustannukset. Jos viljely-yksikköä joudutaan myöhemmin materiaalien osalta korjaamaan tai uusimaan, ovat näistä aiheutuvat materiaalikulut ns. käyttökuluja. On nähtävä, että kalanviljelylaitos on investointi, jossa kaikki toimintaa haittaavat häiriötekijät ja korjauskustannukset huonontavat sijoitetun pääoman tuottoa. Jos käyttöhaitta tai korjaustarve on aiheutunut asiantuntemattomasta suunnittelusta ja materiaalivalinnasta, ovat nämä niitä kustannuksia, joita olisi voitu ennalta estää tämän selvityksen tiedoilla.

Materiaalin ja valmiin rakenteen pinnan karheus vaikuttavat kalojen erilaisten hieroutumahaittojen syntyyn. Konstruktioiden erilaiset epäjatkuvuuskohdat (kolot, nurkat ja raot) yhdessä käytetyn materiaalin ja sen alustaominaisuuksien kanssa ovat ratkaisevassa merkityksessä arvioitaessa erilaisten kasvustojen ja taudinaiheuttajien esiintymistä ja torjuntamahdollisuuksia. Materiaalivalinnat voidaan yleisesti siten määrittellä, että kaikkien viljelyveden kanssa kosketuksissa olevien materiaalien tulee olla sellaisia, ettei niistä liukene veteen mitään kaloille vahingollisia aineita eli vesilaitoskäyttöön soveltuvia syöpymättömiä materiaaleja. Tästä poikkeuksena on pidetty kuparimetalleja, joiden on katsottu aiheuttavan viljelyhaittaa luonnon veteen liuetessaan. Käytettyjen rakennusmateriaalien laadunvalvonnan yhteydessä on merkittävistä materiaaleristä perusteltua vaatia aineodistus SFS-EN 10204-2.2, laatuvaraus.

Tässä selvityksessä kiinnitetään huomiota varsinkin betoni-, ruostumattomien teräs- ja lujitemuovirakenteiden laatuvaatimuksiin ja annetaan näitä koskevat laadunvalvontaohjeet. Betoni- ja lujitemuovirakenteissa on helposti vaarana hyviksi todettujen työtapojen laiminlyöminen. Ensimmäisiä laajamittaisia peruskorjaustöitä on huonon laadun vuoksi jo jouduttu suorittamaan. Betoni ja lujitemuovi rakennusmateriaaleina vaativat käsityövaltaisuudestaan johtuen tarkkaa laadunvalvontaa ja asianmukaisia työohjeita. Ruostumattomien terästen konepajavalmistus vaatii puolestaan valmiin, korkealuokkaisen raaka-aineen käsittelyn ja muovaamisen erikoisosaamista ja materiaalin ehdoilla toimimista aina tavaran tilauksesta ja varastoinnista asennustyöhön asti.

Tulevaisuudessa ovat tyypillisimmät kalanviljelylaitosten korjaustarpeet betonisten allaspohjien pinnoitusten uusiminen ja lujitemuovialtaiden naarmujen korjaus. Tässä selvityksessä annetaan ohjeet näiden töiden määrittelemiseksi. Viljely-yksiköiden puhtaanapito ja desinfiointi ovat kalanviljelylaitosten normaalia toimintaa. Selvityksessä annetaan perustiedot eri materiaalien ominaisuuksista ja niiden syöpymiskestävyyydestä. Yleisimmistä rakennusmateriaaleista ja niiden pinnoitteista annetaan lisäksi puhdistus- ja hoito-ohjeet.

## 2. Muovimateriaalit

Muoveiksi kutsutaan kemian teollisuuden valmistamia lopullisessa tilassa kiinteitä suurimolekyylisiä polymeerejä tai oleellisenä osana näitä sisältäviä ainesosia, joiden yhteisominaisuutena on muovattavuus jossakin käsittelyvaiheessa tavallisimmin paineen ja lämmön avulla. Orgaanisilla materiaaleilla tarkoitetaan tässä yhteydessä polymeerisiä muovi- ja kumimateriaaleja, jotka koostuvat eri tavoin ryhmittyneistä pitkistä molekyyliketjuista. Polymeereiksi kutsutaan luonnossa esiintyviä tai synteettisiä aineita, joiden molekyylit ovat muodostuneet pienistä, yksinkertaisista rakenneyksiköistä. Tavallisesti polymeereihin sekoitetaan lisäaineita, jotka edistävät niiden muovattavuutta sekä parantavat tuotteiden fysikaalisia ja

kemiallisia kestävyysominaisuuksia. Kertamuovien välituotteita eli esikondensaatteja kutsutaan usein hartseiksi. Kestomuovien yhteydessä tätä nimitystä käytetään harvoin.

**Muovit jaetaan tavallisimmin kolmeen pääryhmään:**

a) kestumuovit eli plastomeerit ("termoplastit"), b) kertamuovit eli duromeerit ja c) elastomeerit.

Kestumuoveilla on perustyyppinä lineaaristen lankamolekyylien sotkeumasta muodostunut rakenne. Kertamuoveilla on tiiviistä verkkoutumisesta syntynyt avaruusristikkorakenne.

Elastomeereilla ristositoutuminen eli verkkoutuminen on harvempaa, ja tästä on seurauksena löysästi verkkoutunut rakenne. Kestumuovi -nimitys johtuu siitä, että kestumuovit kestävät toistuvasti kuumentamalla tapahtuvaa muovausta niiden rakenteen muuttumatta peräkkäisten kuumennusten ja jäähdystysten jälkeen. Tämä selittyy sillä, että niiden lankamaiset molekyylit pääsevät liikkumaan lämpötilan kohotessa vapaasti toistensa suhteen katkeilematta.

Kertamuovia voidaan muovata vain kerran nimensä mukaisesti. Tällöin se kestää suhteellisen korkeita lämpötiloja sen rakenteen muuttumatta. Tarpeeksi korkeaan lämpötilaan kuumennettuna kertamuovi pehmenee hiukan, lämpötilan kohotessa edelleen se muuttuu ruskeaksi ja palaa lopulta. Elastomeerien tyyppillisen ja niiden tärkeimmän ryhmän muodostavat kumit. Kumin kimmoisuus ja suurien muodonmuutosten palautuvuus perustuu ristositoutumiskohtien jousimaiseen toimintaan ulkoisen kuormituksen vastaanottamisessa.

Orgaanisten materiaalien tuhoutuminen on yleensä kemiallista vanhenemista. Materiaalien ominaisuudet muuttuvat ajan kuluessa. Ominaisuuksien muuttuminen aiheutuu molekyylien sidosten katkeamisesta. Sidosten katkeamista aiheuttavat säteily (esim. auringon UV-säteet) erityisesti yhdessä hapen kanssa, vesi ja hapen tai emäksinen ympäristö. Kemiallinen vanheneminen ja kemikaalien vaikutus muoveihin voi ilmetä eri tavoin: pehmeneminen, turpoaminen, liukeneminen, kupliminen (pintakerrokset), syöpyminen (korroosio), koveneminen tai halkeilu. Muovien viruminen on ilmiö, jossa jännityksen vaikutuksesta tapahtuu muodonmuutoksia ja muodonmuutos kasvaa rasitusajan kasvaessa, vaikka jännitys pysyy samana koko ajan. Muoveilla esiintyy myös jännityskorroosiota, kuten metalleillakin.

## 2.1 Kestumuovit

Kestumuovien joukossa voidaan erotella muoviryhmiä seuraavasti:

- 1) polyolefiinimuovit
- 2) vinyylimuovit
- 3) styreenimuovit
- 4) akryylimuovit
- 5) polyamidit PA
- 6) halogeenipitoiset muovit
- 7) polykarbonaatit PC
- 8) polyasetaalit eli polyoksimetyleenit POM
- 9) tyydyttyneet polyesterit
- 10) polyfenyleenioksidit PPO
- 11) polysulfonit PSU

Esimerkkeinä kestumuovien käytöstä kalanviljely-yksiköissä voidaan mainita, että altaiden rakennusmateriaaleina on käytetty lähinnä 1)- ja 2) -ryhmien muoveja, haudonta-asetteja on muovattu 3) -ryhmän muoveista ja haudontasuppiloita ryhmien 2) ja 4) muoveista. 1) ja 2) -ryhmien kestumuovit ovat yleisimmät sisäisten vesitysten putkistomateriaalit.

**Polyolefiinimuovit** saadaan polymeroimalla olefiinihiilivetyjä, kuten eteeniä, propeenaa ja isobuteenia. Polyeteeni PE (esim. Tervon pienaltaat, Taivalkosken putkiallas), polypropeeni PP (esim. munkkeja, asetteja) ja polyisobuteeni PIB ovat vastaavien polymeroinnilla saatavien polymeerien nimet. Polyeteeni on koko muovituotannon "muovi nro 1".

PE jakautuu valmistustavan ja siitä johtuvan aineen tiheyden mukaisesti kolmeen eri laatuun:

a)	LDPE	Low Density PE	PEL
b)	MDPE	Medium Density PE	PEM
c)	HDPE	High Density PE	PEH

Vaikka eri PE-laatuojen tiheyksissä on vain suhteellisen vähäiset erot (0,91...0,97 g/cm<sup>3</sup>), niiden ominaisuudet ovat kuitenkin hyvin erilaiset. HD-polyeteenin kiteisyysmäärä voi nousta jopa lähes 90%:iin, ja toisaalta LD-polyeteenin kumimaisuutta voidaan lisätä tarpeen mukaan silloittamalla polymeeriä paineen ja lämpötilan avulla samanaikaisesti säteilytystä (gamma-, elektroni- tai röntgensäteitä) käyttäen. PEH-muovi soveltuu hyvin iskun, sään- ja kemikaalien kestäväksi, lämpömuovattavaksi ja hitsattavaksi allas- ja putkimateriaaliksi, heikkoutena on pinnan pehmeys ja naarmuuntuneena huono hygienia. PEH on heikkolujuuksinen, viruva materiaali ja vaatii kantavan perustuksen/tuennan. PEH-levyä myydään lukuisina eri väreinä ja vahvuusvalikoima on kattava. PEH:n vetomurtolujuus on 30...33 N/mm<sup>2</sup> ja myötölujuus 22...24 N/mm<sup>2</sup>, murtovenymä on yli 600 % ja myötövenymä 10..15 %, kimmokerroin on 850...1050 N/mm<sup>2</sup>. PEH:n korkein käyttölämpötila on pysyvästi +60°C, jolloin sen lujuusominaisuudet ovat noin puolittuneet +20°C:een verrattuna. Materiaaliominaisuuksien aikaheikkenemisen vuoksi konstruktioiden suunnittelu- ja käyttöperusteena käytetään vetolujuusarvoa 5...10 N/mm<sup>2</sup>, joka vastaa 30..50 vuoden jälkeistä lujuusarvoa. Polyeteeni kestää normaalin ulkoilman pakkasrasituksen.

PEH:n kemiallinen kestävyys on erinomainen. Se kestää nestemäisiä happo-, emäs- ja suolaliuoksia kuten myös useita orgaanisia liuottimia (ei voi liimata). PEH ei sovellu väkeville hapettaville hapoille eikä se kestä juurikaan kloorin vaikutusta. Tyypillinen kunnallisteknisen PEH-putken värisävy on musta UV-stabilisaattorina käytetystä nokimustasta johtuen. PEH raaka-aineen perusväri on läpikuultava valkoinen.

Polypropeeni PP muistuttaa valmistustavaltaan ja myös ominaisuuksiltaan HD-polyeteeniä. Sen tiheys on hieman alempi kuin PEH:llä, mutta sen lämpötilakestävyys (korkein pysyvä käyttölämpötila +90°C) on hieman parempi kuin PEH:n. Mitoituksissa lujuusarvoina käytetään PEH:n arvoja. PP:n pakkasenkesto on -15..-20°C, ulkokäyttöä rajoittaa PEH:ä huonompi hapettumisen ja UV-säteilyn kesto. Tyypillinen prosessiputkistorakentamisessa käytetty värisävy on hyvin vaalea harmaa (esim. Ø 8 m:n teräsaltaiden allassyöttöputket).

**Vinyylimuoveista** on PVC (norjalaisia pontti- ja pressualtaita, munkit, sihdit, haudontasuppilot) tunnetuin, ja se on samalla koko muovituotannon "muovi numero kaksi". Sitä valmistetaan vinyylidikloridia polymeroimalla. Vinyylidikloridia saadaan

joko asetyleenin ja kloorivedyn välisen reaktion tuotteena tai eteenikaasun kloorauksen tuloksena. PVC-laatuja on olemassa useita polymerointitavasta (massa-, liuos-, suspensio- ja emulsiopolymeroinnit) ja muovausvaiheessa käytetyistä lisäaineista (pehmittimet mm.) riippuen. Kova PVC ei sisällä lainkaan pehmittintä, kun taas pehmeä PVC sisältää sitä vaihtelevat määrät eri laatuojen käyttötarkoituksesta riippuen. Sekapolymeroimalla PVC sopivien elastomeerien kanssa saadaan iskunkestäviä PVC-laatuja. Jälkiklooratulla PVC:lla on lisätyn kloorimääränsä ansiosta hyvä lämpötilakestävyys. Konstruktioidissa käytetyn kovan PVC:n tiheys on  $1,38 \text{ g/cm}^3$ , vetomurtolujuus  $55 \text{ N/mm}^2$ , kimmokerroin  $3000 \text{ N/mm}^2$ , murtovenymä yli 30 % ja suurin käyttölämpötila  $+60^\circ\text{C}$ . Konstruktioiden mitoituksessa käytetään yleensä pitkäaikaislujuutena vetojännitysarvoa  $10 \text{ N/mm}^2$ . PVC on polyeteeniin verrattuna lujaa ja kovaa muovia, joka tulee hauraaksi alle  $0^\circ\text{C}$ :ssa. PVC:n kemiallinen kestävyys on hyvä. Se kestää useimpia happoja, emäksiä, suolaliuoksia ja veteen sekoitettuja orgaanisia yhdisteitä. PVC ei kestä aromaattisia eikä kloorattuja hiilivetyjä. PVC-putkistoissa käytetyt liimaliitokset muodostavat kemiallisen kestävyuden osalta erillisen tarkasteluohteen. Liimatyyppin soveltuvuus on aina tapauskohtaisesti tarkistettava (Tangit/Dytex). Tyypillinen prosessitekniikassa tuotteessa käytetty kova PVC:n väri on tummanharmaa (esim. pienalaiden putkistot ja venttiilit). Suurissa kunnallisteknisissä maaviemäriputkissa käytetään pääsääntöisesti oranssia värisävyä.

**Styreenimuovit** sisältävät polystyreenin ohella sen kaikki ne sekapolymeerit ja lisäaineilla saatavat modifikaatiot, joille styreeni niiden monomeerina antaa perusrakenteen ja -ominaisuudet. Styreenimuovit ovat PE- ja PVC-muovien jälkeen käytetyimpiä muoveja maailmassa. Polystyreeni PS on tyypillinen additiopolymeeri, joka syntyy styreenimolekyylien ketjuuntumisen tuloksena. Styreenimolekyyliä valmistetaan puolestaan kahdessa vaiheessa siten, että eteenistä ja bentseenistä saadaan ensin etyylibentseeniä. Tämä dehydrataan (eli vety poistetaan molekyyleista) toisessa vaiheessa vinyylibentseeniksi eli styreeniksi. Polystyreeniä voidaan valmistaa kaikilla neljällä polymerointitavalla; käytännössä kolme perusprosessia, massa-, suspensio- ja emulsiopolymeroinnit, ovat käytössä. PS (Tornionjoen kalanviljelylaitoksen haudonta-asetit) on perusmuodossaan kova, lasinkirkas ja läpinäkyvä aine, josta saadaan myös väriaineita käyttäen mitä erilaisimpia värimuunnelmia. Lisäaineiden avulla polystyreenistä saadaan iskun-, lämpötilan- ja auringonvalonkestäviä modifikaatioita. Iskunkestävä PS valmistetaan siten, että styreeniin liuotetaan synteettistä kumia ennen polymerointiprosessia. Solupolystyreeni EPS (engl. expanded polystyrene, yleinen rakennuseriste) on PS:n solumuovi, mikä valmistetaan lisäämällä styreenin suspensiopolymerointiin ponneaineeksi pentaania. Tämä pentaanikaasu imeytyy paineen alaisena PS-helmiin. Kiinteä EPS-kappale valmistetaan paisuttamalla näitä helmiä lämmön avulla, jolloin paisuvat solut sintrautuvat kiinni toisiinsa muotin sisällä. Styreenin yleisimmät sekapolymeraatit ovat styreeniakryylinitriili- eli SAM-muovit ja akryylinitriilibutadieenistyyreeni eli ABS-muovit, joilla on hyvä kemiallinen ja fysikaalinen kestävyys.

**Akryylimuovit** ovat akryyli- ja metakryylihapon estereiden polymerointituotteita. Polymetyylimetakrylaatti PMMA (esim. haudontasuppiloita) on tunnetuin akryylimuovilaatu. Se on värjäämättömänä kristallinkirkasta, pinnaltaan kiiltävää muovia, jolla on erinomaiset optiset ominaisuudet. PMMA:n kauppanimiä ovat esim. Plexiglas ja Perspex.

**Polyamidit** PA (esim. ruokinta-automaatin rumpu) muodostavat suuren ja merkittävän muoviryhmän. Niiden valmistuksessa käytetään lähtöaineina kivihiihtä, maaöljyä, maakaasua ja kasviöljyä. Näistä saadaan välituotteina orgaanisia happoja ja amideja, jotka reagoivat keskenään muodostaen amidiryhmiä. Erilaisia polyamidityyppejä on periaatteessa mahdollista valmistaa erittäin monia; kaupallista merkitystä omaavia on

viisi, jotka ovat seuraavat: PA 6 (perlon-tyyppi), PA 66 (nailon-tyyppi), PA 11 (riilsan-tyyppi), PA 610, PA 12 (uusin tyyppi). Tyyppien PA 66 ja PA 610 numerokombinaation alkuosa (6) ilmaisee amiinimolekyylin hiiliatomien lukumäärän ja toinen (6 tai 10) orgaanisen hapon hiiliatomien lukumäärän. PA 6-tyyppi on valmistettu sellaista aminoryhmää sisältävää happoa käyttäen, jonka molekyylin hiiliketjussa on kuusi C-atomia. Kaikilla polyamideilla on yhteisenä ominaisuutena niiden jonkinasteinen hygroskooppisuus, vrt. hygienesuysvaatimus. Tästä veden absorboinnista aiheutuu olennaista haittaa vain PA 66-tyypissä sen mekaanisten ominaisuuksien huononemisenä. Polyamidien termiset ominaisuudet ovat kohtalaisen hyvät ja mekaaniset ominaisuudet saadaan lasikuitulisäyksellä erittäin hyväksi.

**Halogeenipitoiset muovit** sisältävät halogeenista tavallisimmin fluoria (F). Tunnetuin fluorimuovi on polytetrafluorieteeni PTFE (teflon, tiivisteitä, liukupintoja), joka on hyvin pitkälle kiteytynyt muovi. Sitä voidaan pitää kohtalaisen pitkään +300°C lämpötilassa sen lujuusominaisuuksien muuttumatta olennaisesti, ja se säilyy elastisena aina -100°C:een saakka. PTFE:llä on erittäin alhainen kitkakerroin, lähes täydellinen kemiallinen kestävyys sekä erinomaiset sähköiset ominaisuudet. Allasventtiilien tiivisteet ovat tyyppillisesti teflonia.

**Polykarbonaatit** PC ovat hiilihapon polymeroituja estereitä, eli niiden valmistus perustuu bisfenoli A:n reaktioon fosgeenin tai jonkin hiilihapon esterin kanssa. Nimi polykarbonaatti tulee molekyyliessä olevasta CO-ryhmästä. Polykarbonaatti PC on lasinkirkas, erittäin iskunkestävä muovi. Se on tullut markkinoille vasta 60-luvulta lähtien. Kauppanimiä ovat mm. Lexan (General Electric) ja Makrolon (Bayer). PC:n mekaaniset ominaisuudet säilyvät muuttumattomina lämpötila-alueella -100...+135°C. PC:n lasikuituvahvisteen muoto saavuttaa vetolujuuden 170 N/mm<sup>2</sup>. Polykarbonaatti soveltuu erittäin hyvin iskunkestävänä, helposti työstettävänä (voidaan särmätä kylmänä) ja lasin korvaavana materiaalina kalanviljelyn läpinäkyvyyttä edeltäviin rakenteisiin.

**Polyasetaalit** eli polyoksimetyleenit POM (koneistettuja osia) valmistetaan kaasumaisesta formaldehydistä, minkä vuoksi niitä kutsutaan myös polyformaldehydeiksi. Polyasetaleja on kahta eri tyyppiä; homopolymeereja ja sekapolymeereja. Polyasetaalien viruminen eli ajan mukana lisääntyvä muodonmuutos kuormituksen alaisena on verrattain vähäistä, ja lisäksi lämpötila ei vaikuta kovin ratkaisevasti sen ominaisuuksien muuttumiseen.

**Tyydyttyneet polyesterit** ovat kestumuoveja, joita on käytetty vasta verraten vähän aikaa. Niiden työstettävyys oli aluksi huono, mutta myöhemmin on onnistuttu modifioimaan ne ruiskupuristettavaan muotoon. Tunnetuin tyydytetty polyesteri on polyeteenitereftalaatti PETP, josta valmistetaan mm. tekstiilikuituja ja kalvoja.

**Polyfenyleenioksidit** PPO ovat 60-luvun muoveja, jotka ovat ominaisuuksiltaan verrattavissa polykarbonaattiin PC. Niiden lämpötilakestävyys on mm. erityisen hyvä. PPO-PS-sekapolymeeri (kauppanimi Noryl) on saanut hyvien mekaanisten ominaisuuksien ansiosta valta-aseman PPO-muovien joukossa.

**Polysulfonit** PSU ovat aromaattisia (bentseeninkaltaisia) kestumuoveja. Niiden nimi johtuu makromolekyyliin sisältyvästä sulfoniryhmästä. Polysulfonien hyvä lämpötilakestävyys, erityisesti niiden mekaanisten ominaisuuksien osalta on tehnyt niistä teknisesti merkittävien muovien erityisryhmän.

## 2.2 Kertamuovit

Kertamuovien tärkeimmät ryhmät ovat fenolimuovit PF, epoksimuovit EP, polyuretaanimuovit PUR, tyydyttämättömät polyesterit UP, silikonimuovit SI ja

aminomuovit (ureaformaldehydi UF ja melamiiniformaldehydi HF). Kertamuoveilla on erityisen tärkeä asema lujitemuovien (LM) muovimatriisin valmistusaineena.

**Fenolimuovien** PF perustyyppi on fenolin ja formaldehydin kondensaatioreaktion tuloksena syntyvä PF-hartsit. PF-hartseja käytetään runsaasti liimojen, laminaattien sekä puristemassojen valmistukseen. Kovana muovina PF tunnetaan nimellä bakeliitti, joka esiintyy yleensä tummina värisävyinä. Fenolimuovit on suurin kertamuovien ryhmästä, ja niiden käyttö on neljänneksi suurin PE:n, PVC:n ja PS:n jälkeen kaikista muoveista.

**Epoksimuovit** EP sisältävät perushartsimuodossaan reaktiivisen epoksiryhmän. Epoksihartsit valmistetaan tavallisimmin epikloorihydriin ja bisfenoli A:n kondensaatioreaktiolla. Bisfenoli A:n tilalla voidaan myös käyttää fenolihartsia, jolloin saadaan epoksi-novolakkahartsia. Epoksihartsin kovettajia ovat erilaiset happoanhydritit (ns. kuumakovettajat, mm. maleiini- ja ftaalihapon anhydritit) ja alifaattiset amiinit (ns. kylmäkovettajat). Epoksimuoveilla on yleensä hyvät lujuusominaisuudet, hyvä lämpötilankestävyys sekä erinomainen liimautuvuus. Kalanviljelylaitaiden pinnoitteina käytetyt betonilakat perustuvat epoksihartseihin.

**Polyuretaanimuovit** PUR ovat kertamuoveina verkkoutuneita ja niitä käytetään mm. lakkujen, liimojen ja elastomeerien valmistamiseen. PUR-elastomeerit ovat yleisin kalanviljelylaitaiden saumaussuojien raaka-aine. PUR-solumuovi on EPS:n ohella tärkeimpiä solumuoveja.

**Tyydyttämätön polyesterihartsit** eli UP-hartsit on laaja ryhmänimike moniarvoisten alkoholien ja dikarbonihappojen kondensaatiotuotteille. Niissä voi olla tyydyttämätön joko alkoholioisa tai happo-osa. UP:n laajin käyttöalue on lasikuitulujitteisen lujitemuovin (GR-UP) matriisiaineena. Lujitettuja UP-hartseja käytetään kalanviljelylaitosten pienaltaiden ja vedenjakokourujen rakennusmateriaalina. Toinen käyttökohde on erilaisten korroosiolle alttiiden betoni- ja teräsrakenteiden pinnoitemateriaalina, joihin UP-hartsilla on erinomainen tartuntakyky.

**Silikonimuovien** SI parhaat ominaisuudet ovat niiden erityisen hyvä lämpötilankestävyys (noin +250°C) ja pieni vedenabsorptio.

**Aminomuoveihin** kuuluu ureaformaldehydin UF ja melamiiniformaldehydin MF ohella kolmas edellisiä pienempi ryhmä, aniliinimuovit. Alkydihartsit ovat maali- ja lakkateollisuuden tärkeitä aineita. Furaani- ja furfuraalimuoveja käytetään mm. muovibetonissa.

## 2.3 Kesto- ja kertamuovituotteiden valmistusmenetelmät

Eri valmistusmenetelmien jakaminen kerta- ja kestopuovivalmistusmenetelmiin ei ole täysin aukoton, sillä molempiin ryhmiin kuuluu raaka-aineen suhteen vaihtoehtoisia menetelmiä. Kerta- ja kestopuovien jalostusmenetelmien olennainen ero on siinä, että kertamuovit tavallaan valmistuvat eli saavat kemiallisen rakenteensa vasta tässä valmistusvaiheessa, kun taas kestopuoveilla on jo ennen muovausta niiden lopullinen polymerointivaiheessa syntynyt sisäinen rakenteensa. Kestomuovituotteiden valmistusmenetelmiä ovat suulakepuristus eli ekstruuderointi, ruiskupuristus, puhallus- ja keskipakomuovaus, levyjen lämpömuovaus ja kalanterointi. Kertamuoveilla valmistusmenetelmiä ovat ahto- ja siirtopuristus, valaminen ja laminointi.

**Suulakepuristuksella** valmistetaan jatkuvana tuotantona putkia, letkuja, levyjä, profiileja, lankojen ja kaapelien päällysteitä, kalvoja, erilaisia muovipintoja ja -kuituja. Suulakepuristimessa rakeinen, nauhamainen tai jauheena oleva raaka-aine

joutuu täyttösuppilosta sileäpintaiseen sylinteriin, jossa se kulkee eteenpäin syöttöruuvin kuljettamana (vrt. lihamyly), massa lämpenee ja sulaa kuumennusvaipeilla ulkopinnaltaan lämmitetyn sylinterin ja kitkalämmön vaikutuksesta ja puristuu ulos suokappaleesta, joka antaa massalle muodon. Taivalkosken PEH-putkiallas on monipuolinen suulakepuristuksen sovellutusesimerkki. Ns. natural-valkeat viljelyputket Ø 1000 mm on valmistettu karusellissa suulakepuristetusta, jatkuvasta neliöprofiilista liittämällä sitä suulakepuristushitsausmenetelmällä seinämäspiraaliksi vaadittuun halkaisijaan. Näin saadut viljelyputket on liitetty vastaavalla hitsausmenetelmällä suulakepuristetuista polyeteenilevyistä valmistettuihin päätyaltaisiin. Altaan tulo- ja poistovesitys on rakennettu suulakepuristetuista PEH-putkista.

**Ruiskupuristusmenetelmällä** valmistetaan automatisoiduin konein kappaletuotteita suurina sarjoina. Valmistuskoneisto muodostuu suulakepuristimen kaltaisesta syöttölaitteesta, joka puristaa sulan muovimassan avattavaan muottiin. Tyypillisesti kappaleiden koko vaihtelee muutamista grammoista muutamaa kiloihin. Kalanviljelylaitosten putkijohtojen muotokappaleet ovat tyypillisiä ruiskupuristustuotteita.

**Puhallusmuovauksella** valmistetaan tavallisimmin erilaisia säiliöitä ja pulloja. Lähtömateriaalina käytetään ruiskupuristamalla tehtyjä, toisesta päästään suljettuja putkimaisia aihioita. Kun avautuvan muotin sisällä olevan kuuman aihioputken sisään johdetaan paineilmaa, pullistuu aihio muotin pintaan sen seinämien mukaiseksi kappaleeksi.

**Keskipakomuovauksessa** eli rotaatiovalussa jauhemuodossa oleva muoviraaka-aine kaadetaan avattavaan muottiin. Pyörittämällä suljettua muottia moniaksaalisesti ensin kuumennusvyöhykkeessä sitten vaihteittain muovaus- ja jäähditysvyöhykkeiden läpi, saadaan muodostettua muovikerros muotin sisäpintaa vasten. Käyttämällä erilaisia muottimateriaaleja tai eristämällä muotin osia, saadaan aikaan samaan tuotteeseen erilaisia seinämän vahvuuksia. Tuotantokoneet ovat massiivisia piensarja- ja sarjatuotantokoneita. Itse muotit ovat varsin helposti konstruoitavissa (käsinsäilyttämisen lujitemuovimuotin hintaluokkaa), joten menetelmällä on mahdollista tuottaa kilpailukykyisesti myös kalanviljelyn kestopuovisia allasrakenteita suuruusluokaltaan Ø 0,5..1,5 m. Tyypillisiä kaupallisia tuotteita ovat erilaiset kemikaalisäiliöt ja vaikkapa katujen roska-astiat.

**Levyjen lämpömuovauksessa** lähtömateriaalina käytetään kestopuovilevyä, joka kuumennetaan esim. infrapunalämpöastusuvunissa pehmeäksi, sijoitetaan tiiviisti muotin päälle ja pakotetaan muotin seinämille ali- tai ylipaineen avulla tai näiden yhdistelmällä. Menetelmä ei vaadi välttämättä raskasta tuotantokoneistoa, joten sitä voidaan hyödyntää myös piensarjatuotannossa. Tyypillinen sovellutuskohde kalanviljelyyn ovat erilaiset kuvut ja katteet sekä pienihalkaisijaiset (Ø 0,5..1,5 m) esim. PEH- tai PVC-muoviset tutkimusaltat.

**Kalanterointi** on levyjen ja kalvojen sekä erilaisten muovipinnoitteiden valssausmenetelmä. Esisekoitettu ja kuumennettu kestopuovimassa johdetaan kalanterin kuumien telojen väliin, jossa se muovautuu levyksi tai kalvoksi.

**Ahtopuristuksessa** jauhemainen tai tabletoitu raaka-aine sijoitetaan kuuman muotin alempaan puoliskoon ja muotin ylempi osa puristetaan alemman päälle. Raaka-aine jakaantuu tasaisesti muottitilaan ja lämmön vaikutuksesta kertamuovin esikondensaattit polymeroituvat lopulliseksi silloittuneeksi rakenteeksi. **Siirtopuristuksessa** muoviraaka-aine sijoitetaan siirtopuristimen kuumennusosaan. Puristamalla juoksevassa muodossa oleva muovimassa muottiin, aikaan saadaan monimutkaisempia kappaleita kuin ahtopuristuksella.



**Valaminen** tarkoittaa menetelmää, jossa muottiin valetaan nestemäinen esipolymeeri, joka sisältää tarvittavan kovetinaineen. Muotissa muovi saa kovettua joko tavallisessa tai korotetussa lämpötilassa. Menetelmän etuna on muottien halpuus, voidaan käyttää esim. kipsimuotteja.

**Laminoinnissa** levymäinen materiaali, kuten paperi, kangas, puuviilut tai metallikudos, imeytetään hartsilla, jonka jälkeen levyt sijoitetaan päällekkäin ja puristetaan yhtenäiseksi kappaleeksi. Puristaminen suoritetaan kuumapuristimessa korkean paineen alaisena.

## 2.4 Lujitemuovit

Lujitemuovit LM (eng. RP = Reinforced Plastics, saks. FK = Faserverstärkte Kunststoffe, ruots. AP = Armerade Plaster) ovat yhdistettyjä aineita, joissa kantavana aineosana toimivat kuidut ja/tai jauhemaiset täyteaineet sekä näiden sideaineena ja suoja-aineena on muovimatriisi.

**Nk. yhdistetyt aineet (eng. composite materials) voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:**

- a) kuitulujitteiset (engl. fibrous composites)
- b) laminoituneet (engl. laminated composites)
- c) hiukkastäytteiset (engl. particulate composites)

Yhdistettyjen aineiden jaon mukaisissa aineryhmissä lujitemuovi on pääosassa kahdessa ensimmäisessä ryhmässä. Kuitulujitteisten yhdistettyjen aineiden alaryhminä voidaan erottaa jatkuva- ja katkokuitulujitteiset yhdistetyt aineet. Rakenteellisissa sovellutuksissa tärkeä yhdistelmäryhmä kuitulujitteisista ja laminoituista yhdistetyistä aineista on laminoitujen kuitulujitteisten yhdistettyjen aineiden (engl. laminated fibre reinforced composites) ryhmä. Lujitemuovipohjaisena tämä ryhmä vastaa lujitemuovilaminaatteja (engl. laminated fiber-reinforced plastics). Lujitemuovin side- ja suoja-aineena oleva muovimatriisi on tavallisimmin kertamuovia. Kestomuovien käyttö lujitemuovien matriisiaineena on vasta alkanut viime vuosina voimakkaasti lisääntyä. Kertamuoveista käytetään lujitemuoveissa eniten tyydyttymätöntä polyesteriä UP sekä epoksi- (EP) ja fenoli- (PF) muoveja. Muita matriisikertamuoveja ovat silikonimuovit (SI), aminomuovit (UF ja MF) sekä alkydi- ja furaanimuovit.

**Tyydyttymätön polyesteri UP** on tärkein lujitemuovien matriisimuoveista. Lujitemuoviin käytetty polyesterihartsi saadaan tavallaan kahden polymerointivaiheen tuloksena: ensimmäisessä kondensaatiopolymeerisoinnissa saadaan pitkiä lankamaisia molekyyliketjuja sisältävä lineaarinen polyesterihartsi, mikä muuttuu toisessa additiopolymeerointivaiheessa ristisitoutumisen kautta verkkorakenteen omaavaksi kertamuoviksi. Ristisitoutuminen eli verkkoutuminen saadaan aikaan lisäämällä hartsiin styreeni-monomeereja ristisitojiksi. Styreenin kaksoissidokset ja hartsien aktivoituneet kaksoissidokset reagoivat tällöin keskenään muodostaen mainitun ristisitoutumisen. Hartsin kaksoissitoutumisen aktivoituminen aikaansaadaan katalysaattorien eli initiaattorien avulla. Näinä toimivat usein orgaaniset peroksidit. Koska ristisitoutuminen tarkoittaa käytännössä kovettumista, tämän kovettumisen katalysaattoria nimitetään lyhyesti kovettimeksi.

**Fenolimuovit (PF)** ovat fenolien ja aldehydien kondensaatioreaktioiden tuotteita. Resolilakkahartsit ja novolakkahartsit ovat kaksi fenolin ja formaldehydin välisen reaktion päätuotetta. Resolihartsit saadaan kovetetuksi eli ristisitoutetuksi pelkästään lämmön avulla. Novolakkahartsit vaatii sen sijaan erityisen kovetinaineen. Fenolimuovi on vanhin lujitemuovin valmistamisessa käytetyistä matriisimuoveista. Lujitemuoveissa käytetyt fenolihartsit ovat resolipohjaisia ja sisältävät yleensä liuotinta. Fenolihartsien etuina ovat halpa hinta, hyvä lämpötilan- ja kemikaalienkestävyys sekä korkea iskulujuus. Haittana on voimakas haju ja joskus myös tumma väri.

**Epoksihartsit (EP)** valmistetaan tavallisimmin epikloorihydriinin ja bisfenoli-A:n kondensaatioreaktiolla alkalista katalysaattoria käyttäen. Bisfenoli-A:n tilalla voidaan käyttää myös fenolihartsia, jolloin saadaan epoksi-novolakkahartsia. Muita epoksihartsityyppejä ovat sykliset ja asykliset eli alifaattiset hartsit. Epoksihartsit esiintyvät kuten polyesterihartsitkin sekä kaksikomponenttisessä muodossa että estereinä, ja siten ne ovat sekä lujitemuovien että maalien (esim. betonilakka) valmistusaineita. Epoksihartsit kestävät hyvin emäksiä, mutta huonosti happoja eli päinvastoin kuin polyesterihartsit. Niinpä EP-hartsilla voidaan täydentää UP-hartsien ominaisuuksia tai päinvastoin. Epoksituotteiden monipuolisia ominaisuuksia syntyy paitsi erityyppisillä hartseilla myös käyttämällä hartseissa erilaisia kovettimia. Erilaiset happoanhydritit (maleiini- ja ftalihapon mm.) ja amiinit ovat tavallisia epoksin kovettimia. Oman ryhmänsä EP-hartsien kovettimista muodostavat nailonin (PA 66) sukuiset polyamiinit, joilla saavutetaan epoksilujitemuovissa erittäin hyvä matriisiaineen ja lujitekuitujen välinen tarttuvuus (adheesio). Epoksihartsien parhaita ominaisuuksia ovat sitkeys, vähäinen kutistuminen kovetettaessa, hyvä kemiallinen ja lämpötilankestävyys sekä erinomainen liimautuvuus. Korkea hinta on EP-hartsien lähes ainoa haittapuoli.

**Kestumuoveista** soveltuvat lujitemuovin matriisiaineeksi muun muassa polyamidit (PA 6 ja PA 66), akryylimuovit (PMMA), polykarbonaatti (PC), polyeteeni (PE), polypropeeni (PP) ja polyasetali eli polyoksimetyleeni (POM). Polyamideilla PA 6 (perlon) ja PA 66 (nailon) on erityisen hyvä tarttuvuus (adheesio) lasikuituun, ja niinpä näistä muodostetut lasikuitulujitteiset polyamidit ovat alkaneeet ominaisuuksiensa puolesta kilpailla alumiinin ja monen metalliseoksen kanssa.

**Lujitemuovihartsien jako käyttötarkoituksen ja ominaisuuksien mukaan** voidaan tehdä kaupallisessa käytössä olevien UP-hartsien osalta seuraavasti: 1) yleishartsit (ortoftaalihappopohjaiset), 2) lämmönkestävät hartsit, 3) isoftaalihappohartsit, 4) bisfenolihartsit ja 5) erikoishartsit. Toisaalta UP-hartsit kuten myös muutkin lujitemuovihartsit voidaan jakaa pinta-, yleis- ja kemikaalinkestäviin hartseihin. UP-hartseista isoftaali- ja bisfenolihartseilla saadaan mm. sään- ja kemikaalinkestäviä (varsinkin emäksenkestäviä) polyesterilaatuja. Erikoishartseja taas tarvitaan esimerkiksi kirkkaan hartsin tekemiseen valoa läpäisevien rakenteiden raaka-aineeksi.

Tuotteen laminoinnissa on ensimmäinen muotille tuleva pintahartsikerros ns. gelcoat-kerros, joka on yleensä pigmentoitu (kemikaalinkestävät kirkkaita) ja hyvin kiiltävä. Gelcoat-hartsin sitkeys on myös tärkeä, koska gelcoat-kerroksen paksuus on vain 0,4...0,8 mm. Useimmat gelcoat-hartsit sisältävät tiksotropointiainetta, joka estää valumisen levityksen yhteydessä. Gelcoat-pohjahartsilaatu riippuu täysin käyttökohteesta. Tavallinen ns. yleisgelcoat on joko ortoftaalihappo- tai isoftaalihappopohjaista (kalanviljelyaltaissa) polyesteriä. Kemikaalinkestäviin kohteisiin käytetään pohjahartsina joko isoftaali/neonpentylyglykoli (NPG)-, isoftaali/HET-happo- tai bisfenoli-A-pohjaista hartsia. Säänkestäviin gelcoat-pintoihin käytetään myös metyylietakrylaatin ja styreenin monomeeriseoksia. Toinen pintahartsikerros, ns. topcoat-kerros, muodostaa laminaatin muotista poispäin olevan pinnan. Topcoat-kerros sisältää parafiinia, tiksotropointiainetta ja yleensä

väripigmenttiä. Se antaa laminaatille hartsirikkaan hienon pinnan ja kovettuu parafiinin ansiosta kovaksi pintakerrokseksi. Sen ulkonäkö ei ole verrattavissa gelcoat-pintaan, koska se ei ole muottipinta. Topcoat-pinta on silkkimattainen parafiinin takia, mutta samalla likaa ja vettä hylkivä. Topcoat-pinnalle laminoitaessa tai sitä maalattaessa, sen parafiinipitoinen pintakerros on hiottava pois, jotta hyvä tarttuminen olisi taattu. Myös topcoat-pohjahartsin on riippuvainen laminaatin käyttökohteesta, sääolosuhteista, vaikuttavista kemikaaleista ja käyttölämpötilasta.

Yleishartsit ovat melkein yksinomaan ortoftaalihappopohjaisia polyestereitä, joilla on keskimäärin hyvät ominaisuudet. Vesirakenteissa on alhainen vesiabsorptio tavoiteltava hartsiominaisuus, jolloin tässä suhteessa laadukkaampi lopputulos saadaan isoftaalihappopohjaisilla hartseilla. Työterveyteen liittyvät ongelmat ovat suunnanneet hartsikehitystä näiltä osin alhaisemman styreenihaihtuman omaaviin hartseihin.

Kun lujitemuovirakenteen kemiallinen kuormitus muodostuu määrääväksi valintaperusteeksi, joudutaan tarkasti selvittämään kaikki kyseisiin käyttö- ja ympäristöolosuhteisiin liittyvät tekijät kuten lämpötilat ja fysikaaliset rasitukset. Keskitason kemialliseen kestävyys päästään isoftaalihappopolyestereillä, näitä parempi kestävyys saavutetaan NPG-polyestereillä, edelleen parempi bisfenoli-A- tai HET-happopohjaisilla polyestereillä sekä vinyyliesterihartseilla (uimahallien suodatinsäiliöt).

Lujitemuovin lujiteaineet ovat pääasiassa kuitumaisia lujitteita. Jauhemaiset ja hiukkasmaiset täyteaineet luetaan usein myös lujiteaineiksi.

Lujitemuovin kuitumaiset lujitteet voidaan jakaa kahteen pääryhmään:

- a) jatkuvat kuidut (engl. continuous filaments)
- b) katkokuidut (engl. staple fibres)

Lujitekuidut jaetaan yleensä kolmeen seuraavaan pääryhmään:

- a) lasikuidut
- b) tekokuidut eli synteettiset kuidut
- c) luonnonkuidut

Seuraavassa on muutamia esimerkkejä tavallisimmista lujitemuovilyhenteistä:

- lujitemuovi LM - RP (Reinforced Plastics)
- lasikuitulujitteinen LM - GRP (Glassfibre Reinforced Plastics)
- hiilikuitulujitteinen LM - CRP (tai CFRP)
- lasikuitulujitteinen polyesterihartsin GR -UP (vanh. GUP)
- lasikuitulujitteinen epoksihartsin GR - EP (vanh. GEP)
- hiilikuitulujitteinen epoksihartsin CR - EP

**Lasikuidut** ovat eniten käytettyjä lujitemuovin lujitteita. Lasikuidun lasimateriaalia on neljää päätyyppiä, jotka ovat nk. a) E-lasi (kalanviljelyaltaissa), b) S-lasi, c) A-lasi ja d) Z-lasi. Muita erikoistyyppiä ovat mm. kemiallisesti kestävä nk. C-lasi (C sanasta Chemical) sekä nk. X- ja HM-lasikuitutyyppit. E-lasin tiheys on 2,56 g/cm<sup>3</sup>, vetolujuus 1400...2000 N/mm<sup>2</sup> ja kimmokerroin 65 000...75 000 N/mm<sup>2</sup>.

Tavallisin lasikuitutyyppejä on nk. E-lasia (E sanasta Electrical; lasi kehitetty alunperin sähköalalle), mikä sisältää hyvin vähän alkaleja ja kestää siten hyvin kosteutta. S-lasi sisältää runsaasti piioksidia ( $\text{SiO}_2$ ), mistä johtuu sen nimi. A-lasin nimi taas johtuu lasin sisältämästä runsaasta alkalimäärästä. Z- eli zirkonilasikuitu on uusi alkalinkestävä kuitu, jota on käytetty jo menestyksellisesti mm. betonin lujittamiseen.

Lasikuidun valmistuksessa (lasisulan äkkijäähdytys  $+1200^\circ\text{C}$ :sta huoneenlämpötilaan  $10^{-5}$  sekunnissa) syntyvä jatkuva lasikuitusäle ( $\phi$  3-13  $\mu\text{m}$ ,  $E = 73\,000\text{ N/mm}^2$ ,  $\epsilon_M = \sim 3\%$ ) kootaan 204 säiettä sisältäväksi lasikuitulangaksi (engl. strand), josta sitten valmistetaan kolmea lasikuitulujitteen perusmuotoa eli 1) ns. rovingia, 2) kierrettyä lasikuitulankaa (engl. yarn) ja 3) katkottua lasikuitulankaa (engl. chopped strand).

Roving on muodostettu yhdistämällä useita lasikuitulankoja (strand) ei-kierrettyksi kuitkimppulangaksi. Roving-langasta muodostetaan roving-kudosta (engl. woven roving), joka on laminaattien lujittamisessa tärkeä lujitetyyppi. Se on suuntautunut lasikuitukudosta joko yhteen tai kahteen suuntaan.

Kierretystä lasikuitulangasta (yarn) kudotaan lasikuitukangasta (engl. woven cloth), missä kude- ja loimilankojen vahvuus voi olla sama tai erisuuri.

Katkokuiduista (chopped strands, n. 50 mm:n pätkiä) valmistetaan lasikuitumattoa (engl. chopped strand mat) muodostamalla sideainetta käyttäen huopamainen levy, jonka tasossa katkokuidut suuntautuvat mielivaltaisesti. Lasikuitumatto on ehkä lasikuitulujitteiden yleisin käyttömuoto.

Lasikuidut pinnoitetaan, jotta lasin ja hartsin välille muodostuu kemiallinen sidos, kuitukimppujen aikaansaamiseksi (kalvomuodostusaineet), kitkan pienentämiseksi (liukastimet), stabiilin emulsion muodostamiseksi ja eri valmistusvaiheissa hankaussähkön muodostumisen vähentämiseksi.

**Tekokuidut** voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin kuituihin. Orgaanisista tekokuiduista ovat merkittävimmät seuraavat ryhmät: 1) hiilikuidut, 2) polyamidikuidut, 3) polyesterikuidut ja 4) polypropeenikuidut. Hiilikuitujen valmistuksen esiaineena on PAN- eli polyakrylinitriili-polymeeri. Hiilikuitujen läpimitta on 8  $\mu\text{m}$ , tiheys on laadusta riippuen 1,76...1,95  $\text{g/cm}^3$ , vetolujuus 1700...3100  $\text{N/mm}^2$  ja kimmokerroin korkea (vrt. teräs) noin 241 000...412 000  $\text{N/mm}^2$ . Polyamidikuituja valmistetaan tavallisesti laaduista PA6 ja PA11. Uusi korkealaatuinen kuitu on kehitetty aromaattisten polyamidien kehittämisen yhteydessä (kauppanimi Kevlar mm.) Polyesterikuiduista ovat tärkeimmät tyypit dacron- ja terylen-kuidut. Polypropeenikuitujen käyttö on lisääntynyt voimakkaasti 70-luvulla. Epäorgaanisia kuituja ovat mm. keraamiset kuidut (piikarbidi SiC-kuidut mm.), boorikuidut sekä erilaiset metallikuidut (teräs- ja alumiinikuidut mm.). Nk. whiskersit ovat yleisesti hyvin lyhyttä kuitua, joka muodostuu aineen monokristallista. Metalliset (kupari-, nikkeli- ja rauta-) sekä keraamiset (grafiitti-, SiC- ja  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -) whiskersit ovat näistä tunnetuimmat.

**Luonnonkuiduista** aiemmin tärkein lujitekuitu oli asbestikuitu, jota käytettiin tavallisimmin mattona. Muita lujitteina käytettyjä kuituja ovat puuvilla-, sisal- ja juuttikuidut.

## 2.4.1 Lujitemuovi konstruktioaerialina

Koska lujitemuovi on yhdistelmäaerialia, on oikeiden raaka-aineiden valinnalla, niiden asiantuntevalla käsittelyllä ja kunnollisilla valmistusmenetelmillä ratkaiseva merkitys lopputuotteen laatuun. Lujitemuovirakenteena kalanviljelykohteeseen soveltuu yleisimmin käytössä oleva laminaattirakenne, jossa kantavana aineosana

toimivat tavoiteltujen lujuus- ja rakenneominaisuuksien perusteella asetellut lasikuidut (nk. E-lasi) ja näiden side- sekä suoja-aineina erilaiset polyesterihartsit (UP-hartsit).

Tuotteiden valmistusmenetelmät voidaan jakaa karkeasti käsin- ja kone laminointiin. Käsinlaminointi voidaan korvata osittain tai kokonaan koneellisilla menetelmillä, jolloin esimerkiksi pyörivän muotin päälle kelaamalla kuitulujitteiden suuntaisuus saadaan halutuksi ja näin rakenne kehän suunnassa lujemmaksi. Koneellisissa menetelmissä inhimilliset virhetekijät vähenevät ja tuotteet ovat tasalaatuisempia. Koneellisten menetelmien haittapuolena on muotti- ja vastaavien apurakenteiden suhteellinen kalleus piensarjoissa.

Lujitemuovin rakenteellinen pitkäaikaiskestävyys riippuu ratkaisevasti raaka-aineiden laadusta ja valmistuksen huolellisuudesta. Huolella valmistettu lujitemuovituote on kestävä ja soveltuu hyvin allasmateriaaliksi. Jos lujitemuovituotteessa on vikoja, ne johtuvat useimmiten rakenteellisista heikkouksista, jotka taas aiheutuvat valmistajan huolimattomuudesta. Valmistusvirheitä ovat mitoitusvirheiden lisäksi laminaatin alitai ylikovettuminen tai väärä hartsin ja lujitemateriaalin suhde. Myös raaka-aineissa saattaa olla vikoja. Ulkopuolisista syistä, iskuista, törmäyksistä, putoamisista jne., syntyy myös vaurioita. Teräkseen verrattuna lasikuitulaminaatti poikkeaa oleellisesti siinä, että vesi tunkeutuu laminaattiin pintakerroksesta ja valitusta hartsista riippuen vaihtelevalla nopeudella. Vesi ei aiheuta hyvässä laminaatissa välttämättä lainkaan vaurioita, mutta sellaisissa laminaateissa ongelmia kuitenkin esiintyy, joihin esimerkiksi virheellisen raaka-aine-erän, sen käsittelyvirheen, työvälineiden epäpuhtauksien tai työvirheiden vuoksi tai muusta syystä on joutunut tai jäänyt vesiliukoisten aineiden molekyylejä. Kun vesi reagoi ko. molekyylin kanssa, syntyy liuos, joka ei välttämättä pääse pois rakenteesta ja ilmenee vettä vastaan olevassa gelcoat-pintakerroksessa tai välittömästi sen alla rakkulointina.

Lujitemuovirakenteen lyhyt- ja pitkäaikaislujuusominaisuuksien poikkeavuudesta johtuen (viruminen), rakenteiden mitoitus perustuu aina tietyn tavoitellun käyttöiän mukaisiin lujuusarvoihin. Teräsrakenteista poikkeavasti on lujitemuovirakenteita mitoitettaessa huomioitava, että lujuusominaisuudet ovat moninaisista kuiturakenteista riippuen suunnatut sekä lyhytaikais- ja pitkäaikaislujuusominaisuudet ovat hyvin erilaiset tavanomaisissakin käyttöolosuhteissa. Lasikuitulaminaatin lujuuslaskennassa käytetään suurimpana sallittuna venymänä arvoa  $\epsilon = 0,1..0,2 \%$  eli samaa suuruusluokkaa kuin ruostumattomilla teräksillä (ns.  $R_{p0,2}$ -myötölujuus). Lasikuitulujitetun polyesterin materiaaliominaisen murtovenymä on kuitenkin vain luokkaa 2...5 %, kun se taas ruostumattomilla teräksillä vaihtelee alimmillaan välillä 20...45 %. Lasikuitulaminaatti ei myöä ennen murtumistaan, jolloin murtuma on äkillinen ja mahdollisissa ylikuormitetuissa rakennekohtissa kuormitusten tasoittuminen tapahtuu vain rakenteen osittaisen rikkoutumisen eli kuituhartsisidosten katkeilun kautta. Rakennemitoitukseen liittyen on myös huomattava, että lujitemuovin jäykkyys ei tavallisesti yllä lähellekään metallien jäykkyyksiä (kimmokerroin 5...10 % teräksen kertoimesta). Lasikuitulaminaatti on ruostumattomiin teräksiin verrattuna lyhytikäisempi, johtuen pehmeämmästä pinnasta ja varsinkin käsinlaminoinnissa syntyvistä työvirheistä. Kestoikä oikein mitoitettulle ja huolellisesti valmistetulle tuotteelle on kuitenkin useita kymmeniä vuosia.

#### 2.4.2 Lujitemuovituotteiden valmistusmenetelmät

Lujitemuovituotteiden valmistusmenetelmät jaetaan tavallisesti ensin kahteen pääryhmään, jotka ovat a) käsityömenetelmät ja b) koneelliset menetelmät. Toinen

LM-tuotteiden valmistusmenetelmien pääjako perustuu käytettäviin muotteihin, ja niiden perusteella menetelmät jaetaan avomuotti- ja umpimuottimenetelmiin.

**Käsityömenetelmät voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:**

- a1) käsinlaminointi eli kontaktimenetelmä
- a2) kuituruiskutus
- a3) pienpainemenetelmät

**Käsinlaminointi** on vanhin ja yksinkertaisin LM-esineiden valmistustapa. Se perustuu avoimen muotin käyttöön. Sileäpintaisen käsinlaminoidun tuotteen muottikustannukset ovat merkittävät, valmisteen pinta vastaa tarkoin muotin pinnan laatua. Lujitekuidut laminoidaan kerroksittain muotin päällä sen jälkeen, kun muotin pinnalle on ensin levitetty erotus- eli irrotusaine (esim. vaha). Kukin lujitekerros imeytetään hartsilla (lakkasivellintä työkaluna käyttäen), kerros tiivistetään rullalla eli telalla ja laminaatin annetaan kovettua. Muotin irrotusvahan päälle levitetään lähes aina ensimmäiseksi tuotteen viimeistellyksi suojakerrokseksi tuleva pinta- eli nk. gelcoat-hartsia. Vastakkaisen puolen viimeiseen kerrokseen käytetään usein parafiinipitoista nk. topcoat-hartsia.

**Kuituruiskutus** on käsinlaminoinnin rationalisoitu muunnos kuidun ja hartsin levittämistyövaiheen nopeuttamiseksi. Tämä tapahtuu monikomponentti-ruiskupistoolilla siten, että hakkurilla katkottu roving syötetään ilmavirrassa yhteen ruiskutetun hartsiseos- (hartsia + kovetin + kiihdytin) suihkun kanssa. Ruiskutuslaitteet toimivat usein nk. kaksikomponenttimenetelmän mukaan, jolloin käytössä on kaksi erillistä hartsiseosta, toinen näistä sisältää kovettimen, toinen kiihdyttimen. Nk. yksikomponenttimenetelmässä, jonka käyttö on yleistynyt viime vuosina, ruiskupistoolissa on valmiiksi esikiihdytettyä hartsia, ja kovetin viedään pistooliin erillisjohdolla. Muotin pintaa iskeytyneet hartsia- ja kuituseokset tiivistetään ja mahdolliset ilmakuplat poistetaan laminointitilan avulla. Saatu kuituruiskutettu LM-tuote sisältää yleensä n. 30-40% (tilavuus-%) kuitulujuutta. Kalanviljelylaitosten lujitemuoviset pienaltaat on yleensä aina valmistettu saman rakenteen eri kerroksiin sekä käsinlaminointia että kuituruiskutusta tarkoituksenmukaisesti soveltaen. Teknillisiltä ominaisuuksiltaan tyypillisessä käsinlaminoidussa rakenteessa on lasikuitua 25...50 %, laminaatin tiheys on 1,4...1,8 g/cm<sup>3</sup>, kimmokerroin on 7 000...15 000 N/mm<sup>2</sup> ja lujuus 100...200 N/mm<sup>2</sup>.

**Pienpainemenetelmät** ovat edellisten menetelmien parannettuja muunnoksia siinä mielessä, että niissä on tehostettu tiivistämistä ja helpotettu ilmakuplien poistamista laminaatista. Alipainesäkkimenetelmässä kumisen säkkikalvon ja muotin välisen ilmakerroksen avulla aiheutetaan säkin puristuminen n. 70-80 kPa:n paineella laminaattia vasten. Painesäkkimenetelmässä laminaatin päällä oleva kumisäkkikalvo puristuu tiiviisti laminaattia vasten, kun sen pintaan on johdettu n. 100...400 kPa:n ylipaine. Ilman poistumista laminaatista voidaan entisestään tehostaa käyttämällä yhdistettyä alipaine-painesäkkimenetelmää. Injektiomenetelmässä hartsia imeytetään muottiin panostettuun kuivaan lujiteaineeseen kytkemällä muottiin ylipaine (n. 400 kPa) tai alipaine. Hartsiseokseen tulevat kovetin ja kiihdytin voidaan joko nk. yksi- tai kaksikomponenttiperiaatteella.

**Koneelliset menetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään:**

- b1) jaksoittaiset menetelmät eli muottipuristus, kelaus ja keskipakovalu
- b2) jatkuvat menetelmät

**Muottipuristusmenetelmiä** ovat aiemmin kertamuovituotteiden valmistusmenetelmissä mainitut ahto- ja siirtopuristukset sekä laminaattilevyjen puristus. Ahtopuristus on joko ns. kuumapuristusta tai ns. kylmäpuristusta riippuen siitä, ovatko muotit kuumennettuja, vai tapahtuuko hartsin kovettuminen katalysaattorin avulla kylmissä muoteissa. Ahto- ja siirtopuristuksessa voidaan käyttää esivalmistettuja lujitekuidun ja hartsin yhdistetuotteita. Näitä esivalmisteita on kolmea perustyyppiä: 1) nk. pre-preg eli SMC (Sheet Moulding Compound), 2) nk. premix eli DMC (Dough Moulding Compound) ja 3) BMC (Bulk Moulding Compound). SMC- menetelmässä levitetään ensin katkottua kuitua ja sen jälkeen hartsiseosta liikkuvalla nauhalle. Nauhan pohjana on polyeteenikalvo, jollaisella peitetään myös nauhan toinen pinta ennen rullalle kelaamista. DMC- eli premix-esivalmiste on taikinamaisessa muodossa olevaa hartsi-kuituseosta. BMC sisältää taas runsaammin kuitua kuin DMC. SMC-, DMC- ja BMC-esivalmisteita on erityisen runsaasti lasikuitu-polyesteri- (UP) kombinaationa.

**Kelausmenetelmässä** (engl. Filament Winding) kelataan hartsissa kostutettua kuitulankaa (rovingia) pyörivän muotin päällä. Kelausmenetelmällä valmistetaan mm. lujitemuoviputkia, LM-säiliöitä ja -paineastioita. Kelausmenetelmään on kehitetty pitkälle viety automaattikka langansyötön ja muotin rotaatioliikkeiden tahdistamiseksi. Kelaamalla voidaan teoriassa valmistaa kaikkia yleisesti käytössä olevia kalanviljelylaitosten halkaisijoita. Suuret yli 6,5 m:n halkaisijat vaativat jo hyvin massiivisen tuotantokoneen ja tarjouskilpailuissa hinnat eivät ole olleet viime vuosina allasrakenteiden osalta kilpailukykyisiä käsinlaminointiin verrattuna. Teknillisiltä ominaisuuksiltaan tyyppillisessä kelaamalla tehdyssä rakenteessa on lasikuitua 50...80 %, tiheys on 1,6...2,0 g/cm<sup>3</sup>, kimmokerroin on 15000... 28 000 N/mm<sup>2</sup> ja lujuus 120...380 N/mm<sup>2</sup>. RKTL:n kalanviljelylaitoksista on Saimaan kalanviljelylaitoksella kelaamalla tehtyjä suuria lujitemuovivaippaisia, betonipohjaisia viljelylaitteita.

**Keskipakovalumenetelmällä** voidaan valmistaa lieriömäisiä kappaleita, tyyppisesti lujitemuoviputkia. Menetelmällä saadaan ulkopinnaltaan määrämittäisiä ja sileitä lujitemuoviputkia. Koska valmistusmenetelmä on täysin koneellinen ja käytettävät kiihtyvyydet suuria, tulee putkesta tasalaatuinen. Valmistusmenetelmä mahdollistaa täyteaineiden käytön, jolloin putkiston seinämää voidaan kasvattaa tarpeen mukaan suhteellisen edullisesti. Keskipakovalamalla tehty putken sandwichrakenne koostuu tyydyttämättömästä polyesterihartsista, kvartsihiekasta ja katkokuidusta seuraavasti: 1. UV- ja säänkestävä kerros, 2. ulompi jäykistekerros, 3. ylimenokerros, 4. jäykistekerros, 5. ylimenokerros, 6. sisempi jäykistekerros, 7. sulkukerrokset ja 8. kulutuskerros (hartsia). Keskipakovalu on yleisin RKTL:n kalanviljelylaitosten suurten putkilinjojen valmistusmenetelmä (Hobas). Putkiaihiota on käytetty viljelyyksiköiden yhteydessä erilaisina kaivoina ja munkkirakenteina.

**Pultruusio eli suulakeveto ja levyjen jatkuvalaminointi** ovat esimerkkejä lujitemuovien jatkuvatoimisista valmistusmenetelmistä. Suulakevedossa roving-kimppu tai lasikuitumattoyhdistelmä kulkee ensin polyesterikylvyn läpi ja vedetään sitten tuotteelle muodon antavan lämmitettävän suulakkeen ja sitä seuraavan hartsin kovettavan kuumennusvyöhykkeen läpi. Suulakevedon tyyppisiä tuotteita ovat vaikkapa kalanviljelylaitosten erilaisten allasrakenteiden käsityökalujen tanko- ja putkiaihiot. Levyjen jatkuvalaminoinnissa kovettimen sisältävä polyesterihartsi imeytetään liikkuvaan lasikuitumattoon, jonka ylä- ja alapuolelle ohjataan sellofaanikalvot. Puristustelan jälkeen matto joutuu kuumennusuuniin, jossa se kovettuu. Jatkuvalaminoinnin tuotteita ovat mm. tasaiset ja aaltomaiset lujitemuovilevyt.

### 2.4.3 Lujitemuovituotteen valmistuksen laadunvalvonta

**Kalanviljelylaitoshankkeissa voidaan noudattaa seuraavaa laadunvalvontakatselmusrunkoa:**

- kirjataan katselmuksen suorittaja, valmistajan edustaja, muut läsnäolijat
- tarkastetaan muotit, tehdyt mallirakenteet ja työympäristö
- selvitetään käytettyjen rakennemateriaalien oikeellisuus, eri työtavat ja -vaiheet, selvitetään rakennekerrosten lukumäärät ja kerrosjärjestys, niissä käytetyt lujiteaineet, lujitemäärät ja kuitusuuntaukset, väli- ja jälkikövetusten suorittaminen
- tarkastetaan valmistajan suoritettavaksi määrättyyn laadunvalvontaan kuuluvien mittausten (mm. Barcol-kovuudet) dokumentit
- tarkistetaan pistokoeluonteisesti valmiin rakenteen ainevahvuudet ja kovuudet
- tarkistetaan valmistajan laatimat lujuuslaskelmat sekä seinämän ja jäykisteiden rakenne- ja mittatiedot
- kommentoidaan valmistajan työsuunnitelma (valmistajan tulee kiinnittää erityistä huomiota rakenteiden muottipintojen laatuun ja laminaatin kovuuteen)
- todetaan, että tilaajan lujuuslaskelmista ja työsuunnitelmasta antama hyväksyntä ei vapauta valmistajaa lopullisesta vastuusta

**Esimerkki laadunvalvontakatselmuksen rakennemateriaalilistauksesta:**

Lujiteaineet: - pulverisidottu katkokuitumatto, E-lasia, Ahlström Kuitulasi Oy

- roving-kuitulanka, ruiskutuslaatu, Wetrotex

- roving-kudos, palttinasidoksinen, Plastilon Oy

Hartsit: - gelcoat, Neste Polyester Oy, polyesteriä, isoftaalipohjainen hartsi

- topcoat, Norpol, isoftaalipohjainen hartsi

- lujitekerrosten hartsi, Norpol 44-M85, ortoftaalipohjainen

Raaka-aineet ovat valmistajan ilmoituksen mukaan lujitemuovityöselityksen mukaisia. Liitteenä ovat valmistajan keräämät materiaaliesitteet, joissa on tarkemmin tyyppimerkintä- ja massa-arvo- yms. tiedot sekä rakenteen lujuuslaskelmat.

### 2.4.4 Lujitemuovituotteen kuljetus, käsittely ja asennus

Nostoissa ja siirroissa on oltava varovaisia. Laminaattia ei saa kolhia eikä siihen saa kohdistua teräviä iskuja esim. putoavista työkaluista. Valmis tuote on huolellisesti pakattava ja tuettava kuljetukseen ja mahdolliseen välivarastointiin.

Kaikki leikatut pinnat, esim. laippaporaukset työmaalla, on huolellisesti hartsattava.

Valmistajan on annettava työmaalle riittävät ohjeet rakenteiden käsittelystä ja asentamisesta.

Maarakentamisessa on asennuskaivannon täyttöön kiinnitettävä erityistä huomiota. Lujitemuovirakenne on tuettava täytön aikana ulkopuolista painetta vastaan riittävän jäykällä esim. puukehällä, kunnes täyttötöy on suoritettu. Tukemisessa hyödynnetään rakenteen vesitäyttöä aina kun se on mahdollista. Pääperiaatteena täyttötöissä on, että täyttömateriaalina käytetään seulottua hiekkaa, jonka maksimi raekoko on 20 mm ja



minimipaksuus rakenteen ympärillä on 200 mm. Talviolosuhteissa suoritettavissa asennustöissä on rakenteet suojattava jäätymiseltä.

### 3. Teräkset

Teräsrakenteet ja niiden suunnittelu, valmistus sekä asennus- ja laadunvalvonta on normitettu rakennuslain perusteella. Määräykset koskevat varsinaisesti erilaisia kantavia rakenteita ja rakenteita, jotka murtuessaan tai menettäessään stabiilisuutensa aiheuttavat vaaraa ihmisille/ympäristölle tai suuria taloudellisia menetyksiä. Kalanviljelyaltaat ovat yleismäärittelyltään ohutlevystä valmistettuja vesirakenteita, joiden rakentamisessa sovelletaan tarvittavin osin teräsrakennusnormien mitoitus- ja valmistusohjeita.

#### 3.1 Yleiset rakenneteräkset

Kemiallisen koostumuksen perusteella voidaan teräkset jakaa seostamattomiin teräksiin (hiiliteräksiin) ja seostettuihin teräksiin tai käyttötarkoituksensa perusteella rakenneteräksiin, työkaluteräksiin tai muita erityisominaisuuksia omaaviin teräksiin. Rakenneteräksen ja työkaluteräksen rajana on käytännössä pidetty hiilipitoisuutta 0,60 %. Hiiliteräkset voidaan edelleen jakaa niukkahiilisiin, keskihiilisiin ja runsashiilisiin.

Yleisinä rakenneteräksinä pidetään seostamattomia hiiliteräksiä ja niukkaseosteisia hiiliteräksiä, joiden hitsattavuudelle annetaan erittäin suuri merkitys.

Euroopassa yleisiä rakenneteräkset valmistetaan standardin EN 10 025 mukaan. Valmistustekniikoiden kehittymisen myötä ollaan lujusominaisuuksiin perustuvia laatuja yhdenmukaistamassa. Esimerkiksi Rautaruukki Oy valmistaa hyvin hitsattavia ja sinkittäviä Raex Perus-/Monitoräksiä, joiden lujusluokat ja muut mekaaniset ominaisuudet kattavat useimpien rakenteiden asettamat vaatimukset.

Teknisiltä ominaisuuksiltaan yleiset rakenneteräkset muodostavat laajan erinäisiin käyttötarpeisiin perustuvan materiaalityypin. Voidaan määritellä, että tyypillisesti yleisen rakenneteräksen tiheys on  $7,85 \text{ g/cm}^3$ , kimmokerroin on  $210\,000 \text{ N/mm}^2$ , myötölujuus laadusta riippuen  $235\text{...}355 \text{ (700) N/mm}^2$ , murtolujuus  $360\text{...}510 \text{ (900) N/mm}^2$  ja murtovenymä noin 20 %.

Hitsattavuusvaatimus määrää verraten tarkasti teräksen koostumuksen rajat. Hiilipitoisuus on pidettävä alhaisena, samoin epäpuhtauksien määrä. Lujuuksa säädetään etupäässä mangaani- ja hiilipitoisuuden avulla. Standardeissa teräkset jaetaan lujuuden lisäksi laatuluokkiin sen mukaan, missä lämpötilassa niille vielä taataan kohtuullinen iskusitkeys (27 J) Charpy-V-kokeessa. Mitä matalampi tämä lämpötila on, sitä kylmemmässä voidaan terästä käyttää ja sitä parempana sen hitsattavuutta pidetään. Kun tavoitellaan sitkeyttä, on valmistuksen yhteydessä huolehdittava teräksen puhtauden ja alhaisen hiilipitoisuuden lisäksi siitä, että raekoko jää pieneksi. Erikoisominaisuuksina teräksiltä voidaan vaatia hyvää särmättävyyttä tai paksuussuuntaista sitkeyttä. Särmättävyyteen vaikuttaa lähinnä teräksen pinnanlaatu ja puhtaus.

#### 3.2 Teräsrakenteen syöpymiskestävyys

Teräsrakenteet on yleensä aina pintakäsiteltävä korroosiota vastaan. Korrosio on aineen ja sen ympäristön välisen kemiallisen tai sähkökemiallisen reaktion tulos.

Sähkökemialliset reaktiot, joissa tapahtuu sähkövarausten eli elektronien ja ionien liikumista, ovat näistä käytännössä merkityksellisimmät. Korroosiomääritelmän mukaan joutuvat kaikki materiaalit, paitsi jalometallit, korroosiolle alttiiksi. Korroosioprosessin käynnistyminen johtuu siitä, että metallin valmistaminen malmista sitoo paljon energiaa ja tällöin tulokseksi saadun metallin reaktiivisuus ja energiatila on suurempi kuin malmin. Korroosioilmiöiden avulla metalli pyrkii luopumaan tästä varastoituneesta energiasta ja palaamaan luonnolliseen stabiiliin olomuotoon. Korroosiotuotteet muistuttavatkin tästä syystä juuri niitä yhdisteitä, joista metallit on valmistettu. Teräksen korroosio (ruostuminen) vaatii lisäksi sekä hapen että veden läsnäolon. Korroosionopeuteen vaikuttavat pinnan märkänäoloaika ja pinnassa olevien epäpuhtauksien laatu ja määrä. Uputusrasituksessa veteen vaikuttavat korroosionopeuteen pintaan kosketuksissa olevan nesteen koostumus (pH, alkaliteetti ja kovuus, liuenneet aineet, vedessä oleva orgaaninen ja suspendoitunut epäorgaaninen aines, mikrobi), lämpötila ja virtausnopeus.

Korroosionmuodot voidaan jakaa yleiseen korroosioon ja paikalliseen korroosioon. Yleinen korroosio on suojaamattomien metallipintojen tavallisin ja helpoimmin estettävä korroosionmuoto. Paikalliseen korroosioon voidaan lukea kuuluviksi pistekorroosio, rako- eli piilokorroosio, galvaaninen eli kontaktikorroosio, selektiivinen eli valikoiva liukeneminen, raerajakorroosio, eroosikorroosio, partikkelierosio, kavitaatiokorroosio, jännityskorroosio, korroosioväsyminen ja hiertymiskorroosio. Edellä lueteltujen korroosionmuotojen nimet kuvaavat varsin hyvin ko. korroosionmuodon olemuksen. Paikallisten korroosionmuotojen estotoimet vaativat perehtymistä materiaalitekniikkaan ja rakenteiden korroosion huomioon ottavaan muotoiluun.

Teräs voidaan suojata ruostumiselta jollakin seuraavalla menetelmällä: teräksen seostetaan niin paljon esim. kromia ja nikkeliä, että se tulee ruostumattomaksi useimmissa korroosioympäristöissä (vrt. ruostumattomat teräkset), muutetaan korroosioympäristö (hapettomuus, inhibiitit), katodinen suojaus (ulkoinen virtalähde tai uhrautuvat anodit), pinnoitus (epäorgaaniset ja orgaaniset materiaalit).

Yleisiä rakenneteräksiä on käytetty pinnoitettuna kalanviljelylaitaiden rakennusmateriaalina (Montan kalanviljelylaitoksen aiemmat altaat). Terästen pintakäsittelyn valinta perustuu ympäristörasitusluokan määrittelyyn. Suomessa vallitsevat ympäristöolosuhteet on standardisoitu metallien korroosioon vaikuttavien tekijöiden perusteella standardissa SFS 4596. Näiden rasitusluokkien (M1...M4) perusteella on annettu eri pinnoitusmenetelmille pintakäsittelytoimittajien suosituksia sekä laadittu standardeja esim. SFS 4963.

Kestävään maalaukseen pääsemiseksi maalaustyö on tehtävä ammattitaitoisesti, tarkoitukseen soveltuvaa menetelmää käyttäen, oikeissa maalausolosuhteissa ja määrättyjä maalauskertoja ja kalvonpaksuuksia noudattaen. Kalvonpaksuudella, sen lujuudella/sitkeydellä ja tartunnalla alustaan on ratkaiseva merkitys maalauksen kestoikään. Ns. duplex-pinnoituksella aikaansaadaan korkealaatuinen korroosionestopinnoitus. Tällainen käsittely muodostuu esimerkiksi alustan kuumasinkityksestä ja jauhe-epoksoinnista. Tyypillisiä kuumasinkitystä ja sitä täydentävää maalauskäsittelyä soveltavia kalanviljelylaitosrakenteita ovat katerakenteiden muovipinnoitetut teräsohutlevyt, valurautaiset maasulkuventtiilit sekä maanalaisten putkistojen kauluslaippaliitosten laipat ja ruuvitarvikkeet.

### 3.3 Yleisten rakenneterästen pinnoitusmenetelmät

Vesirakenteiden edellyttämä laadukas korroosionestopinnoitus lähestyy hinnaltaan suoraan ympäristöolosuhteet kestäviä materiaaleja eli esim. ruostumattomia teräksiä.

Maalattun vesirakenteen pinnoituksen kestoikä on työn laadusta riippuen muutamasta vuodesta 10...15 vuoteen, jonka jälkeen pinnoitus on joko korjattava tai kokonaan uusittava.

**Kuumasinkitys** suoritetaan upottamalla peittaamalla puhdistetut kappaleet sulaan sinkkiin.

Sinkki ja rauta reagoivat keskenään muodostaen rautasinkkiyhdisteitä, joiden päälle jää kappaletta nostettaessa puhdas sinkkikerros. Kuumasinkityksellä saavutetaan normaalisti 70...150 µm:n paksuisia sinkkikerroksia.

Valtion kalanviljelylaitosten teräsrakenteiden kuumasinkitysten on yleensä tullut vastata määrittelyä Fe/Znk luokka B SFS 2765 (ainevahvuuksilla > 6 mm kerrosvahvuus 115 µm, jolloin massa-arvo 830 g/m<sup>2</sup>). Kuumasinkityksen B-luokassa on käytettävä hyvän sinkittävyuden omaavia kuumavalssattuja, piillä tiivistettyjä (oikea Si-pitoisuus) teräksiä. Kuumasinkittyjen rakenteiden asennusliitokset on tehtävä ruuviliitoksin (ei saa hitsata työmaalla). Kuumasinkityksen kuljetus- ja asennusvauriot korjataan esimerkiksi yksikomponenttisella sinkkiepoksimaalilla, maalaus 3 x 40 µm, kokonaiskuivakalvonpaksuus 120 µm. Maalausolosuhteissa ja alustan käsittelyssä on noudatettava maalin valmistajan ohjeita. Kuumasinkityt teräsrakenteet eivät sovellu maahan asennettavaksi tai upotusrasitukseen (luokka M4 SFS 4596) ilman asianmukaista lisäpinnoitusta. Maata vasten käytetään sinkityksen lisäpinnoitteena esim. epoksitervaa, maalausjärjestelmä SFS 4962 ET 250/2-ZnPe.

**Sähkösinkityksessä** teräs puhdistetaan ensin oksideista happokylvyssä. Tarpeen vaatiessa suoritetaan rasvanpoisto alkalisella pesuaineella. Metalliset puhtaat kappaleet upotetaan sinkkiliuokseen katodiksi. Anodeina käytetään puhdasta sinkkiä. Kun katodiin kytketään tasavirta, alkaa sinkkianodista kulkeutua sinkkiä katodille. Menetelmällä saavutetaan n. 5...30 µm:n paksuisia sinkkikerroksia. Sähkösinkitystä määrittelee standardi SFS 2766. Pinnoitus on lähinnä esteettinen ja se soveltuu pienille kappaleille, joita ei käytetä syövyttävissä olosuhteissa. Sähkösinkitys ei ole kalanviljelylaitosrakentamiseen kelvollinen pinnoitusmenetelmä. Tässä yhteydessä pinnoituksen maininta on informatiivinen: ei pidä sekoittaa eri sinkitysmenetelmiä keskenään tai laatia niille tulkinnanvaraisia määritelmiä.

**Ruiskusinkityksessä** sinkittävät kappaleet puhdistetaan ensin hiekkapuhaltamalla puhtausasteeseen Sa 3. Ruiskusinkitystä määrittelee ruotsalainen standardi SIS 055900. Puhtaalle teräspinnalle ruiskutetaan sinkki pieninä sulassa muodossa olevina hiukkasina. Valmis pinnoite muodostuu puhtaasta sinkistä ja sinkkioksidista. Pinnoitepaksuutta voidaan helposti säädellä. Ruiskusinkitystä voidaan suorittaa myös kentällä, joten menetelmä sopii erinomaisesti silloin, kun rakennetta ei voida lähettää sinkityslaitokselle tai sinkityn teräksen korjaustyöhön. Yleensä ruiskusinkitty rakenne lisäsuojataan tarkoitukseen soveltuvalla esim. vinyylilakalla.

**Korroosionestomaalauksen** onnistumiselle on erityisen tärkeää huolellisuus eri työvaiheissa. Maalattava metallipinta on harvoin maalattavassa kunnossa ilman erityistä puhdistusta ja esikäsitteilyä. Ennen maalausta pinnalta poistetaan kaikki vieraat aineet, jotka saattavat huonontaa maalin tarttuvuutta pintaan. Kiinteät epäpuhtaudet, kuten jää, betoni, laasti ja maalijätteet sekä paksut ruostekerrokset poistetaan hakkaamalla, kaapimalla tai harjaamalla. Suolat poistetaan vesipesulla. Rasvat ja öljy poistetaan alkali-, emulsio- tai liuotepesulla. Ruosteenpoistossa teräspinnat puhdistetaan valssihilseestä, ruosteesta ja vanhoista maalikerroksista. Teräsharjaus ja suihkupuhdistus ovat yleisimpiä menetelmiä.

Korroosionestomaalaukseen on luotu kansainvälinen standardisarja ISO-EN 12944, joka valmistuttuaan on korvannut kansalliset mm. suomalaiset SFS-standardit. Koska kalanviljelylaitosrakentaminen on suoritettu kansallisten normien mukaisesti,

käytetään seuraavassa näitä merkintöjä. Kokonaisuutena uusi standardisarja on samantyyppinen kuin oma kansallinen standardimme.

**Maalattavan pinnan esikäsittely merkitään standardissa SFS 4957 seuraavasti:**

Esikäsittely SFS 4957	Fe	E	Sa2
maalausaluusta	_____↑		
konepajapohja	_____↑		
ruosteenpoistoaste	_____↑		

Metallialustojen merkinnät ovat: Fe = teräs, Zn = sinkki, Al = alumiini, Cu = kupari

Konepajapohjien merkinnät ovat: E = epoksi, SE = sinkkiepoksi, SS = sinkkisilikaatti, PVB = polyvinylibutyraali

Puhdistusasteet ovat: Pe = pesu, St2 = huolellinen teräsharjaus, Sa2 = huolellinen suihkupuhdistus, Sa2½ = erittäin huolellinen suihkupuhdistus, Sa 3 = metallin puhdas

**Maalausjärjestelmä merkitään standardissa SFS 4962 seuraavasti:**

Maalausjärjestelmä SFS 4962	A	160/	3	Fe	Sa2
maalityyppi	_____↑				
nimelliskalvonpaksuus µm	_____↑				
maalauskerrosten lkm	_____↑				
alusta	_____↑				
esikäsittely SFS 4957	_____↑				

Maalien merkinnät ovat A = alkydi, E = epoksi, ET = epoksiterva, EH = hartsimodifioitunut epoksi, KK = kloorikautsu, PUR = polyuretaani, PVB = polyvinylibutyraali, SI = silikoni, SE = sinkkiepoksi, SS = sinkkisilikaatti ja V = vinyylimaalit.

Maalaustyön ja pinnoitettavien rakenteiden suunnitteluun on esitetty yleiset perusteet standardeissa SFS 4956 ja SFS 4958. Kestävään maalaukseen pääsemiseksi maalaustyö on tehtävä ammattitaitoisesti, tarkoitukseen soveltuvaa menetelmää käyttäen, oikeissa maalausolosuhteissa ja maalin valmistajan ilmoittamia maalausväliaikoja ja kalvonpaksuuksia noudattaen. Varsinkin kalvonpaksuudella on ratkaiseva merkitys maalauksen kestävyys.

Ympäristön ja maalattavan alustan lämpötilan on oltava riittävän korkea maalin kovettumiselle ja alustan kuivana pysymiselle. Haihtumalla kuivuvat maalit kuten kloorikautsu- ja vinyylimaalit kovettuvat myös pakkasen puolella olevassa lämpötilassa. Myös sinkkisilikaattimaalia voidaan talvella käyttää ulkona. Kemiallisesti kuivuvat maalit, kuten öljy- ja alkydimaalit vaativat yleensä +5 °C kovettuakseen. Kaksikomponenttiset epoksi- ja polyuretaanimaalit eivät kovetu alle +10°C.

Maalaustyölle on yleensä aina perusteltua rakentaa työmaaolosuhteissa ns. maalausasema, jolloin päästään eroon epäedullisista sääolosuhteista, maalaustyö nopeutuu ja laatu paranee, palo- ja työturvallisuus on paremmin järjestettävissä kuin rakennustyömaalle ja maalaustyön valvonta helpottuu. Maalaustyön valvonnalla huolehditaan siitä, että korroosionestomaalauksessa käytetty materiaali ja työn suoritustapa vastaavat työselitystä ja urakkasopimusta sekä maalin valmistajan antamia maalausohjeita. Maalausmenetelmät ja maalaustyöt selostetaan standardissa SFS 4959 ja valvonta standardissa SFS 4960. Esimerkkeinä maanalaisen teräsrakenteen maalauksikäsitely on tyyppillisesti ET400/4-FeSa $2\frac{1}{2}$ , kalanviljelyhallin teräsrungon E180/3-FeSa $2\frac{1}{2}$  ja teräsrakenteisen lietteen selkeyttämön E500/2-FeSa3 tai kovemmassa kuormituksessa E600/3-FeSa3.

**Lujitemuovipinnoitteita** käytetään altaiden ja säiliöiden sisäpuolisina korroosionestopinnoitteina. Lujitemuovipinnoitteiden kestävyys on yhtä hyvä kuin vastaavien lujitemuovirakenteiden edellyttäen, että teräksen esikäsitely ja pinnoitustyö tehdään huolellisesti. Pinnoitteen paksuuden tulisi olla vähintään 2 mm.

### 3.4 Ruostumattomat teräkset

Yleisnimikkeeltään ruostumattomat teräkset sisältävät vähintään 12 % kromia, jolloin teräksen pinta voi hapettavissa olosuhteissa passivoitua aukottomasti. Passivoituminen on voimakkainta runsaasti kromia, molybdeeniä ja nikkeliä sisältävillä teräksillä. Mikrorakenteeltaan ruostumattomat teräkset ovat seostuksesta riippuen austeniittisia (kaikkein yleisin, hitsatut ja muovatut rakenteet), ferriittisiä (erikoisolosuhteisiin, tulenkestävyyttä vaativiin kohteisiin) tai martensiittisiä (karkaistut rakenteet kuten leikkurien terät).

Niukkahiiliset, kylmävalssatut austeniittiset ruostumattomat kromi-nikkeli- (nk. ruostumaton teräs) ja kromi-nikkeli-molybdeeni- (nk. haponkestävä teräs) teräkset muodostavat nyt kysymyksessä oleviin rakenteisiin soveltuvat yleisimmät jaloteräsryhmät. Yleismäärittelyinä voidaan sanoa, että kromi seosaineena antaa materiaalille sen korroosiota kestävä ominaisuuden muodostamalla hapettavissa olosuhteissa passiivisen kalvon materiaalin pintaan, nikkeli parantaa materiaalin sitkeyttä ja edesauttaa austeniittisen kiderakenteen muodostumista ja molybdeeni parantaa materiaalin korroosionkestävyyttä kloridipitoisessa ympäristössä. Austeniittinen rakenne poikkeaa ominaisuuksiltaan selvästi yleisten rakenneterästen pääasiallisena rakenne-elementtinä esiintyvistä ferriittistä. Tunnistamisen kannalta selvä ero on austeniittisen rakenteen antimagneettisuus. Muut pääerot ovat edellä mainittuihin verrattuna noin 50 % suurempi pituuden lämpötilakerroin, pienempi sähkönjohtavuus (puolet), pienempi lämmönjohtavuus (1/10-osa), alhaisempi sulamispiste (noin 1400°C), voimakas työstökarkeneminen ja selvän myötörajan puuttuminen.

Ruostumattomien terästen korroosionkestävyys perustuu niissä seosaineena olevan kromin aikaansaaman metallipinnan tiiviin, lähinnä kromioksidista koostuvan kalvon, syöpmisen pysäyttävään vaikutukseen. Tällöin metallin sanotaan olevan passivoitunut ja sen elektrodipotentiali on noussut. Passiivikalvon muodostumisen ja säilymisen edellytyksenä on, että ympäristön hapettavuus on oikean suuruinen. Jos hapettimen pääsy metallipinnalle estyy, passiivikalvo tuhoutuu ja ruostumaton teräs syöpyy lähes yhtä nopeasti kuin seostamatonkin teräs. Passiivikalvon tuhoutumista edistävät aggressiiviset ionit, joista pahimpia ovat kloridit. Cl<sup>-</sup>- ja halogeeni-ioneilla on kyky tunkeutua passivaatiokerroksen läpi, jolloin vaarana on voimakkaan paikallisen korroosion syntyminen.

Suomessa käytettävä nimitys haponkestävä teräs on peräisin paperi- ja selluloosateollisuudesta, joiden putkistoissa- ja rakenteissa molybdeeniseostus parantaa olennaisesti kromi-nikkeliterästen korroosionkestävyyttä erityisesti rikkihapossa ja -hapokkeessa, jotka pyrkivät varsinkin korkean paineen ja lämpötilan vallitessa syövyttämään perusseosteisia ruostumattomia teräksiä. Nyt tarkasteltavassa käyttötarkoituksessa on normaalin austeniittisen ruostumattoman 18% Cr ja 9% Ni (SFS 725, Aisi 304, SS 2333) ja haponkestävän 17% Cr, 12% Ni ja 2,5% Mo sisältävän teräksen (SFS 757, Aisi 316, SS 2343) suurin eroavuus niiden korroosionkestävyys kloridipitoisessa liuoksessa ja seinämiin tarttuneiden epäpuhtauksien synnyttämässä paikallisesti voimakkaasti syövyttävissä kohdissa.

Teknisiltä ominaisuuksiltaan yleisnimikkeeltään austeniittiset ruostumattomat teräkset muodostavat kokonaisuudessaan varsin laajan erinäisiin käyttötarkoituksiin perustuvan materiaalityypin. Voidaan määritellä, että tyypillisesti austeniittisen ruostumattoman teräksen tiheys on seosaineista riippuen 7,7...8,0 g/cm<sup>3</sup>, kimmokerroin on 200 000...220 000 N/mm<sup>2</sup>, myötölujuus (0,2 %:n venymällä) laadusta riippuen 190...340 N/mm<sup>2</sup>, murtolujuus 390...600 (900) N/mm<sup>2</sup> ja murtovenymä 20...45 %.

### 3.4.1 Ruostumattomien terästen syöpmiskestävyys

Nimestään huolimatta ruostumattomissakin teräksissä esiintyy korroosiota. Ruostumattomien terästen tyypillisiä korroosionmuotoja ovat pistekorrosio, rakekorrosio, jännityskorroosio ja raerajakorroosio. Materiaalin korkeasta hinnasta johtuen käytettävät konstruktioiden ainevahvuudet ovat pieniä, hitsatuissa rakenteissa tyypillisesti 1,0...3,0 mm. Kun rakenteen ohenemisvara on joko kokonaan huomioimatta tai hyvin pieni, ovat korroosioilmiöt rakenteen kannalta hyvin ongelmallisia.

Koska kromilla (16...24%) seostettujen ruostumattomien terästen korroosionkestävyys perustuu metallin pintaan yleensä hapettavissa olosuhteissa syntyvään passivaatiokalvoon, ovat passivaatiokalvon tuhoutuminen ja sen uudistumisen estyminen vain lievästi hapettavissa ja pelkistävässä olosuhteissa korroosioon johtavat tekijät. Toisaalta kromin synnyttämälle passivaatiokalvolle ovat paikallisesti tuhoisia aggressiiviset, kalvon läpi tunkeutuvat Cl<sup>-</sup>-ionit ja erittäin hapettavat liuokset. Austeniittisten ruostumattomien terästen runsaalla nikkeli- (6,5...25 %) ja molybdeeniseostuksella (2,0...6,5 %) sekä eräillä muilla seosaineilla voidaan laajentaa ruostumattomien terästen käyttöalueita sellaisiin olosuhteisiin, joihin pelkkä kromin suojavaikutus ei riitä. Ruostumattomien terästen korroosioilmiöt ovat usein hyvinkin ongelmallisia. Esimerkiksi on mahdollista, että erilaiset ruostumattomaan teräsrakenteeseen johtuvat hajavirrat pystyvät horjuttamaan tai täysin muuttamaan sähkökemiallisen passivaatiokalvon muodostumisen ja säilymisen ehdot. Tätä ilmiötä voidaan myös keinotekoisesti hyödyntää voimakkaasti syövyttävissä olosuhteissa materiaaliominaisuuksia parantavana tekijänä. Näitä ruostumattomien terästen käyttöalueita, seosaineistuksen tehon loputtua tai niiden tullessa liian kalliiksi, laajentavia sähköisiä suojausmenetelmiä ovat katodinen ja anodinen suojaus.

Hitsaustyössä syntyvä korkea lämpötila ns. herkistää austeniittisen ruostumattoman teräksen. Herkistymisellä tarkoitetaan rakenteen raerajoille tapahtuvaa kromiköyhien, nopeasti syöpyvien, alueiden syntymistä. Hitsattaviin rakenteisiin tarkoitetuilla austeniittisillä ruostumattomilla teräksillä ehkäistään herkistymistä metallin matalalla hiilipitoisuudella ja kromikarbidiin erkautumista raerajoille vastustavien stabilointiainesten käytöllä. Joka tapauksessa hitsausliitos on ruostumattoman teräsrakenteen ongelmakohta. Hitsaustyössä saumaan syntyy epähomogeenisuutta,

erilaisia epäpuhtauksia, sulkeumia, huokosia ja jännitystiloja, jotka edistävät korroosion etenemistä. Hitsaustyön laatuun ja työtekniikoiden oikeellisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Normaalin perusseosteisen austeniittisen ruostumattoman teräksen käytölle kosketuksissa luonnonvesien kanssa on kloridipitoisuuden ylärajana pidetty 200 mg/l eli 0,002 % (Suomen rannikon meriveden suolapitoisuus on n.0,035 %). Jätevesien puhdistamoissa on ruostumatonta terästä käytetty menestyksellisesti erilaisissa putkistoissa ja laitteissa. Kuitenkin natriumhypokloriitin ja ferrosulfaatin kemikaalisäiliöt ja annostuslaitteet sekä putkistot on jouduttu rakentamaan runsaammin seostetuista laaduista. Ei-vaihdettavissa kohteissa on putkistot suositeltu rakennettavaksi haponkestävästä teräksestä. Maahan upotetulle ruostumattomalle teräsrakenteelle ovat merenranta-alueet ja savi osoittautuneet soveltumattomiksi ympäristöiksi.

Kalanviljelyaltaiden desinfioimisaineet sisältävät tai veteen liuetessaan muodostavat klorideja piste- ja rakokorroosion syntymiseen (passiivikalvon paikalliseen tuhoutumiseen) riittävän määrän. Huokoset hitsausaumoissa, raot esim. altaan liittyessä betonipohjaan sekä kerrostuneet epäpuhtaudet ovat kohtia, joihin kloridit pääsevät rikastumaan. Toisaalta luonnonvesi ja kalanviljelytoiminta luovat otollisen ympäristön biokemialliselle korroosiolle, joka voi ilmetä pistesyöpyminä tai pinnan tasaisena korroosiona, jolloin pinnan sileys ja hygienia kärsivät ja rakenteen ulkonäkö heikkenee.

Ruostumaton teräs (SFS 725) menettää pintaominaisuutensa varsin helposti lievästikin syövyttävässä ympäristössä kun taas haponkestävä teräs (SFS 757) pysyy kirkkaana. Ruostumattoman teräksen korroosioauriot rajoittuvat kysymykseen tulevissa käyttöolosuhteissa hygienia-tason laskemiseen ja ulkonäön menetykseen. Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen kestoikä allasvaippana on erittäin pitkä, pitempi kuin muiden ympäröivien rakennusosien, ja mekaaniset ominaisuudet säilyvät käytännössä muuttumattomina.

Vaikka kalanviljelylaitoksella kysymykseen tulevissa olosuhteissa on perusseosteisenkin ruostumattoman teräsrakenteen korroosion mahdollisuus varsin vähäinen, on allasrakenteiden moninaisten käyttöolosuhteiden ja erittäin kalliin korjaustyön vuoksi perusteltua valita niihin hiukan kalliimpi (noin 10 %) molybdeeniseostettu laatu eli ns. haponkestävä teräs. Kokonaan betonisiin ja betonipohjaisiin kalanviljelyaltaisiin on myös valittu molybdeeniseostettu laatu altaiden keskikartioiden ja poistomunkkien sekä näiden välisten putkistojen materiaaliksi. Valinnalla varmistutaan kohtuullisin kustannuksin rakenteiden piste- ja rakokorroosion kestävydestä sekä hygieniatason säilymisestä. Edellä mainitut rakenteet muodostavat sekä mekaanisten rasitusten että korroosioaurioiden kannalta vaikeimmin korjattavat allasosat.

### 3.4.2 Ruostumattoman teräsrakenteen valmistus ja valmiin rakenteen pintakäsittely

Austeniittinen ruostumaton teräs on hyvin hitsattavissa normaaleilla hitsausmenetelmillä. Hitsausenergia rajoitetaan kuitenkin matalammaksi kuin yleisillä rakenneteräksillä johtuen ruostumattomien terästen matalammasta sulamispisteestä sekä hitsauksen mahdollisesti aiheuttamista muutoksista rakenteen korroosionkestävyyteen, lujuuteen sekä mittatarkkuuteen. Rakenteita suunniteltaessa on huomioitava ruostumattomien terästen seostamattomia teräksiä suurempi lämpölaajenemiskerroin. Tämän seurauksena ruostumattomien terästen hitsauksesta johtuvat muodonmuutokset ovat suurempia kuin yleisillä rakenneteräksillä. Esimerkkinä korroosion ja hygienian kannalta välttävästä, mutta rakenteen

valmistettavuuden kannalta välttämättömästä, lämpövetelyt huomioon ottavasta yksityiskohdasta, on Ø 8 m:n haponkestävän teräsaltaan ulkopuolinen kylkijäykiste. Jäykiste on sijoitettu altaan ulkoreunaan siten, että sisäpinta jää mahdollisimman sileäksi ja se on muotoiltu lämpöliikkeiden kannalta joustavaksi. Jäykisteen kiinnityksessä on lämmön tuontia rajoitettu käyttämällä vuoroittaista katkohaiteja ja ns. taka-askeleita. Jäykisteen ja allasvaipan väliset raot voidaan sulkea tarpeen niin vaatiessa esim. polyuretaanimassalla.

Rakennusmateriaalien huolellisella käsittelyllä voidaan edesauttaa valmiin rakenteen hygieenisyyttä ja esteettisyyttä samoin kuin korroosioalttiin ympäristöön tarkoitetun rakenteen korroosionkestävyyden säilymistä. Kaikissa työvaiheissa on tärkeää estää raudan tarttuminen rakenteen pintaan (vieras ruoste), joka kosteuden vaikutuksesta aiheuttaa ruostelaikkuja ja pistesyöpymiä. Rakenteen korroosion estävä passiivikalvo voi helposti rikkoutua kolhujen tai rajun hankaamisen seurauksena, jolloin rakenne on alttiina korroosiolle. Normaaleissa varastointi/käyttöolosuhteissa passiivikalvo ei välttämättä aina ehdi muodostua ennen kuin rakenne on jo joutunut alttiiksi vierasruosteelle.

Ruostumattomien terästen varastoinnissa on huomioitava, että nämä varastoidaan tyypeittäin erilleen muista teräksistä sekaantumisvaaran välttämiseksi, terästen ja esim. varastohyllyjen välinen kontaktipinta on suojattava muovilla tai puulla, merkinnöissä ei saa käyttää korroosionkestävyyteen vaikuttavia menetelmiä ja epäpuhtauksien konsentroituminen suojaamattomiin pintoihin saattaa aiheuttaa pistesyöpymää. Valmis rakenne suojataan konepajalla tapahtuvassa varastoinnissa esim. pressulla, etteivät ilmassa olevat epäpuhtaudet pääse tarttumaan rakenteen pintaan aiheuttaen yhdessä kosteuden kanssa ruosteläiskää.

Konepajalla, jossa käsitellään sekä hiili- että ruostumattomia teräksiä, tulee molemmille materiaaleille olla omat työväliseinät. Työväliseinät, joilla on käsitelty hiiliteräksiä, aiheuttavat raudan siirtymistä työväliseinistä muokattavaan rakenteeseen. Ruostumattomia teräsaihoita tai valmisteita ei saa liu'uttaa työtasoilla, vaan ne tulee siirtää nostelemalla pinnan mahdollisen vaurioitumisen ja vieraiden partikkeleiden kiinnittymisen vuoksi. Työtasojen tulee olla puupintaisia tai tason pinnalle sijoitetaan ei-metallinen levy ruostumattomia teräksiä käsiteltäessä. Mikäli rakenteen läheisyydessä työskentää hiiliteräksiä, on huolehdittava, että kipinät ja irtoava materiaali eivät sinkoile ruostumattoman teräksen pintaan aiheuttaen vierasruostetta.

Valtion kalanviljelylaitoksille toimitetuissa ruostumattomissa teräsrakenteissa on voitu havaita kaikkia edellä mainittuja huolimattomasta varastoinnista, käsittelystä ja valmistuksesta johtuvia virheitä. Kainuun laitoksen tuloveden mikrosiiviläkammio hiekkapuhallettiin valmistaneessa konepajassa rautahiukkasia sisältävällä hiekalla, Särkijärven teräsaltaiden vaipat ja niiden jäykisteet valssattiin ilman teräksisten valssipintojen suojausta, Ohtaajalla paikallaan olleiden teräsallasvaippojen läheisyydessä katkottiin kulmahiomakoneella betoniteräksiä lattiatöiden yhteydessä. Kaikki edellä mainitut huolimattomuudet ovat aiheuttaneet huomattavia lisäkustannuksia kulloinkin haitan aiheuttaneelle taholle ja ovat johtaneet osin harmittavasti tavoiteltua heikompaan lopputulokseen.

Terästehtaalta voidaan tilata ruostumatonta teräslevyä (vastaavasti myös muita aihoita) asiakkaan tarpeiden mukaan erilaisissa viimeistelytiloissa. Näitä ovat mm. ASTM/SFS-tilat 1, 2D, 2B, 4 ja 6. Tila 1 on kuumavalssattu, hehkutettu ja peitattu. Muut tilat ovat kylmävalssauksen, hehkutuksen, peittauksen ja viimeistelevien käsittelyjen yhdistelmiä. Kalanviljelylaitoksiin on valittu viimeistelytila 2D, joka jää peittäuspinnalle. Tämä valinta on katsottu tarkoituksenmukaiseksi pinnan peilaamattomuuden takia. Jotta tehdaspinta säilyisi lopputuotteessa, on levyaihiot tilattu molemminpuolisilla suojamuovipinnoilla. Suojamuovit on sallittu



poistettavaksi konepajalla vain valmistuksen edellyttämiltä alueilta, muu suojamuovitus on poistettu vasta altaita asennettaessa ja käyttöön otettaessa.

Ruostumattoman teräksen pintakäsittelyllä pyritään syöpymiskestävyyden parantamiseen, puhtaana pidettävyyteen tai ulkonäön parantamiseen. Täyden syöpymiskestävyyden saavuttamiseksi täytyy teräksen pinta saada metallisen puhtaaksi. Hitsauksen ja muiden ainetta lämmittäneiden työvaiheiden seurauksena syntynyt hehkutushilse on poistettava. Tämä tapahtuu yksinkertaisimmin peittaamalla tai hiekkapuhaltamalla ja passivoimalla. Hiominen ja sitä seuraava kiillottaminen on jo huomattavasti kalliimpi menettely, mutta näin aikaansaadaan mahdollisimman hygieeninen pinta. Lähinnä kappaletavaroiden yhteydessä on yleistymässä hyvin korkealuokkaisen peilipinnan antava elektrolyyttinen kiillotus.

Ruostumattomien terästen hitsauksessa muodostuu rakenteen pinnalle hitsin alueelle runsaasti kromia ja epäpuhtauksia sisältävä oksidikalvo, johon kromi on siirtynyt alla olevasta materiaalista. Siten oksidikalvon poistaminen paljastaa alla olevan kromiköyhän alueen, joka ilman peittausta/passivointia on alttiina korroosiolle. Hitsausroiskeet ja kuona muodostavat piste-/rakokorroosiolle edullisen ydintymiskohdan, mikä tulee poistaa jälkikäsittelyllä. Kun hitsausliitokselta vaaditaan erityistä korroosionkestävyyttä tai hygieenisyyttä se työstetään perusmateriaalin pinnan tasoon. Hitsit jälkikäsittellään joko harjaamalla, hiomalla tai lasikuulapuhaltamalla. Tämän käsittelyn jälkeen pinnan passiivikalvo ei ole yhtenäinen. Käytettävän harjan tulee olla austeniittista ruostumatonta terästä tai tarkoitukseen kehitettyä muovipohjaista hiontamateriaalia. Korroosionkestävyyttä sekä esteettistä näyttävyyttä vaativat rakenteet peitataan typpihappo-fluorivetyhappopitoisella peittautahnalla tai liuoksella harjauksen jälkeen. Peittaus poistaa materiaalin pinnalta hapettumakerroksen sekä vähäkromisen alueen. Hitsin peittaukseen voidaan käyttää siveltimellä levitettävää tahnaa, joka pestään huolellisesti pois käsittelyn jälkeen. Peittauksen seurauksena materiaalin pinnalle muodostuu passiivikalvo.

Ruostumattomista teräksistä valmistetut kalanviljelyrakenteet ja putkistot eli allasvaipat, poistovesimunkit ja keskikartiot suojamuovittamattomilta, näkyviltä osiltaan sekä kaikki hitsaussaumamat pintakäsittellään peittaamalla, puhdistetaan, hiotaan ja viimeistellään kiillotuslaikalla. Laitosten näkyviin jäävät rakenteet ja niiden hitsausliitokset viimeistellään erityisen huolellisesti, näkymättömiin jäävät hitsit jätetään normaaliin konepajatasoon.

## 4. Betoni

Betonityöt ovat laaja kokonaisuus, joihin itse betonointitapahtuman lisäksi liittyy muotti-, raudoitus- ym. betonointia edeltäviä töitä aina betonimassan raaka-aineiden hankinnasta betonoidun rakenteen jälkitöihin. Huolellisella työn ennakoivalla valmistelulla on ratkaiseva merkitys hyvän tuloksen saavuttamiselle. Betonitöiden valmistelut alkavat jo työmaan perustamisesta ja päättyvät vasta kun rakenteen jälkikäsittelytyöt on suoritettu. Betonitöiden valmistelujen periaatteeksi sopii jatkuvan ja tarkentuvan suunnittelun periaate.

### 4.1 Betonin ominaisuudet

Betonille on tyypillistä varsin suuri ominaisuuksien vaihtelu. Betonin aineosien, veden, sementin ja kiviaineksen laatu ja olosuhteet, valmistustapa, lisäaineet, muottiin valaminen, jälkihoito, ym. olosuhteet vaikuttavat kaikki omalta osaltaan lopullisen rakenteen ominaisuuksiin. Betonin lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet samoin

kuin useat säilyvyyteen vaikuttavat tekijät ovat verrannollisia betonin puristuslujuuteen. Betoni jaetaan puristuslujuuden perusteella luokkiin K10...K60 MN/m<sup>2</sup> (N/mm<sup>2</sup>).

Betonirakenteet jaetaan kolmeen rakenneluokkaan, joita nimitetään 1-, 2- ja 3-luokiksi. Näistä 1-luokka (korkeakoulutasoinen) asettaa suurimmat vaatimukset ja edellyttää erillisten määräysten mukaisia pätevyys- ja laatuhyväksyntöjä, 2-luokka (opistotasoinen) on nyt kysymyksessä olevien rakenteiden edellyttämä laatuluokka, 3-luokka on toisarvoisten betonointien rakenneluokka, joihin eri määräyksiä ja ohjeita noudatetaan yleensä vain työn laajuuteen nähden riittävin osin. Betonirakenneluokat rajaavat työssä käytetyn betonin lujuusluokituksen siten, että 3-luokassa tulee käyttää  $\leq K20$ -puristuslujuusluokan betonia, 2-luokassa  $\leq K40$ , 1-luokan rakenteissa eli jännitetyissä (sillat), poikkeavan suurissa tai monikerroksisissa elementtirakenteissa voidaan käyttää myös ns. suurlujuusbetoneja.

Kalanviljelyaltaiden rakenteissa on käytetty betoni(puristuslujuus)luokkaa K35-2 (rakenneluokka). Betoninormien (1987) mukaan lineaarista kimmoteoriaa soveltavassa, sallittuja jännityksiä käyttävässä mitoituksessa, ko. betoniluokan raudoitettujen rakenteiden sallittu puristusjännitys on 10,5 N/mm<sup>2</sup>, sallittu taivutuspuristusjännitys on 14 N/mm<sup>2</sup>. Betonin ja sen raudoituksen jännitykset ovat näiden täydellisessä yhteistoiminnassa suoraan verrannolliset muodonmuutosten suuruuteen. Raudoittamattoman K35-2 betonin sallittu vetojännitys on vain 0,39 N/mm<sup>2</sup>. Teräsbetonirakenteilla jätetäänkin betonin vetolujuus yleensä ottamatta huomioon. Kalanviljelyaltaissa käytetyn betoniteräslaadun A500HW suurin sallittu vetojännitys on 290 N/mm<sup>2</sup>. Mitoituksessa betoniterästen puristusjännitys ei saa ylittää ko. sallitun vetojännityksen arvoa eikä pitkäaikaiskuormituksessa 15- kertaista tangon kohdalla olevaa betonin jännitystä. Betonin tiheyden ominaisarvo on 2400 kg/m<sup>3</sup>. Betoniteräksen kimmokerroin on noin 30 000 N/mm<sup>2</sup>. Edellä esitetyt mitoitusarvot ovat tässä yhteydessä suuntaa-antavia. Betonirakenteita suunniteltaessa on noudatettava kaikilta osin betoninormien määrittelyjä ja rakenne-ehjoja. Mainittu normi sisältää myös ns. rajatilamitoitusohjeet.

## 4.2 Betonin säilyvyyteen vaikuttavat tekijät

Teräsbetonirakenteen käyttöikä riippuu pääasiassa ympäristöolosuhteista, betonin ominaisuuksista, teräksiä suojaavan betonipeitteen paksuudesta ja rakenteessa esiintyvien halkeamien koosta. Huolellisesti valmistetun ja suunnitellun betonirakenteen käyttöikä on tavanomaisissa olosuhteissa satoja vuosia, kun taas aggressiivinen ympäristö ja betonin aineosissa olevat vieraat aineet voivat tuhota betonirakenteen muutamassa vuodessa.

### Betonirakenteen käyttöikää lyhentäviä tekijöitä ovat:

- toistuva jäätyminen ja sulaminen
- ulkoisen kuormituksen aiheuttama halkeilu, kuluminen ja lohkeamat
- korkea vesi-sementtisuhde ja alhainen lujuus
- huokoisuus
- terästen liian ohut betonipeite
- betonin aineosien sisältämät epäpuhtaudet
- betonia ja/tai terästä syövyttävät aineet

Monet kemialliset yhdisteet vaurioittavat betonia. Tavallisimpia näistä ovat pehmeä vesi (hiilidioksidi), hapot, väkevät emäksiset liuokset (yli 10 %), epäorgaaniset suolat ja eräät orgaaniset yhdisteet. Yleisesti voidaan sanoa, että mitä huokoisempi betoni on sitä nopeammin syövyttävät yhdisteet tunkeutuvat siihen. Tiivis, korkealuokkainen betoni kestää lähes kaikkia kemiallisia yhdisteitä melko hyvin.

Betonin korkea emäksisyys, pH noin 13, antaa teräksille erinomaisen suojan ruostumista vastaan. Betoniterästen korroosio lähtee voimistumaan betonin neutralisoitumisen vaikutuksesta (ilman hiilidioksidi vaikuttaa pH:ta laskevasti). Ilmiötä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Toisaalta ympäristön suolapitoisuuden vaikutuksesta kloridipitoisuus teräksen pinnassa kasvaa. Kun se on saavuttanut riittävän raja-arvon, alkaa teräs syöpyä. Teräksen korroosiotuotteen ( $Fe_3O_4$ ) vaatima tila on noin kaksinkertainen itse metallin vaatimaan tilaan nähden. Korroosion edetessä paine teräksen ympäristössä kasvaa, kunnes betonipeite lohkeaa tai rakenteeseen syntyy halkeama. Korroosion vaikutuksesta betonin ja teräksen yhteistoiminta huononee aiheuttaen lisävaurioita. Valtion kalanviljelylaitosten allasmäärityksissä on teräksiä suojaavan betonipeitteen paksuus (35 mm/50 mm vettä/maata vasten) määritelty siten, että saavutetaan terästen korroosion alkamista edeltävälle etenemisvaiheelle vähintään 30 vuoden pituus.

#### 4.3 Muut betonimateriaalit

**Muovibetonit** on aineryhmä, joissa sideaineena on kovettunut muovi ja runkoaineena hiekka, kevytsora, paisutetut huokoiset vaahtolasigranulaatit jne. Runkoaine sidotaan orgaanisella muovilla sementin asemesta. Muoviraaka-aineina käytetään tavallisten kertamuovien nestemäisiä esikondensaatteja, jotka kovettajien vaikutuksesta polymeroituvat kovaksi, runkoaineeseen lujasti tarttuvaksi muoviksi. Näitä muoviaineita ovat tyydyttämätön polyesteri, epoksi-, polyuretaani-, fenoliformaldehydi- ja furaanihartsit sekä polymetyylimetakrylaatin liuokset polymeroituvissa monomeereissä. Kovettajat ovat samoja, joita käytetään tavanomaisten muovituotteiden valmistuksessa. Runkoaineen raekoko ja hartsin määrä seoksessa riippuvat sen käyttötarkoituksesta.

Betoniteollisuuden seokset sisältävät karkeaa soraa ja kivijauhoa, jossa rakeiden läpimitta on alle 0,25 mm. Hartsin määrä on 100...300 kg/m<sup>3</sup>. Tavallisissa laasteissa hiekan raekoko on alle 4 mm ja hartsipitoisuus 250...600 kg/m<sup>3</sup>. Ohuisiin pinnoituksiin käytettävissä laasteissa ja valumassoissa vastaavat arvot ovat alle 1 mm ja 600...950 kg/m<sup>3</sup>. Kuivatun kiviaineen, hartsin ja kovettajan sekoittaminen suoritetaan koneellisesti. Sekoitus- ja käyttökohteessa vallitsevan lämpötilan tulisi tavallisia hartseja käytettäessä olla ainakin +15°C ja erikoishartseja ja -kovettajia käytettäessä +5°C. Kovettumisvaiheen aikana, joka kestää puolesta tunnista vuorokauteen, seoksen lämpötila nousee ja hartsin tilavuus pienenee. Tämän jälkeen seuraa hitaampi jälkikovuus, joka kestää puolesta vuorokaudesta pariin viikkoon.

Muovibetonin erittäin hyvä kemiallinen kestävyys tekee siitä sopivan pinnoitusmateriaalin vaativiin kohteisiin. Muovibetoni soveltuu erinomaisesti sekä korjaus että uudisrakentamisessa kalanviljelyhallien lattiakourujen ja betonipohjaisten altaiden pinnoittamiseen. Tyypillinen pintavalukerros on paksuudeltaan 10...60 mm.

**Muovibetonien ja laastien tärkeimmät edut ovat:**

- nopea kovettuminen
- erinomainen tarttuvuus kiveen, tavalliseen betoniin ja metalleihin

- hyvät lujuusominaisuudet tavallisessa lämpötilassa,  $250 \text{ kg/m}^3$  polyesterihartsia sisältävän muovibetonin tai -laastin puristuslujuus on  $100...120 \text{ N/mm}^2$  ja taivutuslujuus  $20...30 \text{ N/mm}^2$
- hyvät iskunlujuus- ja kulutuskestävyysominaisuudet, pölyämättömyys
- ei veden imeytymistä
- kestävät hyvin happojen, suolaliuosten ja öljyjen vaikutusta
- ulkonäköä voidaan muuttaa pigmenteillä ja värillisillä rakeilla

#### **Muovibetonien epäedullisia ominaisuuksia ovat:**

- lämpötilan noustessa  $+50...70^\circ\text{C}$ :een lujuusarvot putoavat puoleen alkuperäisestä,  $+100^\circ\text{C}$  on korkein käyttölämpötila
- orgaaniset muovit ovat palavia aineita tai liekissä hiiltyviä, vaikkakin aineen tiiviyys ja korkea kiviaineen määrä tekevät muovibetonit vaikeasti syttyviksi ja palaviksi
- pituuden lämpötilakerroin on  $1,5...2$  kertainen tavalliseen betoniin verrattuna
- hartsien hinta on huomattavasti korkeampi kuin sementin

Muovibetonin ja laastin valmistukseen käytetään eniten tyydyttämätöntä polyesterihartsia sen hyvien ominaisuuksien ja muita hartseja halvemmän hinnan vuoksi. Muovibetonituotteita ovat esim. vedenpoistokanavat, altaat, putket, kaapeli- ja kaukolämpökanavat, lattiat, lattialaatat yms.

Valtion kalanviljelylaitoksista Laukaan laitokseen on rakennettu 80- luvun puolivälissä muovibetonikuoria, elementtirakenteisia, halkaisijaltaan  $\varnothing 6..12 \text{ m}$  betonipohjaisia ulkoaltaita (Kingfisher Tanks). Englantilainen valmistaja on käyttänyt tästä materiaalista nimitystä GRC (Glassfibre Reinforced Cement). Altaan seinämä muodostuu kahdesta muovibetonikuoresta, joiden välissä on jäykkä eristevahto. GRC-altaan seinämän vahvuus on  $65...75 \text{ mm}$ , seinämän massa on noin  $40 \text{ kg/m}^2$ , itse GRC:n tiheys on  $2,1 \text{ g/cm}^3$ . Ydineristeen ympärillä olevat kantavat sisä- ja ulkokuoret ovat paksuudeltaan  $8...10 \text{ mm}$ . Kuoret ovat pinnaltaan sileitä ja normaalia betonia kovempia sekä hyvin vähän vettä imeviä. Materiaali on myrkytön. Valmistaja ilmoittaa takaavansa rakenteelle vähintään 30 vuoden kestoian.

**Muovitetua betonia** eli ns. muovisekoitteista betonia saadaan, kun tavalliseen sementistä, vedestä ja hiekasta valmistettuun betonimassaan lisätään polyvinyylikloridia PVC, polyvinyyliasetaattia PVAC, polyvinyylialkoholia PVA, polymetyylimetakrylaattia PMMA, epoksihartsia EP tai polyesteriä UP. Muovin lisäämisellä parannetaan tällöin betonin kimmoisuutta, iskun-, kulutuksen-, veden-, öljyjen ja muiden kemikaalien kestävyyttä sekä myös hieman lujuutta.

**Kuitubetoni** on tavallista betonia, johon on lisätty lasi-, teräs- tai muovikuituja. Kuitujen käytön päätarkoituksena on tehdä betoni lujuusominaisuuksiltaan homogeenisemmaksi aineeksi korottamalla sen vetolujuutta. Kovettuneen betonin sisältämät tasaisesti jakautuneet kuidut jakavat ja lievittävät kutistumisesta aiheutuvaa halkeilua, jolloin suurten halkeamien sijasta syntyy lukematon määrä pieniä mikrohalkeamia, joiden leveys ja etäisyys toisistaan ovat hyvin pienet.

## 5. Muut materiaalit

**Kupari**putkistoja ja -rakenteita ei ole suositeltavaa käyttää viljelyveden kanssa kosketuksissa. Kupari on luonnon vedessä syöpyvä materiaali ja haittaa erilaisina saostumina haudontaa ja pienpoikasviljelyä. Metalloituja (kromatut, niklatut) kuparimetallituotteita voidaan käyttää varsin huoletta.

**Alumiini** kestää hyvin hapettumista ja korroosiota lievästi syövyttävissä olosuhteissa eikä vaadi niissä suojapeitettä. Alumiinin pintaa suojelee ohut, noin 0,01 µm:n paksuinen, läpinäkyvä oksidikalvo, joka estää tämän muuten niin aktiivisen metallin hapettumasta. Kun oksidikalvo poistetaan esim. naarmuttamalla, muodostuu sen tilalle suotuisissa olosuhteissa heti uusi kalvo. Kalvo paikkautuu siis itsestään. Alumiinin anodisoinnilla tätä kalvoa voidaan kasvattaa ja värjätä. Mikäli olosuhteet alumiinin pinnalla eivät säily oksidikalvon muodostumiselle suotuisina eli hapettavina, vaurioituu pinta lievästikin syövyttävissä olosuhteissa.

Vaikka alumiinin pinnalla oleva oksidikerros läpäisee huonosti ioneja, johtaa korrosio toisinaan erilaisten kuoppien syntyyn, mikä on osoituksena paikkaan kytkettyjen galvaanisten elementtien toiminnasta. Katodeina toimivat tällöin oksidikalvon peittämät pinnat, anodeina taas kalvossa olevien reikien paljastamat metallipinnat.

Alumiini on kaikesta huolimatta perusominaisuuksiltaan eli pinnanlaadultaan ja syöpymiskestävyydeltään rajoitetusti sovelias materiaali eri viljely-yksiköihin. On kuitenkin vaarana, että esim. mätimunän pitkäaikainen kontakti alumiinipinnan kanssa aiheuttaa alumiiniin pistemäistä syöpymää ja mahdollisesti vaurioittaa itse mätimunaa. Jätevesikäytössä alumiini on osoittautunut vaikeasti hallittavaksi materiaaliksi. Tämän vuoksi erilaiset viljely-yksiköiden raot yms. rakenteen epäjatkuvuuskohdat kalanviljelyssä käytettävien kemikaalien ja siinä syntyvien aggressiivisten aineyhdistelmien kertymäpaikkoina kyseenalaistavat syöpymisalttiutensa takia alumiinin valinnan. On perusteltua pidättäytyä alumiinin käytöstä ja valita sen tilalle jokin sovelias muovimateriaali tai ruostumaton teräs.

**Puuta** on käytetty perinteisesti sekä kalanviljelyaltaina, putkistoina että munkkeina. Suurten putkilinjojen materiaalina puu on edelleenkin varteenotettava vaihtoehto (Saimaan kalanviljelylaitoksen tulovesilinja). Kalanviljely-yksiköiden muiden rakenteiden materiaalina on puu korvattu kokonaan muovi-, betoni- ja teräsrakenteilla. Tähän on johtanut erityisesti rakenteiden hygieenisyyksivaatimus. Puu huokoisena materiaalina on hyvä tartunta-alusta erilaisille haitallisille kasvustoille. Puun desinfiointi onnistuu käytännössä vain kuivaamalla.

Erilaiset levyn tason suuntaisista viiluista liimatut muottivanerit ovat tapauskohtaisesti mahdollisia rakennustarvikkeita erilaisiin tilapäisrakennelmiin tai esimerkiksi lajittelualtaisiin. Vanerista voidaan tehdä myös erilaisia ylivirtauspatoja ja luokkuja. Nimitystä 'vesivaneri' ei pitäisi käyttää. Nimitys perustuu vain liima-aineiden vedenkestävyyteen ei käyttötarkoitukseen eli vesirakentamiseen. Halvimmatkin koivu-, seka- (yleisin) tai havupuuvanerit täyttävät yleensä vesivaneri-nimikkeen vaateet. Pelkästään liima-aineeltaan vedenkestävät 'vesivanerit' homehtuvat ja turpoavat. Sopivampi määrittely on esimerkiksi fenolifilmi- tai viirapintainen muottivaneri. Näistä tyypeistä mm. kauppanimi Kaukas Gamma Special soveltuu välttävästi edellä mainittuihin kalanviljelyn käyttötarkoituksiin. Leikatut vaneripinnat on aina huolellisesti suojattava esim. polyuretaanimaalilla. Vanerit ovat nykymuodossaan ominaisuuksiltaan varsin vaatimattomia vesirakentamiseen.

Toispuoleisella (hengittävällä) pinnoittamisella ja myrkyttömillä, puuhun tunkeutuvilla kyllästysaineilla voidaan puun käyttöaluetta laajentaa. Tavallisimmat kemialliset puunsuojaustavat ovat ruiskutus ja sively, upotus sekä paine- ja

tyhjäkyllästys. Ruiskutuksella ja sivelyllä suoja-aineet tunkeutuvat noin 1...2 mm:n syvyyteen, upotusmenetelmällä pintapuun suojaus ulottuu 5 mm:n syvyyteen. Tehokkaimpia aina sydänpuuhun asti ulottuvia puunsuojaustapoja ovat teolliset tyhjä- ja painekyllästys. Sahatavara kyllästetään yleensä vesiliukoisiin metallioksideja tehoaineena käyttäviin suolayhdisteisiin (luokka A, vihreä kestopuu, suojaus sydänpuuhun ulottuva) perustuvilla kemikaaleilla tai öljypohjaisilla, tinayhdisteitä tehoaineena käyttävillä suojausaineilla (luokka B, väritön tai värillinen, suojaus 10 mm:n pintakerroksessa). Ratapölkkyt, paalut yms. rakennusosat kyllästetään kivihilestä valmistetulla kreosoottiöljyllä (luokka M, ruskea-mustanruskea). Erilaisia kestopuu-nimikkeen alla olevia puuosia on pidetty soveltumattomina talousveden yhteydessä käytettäviin rakenteisiin. Kyllästysaineet ovat tuotekehittelyn kohteina ja niiden ympäristöystävällisyyteen kiinnitetään huomiota. Vaikka puurakenne saataisiinkin kemiallisella suojauksella kestäväksi, tarttuu sen pintaan erilaisia kasvustoja. Vesirakenteissa kasvustoja joudutaan kuitenkin torjumaan erilaisilla myrkkymaaleilla, joten kestopuun myrkyttömyysvaade hämärtyy.

Puu on vaikeasti desinfioitavissa ja märkinä hapellisessa ympäristössä lahoava. Puurakenne kuluu käytössä ja sen pintaominaisuudet huononevat. Jäätymisen ja sulamisen tikkuunnuttavat puupintaa. Puurakenteita joudutaan niiden käyttöaikana huoltamaan ja korjaamaan. Asiantuntevalla puurakentamisella ja oikeilla puuvalinnoilla (esim. lehtikuusi) voitaisiin olettaa puualtaan kestäväksi noin 20-25 vuotta. Hygieenisyydspuutteista johtuen perusteet puun käytölle laitospuotoisessa kalanviljelyrakentamisessa ovat huonot.

**Lasi** huokosettomana, kovana ja läpinäkyvänä raaka-aineena on soveltunut hyvin perinteisten haudontasuppiloiden rakennusmateriaaliksi. Verrattaessa lasisuppiloo PVC- tai PMMA-suppiloihin, voidaan sanoa lasin olevan ylivoimainen pitkäaikaispintaominaisuksiltaan. Lasisuppiloiden valmistaminen on ollut puhallukseen perustuvaa käsityötä, jonka taitajia on nykyisin lähinnä taidelasipuolella. Koneellinen muottien valaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa kyseessä olevilla pienillä sarjamäärillä.

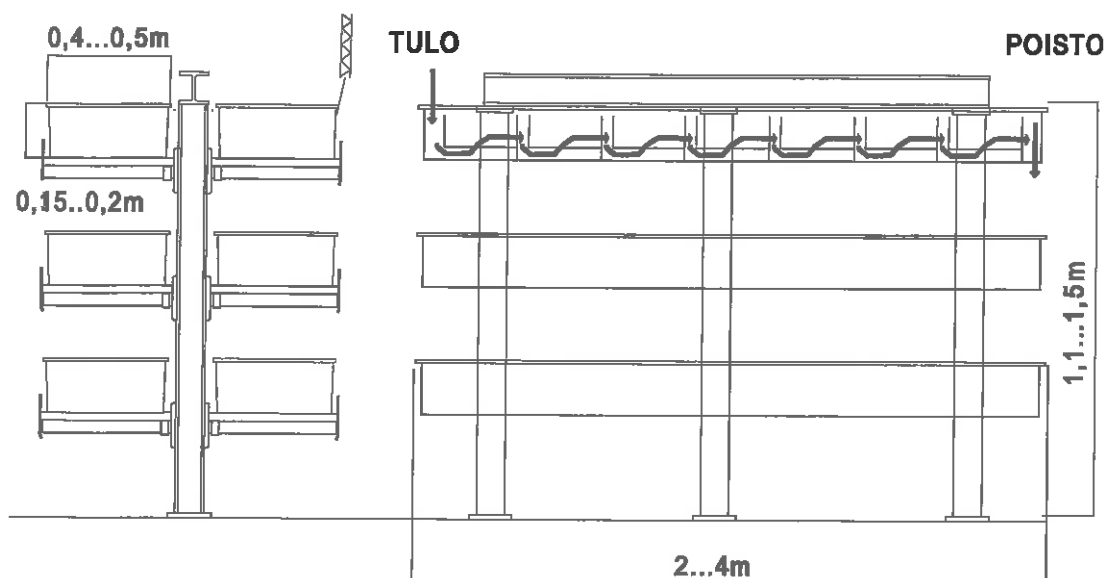
## 6. Haudontayksiköt

Tässä selvitysosassa käsitellään lyhyesti Valtion kalanviljelylaitoksilla käytettyjen haudontayksiköiden rakenneteknillisiä yksityiskohtia ja kuvataan tehtyjen materiaalivalintojen perusteet.

Tyypillisimmät haudontayksiköt ovat haudontakaukalot, -suppilot ja -saavit sekä ns. tihkuhaudontakaapit.

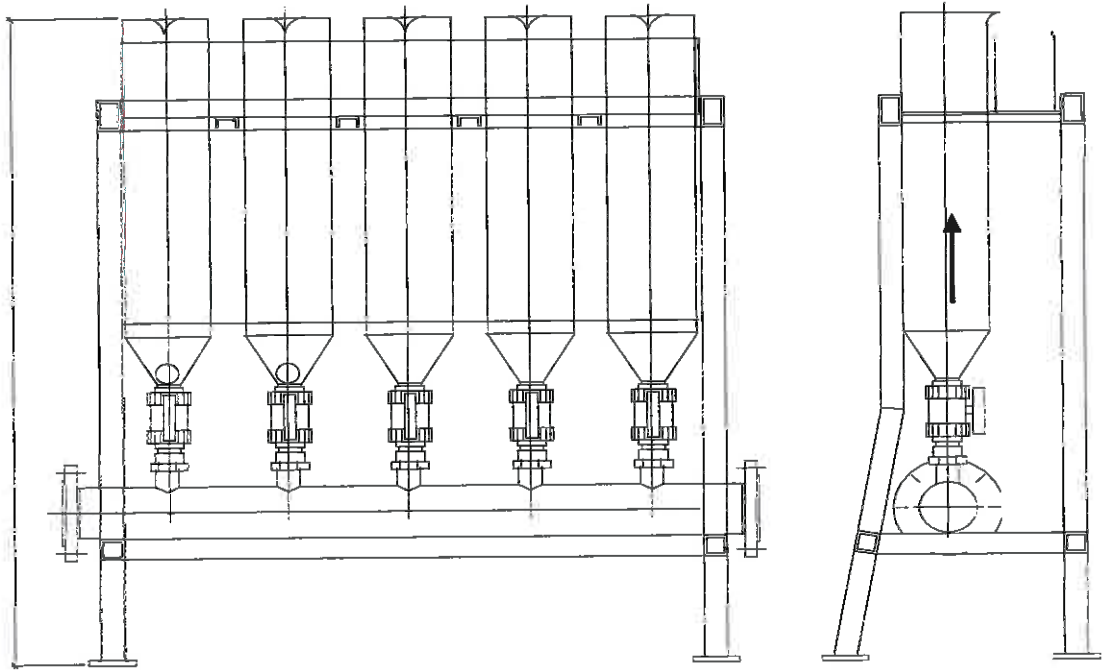
Haudontakaukalot muodostuvat **kuvan 1** mukaisista suorakaiteen muotoisesta kourusta ja sen reunojen päälle tukeutuvista reikälevypohjaisista läpivirtausaseteista. Kaukalot on kannatettu työskentelykorkeudelle massiivisilla telinerakenteilla. Kaukalon rakennemateriaalina on yleisin käsinlaminoitu lasikuitulujitemuovi. Sileä muottipinta muodostaa vesipinnan. Koska hautomoissa työskennellään mätää nyppien, on muutoin kylmät, kondensoituvat kaukalon ulkopinnat eristetty 20..25 mm:n vahuisella solupolyuretaanilla. Kaukalon seinä muodostaa LM-PUR-LM-sandwich-rakenteen. Kaukalon rakenne on näillä materiaalivalinnoilla riittävän jäykkä, hygieeninen ja sen pintaan ei kondensoidu vettä. Haudonta-asetteja on valmistettu polystyreenistä alipainemuovaamalla. Tällöin sekä sisä- että ulkopinta ovat hygieeniset. Asetin seinän ja pohjan reikälevyt on suositeltavinta toteuttaa elektrolyytisesti kiillotetusta, haponkestävästä teräsohutlevystä. Reikälevyt kiinnitetään myrkyttömällä polyuretaanimassalla asetin varauksiin.

Haudontakaukaloiden tukirakenteet on mitoitettu massiivisiksi, jotta erilaiset kolhaisut tai värähtämiset eivät pääsisi johtumaan rakenteiden kautta mätiaseteille.



Kuva 1. Haudontakaukaloteline

Haudontasuppilot on kerätty pienemmissä kokoluokissa kuvan 2 mukaisiksi yhtenäisiksi suppilopattereiksi, joissa alapuolinen vesitysputki muodostaa suppiloita kantavan rakenneosan. Suurimmat suppilot on toteutettu omilla jaloillaan seisovina. Läpinäkyvien suppiloiden rakennusmateriaaleina on käytetty lasia, PVC:a (sinertävä) ja PMMA:a (kirkas). Suurempia, siilomaisia suppiloita on toteutettu PEH:ä ja lujitemuovista. Suppilomateriaaleista on lasi pintaominaisuksiltaan ylivertainen. Suppiloiden vesitys on toteutettu alajakoisena järjestelmänä, jolloin on välttytty kaasukuplien haitoilta. Pienten suppiloiden kaulaan on asennettu tukinystyröin varustetut vedenohjauskuulat, jotka ovat toimineet myös takaisin virtauksen estiminä. Suppiloiden yläosaan on joko vedetty kaatonokka, asennettu poistoputki tai tehty tasaisen virtauksen vuoksi yhtenäinen poistokaulus. Muovisten suppiloiden hitsaustekniikkaan ja työn viimeistelyyn on syytä kiinnittää huomiota. Suppiloiden toimittajat eivät ole aina oivaltaneet oikein työn vaatimustasoa.



**Kuva 2. Haudontasuppiloteline**

Haudontasaaveina on käytetty, kuten nimikin kertoo, valmistrakenteisia PEH-vesi- tai laastisaaveja. Saavien sihdit on suositeltavinta toteuttaa haponkestävästä teräslevystä perinteisen alumiinin sijaan. Saaveja on valmistettu myös alipainemuovaamalla, mutta pienistä sarjoista johtuen hinta/laatusuhde ei ole ollut tyydyttävä. Vesisaavien tilalla voitaisiin käyttää, norjalaisten suosimia PEH-muovisia haudontasiiloja.

Tihkuhaudontakaappeina on käytetty tehdasvalmisteisia yksiköitä. Kaapit vaativat varsin puhtaan tuloveden. Näiden konstruktioiden hyödyt saadaan parhaiten esille yhdistämällä hankintoihin korkealuokkainen tulovedenkäsittely. Tällöin mm. homeongelmat vähenevät ja kiintoaineshaitta minimoituu. Kuten tässä selvityksessä on korostettu, ei alumiini ole suositeltava sihtimateriaali, samoin kuparimetalleja kannattaa välttää.

## 7. Pienaltaat

### 7.1 Allasmallit, niiden mitat ja materiaalit

Tässä selvityksessä tarkoitetaan pienaltaalla yhtenäistä, liikuteltavaa, lattiapintaan tai vastaavaan tukeutuvaa kalanviljelyallasta. Allas voi olla joko itsekantava jalallinen tai alustaan tukeutuva jalaton malli.

Pienaltaan jakaminen valmistus- tai kuljetusteknisesti useampaan osaan ei ole suositeltavaa. Elementtien liitoskohdat ja erilaiset sovitusrvirheet heikentävät ratkaisevasti altaan puhtaanapidettävyyttä ja hygieniaa.

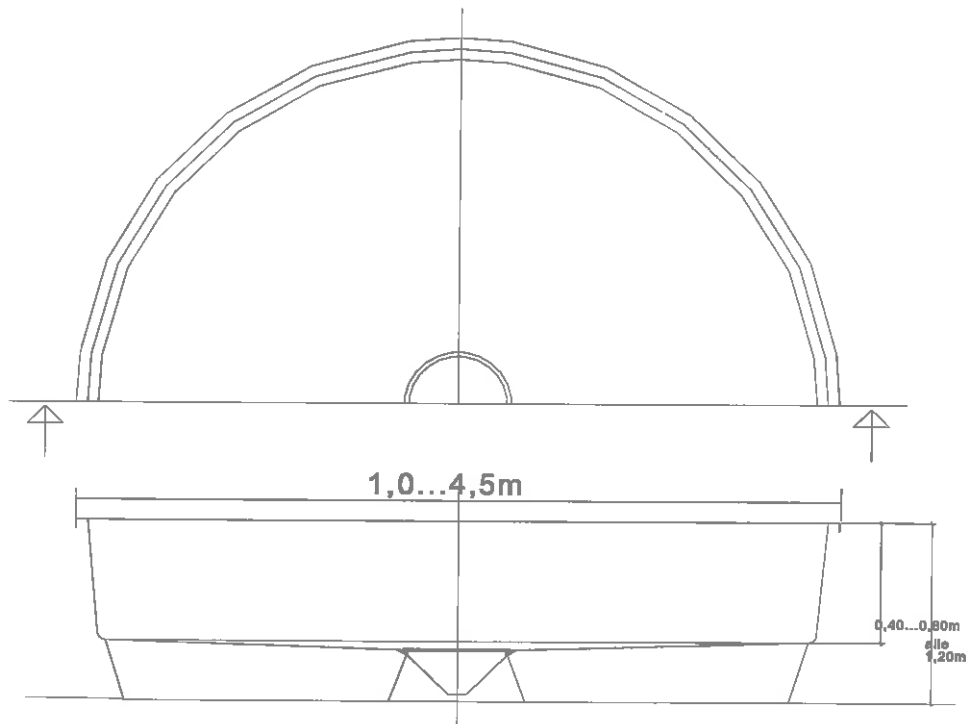


Jalallinen pienallas mitoitetaan kantamaan sekä reunoiltaan että pohjaltaan täysi vesikuorma. Jalat voivat olla joko säteittäin keskikaivosta lähtevät tai kantavana rengaskehänä. Jalkojen korkeus on valittu yleensä siten, että keskikaivo poistoputkineen mahtuu allaspohjan ja lattian väliin ilman erillisiä lattiasyvennyksiä tai jalkakorokkeita.

Jalattoman pienaltaan allaspohja tukeutuu lattiapintaan ja keskikaivo ja siitä lähtevä poistoputkisto laskeutuvat lattiavaraukseen. Vastaava rakenneperiaate toteutuu myös vaikkapa asennettaessa allas teräksisen ritilätason tai erillisen tukipalkiston päälle. Allaspohjan kallistus otetaan huomioon joko lattiavarausta mitoitettaessa tai kallistus rakennetaan allaspohjan ja lattian väliin täytemateriaalista.

Pienaltaiden muotona on yleisimmin käytössä kuvan 3 mukainen ns. itsepuhdistuva pyöreä allas. Allashalkaisijat on mitoitettu viljelyteknisistä pinta-ala- ja reunakorkeusvaatimuksista, käytössä olevasta tilasta ja valmistusteknisistä (muottikalusto) lähtökohdista riippuen. Yleensä allashalkaisijan valinta on ollut eri tekijöiden kompromissi. Pienaltaiksi luokiteltavat allashalkaisijat ovat alueella  $\varnothing$  1,0...4,5 m. Suurimmille altaille asettavat kuljetus ja liikuteltavuus (esim. oviaukot) sekä paino rajoituksia.

Mikäli pienaltaaseen on haluttu pyöreätä allasta pyörteisempi veden virtauskuvio esimerkiksi taimenen viljelyyn, on käytetty neliömäisiä nurkistaan pyöristettyjä altaita. Saatujen kokemusten mukaan (esim. Kuusamon kalanviljelylaitos) tämäkin allasmalli on varsin hyvin itsepuhdistuva. Muuttamalla altaan muotoa pyöreästä neliömäisempään suuntaan, on katsottu hyödynnettävän tehokkaammin hallien lattiapinta-alaa ja samalla on maksimoitu altaiden vesineliömetrimäärä.



**Kuva 3. Lujitemuovinen pienallas**

Itsepuhdistuvan pienaltaan pohjan kallistus keskikaivoon on vaihdellut allaskonstruktioista riippuen 1...3 %:n suuruisena. Altaan yläreunan korkeus lattiasta

on ollut tyypillisesti alle 1,2 m, josta on varsinaista reunakorkeutta 400...800 mm. Kokonais- ja reunakorkeuden erotus on mitoittunut yleensä keskikaivon ja allaspohjan kallistuksen perusteella, mutta ns. starttialtailla on pohjaa nostettu myös hoidettavuuden perusteella lattiasta ylemmäksi.

Itsepuhdistuva pienallas varustetaan normaalisti keskikaivolla, sen yläpuolisella sihdillä, poistoputkistolla sekä siihen liittyvällä, yleensä teleskooppisäätöisellä poistomunkilla. Liete pyritään saamaan mahdollisimman nopeasti altaasta ulos päävesijakeen mukana. Liete erotetaan päävesijakeesta puhdistustavoitteen mukaan joko laskeuttamalla tai mikrosiivilöimällä. Poistosäätimeen ja keskikaivoon kertyy, ja niiden epäjatkuvuuskohtiin tarttuu, etenkin pienillä virtaamilla raskainta lietettä, joka on tarpeen ns. tussauttaa liikkeelle säädintä käyttämällä.

Pienaltaan keskikaivo on suositeltavaa toteuttaa kartiokaivona, jonka kärkikulma on noin 60...70°. Kaivon ylähalkaisija mitoitetetaan siten, että poistosihdin vapaan aukon (noin 30 % kokonaisalasta) virtausnopeus jää alle 0,1 m/s, normaalisti arvoon 2...5 cm/s. Kartion ja allaspohjan liittymään muotoillaan olakkeeksi 25...30 mm:n levyinen, riittävän syvä (noin 20 mm) sihtivaraus, joka mahdollistaa sekä taso- että pystysihdin käytön. Altaan itsepuhdistuvuuden kannalta ovat keskikaivon liitos allaspohjaan sekä sihtien istuvuus paikalleen erityisen huolellisen työn kohteita. Laadukkaimmillaan haponkestävästä teräksestä valmistettu sihti istutetaan keskikaivon olakkeeseen tarkoitusta varten valettuun, olakkeen täyttävään lujitemuovirenkaaseen kiinnitettynä (sihtirei'itys alkaa vasta olakkeen ulkopuolelta).

Itsepuhdistuva pienallas voidaan puhdistusjärjestelmän perusteella suunnitella myös mahdollisimman hyvin lietetaskuun lietettä kerääväksi. Tähän tarkoitukseen on sovellettu edellä mainittuja vakiorakenteisia altaita, jotka on varustettu kaksoispoistoputkistolla siten, että altaan keskikaivo on muutettu lietetaskuksi. Yleensä pystysihdillä varustettu keskikaivo tyhjenetään lietteestä aika-ajoin joko painovoimaisesti erillisviemärin venttiili aukaisemalla tai alipainetta hyödyntäen. Voidaan rakentaa myös kaksoispoisto kaksin pinnansäätimin, joista lietejäte johdetaan esim. pyörreselkeytykseen ja puhdasvesijäte suoraan purkuun tai mikrosiivilöintiin.

Norjassa on kehitetty itsepuhdistuvasta pienaltaasta versio, jossa altaan keskikaivo muodostuu pohjalietteen keräys- ja puhtaan veden poistoreiteistä (ECOFISH-allas). Lietereitin kautta kulkeva poistovesi johdetaan altaan kyljessä olevan keräimen kautta yhteiseen poistokanavaan. Läpinäkyvään keräimeen 2...3 minuutissa altaasta siirtynyt liete tiivistyy ja liete tyhjenetään aika-ajoin lieteviemäriin, josta se kulkee edelleen lietteen jatkokäsittelyyn. Puhdasvesireitti on varustettu normaalilla poistosäätimellä.

Pienaltaissa on sisäpinnan laatu korostuneessa merkityksessä. Altaiden valmistuksessa sisäpinnassa tulee pyrkiä tasaiseen (ei aaltoilua tai epäjatkuvuuskohtia) ja sileään, kovaan (kulutusta kestävä) ja huokosettomaan lopputulokseen. Tähän vaatimustasoon päästään korkealuokkaisella lujitemuovilaminaatilla, ainevahvuus tyypillisesti 6...10 mm, tai ruostumattomalla teräksellä (toistaiseksi vähän käytetty). Muita allasmateriaalivaatimuksia ovat pitkäaikaislujuus- ja muu yleinen kestävyys, iskunkestävyys, muovattavuus, desinfioitavuus ja kilpailukykyinen hinta. Allasmateriaaleina myös PEH ja PVC täyttävät asetetut vaatimukset, mutta vain uutena. Selkeästi viruvina materiaaleina ne menettävät kuormitettuna ajanoloon muotonsa (korostunut tuentatarve laakeilla pinnoilla) ja niiden pintakovuus on kulutukseen nähden riittämätön.

Kestomuoveillekin on olemassa käyttöalueensa, esimerkiksi vähän kuormitettuna tutkimusaltaina. Kestomuoveja käytettäessä on toimittava altaiden puhtaanapidossa materiaalin ehdoilla, esimerkiksi ns. karhunkieli tuhoaa allaspinnan.

Pienaltaiden muotoilussa on sisäpinnan laatuvaatimusten lisäksi pyrittävä juoheviin muotoihin, mahdollisimman vähän erilaisia nurkkia (sisäpintaan ei ollenkaan), terävät

särmät ja leikatut pinnat hiotaan ja pyöristetään. Altaiden muotoilussa ja valmistuksessa on otettava huomioon, että altaiden ympärillä työskennellään ja niitä sekä altaan ympäristöä pidetään puhtaana.

Altaiden väritys on yleisimmin tumma vihreä. Toinen altaiden perusväri on vaalea harmaa (Taivalkosken kalanviljelylaitos). Altaiden värivalintaan ovat vaikuttaneet viljelyveden väri ja näkösyvyys yhdessä valaistusolosuhteiden kanssa, puhdistettavuus, tutkimukseen ja näkemykseen perustuvat tiedot kalojen viihtyvyydestä ja jakautumisesta erivärisissä altaissa sekä mm. norjalaiset lohen smolttituumistutkimukset harmaissa/vihreissä altaissa.

## 7.2 Tyypilliset lujitemuovisten pienaltaiden rakennevirheet

Seuraavassa on käsitelty kalanviljelylaitosten lasikuitulujitemuovisissa pienaltaissa havaittuja konstruktiivisia puutteita. Puutteet kohdistuvat käsinlaminointitekniikkaan, koska se on ollut yleisin valmistustapa.

Useimmat rakennevirheet johtuvat huonosta työn laadusta ja sen suunnittelelmattomuudesta. Altaat kuluvat, niiden sisäpinnat säröilevät ja lohkeilevat, seinämät ja pohja menettävät muotonsa. Edellä mainitut virheet johtuvat laatumääritysten, laminaatin rakennesuunnitelman ja laadunvalvonnan puutteellisuudesta. Vaikka altaat ovat varsin kalliita, on niitä hankittu luottaen pelkästään allasvalmistajien työtaitoon. Kun rakennevirheitä rupesi paljastumaan laajemmassa mitassa, ryhdyttiin kiinnittämään huomiota laatumäärityihin. Laatuajattelun käynnisti silloinen Vesihallitus, jonka laadituttamia Saimaan kalanviljelylaitoksen lujitemuovisten pienaltaiden rakennesuunnitelmia on sittemmin sovellettu kaikkiin Pohjois-Suomen alueella suoritettuihin laajempiin Valtion kalanviljelylaitosten peruskorjaus- ja uudisrakennushankkeisiin. Tässä yhteydessä esitetty pienaltaan rakennesuunnitelman runko perustuu juuri edellä mainittuun laminaatin rakennesuunnitelmaan. Rakennesuunnitelmaa on myöhemmin täydennetty mm. laadunvalvontaohjeilla.

Lasikuitulaminaattikin viruu muoveille tyypillisesti. Vaikka lasikuitulaminaatin viruminen onkin hidas prosessi, muuttuu allas ajanoloon pohjan osalta huonosti puhdistuvaksi. Allaspohja on tuettava tarpeeksi pieniin levykenttiin. Rengasjalka on valmistajan kannalta edullinen, mutta laiminlyö itsepuhdistuvuusvaatimuksen (ajanoloon pohja taipuu keskikaivon ja rengasjalan väliä ja lietteelle tulee vastamäkeä). On vaadittava riittävät lattiasta lähtevät säteistuennat. Pohjakallistuksen toimimattomuus voi olla altaan käyttäjälle myös muutoin kiusallinen, esimerkiksi altaan tyhjeneminen ilman ”rättikuivausta” on tärkeä ominaisuus desinfiointitilanteissa. Verrattaessa ilman laatumäärityksiä tilattuja kalanviljelyaltaita uuden käytännön mukaisesti hankittuihin altaisiin, on näillä keskeinen ero rakenteen jäykkyydessä. Vanhat altaat ovat ”rentoja”, tämä johtaa muodonmuutoksiin, huonoihin käyttö- ja puhtaanapidettävyyssominaisuuksiin, suurista jännityksistä johtuen pintasäröilyyn ja sitä kautta laminaatin tuhoutumiseen. Rikkoutunut laminaatti on desinfiointimielessä hyvin ongelmallinen, murtunut laminaatti imee kapillaarivoimalla nesteen rakennekerroksiinsa, jolloin desinfiointuminen/kuivuminen on kyseenalaista.

Ilman laatumäärityksiä hankituille kalanviljelyaltaille on ulkonaisesti tyypillistä erilaiset pintaviat eli sisäpinta on mattamainen, siinä on ilmakuplia, säröjä, halkeamia ja murtumia eikä pohjapinta ole tasaisesti keskikaivoon viettävä. Altaissa näkyy myös erilaisia huolimattomasta käsittelystä johtuvia ulkoisia vaurioita ja väriavikoja sekä valmistuksen toleransseista aiheutuvia mittaheittoja.

### 7.3 Lujitemuovisen pienaltaan hankinta

Lujitemuovirakenteita hankittaessa on aina syytä määritellä tilattava rakenne sen kaikilta ominaisuuksiltaan sekä valvottava määrätietoisesti työn suorittamista.

Lujitemuovialan ulkopuolinen taho ei pysty määrittelemään riittävästi laatuun liittyviä tekijöitä eikä valvomaan laatutason noudattamista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hankinta-asioissa on aina välttämätön tarve palkata tuotannosta riippumaton lujitemuoviasiantuntija tilaajan edustajaksi.

Huonoin tapa hankkia altaita on kilpailuttaa niiden valmistajiksi ilmoittautuvat firmat ilman laatumäärittelyä, valita tarjouksista halvin ja antaa tekijän tehdä käsityövaltainen valmistus mahdollisimman halvalla oman harkintansa mukaan ulkonäöllisesti tilaajaa tyydyttävään tasoon. Laadunvalvonnan puuttuessa valmistaja on minimoinut muottityöhön kuluvan ajan ja tehnyt muotin halvasta materiaalista, on valinnut halvat raaka-aineet ja käyttänyt niitäkin säästeliäästi (luottaa näkemukseensä ja kokemukseensa), verstaan työntekijäkunta on valikoitunut työsuojelumääräyksiä sivuvaaviin työskentelyolosuhteisiin sopeutuvaksi (pöly ja styreenihaihtumat) ja toiminta on yleisestikin teknillisesti ja tiedollisesti vaatimattomalla tasolla.

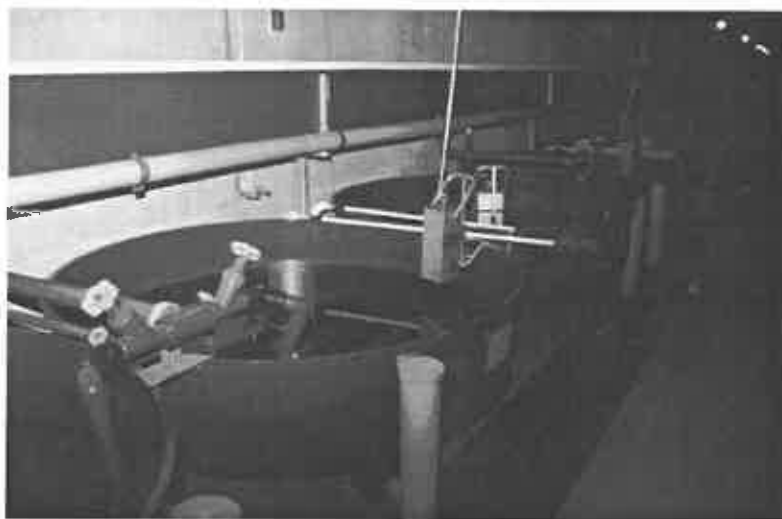
Ilman laadunvalvontaa ei voida tehdä juuri mitään arviota laminaatin raaka-aineista ja rakenteesta, työmenetelmistä, lujitetekniikasta/lujuusominaisuuksista tai jälkihoidosta. Joudutaan ostamaan ns. ”sika säkissä”. Kustannuksiltaan kalanviljelylaitoksen lujitemuovisen pienaltaan muotti on suunnilleen samanhintainen kuin itse allas eli muottikustannuksia tuotteeseen kohdennettaessa on valmistussarjan suuruus määräävä tekijä. Käsins laminoidun lujitemuovituotteen hinnasta on karkeasti jaotellen yli puolet työn osuutta ja alle puolet materiaalikustannuksia. Materiaalikustannuksissa säästäminen on tuotteen ostajan kannalta hyvin kyseenalaista. Laatumäärittelyissä kannattaa vaatia mahdollisimman korkealuokkaisen, hyvin kyseisiin olosuhteisiin soveltuvan hartsin käyttöä varsinkin altaan sisäpinnassa, jolloin muu rakenne voidaan tehdä vastaavasti edullisemmista raaka-aineista.

#### **Lujitemuovialtaiden hankinnan yhteydessä selvittettäviä ja sovittavia asioita**

- tilaajan velvollisuudet (esimerkiksi erilaiset rakennuskohteen mittaukset kuten tilavaraukset, kuljetus- ja haalustiet, lattiavaraukset)
- lujuuslaskelmien suoritus, rakennesuunnitelman tekeminen ja tarkastus, toimittajaa valittaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota kyseisten rakenteiden valmistuskokemukseen (referenssit) sekä taitoon hallita muovitekniikan mitoitusperusteet
- mahdollisten alihankkijoiden käyttö
- muottitekniikka, valmistustavat ja raaka-aineet (aina kirjalliset dokumentit yksilöidyistä toimituseristä)
- värit ja pintojen laadut, jälkihoidot, viimeistelyt (jälkikövetus, leikattujen pintojen korjaus, poistoputkien, sihtien ja munkkien sovitukset, erilaiset saumaukset)
- mallikappaleen teko ja tarkastusajankohta, muotin tarkastus (mallituotteeseen verrataan muita tuotteita)
- tilaajan ja valmistajan laadunvalvonta (kokeet ja niiden laajuus sekä ajankohdat, tuotannon seuranta siihen liittyvine menetelmä- ja työtapakokeineen, pistokokeiden laajuus)
- kuljetus ja välivarastointi (pienaltaita ei saa jakaa kuljetuksen takia, määrittellään kuljetussuojaukset, nostoapuvälineet, varastoinnin edellytykset)



**Kuva. Sihti / llettasku, Kuusamon kalanviljelylaitos.**



**Kuva. Poikashalli, tulovesitys, ruokinta-automaatti, Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely.**



**Kuva. Poikashalli, Ø 3 m muovialtaita, Tornionjoen kalanviljelylaitos**

- asennustöiden suoritus (on edullista ostaa täysin valmis rakenne eli toimittaja myös asentaa, tällöin esim. kuljetus- ja haalausvauriot minimoituvat ja tulevat korjatuiksi, asennukseen liittyy myös usein laminointia)

## 7.4 Lujitemuovialtaan yleinen työselitys

### Rakenteen ja sen mitoituksen perusteet

Tämä työselitys on laadittu käsinlaminoidun, lasikuitulujitemuovisen kalanviljelyaltaan laatuvaatimusten määrittelemistä varten. Normaalin käytännön mukaan laatii suunnittelija tilaajan edustajana tarjouslaskentaa varten allasrakenteen mittapiirustuksen. Valittu toimittaja tekee mittapiirustuksen ja tämän yleisen työselityksen pohjalta rakenteen lujuuslaskelmat ja laatii valmistukseen tarvittavat työsuunnitelmat.

Lujitemuovi on yhdistelmäateriaali, jonka pääkomponentteina ovat kuitumainen lujite sekä kuituja toisiinsa sitova muoviaine. Oikeiden raaka-aineiden valinnalla, niiden asiantuntevalla käsittelyllä ja kunnollisilla valmistusmenetelmillä on ratkaiseva merkitys lopputuotteen laatuun. Lujitemuovirakenteena kalanviljelyaltauksiin soveltuu yleisimmin käytössä oleva laminaattirakenne, jossa kantavana aineosana toimivat tavoiteltujen lujuus- ja rakenneominaisuuksien perusteella asetellut lasikuidut (tässä tapauksessa nk. E-lasi) ja näiden side- sekä suoja-aineina erilaiset polyesterihartsit (tässä tapauksessa tyydyttämättömät polyesteri- eli UP-hartsit).

Allasrakenne määritellään nyt tarkasteltavana olevassa yleisessä työselityksessä käsinlaminoiduksi lasikuitulujitemuoviksi, jossa vettä vastaan tuleva pinta on sileä muottipinta. Isoftaali-happopohjainen (alhaisempi vesiabsorptio kuin yleisesti käytettävillä ortoftaali-happopohjaisilla hartseilla) polyesterihartsi muodostaa altaan sisäpinnan. Tämän nk. gelcoat kerroksen paksuus on 0,40...0,60 mm. Seuraavan kerroksen muodostaa 2,0 mm:n paksuinen vähintään kahdella pulverisidotulla matolla lujitettu sulkukerros. Tukikerros koostuu vuoroittaisista kerroksista katkokuitua ja roving-kudosta, joilla rakenteen paksuus kasvatetaan lopulliseen mittaansa. Lujitekerroksissa käytetään ortoftaali-happopohjaista polyesterihartsia. Rakenteen ulkopinnan (topcoat) muodostaa periaatteessa samanlainen hartsipinta kuin sisäpinnankin, pinnanlaatu ei kuitenkaan vastaa muottipintaa.

Valmistajan tulee laatia tilaajan mittapiirustusten pohjalta kaikki lujitemuovirakenteiden valmistukseen tarvittavat lujuuslaskelmat ja työpiirustukset. Suunnitelmat ja laskelmat tulee esittää hyvissä ajoin ennen tuotannon aloittamista (noin viikko) tilaajalle hyväksyttäväksi. Tilaajan hyväksyntä ei kuitenkaan vapauta toimittajaa vastuusta. Altaat mitoitetaan normaalikuormituksena ilmoitettuun normaaliin suurimpaan säätökorkeuteen asti ulottuvalle vesikuormalle. Poikkeuksellisina kuormitustilanteina mitoitetaan erilaiset asennusaikaiset kuormitukset ja altaan ylitäytymisen aikainen käyttötilanne, jolloin allas on reunoja myöten täynnä (ellei altaassa ole luotettavaa ylivirtausaukkoa).

### Käytettävät materiaalit

Lujiteaineet, hyväksyttävää kauppalaatua:

- pulverisidottu katkokuitumatto (E-lasia), jonka kuitupitoisuus on 10-50 mm
- ruiskutuslaatuun soveltuva roving-lanka E-lasia, joka on käsitelty kromisilan tyyppisellä pinnoitteella
- roving-kudos, palttinasidoksinen

Hartsit, hyväksyttävää kauppalaatua:

- topcoat ja gelcoat, isoftaalihappopohjainen polyesterihartsit
- lujitekerrokset, ortoftaalihappopohjainen hartsit

Jäykistämateriaali:

- kova polyuretaanivahto, tiheys n. 40 kg/m<sup>3</sup>

Kiinnitysruuvit:

- altaissa käytettävät kiinnitysruuvit ovat haponkestävää terästä, valmistus kylmämuovaamalla, lujuusluokka A4 (AISI 316)

### Laminaatin rakenne

Isoftaalihappopohjainen polyesterihartsit muodostaa altaan sisäpinnan. Gelcoat-kerroksen paksuuden tulee olla 0,40 - 0,60 mm. Gelcoat-hartsina on käytettävä tunnettujen hartsin valmistajien tuotteita.

Sulkukerros muodostuu vähintään kahdesta pulverisidotusta matosta. Sulkukerroksen paksuuden tulee olla vähintään 2,0 mm ja lujiteainepitoisuuden 20...30 %. Kyseisiin arvoihin päästään lujitemäärällä n. 750 g/m<sup>2</sup>.

Tukikerroksessa käytetään lujitteena katkokuitua ja roving-kudosta vuoroittaisina kerroksina, kunnes vaadittu laminaatin paksuus on saavutettu. Lujitepitoisuus katkokuitukerroksessa n. 30...35 % ja kudokerroksessa 45...50 %.

Ulkopinta (topcoat) on periaatteessa samanlainen kuin sisäpinta. Ulkopinnan valmistuksessa on huolehdittava siitä, että saavutetaan riittävä kovettumisaste.

### Lujuusvaatimukset

Edellä määritellyllä laminaatin rakenteella saavutetaan vetomurtolujuus  $\sigma_v = 115$  N/mm<sup>2</sup> ja murtotaiivutusmomenttia vastaava taivutuslujuus  $\sigma_t = 160$  N/mm<sup>2</sup>.

Lujuuslaskelmissa tulee laskennallisille seinämille käyttää normaalikuormituksessa kokonaisvarmuuslukua  $K \geq 10$  ja poikkeuksellisessa kuormituksessa  $K \geq 6$  (kokonaisvarmuusluku muodostuu laskentavarmuuden ( $n = 2,7$ ) ja eri osavarmuuslukujen tulona, mm. pitkäaikaislujuuden kuormitusajalle yli 10<sup>5</sup> h ja valmistusmenetelmän perusteella). Sallittuna venymäärä on saa käyttää korkeintaan arvoa  $\epsilon_{max} = 0,2$  %. Lujuuslaskenta suoritetaan ja siinä käytettävät muut materiaaliominaisuudet määritetään ruotsalaisen Plaskärslnormer-teoksen (tai vastaavan yleisesti hyväksytyyn normiston) mukaan.

Rakenteen taipumien tulee jäädä täydellä kuormituksella pienemmäksi kuin  $f/l = 1/200$ . Taipumat eivät saa heikentää altaan toimivuutta. Altaan pohjan kaltevuuden tulee olla pitkäaikaiskuormitettuna piirustuksiin esitetyn kallistuksen suuruinen. Altaan pohja tulee jäykistää alustaan tukeutuvien säteittäisin jaloin sekä näiden välisin sekundaarijäykistein siten, että kallistus on pitkäaikaiskuormitettunakin suunnitelmapiirustuksissa vaaditun suuruinen ja tasaisesti keskikaivoon viettävä (2...5 %).

## **Asennus- ja työsaumat**

Pienaltaat valmistetaan ja kuljetetaan yhtenä kappaleena, jolloin rakenteesta ja sen sisäpinnasta saadaan mahdollisimman yhtenäinen. Rakennetta ei saa jakaa valmistus- tai kuljetusteknisistä syistä useampaan osaan.

## **Valmistus- ja laatuvaatimukset sekä laadunvalvonta**

Sisäpinnassa ei saa esiintyä ilmakuplia, säröjä, halkeamia, murtumia tai lujiteainetta. Pinnan tulee olla sileä, joka saavutetaan käyttämällä hyvälaatuisia, lasimaiselle pinnalle hiottua lujitemuovimuottia. Pinnan sileys tarkastetaan mallituotteesta. Sisä- ja ulkopinnan väritys sovitaan erikseen tilaaja kanssa värimallien perusteella.

Sulku- ja tukikerros on tehtävä huolellisesti siten, ettei siinä esiinny kuivia kohtia, ilmakuplia, irtautuneita kerroksia jne..

Rakenteiden laminaatin on oltava myös ulkopinnoiltaan tasaista. Ulkopinnan laatuvaatimukset ovat kuten sisäpinnassa huomioiden, ettei kyse ole muottipinnasta. Leikatut pinnat on peitettävä topcoat-pintahartsilla.

Kovettumisasteen tulee olla 90 % hartsin valmistajan ilmoittamasta kovuudesta. Kovuus mitataan Barcol-kovuusmittarilla (ASTM D-2503-07/SFS 3912). Laminaatin kovuusasteen, tasaisen lujuuden ja kemiallisen kestävyuden varmentamiseksi on valmis tuote jälkikovetettava +60°C 5 h:n ajan.

Valmis tuote on pakattava kuljetusta ja varastointia varten riittävän hyvin, ettei vaurioita ja kolhiintumia synny. Tilaaja ei hyväksy kuljetuksissa sisäpinnaltaan vaurioituneita tuotteita. Ulkopintojen vähäisiä kuljetusvaurioita voidaan sallia korjattavan siitä erikseen sovittaessa.

## **Laadunvalvontaa suoritetaan seuraavasti:**

- tiedot käytettävistä materiaaleista ja työsuunnitelma lujuuslaskelmineen toimitetaan kirjallisesti valvojalle hyväksyttäväksi hyvissä ajoin ennen sarjavalmistuksen edellyttämien tarvikkeiden tilausta tai muutoin valmistustyön aloittamista
- muottikalusto tarkastetaan lujitemuoviverstaalla (valmistaja ilmoittaa tarkastusajankohdan), mikäli mahdollista suoritetaan muottitarkastuksen yhteydessä samalla mallituotteen tarkastus, muutoin tarkastus sovitaan erikseen
- valmistajan tulee, tilaajan siitä erikseen ilmoittamatta, sallia valvojalle hyväksytyyn mallisuorituksen mukaisten valmiiden tuotteiden sekä niiden valmistuksen pistokoeluontoiset tarkastukset lujitemuoviverstaalla
- valmistaja suorittaa yleisten vaatimusten edellyttämää laadunvalvontaa, josta esittää pyydettyinä yksilöidyt, kirjalliset dokumentit sekä näytepalat

## **7.5 Lujitemuovialtaan korjausmaalausohje**

Huolellisesti ja oikein rakennettu lujitemuoviallas ei tarvitse muuta huoltoa kuin gelcoat-pinnan ajoittaisen puhdistamisen. Tähän tarkoitukseen ovat parhaita lämmin vesi ja puhdistusaineet, joilla ei ole hiovaa vaikutusta. Liuotainaineita ei saa käyttää. Pesun jälkeen huolellinen vahaus suojaa gelcoat-pintaa likaantumiselta.

Mikäli altaan pinta on veden, auringon ja/tai erilaisten kemiallisten aineiden vuoksi haalistunut, voidaan pintaa ehostaa ensivaiheessa erilaisilla hionta- ja kiillotuspastoilla. Mikäli pinta on päässyt naarmuuntumaan ja hankautumaan,



aiheuttavat nämä ennen pitkää altaan hygieniatasoa laskevia ja laminaattia veden tunkeutumisen kautta vahingoittavia pintavaurioita.

Korjausmaalaukseen kannattaa siis ryhtyä hyvissä ajoin ennen suurempia desinfiointiongelmia tai laminaattivaurioita. Ennen maalausta suojataan ja teipataan kaikki pinnat, joita ei maalata. Eri hiontavaiheet ovat lopputuloksen kannalta tärkeitä. Aluksi voidaan käyttää sähkökäyttöisiä hiontalaitteita, mutta viimeistelyhionnat suoritetaan kunnollisen lopputuloksen saamiseksi aina käsin. Pohjamaalaus on hyvin tärkeä työvaihe, sillä luodaan edellytykset hyvälle lopputulokselle. Pintamaalaukseen ei edetä ennenkuin pohjamaalausvaiheet on saatu huoliteltuun tasoon. On huolehdittava, että eri maalit sopivat toisiinsa, käytännössä tämä tarkoittaa sitoutumista saman maalinvalmistajan tuotteisiin. Lopullinen pintamaalaus suoritetaan kaksikomponenttisellä polyuretaanimaalilla, jolla aikaansaadaan paras kiilto ja tarttuvuus. Maalaustyö vaatii hyvää ammattitaitoa ja maalaustyöt tulee suorittaa tarkoituksenmukaisesti rakennetussa maalaamossa.

## **KORJAUSMAALAUSSOHJE**

Tämä yleinen korjausmaalaussohje on tarkoitettu pinnaltaan naarmuuntuneen, käsinlaminoidun kalanviljelyaltaan ehostamiseen siten, että käsittelyllä palautetaan altaan pintaominaisuudet käyttötarkoitukseensa riittäviksi ja saadaan jatkettua altaan elinkaarta.

Näiden ohjeiden lisäksi on noudatettava kaikilta osin valitun maalinvalmistajan (tässä selostuksessa Teknos Winter Oy) erillisohjeita.

### **1. Alustan käsittely:**

- Gelcoat-pinta pestään liuottimella (parafiini on poistettava)
- ensimmäiseksi suoritetaan mekaaninen hiontavaihe, tämän jälkeen suoritetaan viimeistelyhionta hiomapaperilla nro 180...220
- suoritetaan pölynpoisto vedellä, kuivataan 3...4 h:n ajan +20°C:ssa
- säröt, kolot yms. täytetään epoksikitillä, levitetään Epirex-tasoite ja viimeistellään hiomapaperilla nro 80...120 pinnan tasoon
- suoritetaan pölynpoisto vedellä ja kuivataan pinta huolellisesti,

**huom.!** maalattavan pinnan puhtaus on lopputuloksen kannalta yleensä tärkein asia, pinnan puhtaus on todettavissa vesikokeella, pinta kostutetaan vedellä, jos vesi pisaroi on pinnassa vielä jäljellä epäpuhtauksia

### **2. Maalausolosuhteet:**

- työ suoritetaan sisätiloissa, maalaamon tulee olla puhdas ja pölyämätön ympäristön lämpötila  $\geq +10^{\circ}\text{C}$ , suositeltavin huonelämpötila on alueella  $+16...+20^{\circ}\text{C}$
- ilman suhteellinen kosteus  $\leq 80\%$ , suositeltavin noin  $60...65\%$

### **3. Pohjamaalaus:**

- pinnan on oltava ennen maalausta ehdottoman puhdas ja kuiva
- maalaus suoritetaan sivelynä tartunnan saamiseksi mahdollisimman hyväksi
- maalina käytetään Inerta-primer 5 epoksipohjamaalia, ohennus  $30\%$ :iin
- väriksi valitaan punainen, jotta kattavuus voidaan luotettavasti todeta
- sively  $1 \times 30 \mu\text{m}$  kuivakalvon paksuus (märkäkalvona noin  $60 \mu\text{m}$ )
- maalin riittoisuus annetulla ohennussuhteella on noin  $8 \text{ m}^2/\text{l}$

#### 4. Välimaalaus:

- pohjamaalauksen jälkeen pinta vielä tarkastetaan, jos pintavirheitä havaitaan, ne kitataan ja hiotaan pinnan tasoon, pohjamaalattu pinta hiotaan hiomapaperilla nro 180...220, hiottu pinta puhdistetaan huolellisesti
- maalaus suoritetaan ruiskulla (sivelyssä on ilmakuplien muodostumisvaara)
- maalina käytetään Inerta-primer 5 epoksipohjamaalia
- maali ohennetaan tarvittaessa siten, ettei maalikalvoon muodostu kuplia, muutoin maalaus tehdään ohentamattomana
- väriksi valitaan kattavuuden toteamiseksi harmaa (jos myös lopputuloksen on oltava harmaa, valitaan lopputulosta vaaleampi harmaasävy)
- ruiskutus 1 x 60 µm kuivakalvon paksuus
- maalin riittoisuus on noin 4,5 m<sup>2</sup>/l (teoreettisesti 8,3 m<sup>2</sup>/l)

#### 5. Pintamaalaus:

- välimaalattu pinta viimeistelyhiotaan hiomapaperilla nro 220..320
- ennen pintamaalauksia on välimaalauksen pinta huolellisesti puhdistettava kaikesta pölystä, parhaiten tämä tapahtuu vesipesulla tai tätä tarkoitusta varten suunnitelluilla puhdistusaineilla
- lopullinen pintamaalaus suoritetaan ruiskulla, tarvittaessa pintamaalaus on tehtävä useita kertoja
- maalina käytetään ohentamatonta (ilmakuplien muodostumisen estoon tarvittaessa ohennus) Teknodur 90 polyuretaanimaalia
- ruiskutus 1 x 40 µm kuivakalvon paksuus
- maalin riittoisuus on noin 6 m<sup>2</sup>/l (teoreettisesti 12,5 m<sup>2</sup>/l)

## 8. Massiivialtaat

### 8.1 Allasmallit, niiden mitat ja materiaalit

Tässä selvityksessä tarkoitetaan massiivialtaalla ulkomitoiltaan tai painoltaan niin suurta kalanviljelyallasta, ettei se ole yhtenä kappaleena liikuteltavissa eli allas on ns. kiinteäasenteinen. Pienaltaat kuvattiin mitoiltaan korkeintaan Ø 4,5 m:n suuruisiksi (16 m<sup>2</sup>). Massiivialtaina käsitellään tässä yhteydessä tätä kokoluokkaa suurempia allaskonstruktioita.

Tässä selvityksessä on massiivialtaat jaettu seuraaviin ryhmiin:

1. Paikallaan valettu betoniallas
2. Teräsvaippainen, betonipohjainen massiiviallas
3. Lujitemuovivaippainen, betonipohjainen massiiviallas
4. Kokonaan lujitemuovinen massiiviallas
5. Putkiallas
6. Muut massiivialtaat (kestomuovialtaat, kokonaan teräksiset altaat jne.)

Edellä lueteltu jako perustuu Valtion kalanviljelylaitoksille valittuihin rakenneratkaisuihin. Tässä selvityksessä ei käsitellä tarkemmin betonisten tai maarakenteisten uoma-altaiden rakentamistekniikkaa. Selvitys ottaa näiltä osin vain kantaa havaittuihin rakennusvirheisiin ja toiminnallisiin puutteisiin.

RKTL:n kalanviljelylaitosten massiivialtaista ylivoimaisesti suurimman osan muodostavat nykyisin itsepuhdistuvat, halkaisijaltaan  $\varnothing$  5,0...12 m:n (20...110 m<sup>2</sup>) suuruiset pyöröaltaat.

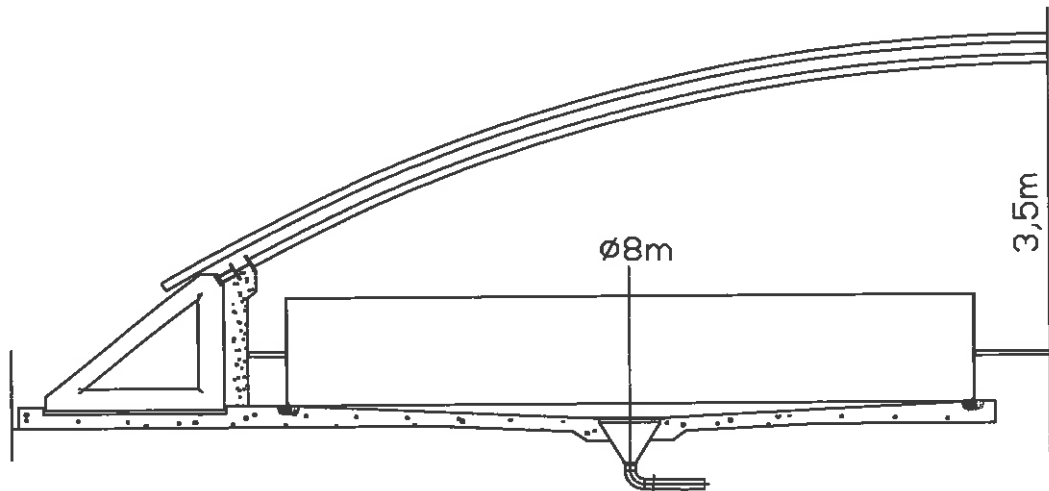
Itsepuhdistuvan pyöröaltaan pohjakallistus suunnitellaan yleensä 4...7,5 %:n suuruiseksi. Suuremmalla kallistuksella ei ole havaittu saatavan toiminnallista hyötyä. Keskikaivo toteutetaan samoilla mitoituserusteilla kuin pienaltaiden yhteydessä on esitetty. Massiivialtaiden tulovesitykseen ja poistomunkkeihin on kiinnitetty erityistä huomiota. Tulovesityksenä on osoittautunut parhaaksi itsepuhdistuvuuden ja allasveden happijakauman kannalta kahdesta eri sektorista altaaseen vettä syöttävät, suunnattavin suihkuin varustetut pystysuutinputkistot. Poistomunkkina on käytetty joko teleskooppi-, settiseinä- tai settiluukkumallisia rakenteita. Riippuen poistovedenkäsittelyjärjestelmästä, on munkki suunniteltu lietettä kerääväksi tai mahdollisimman hyvin virtaamavaihtelulla puhdistettavaksi. Viimeisiin kaarihalliratkaisuihin on kehitetty munkkimalliksi portaattomasti vesipinnan säätävä, ylisyyksyyn perustuva sulkuluukkurakenne. Tässä rakenteessa säädetään viljelyvesipintaa aukotettua väliseinää vasten liikkuvan säätöliukulevyn avulla. Liukulevy on kiinnitetty nostinvarteen, jota nostamalla/laskemalla hammashahlossa sekä lukitsemalla se munkin kannen alle kiertoliikkeen avulla, säätyy viljelyvesipinta halutuksi. Munkki huuhdellaan nostamalla liukulevy yläasentoon, jolloin munkkia huuhteleva pohja-aukko avautuu.

Paikallaan valettu betonirakenne on valittu allaskonstruktioiksi kattamattomiin ulkoallassovellutuksiin sekä kohteisiin, missä allasvaippaan kohdistuu suuri maanpaine. Betoni on huokoinen materiaali ja huolimatta pinnoitteiden käytöstä se ei vastaa hygieenisesti huolellisesti hoidettuja teräs- tai lujitemuovipintoja. Betoni muodostaa helposti tartuntapinnan erilaisille kiintoaineksille ja kasvustoille ja sen puhdistustarve on suurempi kuin em. vaihtoehtomateriaaleilla. Betonirakenne on oikein suunniteltuna ja rakennettuna erittäin pitkäikäinen. Altaiden betonirakenteet on suositeltavaa suunnitella 30 vuoden kestoajalle.

Ulkoalтаiden jääkannesta seinämän vesipintaan kohdistuva hiertävä jääkuormitus sekä toistuvasta jäätymisestä ja sulamisesta sekä rikkoutuneista pinnoituskohdista aiheutuvat rapautumisilmiöt lyhentävät korjaamattomina altaiden kestoikää. Oikeissa käyttöolosuhteissa, hyvin hoidettuina sekä asianmukaisesti kunnostettuina betonirakenteet kestävät yli sata vuotta.

Kehitettäessä 90-luvun alussa kompaktia viljelyhalliratkaisua Muonion kalanviljelylaitoksen olosuhteisiin, tarkasteltiin huolellisesti erilaisten rakenneratkaisujen yhteensopivuutta sekä teknillisesti ja toiminnallisesti että niiden elinkaaren ja investointi- ja käyttökustannusten osalta. Näissä tarkasteluissa päädyttiin eri tekijöiden perusteella kuvan 4 mukaiseen itsekantavaan kaarihalliin sijoitettuihin, betonipohjaisiin 50 m<sup>2</sup>:n teräspyöröaltauksiin. Betonipohjan valintaan vaikutti niiden toimiminen hallin horisontaaliset kaarikuormat kantavina rakennusosina. Vaippamateriaaliksi valittiin austeniittinen, molybdeeniseostettu ruostumaton teräsohutlevy eli ns. haponkestävä teräs, joka oli huomattavan edullinen tuolloisessa markkinatilanteessa. Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen allasvaippojen asennustyöt sisälsivät vaippaelementtien 4 kpl/allas valmistuksen konepajalla, kuljetuksen työmaalle, elementtien kokoamisen, asennustyön betonipohjan vaippavaraukseen (hitsaus ja elastinen saumaus), juotosvalun sekä seinämien ja hitsaussaumojen viimeistelyn. Tehdyistä allasmateriaalivalinnasta voidaan todeta, että haponkestävä teräsrakenne kestää teoriassa äärettömän kauan. Altaan kestoikäarviona

voidaan käyttää muiden altaaseen liittyvien rakenteiden kestoikää eli vähintään 30 vuotta. Tämän jälkeen on vaipparakenne uusiokäytettävissä.



**Kuva 4. Kompakti suomalainen kalanviljelyhalli**

Lujitemuovivaippa on teräkselle sisätiloihin hinnaltaan kilpailukykyinen vaihtoehto. Lujitemuovia ei ole valittu viimeaikaisiin kaarihallirakenteisiin ruostumattoman teräksen tilalle lujitemuovin hiukan huonompien ominaisuuksien ja suoritettun rakentamisjakson yhdenmukaisuusvaatimuksen vuoksi. Lujitemuovilaminaatista valmistettavan allasvaipan asennustyöt sisältävät vaippaelementtien valmistuksen lujitemuoviverstaalla, kuljetuksen työmaalle, elementtien kokoamisen laminoimalla, asennustyön betonipohjan vaippavaraukseen (tartuntojen hitsaus/ruuvi kiinnitys ja elastinen sauma) sekä seinämien ja elementtiliitosten viimeistelyyn. Halliratkaisussa valetaan maanpainetta vastaan altaan ympärille lattian alapuolinen betonitukirengas. Allaselementtien laminointiliitokset voidaan harkita kustannussyistä korvattavaksi työmaalla suoritettavalla ruuvi liitoksella. Tällöin liitoskohta muodostaa rakenteen pitkäaikaisuuden ja desinfioidin kannalta kuitenkin arveluttavan epäjatkuvuuskohdan.

Lujitemuovirakenne voidaan mitoittaa kestoikänsä 30 vuodeksi. Mikäli rakenne on huolellisesti valmistettu ja pintaa ei ole naarmutettu pilalle, voi rakenne olla käyttökuntoinen jopa tätä pitempään. Toisaalta, mikäli rakenne epäonnistuu valmistusvaiheessa, voi kestoikä jäädä alle 20 vuoden. Elinkaarensa lopussa lujitemuovirakenne on luokiteltavissa liki ongelmajätteeksi, sitä ei voi kierrättää.

Massiivialtaita voidaan konstruoida myös kestopuovilevyistä. Materiaaliominaisuuksia käsittelevässä selvitysosassa on kuvattu tarkoin kyseisten materiaalien tyyppiominaisuudet. Aina valintaa tehdessä on harkittava käyttöolosuhteisiin ja sijoituspaikkaan liittyvät rajoitukset. Rakennettaessa pitkäikäistä allaskonstruktioita on perusteltua pidättäytyä kestopuovien käytöstä. Kestomuovit ja niihin liittyvät erilaiset innovaatiot, kuten Norjalainen pressuallas, ovat kuitenkin varteenotettavia vaihtoehtoja erilaisissa tilapäisluontoisissa tai markkinoiden ehdoilla alhaisiin investointikustannuksiin tähtäävissä laitoshankkeissa. Näiden materiaalien osalta mitoituskestoikä voidaan käyttää 10...15 vuotta.

Kokonaan teräksiset tai lujitemuoviset massiivialtaat ovat käyttökelpoisia konstruktioita mikäli allaspohjat eivät kuormitu liikaa. Kevyt allasrakenne ei kestä ilman muodonmuutoksia tai liikkumista pohjaveden tai roudan nostetta. Voidaan sanoa, että useimmissa tapauksissa on tällaisella rakentamistekniikalla epäonnistuttu.

Sijoituspaikka on valittava oikein ja maa- sekä pohjarakentaminen on suoritettava erityisen huolellisesti.

Kokonaan ruostumattomasta teräksestä ulkokäyttöön valmistettu koeallas on toiminut Taivalkosken kalanviljelylaitoksella varsin hyvin. Allas on kuitenkin liian kallis kilpaileviin vaihtoehtoihin nähden. Altaaseen kuluu kaksinkertainen määrä terästä betonipohjavaihtoehtoon verrattuna. Suora teräspohja on ohutlevyrakenteena erittäin vaateliias toteutus. Altaan valmistaminen ei onnistu tavanomaisella konepajatekniikalla.

Putkiallasta on tutkittu sekä viljelytuloksen että poistovedenkäsittelyn kannalta eri kokeiluprojekteina. Varsinaista tuotantoviljelyä ei putkialtaissa ole laajamittaisesti toteutettu. Putkialtaan heikkoutena ovat kalojen hoidon vaikeus, itsepuhdistuvuuteen tarvittavan virtaaman suuruus (vesimäärä/virrankehittimet) ja käyttökokemuksen puute.

Kalojen kasvun ja ruokinnan tehokkuuden sekä itsepuhdistuvuuden osalta on putkialtaasta saatu hyvät koetulokset. Kalat ovat putkessa suojassa ulkopuolisilta häiriötekijöiltä sekä linnuilta ja haittaeläimiltä. Viljelyputket voidaan helposti eristää talviolosuhteisiin, joten kattamistarve jää putkien päätyjen osalle.

Erilaisia allasmateriaaleja ja niihin liittyviä toteutustapoja on useita. Arvioitaessa tarkemmin tässä selvityksessä esitettyjen allasrakenteiden ominaisuuksia ja soveltuvuutta tulevaisuudessa toteutettaviin peruskorjaus- ja uudisrakennushankkeisiin, on seuraavaan esitykseen koottu allasuunnittelun yhteydessä käsiteltäviä perusasioita.

#### **Kalanviljelyaltaiden rakenteiden ja materiaalien valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat:**

- viljelyveden määrä ja laatu	virtausnopeus	→ pinnan eroosio, tulovesitys
	vesikorkeus	→ vedenpaine, munkkirakenne
	vesitilavuus	→ pinta-ala, reunakorkeus
	veden näkösyvyys	→ väritys
	lämpötila	→ lämpöliikkeet, jääkuormat
	ravinteet	→ leväkasvusto, kiintoaines
	kemialliset yhdisteet	→ syöpyminen
- maa- ja pohjarakennus, talonrakennus	upotussyvyys	→ maanpaine, routiminen
	lattiarakenne	→ tiivistyskuorma, tärinät
	pohjavesi	→ noste, huokosvedenpaine
	kattaminen	→ kuormansiirrot, valo/var-jo
- ympäristöolosuhteet	valon määrä	→ väritys, peilaus/varjot, kate
	aurinko	→ UV, kasvustot, lian tartunta
	ilmankosteus, vesi	→ rapaumat, ruoste, home
	ilmansaasteet	→ syöpymät, lika
	lämpötila	→ kuormat, kasvustot, eristys

	liikenne	→ melu, tärinä
	linnut, häiriötekijät	→ katteet, reunakorkeus
	lumi, jää	→ routakuormat, rapaumat
- altaan hoito	pesut, desinfioinnit	→ pinnan kuluminen, syöpymät
	kalojen siirrot	→ kolhut, naarmut
	kunnostaminen	→ korjattavuusominaisuudet
- ympäristöasiat	poistovedenkäsittely	→ itsepuhdistuvuus, allasmuoto
	lietteen poistuminen	→ sihdit, keskikartio, munkki
	materiaalit	→ ei liukenevia myrkkyjä
- kalojen olosuhdevaateet	virtauskuvio	→ altaan muotoilu, tulovesitys
	vesimäärä	→ reunakorkeus, tilavuus
	kalamäärä	→ pinta-ala, tilavuus, vesitys
	hankaumat	→ pinnan laatu
	myrkyttömyys	→ materiaalit, pinnoitteet
	taudit	→ hygieenisuus, puhdistuvuus
	suojavaikat	→ koko, muoto, katteet, väritys
	lämpötila	→ vesitys, väri, ala/syvyys, kate

## 9. Betoniallas

### 9.1 Rakenteen ja sen mitoituksen perusteet

Tässä selvityksessä käsitellään halkaisijaltaan kokoluokkaa 6,0...12 m ja reunakorkeudeltaan 1,5...2 m olevia teräsbetonisia pyöröaltaita. Valtion kalanviljelylaitoksista Saimaan kalanviljelylaitokselle ja Hakasuolle on rakennettu laajimmat maahan upotetut, kattamattomat betonipyöröallasalueet 80-luvulla ja 90-luvun alussa. Kalanviljelyhalliin sen rakennusvaiheessa konstruoituja kokonaan betonisia altaita on toteutettu 80-luvun loppupuolella Tornionjoen kalanviljelylaitoksella. Joko hallilla tai erillissuojin katettuja sekä kattamattomia betoniallasryhmiä on rakennettu mm. Taivalkoskelle, Laukaalle ja Simojoelle (betonielementtejä).

Myöhemmät 90-luvun allasaluerakentamiset ovat korvautuneet erilaisilla viljelyhalliratkaisuilla, jolloin kokonaan betonisista altaista on luovuttu ja siirrytty käyttämään lujitemuovi- ja teräseinämiä. Betonirakentamisesta aikaisemmin



**Kuva. Emokalahalli, Ø 5 m muovialtaita, Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely.**



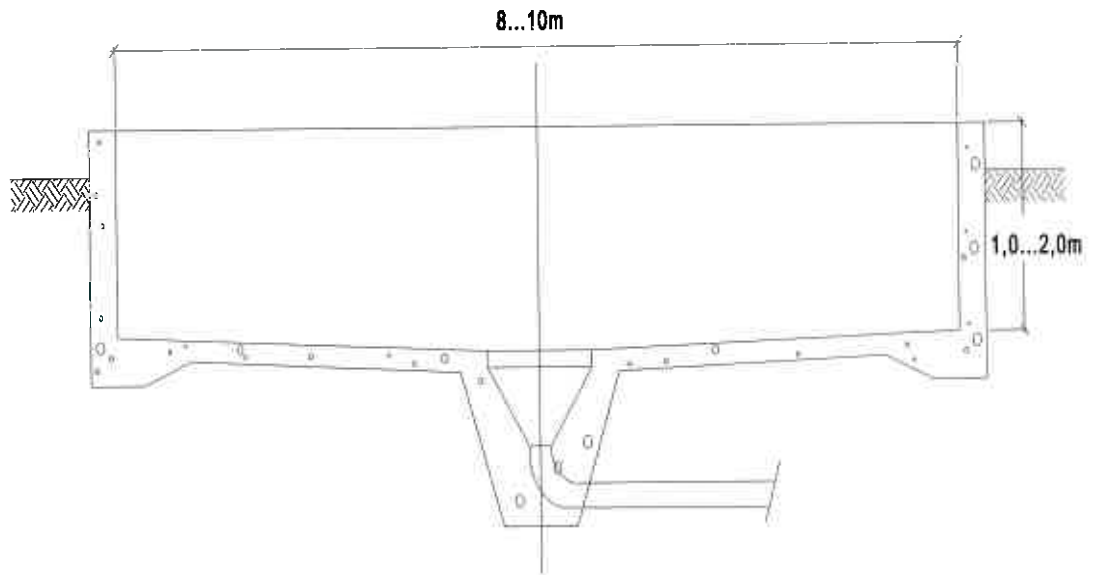
**Kuva. Emokalahalli, Ø 8 m betonialtaita, Tornionjoen kalanviljelylaitos.**



**Kuva. Poikashalli, Ø 2 m muovialtaita ja ruokintarobotti, Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus.**

kertynyttä tietoa on hyödynnetty näissä hankkeissa allaspohjakonstruktioissa. Muonion ja Taivalkosken kalanviljelylaitosten halliratkaisuissa on betoniset allaspohjat hyödynnetty osana rakennuksen perustusta.

**Kuvan 5** periaatteen mukainen teräsbetoniallas soveltuu ulos maahan upotettavaksi. Uputussyvyydellä ei ole normaaliin allaskonstruktioon juurikaan merkitystä. Betonirakenne sopii suhteellisen arktisiin olosuhteisiin. Se kestää tiivistämistyön aikaisen ja pysyvän maanpaineen, liikennekuormituksen altaan ympärillä, mahdollisen routimisen, jäänpaineen (tapauskohtainen mitoitus), putkistojen pituussuuntaiset kuormitukset ja muut mahdolliset suuretkin pistekuormat ilman muodonmuutosta.



**Kuva 5. Maahan upotettu teräsbetoniallas**

Teräsbetoni soveltuu rakennusteknisiltä ominaisuuksiltaan hyvin myös erilaisten uoma-altaiden materiaaliksi. Laajamittaisia betonuoma-allasalueita on suunniteltu mm. Taivalkoskelle, mutta näistä suunnitelmista on myöhemmin luovuttu, kun on vakuutettu pyöröallastekniikan toimivuudesta. 80-luvun puolivälissä rakennettiin Käylän kalanviljelylaitokselle kompakti neljä 8 m:n levyistä betonuomaa sisältävä ulkoallasalue. Kukaan uoma jaettiin poikittaisilla purettavilla väliseinillä kolmeksi 8 x 8 m:n altaaksi. Tämä allasalue on myöhemmin katettu uomien seinien varaan rakennetulla hallilla. Tässä esitetyt rakenne- ja pintakäsittelyohjeet ovat sovellettavissa yleispätevyydeltään myös uomarakentamiseen.

Betonilaaduksi tulee valita vähintään lujuusluokka K 30. Rakenteen seinämävahvuudeksi mitoitetaan vähintään 200 mm ja betoniterästen suojaetäisyyksiksi valmiista pinnoista 35/50 mm, kun väliaineena on vesi/maa. Valutekniikassa noudatetaan vesitiiviiden rakenteiden betonointinormeja.

Betonipinnan laatu on luonteeltaan varsin huokoista. Yleensä aina joudutaan huokokset täyttämään imeyttämällä niihin pienimolekyylisiä epoksibetonilakkaa. Betonin pintakäsittely edellyttää aina huolellista työhön paneutumista. Sekä alustan laadun



että ympäristöolosuhteiden tulee olla oikeat luotettavan lopputuloksen saamiseksi. Betonilakkaimetyys muodostaa kaikkien pintakäsittelyjen tartunta-alustan. Lakka on saatava tunkeutumaan betonirakenteen sisälle. Tunkeutuminen edellyttää absoluuttista betonipinnan puhtautta. Käytännössä riittävä puhtausaste saavutetaan ns. sinkopuhdistuksella tasopintojen osalta ja hiekkapuhalluksella seinäpintojen osalta. Muut puhdistusmenetelmät ovat osoittautuneet upotusrasituskohteissa liian epävarmoiksi.

Betonin pintakäsittelyllä saavutettavia etuja ovat betonin pintalujuuden kasvaminen, kulutuskestävyyden ja kemiallisen kestävyuden paraneminen, puhdistettavuuden helpottuminen, lian ja rasvan imeytymisen estyminen, nestetiiviuden saavuttaminen, värisävyn ja valonheijastuskyvyn säätelymahdollisuus. Ilman betonirakenteen pintakäsittelyä on vaarana pinnan eroosio virtauksesta ja kalojen kylvetyksissä sekä altaiden desinfiointissa käytettävien kemikaalien (mm. suolat, natriumhypokloriitti) vaikutuksesta johtuva kalkkihydraatin liukeneminen. Mahdollisen jään hiertäminen ja muutoin pakkasen ja ilman sekä kosteuden yhteisvaikutus saattavat aiheuttaa käsittelemättömän pinnan murentumista. Mikäli pintaan syntyy tai jää huokosia, tarttuu näihin epäpuhtauksia, jolloin vaarana on erilaisten levästöjen ja kalatauteja aiheuttavien eliöstöjen muodostuminen sekä altaiden itsepuhdistuvuuden ja desinfiointin vaikeutuminen. Betonin laatua voidaan parantaa ko. olosuhteisiin käyttämällä muovilla seostettuja laatuja.

Mikäli pinnoitekerroksen vahvuutta halutaan betonilakkakerrosta oleellisesti enemmän, tartutetaan pohjakäsittelynä olevaan betonilakkaan massiivisempi maalikerros. Massiivisen maalikerroksen käyttöä on aina tarkoin harkittava. Jatkuva upotusrasitus ja varsinkin altaan pohjaan kohdistuva huokosvedenpaine kuormittavat maalikalvon tartuntaa. Pienetkin esim. iskun aiheuttamat maalipinnan hiushalkeamat käynnistävät irtoamisprosessin, joka päättyy maalin irtilohkeamiseen. On turvallisempaa pidättäytyä kimmolisissa, höyryä läpäisevässä, alustaan luotettavasti imeyttämällä tartutetussa betonilakkapinnassa, vaikka se ei vastaakaan kulumiskestävyydeltään varsinaisia maalipinnoitteita.

Yleisesti voidaan todeta, että edellä mainitut seikat huomioon ottaen, on suositeltavaa valita teräsbetonirakenteinen allas kattamattomiin laitosratkaisuihin sekä sellaisiin allashalleihin, joissa on suuria pistekuormia altaan reunan päällä, välittömässä altaan läheisyydessä tai altaat on upotettu pääosaltaan lattiapinnan alapuolelle.

## 9.2 Betonialtaan yleinen työselitys

Tämä työselitys on laadittu betonirakenteisen, itsepuhdistuvan pyöröaltaan laatuvaatimusten määrittelemistä varten. Tällä työselityksellä voidaan toteuttaa allaskonstruktio, jonka halkaisija on kokoluokkaa Ø 8...10 m ja reunakorkeus noin 1,5...2,0 m.

Tässä asiakirjassa RYL-viittaukset tarkoittavat asiakirjaa RYL-90: Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset.

### Maa- ja pohjarakennus

Allas perustetaan maanvaraisesti kantavan, routimattoman täytön varaan. Rakennusalue kuivatetaan salaojittamalla allaspohjan alapuoliseen tasoon. Salaojituksella pienennetään erilaisia noste- ja jäätymishaittoja sekä varmistetaan allaspinnoitteen kiinnipysyminen.



**Betonialtaiden puhdistustyö, Kainuun kalantutkimus ja -vesiviljely. Kuva. Risto Kannel.**



**Ø 8 m betoniallas, sektorinkerääjä, ruokinta-automaatti ja tulovesitys, Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely. Kuva. Risto Kannel.**



**Ø 9 m betonialtaita ulkoalueella, Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus. Kuva. Matti Karjalainen.**

Maa- ja pohjarakentamisessa noudatetaan seuraavia ohjeita:

- Suomen rakentamismääräyskokoelma B 3, Pohjarakennus
- Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1990, RYL 90 (MaaRYL 2000 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, Talonrakennuksen maatyöt)
- Pohjarakennusohjeet, RIL 121
- Rakennusten- ja tonttialueiden kuivatus, RIL 126
- Talonrakennuksen maatöiden työselitys, RIL 132
- Maahan ja veteen asennettavat muoviputket, RIL 77
- Salaojaputkien laatumääritykset, RIL 128
- Rakennuskaivanto-ohje, RIL 181
- Putkikaivanto-ohje, RIL 194
- Routavauriot ja routasuojaus, RIL 193
- SKTY Betoniputkinormit, n:o 1
- Tienrakennustyöt, yleinen työselitys TVH/TIEH 732454-732809
- Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 90, Kaupunkiliitto
- Laadunvalvontaohjeet, Tielaitos TIEL 732816
- VTT:n tiedote nro 142: "Täytteen rakentaminen talvella"

Allaspohjan sekä siihen liittyvien poistovesimunkin ja keskikaivon perustusten alustäyttö tehdään joko routimattomasta suhteistuneesta hiekasta tai sorasta kerroksittain tiivistäen. Yli 0,5 m:n täyttöissä materiaalina käytetään kuitenkin routimatonta soraa. Tiivistäminen suoritetaan vähintään 4 kN tärylevyllä optimivesipitoisuudessa tai lähellä sitä ( $\pm 3 \%$ ) olevalla materiaalilla. Tiiviys- ja kantavuusvaatimus  $D_{\text{vaad}} \geq 92...95 \%$  (tapauksesta riippuen). Putkijohtojen (salaojitus erillisohjeiden mukaan) alus- ja ympärystäyttöön käytetään puhdasta, routimatonta suhteistunutta soraa tai hiekkaa, tiiviysvaatimus  $D_{\text{vaad}} \geq 90 \%$ . Altaan ympärystäyttö tehdään vastaavasti liikennealueiden ulkopuolisin osin 92 %:n tiiviyteen. Altaan viereiset liikennealueet rakennetaan määrätyn rakennekerroksin seuraaviin tiiviyksiin, suodatinkerros 92 %, jakava kerros 95 % ja kantava kerros 97 %. Putkien ja altaan alus- ja ympärystäyttömateriaalit sekä liikennealueiden rakennekerrosmateriaalit on hyväksyttävä ennen niiden käyttöönottoa. Liikennealueet päällystetään murskeella tai asfaltoidaan. Rakenteita ja työsuorituksia ei saa peittää ennenkuin ne on tarkastettu, tarvittavat hyväksytyt laadunvalvontakokeet on tehty ja niiden tulokset ovat valmiit ja työn valvoja on antanut siihen luvan. Tiiviys- ja kantavuuskokeiden suoritusmäärä sovitaan tapauskohtaisesti, rakennustöiden valvoja määrää koeajan ja koepaikat.

### **Betonityöt**

Allaspohjan on täytettävä tasaisuusluokan A (BY 31) ja pintaluokan 1 (BY 13) vaatimukset.

Altaiden seinissä ja altaaseen liittyvissä muissa betonirakenteissa käytetään seuraavia

BY 13 mukaisia muottipintoja (sekä elementeissä että paikallavaluissa):

- raakavalupinta (RV), ulkopinnat, maata vasten tulevat pinnat luokka 3
- puhtasvalupinta (PV), sisäseinät luokka 1, näkyvä ulkopinta luokka 2

Tässä annettujen laatuvaatimusten taustalla on kalanviljelyaltaalle asetetut korkeat hygieeniset ja hydrauliset vaatimukset. Altaan tulee olla veden virtauksella lietteestä itsepuhdistuva ja helposti puhdistettavissa tavallisesti käytettävillä työvälineillä. Sisäpintojen tulee täyttää pinnan luokan, pintaan liittyvien rakenneosien ja käsittelyjen edellyttämät käsittelyt.

Altaan valujen ennakkosuunnitteluun, työmenetelmiin ja työolosuhteisiin sekä valun jälkihoitoon on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta tulos täyttää mitta-, materiaali- ja laatuvaatimukset sekä halkeilut ja muut vastaavat pintavirheet voidaan eliminoida.

Allaspohja teräshierretään, hiotaan ja sinkopuhdistetaan sekä viimeistellään kittaamalla ja hiomalla ennen pintakäsittelyä. Seinät puhdistetaan kevyellä hiekkapuhalluksella ja viimeistellään betonilakkaimetyksen edellyttämällä tavalla. Betonilakkaimetyks edellyttää määrätyn kosteusrajan alittamista, sementtiliiman huolellista poistamista kevyellä hiekkasuihkupuhdistuksella seinien osalta ja pohjan osalta sinkopuhdistuksella. Kalanviljelyaltaan valusta, pohja- ja seinäpintarakenteista ja betonilakkaimetyksestä on syytä vaatia tehtäväksi mallisuoritus ennen kunkin em. työvaiheen muiden vastaavien töiden kokonaissuoritusta.

Betonirakennetöissä noudatetaan seuraavia normeja ja ohjeita:

- RIL 131 Betoninormit
- RIL 149 Betonityöohjeet
- BY 31 Betonilattiat, luokitus-, päällystettävyyys, suunnittelu ja rakentamisohjeet
- BY 13 Betonipinnat, luokitusohjeet
- RIL 147 Tukitelineet
- BY 32 Betonirakenteiden säilytysohjeet ja käyttöikämitoitus
- BY 33 Kiviainekselle asetetut vaatimukset

Betonitöissä on noudatettava normaalimääräyksiä ja ohjeita, rakennepiirustuksia sekä rakennuttajan työnvalvojan ohjeita ja määräyksiä.

Kun tässä työselityksessä puhutaan talvitöistä tai kylmänä vuodenaikana tehtävistä töistä, tarkoittaa tämä +5°C alapuolista keskimääräistä ulkolämpötilaa. Tällöin on noudatettava talviolosuhteita varten määrättyjä normien (RIL 149) mukaisia talvibetonointiohjeita.

Betonitöistä vastaavan henkilön on koulutukseltaan täytettävä normaalimääräysten vaatimukset. Hänen on aina betonoimisen aikana oltava työpaikalla. Kaikista työvaiheista ja töiden suoritustavoista on tehtävä ennakkosuunnitelmat, jotka esitetään hyväksyttäväksi riittävän ajoissa. Betonointisuunnitelmasta tulee käydä selville miten kohteeseen asetettujen vaatimusten ja määrättyjen normien noudattamista toteutetaan.

Valmiiden rakenteiden tulee mitoiltaan ja toiminnoiltaan olla suunnitelmien mukaisia. Poikkeamat teoreettisista mitoista eivät saa olla niin suuria, että niistä on haittaa rakenteiden käytölle tai että ne vaikuttavat haitallisesti ulkonäköön. Pintaluokkavaatimus (BY 13) edellyttää tässä lueteltujen toleranssien lisäksi sisäisten mittojen osalta asetettujen mittapoikkeamarajojen alittamista. Ellei muuta ole vaadittu saavat normaalisti poikkeamat rakenteiden mitoissa ja paikoissa olla korkeintaan  $\pm 15$  mm teoreettisista. Näin suuria poikkeamia ei kuitenkaan sallita, mikäli ne esiintyvät haitallisina tai silmäänpistävinä mutkina tai käyristyminä. Kun käytetään Rt 02-10102 mukaisia luokkia 1, 2 ja 3, jotka tarkoittavat valmiin rakenteen toleransseja, niin

altaissa noudatetaan toleranssiluokka 1 vaatimuksia. Perusvaluun tulevien terästartuntojen paikat saavat poiketa piirustusten mukaisesta  $\pm 15$  mm, ellei toisin ole merkitty.

Muottirakenteista on valutyön suorittajan laadittava riittävän yksityiskohtaiset suunnitelmat. Tilaajan tarkastus ei kuitenkaan vapauta suorittajaa vastuusta työn lopputuloksen suhteen. Muottirakenteet on tehtävä ja tuettava niin, että valmiit rakenteet täyttävät asetetut tarkkuusvaatimukset. Teräkset tuetaan riittävästi muottiin muovivälikkein siten, että suojaetäisyydet valmiissa rakenteessa toteutuvat.

Kalanviljelyaltaan, jossa betonipinnalle määritellään laatuluokaksi luokka 1 ja jossa käytetään muottikangasta, muotit suunnitellaan niin tukeviksi, ettei seinän läpimeneviä siteitä saa käyttää. Ulko- ja sisäpintojen muotit tehdään muottivanerista, runkorakenne teräksestä riittävään jäykkyyteen. Useampiosaisen muottien kohdistus- ja lukituslaitteet on siten toteutettava, että valmiiseen pintaan ei synny hammastusta.

Kalanviljelyaltaan sisäseinämuottien pinnassa käytetään muottikangasta (Zemdrain). Muottikangasta käytettäessä on huolehdittava siitä, että kangas tulee ja pysyy valun ajan (lämpötilan muutokset) riittävän kireälle. Muottikangas ei saa betonoinnin yhteydessä irrota tai rypistyä. Muottiöljyä ei saa käyttää. Lämpötilan vaihtelut aiheuttavat kankaassa lämpöliikkeitä. Muotti ja muottiin kiristetty kangas on säilytettävä tasaisessa lämpötilassa, suojassa auringon valolta, ennen valua. Muottikankaan käytössä on noudatettava kankaan valmistajan ja työmaan valvojan antamia erityisohjeita. Kylmänä vuodenaikana muottikangasta asennettaessa muotin pintaa vasten, on otettava huomioon muottikankaan asennus- ja betonointiajankohdan lämpötilaerot ja tästä johtuva muottikankaan löyhtyminen.

Muottien tulee olla niin tiiviitä, että sementtiliiman poisvalumisesta aiheutuvat pintaviat saadaan vältetyksi. Erityistä huomiota on kiinnitettävä kalanviljelyaltaan sisäpinnassa muottisaumojen tiiveyteen, jotta vältytään epätasaisuuksilta ja jälkitöiltä.

Kylmänä vuodenaikana ja sateiden aikana on kalanviljelyaltaan rakentaminen suoritettava esim. väliaikaisteltan sisällä. Altaan päälle tuleva suojakate on siten toteutettava, ettei läpipääsevä tai kondensoituva vesi vioita kovettumattomia betonipintoja.

Muotit saa purkaa, riippuen betonin laadusta ja olosuhteista, aikaisintaan 3 - 5 vuorokauden kuluttua valusta. Kylmänä vuodenaikana muotit on pidettävä paikoillaan, kunnes betonin lämpötila on tasaantunut. Muottien purkamisajankohdalle on aina saatava valvojan suostumus.

Betoniteräksinä käytetään laatua A 500 HW (B 500 K). Teräkset sidotaan ja tuetaan muotteihin oikeille paikoilleen siten, että ne eivät valun aikana pääse siirtymään. Tukemisessa käytettävien betonikorokkeiden ja asennusterästen väli ei saa ylittää 75-kertaista teräsläpimittaa eikä etäisyyttä 1,5 m. Altaan pohjalaatassa betonikorokkeet on tehtävä betonista K35. Sidelangat on taivutettava betonin sisään. Kaikki tartuntateräkset asennetaan paikalleen ennen valua.

Pituusmitat, joita ei ole ilmoitettu piirustuksissa on tarkistettava muotista mittaamalla ottaen huomioon mahdolliset tartunta- ja jatkospituudet. Teräksiä suojaavan betonikerroksen paksuus on 35 mm ja maata vasten valettavissa pinnoissa 50 mm, sallittu poikkeama tästä on +10 mm. Työterästen etäisyyden betonipinnasta tulee olla vähintään 30 mm. Terästen keskinäisissä väleissä sijoitustarkkuus on  $\pm 25$  mm ja pituussuuntaisessa sijoittelussa  $\pm 50$  mm.

Kalanviljelyaltaaseen käytetään vesitiivistä ja pakkasenkestävää lujuusluokan K35-2 betonia, laatua E2b By32. Betonin kiviainesten on täytettävä julkaisussa BY 33 "Betonin kiviainesohjeet" I luokan kiviainekselle asetetut vaatimukset. Karkean

kiviaineksen maksimiraekoko saa olla korkeintaan 16-18 mm riippuen rakenteesta ja valutekniikasta.

Kaikki jäätymisrasituksille alttiit rakenteet eli kaikki jatkuvan pakkasrasituksen alaiset ja veden vaihtelurajan alueella olevat rakenteet, tehdään säänkestävästä betonista. Betonin suojahuokoisuuteen on oltava vähintään 0,25 (muutoin vähintään 0,20). Tuoreen betonimassan ilmamäärä on n. 4 - 5 %. Betonimassassa käytetään 4 tunnin hidastusta ja tiivistysaineena silikaa 1 %. Notkeuden tulee olla 1-2 sVB. Betonimassan laadulla ja massan tiivistyksellä muottiin on ratkaiseva vaikutus lopputuloksen laatuun. Betoniasemalla käytettävä valmistusohje on laadittava em. yleisperiaatteiden pohjalta lopullisesti kunkin valun todelliset olosuhteet huomioon ottaen.

Betonin suhteutus ja ennakkokokeiden tulokset on esitettävä valvojalle hyväksyttäväksi riittävän ajoissa ennen betonoinnin aloittamista niin, että mahdolliset muutokset ehditään suorittaa. Betonointi saadaan aloittaa vasta, kun valvoja on tarkastanut perusmaan ja terästyksen. Töiden aikana on betonin koostumusta ja aineosia valvottava normien (RIL 131, betonin kelpoisuuden toteaminen) mukaisesti.

Työssä käytetään BLT:n (betoniteollisuuden laaduntarkastus) seurannassa olevan valmisbetonilaitoksen betonia. Massan jatkuva saanti on varmistettava. Betoniaseman ja valupaikan välille on järjestettävä kyllin nopea viestiyhteys.

Työn aikana betonin laatua seurataan sekä työmaalla että betoniasemalla normien (Betoninormit, Betonin säilyvyys) mukaisesti. Ellei muuta sovita perustuu työmaalla otettavien koenäytteiden lukumäärä arvosteluerittäin valutöiden laajuuteen ja betonin menekkiin. Betonin ilmapitoisuutta on aina seurattava. Näytteiden ottopaikat ja -ajankohdat on sovittava erikseen työmaan valvojan kanssa. Kokeet arvostellaan hyväksytyssä aineenkoetuslaitoksessa. Mikäli jostain erityisestä syystä joudutaan käyttämään laaduntarkastuksen ulkopuolista ns. valvomatonta betoniasemaa, suoritettavat koemäärät noin kaksinkertaistuvat.

Betonityöt on siten järjestettävä, että betonin koostumus ja raaka-aineiden ominaisuudet ovat aina helposti tarkastettavissa. Raaka-aineiden on pysyttävä ainakin yhtäjaksoisesti valun ajan tasaisina. Kiviaineksien rakeisuutta ja kosteutta, massan notkeutta, annostuslaitteiden toimintaa yms. on tarkkailtava jatkuvasti. Massan erottuminen kuljetuksissa ja käsittelyssä on estettävä.

Kukin rakenneosia on valettava yhtäjaksoisesti. Työsaumoja saa tehdä vain suunnitelmissa osoitettuihin paikkoihin.

Betonointeja ei saa aloittaa ennenkuin valvoja on tarkastanut muotit, varusteet, raudoitukset ym. ja hyväksynyt työn suorittajan laatiman betonointisuunnitelman. Betonointisuunnitelmassa on esitettävä mm. käytettävän massan ominaisuudet ja jakelu, muotti- ja valutekniikka, valun jälkihoito ja laadunvalvonta sekä annettava mahdolliset esim talvibetonoinnin erityisohjeet. Allaspohjiin tulevat kaivot suojataan huolellisesti ennen valua.

Tiivistetyn alussorastuksen yläpintaan asennetaan tiivistekalvo estämään alusmateriaalin sekoittuminen betoniin työn aikana. Betonoinnin tulee edetä yhtenäisenä rintamana niin, ettei ns. kylmiä saumoja synny, vaan betoni annostellaan vielä tuoreeseen betonirintamaan. Betoni valetaan yleensä enintään 0,3 m paksuun vaakasuorin kerroksiin. Kalanviljelyaltaan seinävalun suorituksessa on erityisesti huomioitava näissä olosuhteissa muottikankaan asettamat vaatimukset mm. valukerroksille ja tärytykselle. Betonin annostelu valukohteeseen hoidetaan niin, ettei haitallista erottumista betonimassassa tapahdu. Valun nousunopeus valitaan valupinnan laajuus ja muottirakenteet huomioonottaen. Vesitiiviitä rakenteita

(kalanviljelyallas) valettaessa nousunopeuden tulee olla enintään 0,25 m/h. Muissa rakenteissa valun nousunopeus ei saa ylittää arvoa 0,5 m/h.

Täytekiviä ei saa käyttää. Massa tiivistetään tehokkailla sauvatäryttimillä noudattaen järjestelmällistä työtapaa. Tuoretta betonikerrosta tärytettäessä tärytin upotetaan noin yhden metrin syvyyteen. Tärysauvan tulee upota omalla painollaan betonimassaan. Seinävalua tiivistettäessä on huomioitava, että myös aiemmin tiivistetty kerros (0,2..0,3 m) tiivistetään uudelleen. Ylimpiä kerroksia tiivistettäessä on erityisesti huomioitava riittävä jälkitäryytys niin, että myös näillä osilla saavutetaan vaatimusten mukainen betonipinnan laatu.

Muottien pohjalle tai työsaumaa vasten tulevassa alimmassa valukerroksessa on käytettävä sementtirikkaampaa - vesisementtisuhde pienennettynä luvulla 0,05...0,10 - ja helpommin mukautuvaa massaa kuin muussa valussa (sementtiä väh. 420 kg/m<sup>3</sup>, raekoko ≤ 8 mm). Ylimmissä kerroksissa käytetään jäykempää massaa, josta on vähennetty 5...10 % vettä sementtimäärän pysyessä ennallaan (ks. RIL 149, Betonityöohjeet).

Kalanviljelyaltaan valu voidaan suorittaa kahdessa vaiheessa, ensin pohjalaatta sisältäen työsaumanauhan ja sitten seinävalu, tai kertavaluna. Työsauman muotin saa purkaa niin pian kuin se on mahdollista sitoutunutta betonia ja tartuntoja vahingoittamatta, yleensä n. 5 vrk:n kuluttua valun lopettamisesta. Työsaumanauhana käytetään ruostumatonta (SS 2333) terästä. Pystysuorat työsaumat puhdistetaan laastipurseista, puujätteistä ym. epäpuhtauksista hiekkapuhaltamalla ja paineilmalla. Vaakasuoraa työsaumaa tehtäessä ylimmässä valukerroksessa käytetään mahdollisimman jäykkää massaa. Työsaumasta poistetaan sementtiliima hiekkapuhaltamalla, kun betoni on kovettunut vähintään 5 vrk. Irronnut aines poistetaan esim. vesihuuhtelua ja harjaa tai paineilmaa käyttäen.

Muotit kiristetään siten, ettei betonimassa pääse tunkeutumaan muotin ja aikaisemmin valetun betonin väliin. Saumapinnat puhdistetaan huolellisesti ennen valua ainakin vedellä ja paineilmalla. Työsauman annetaan kuivahtaa ennen betonoinnin aloittamista. Valvojan luvalla saa työsauman kohdalla käyttää hidastavaa lisäainetta sisältävää betonia. Tällöinkin työsauma on rajattava muotilla niin, ettei synny kuivumiselle alttiita ohuita betonikerroksia.

Kuivumaan päässeet pintakerrokset on poistettava työsaumasta ennen uuden massan valua tai vanhan täryttämistä. Hidastetun kaistan tulee olla niin pitkän, aina vähintään 1,5 m, ettei työsauman kohdalla täryttäminen esim. täryttimen koskiessa betoniteräksiä vahingoita jo sitoutunutta betonia.

Talvibetonoinnilla tarkoitetaan olosuhteita, joissa keskimääräinen ulkolämpötila on alle +5°C. Työssä noudatetaan tällöin talvibetonointiohjeita RIL 149. Sään kylmenemiseen on varauduttava riittävän ajoissa. Käytettävien suojausten ja lämmityslaitteiden on oltava riittävän tehokkaat epäsuotuisiinkin olosuhteisiin. Perustusten pohjan ja työsauman lämmittäminen on suoritettava ajoissa ja riittävän laajasti. Valettujen rakenteiden lämpötilan on oltava +4°C yläpuolella, kunnes betonin jäätymislujuus on saavutettu. Jos on aihetta epäillä rakenteen jääntyneen, siitä on välittömästi ilmoitettava työnvalvojalle. Vaurioiden laatu ja laajuus on viipymättä tutkittava ja laadittava korjaussuunnitelma työnvalvojan hyväksyttäväksi. Sitomisen alkaminen on tarvittaessa varmistettava sähkölämmityksellä.

Betonisen kalanviljelyaltaan itsepuhdistuvuuden ja hygienian kannalta joudutaan betonipinta käsittelemään betonilakkaimetyksellä. Tässä luetellut käsittely- ja jälkihoitotyöt tähtäävät betonilakattuun pintaan. Betonointityöt on siten suunniteltava ja suoritettava, että mahdolliset pinnan korjaustyöt jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Kalanviljelyallas joutuu toimimaan sellaisissa olosuhteissa, että mahdolliset paikkaus-

ja täyttökohdat ovat kokemuksen perusteella korjaus- ja huoltokohtia jo ensimmäisten käyttövuosien jälkeen.

Betonialtaan pohja teräshierretään. Erillistä hiertokerrosta ei saa käyttää. Erityistä huomiota on kiinnitettävä pinnan tasaisuuteen ja vedenpoistokallistuksiin (1:50). Pintojen on oltava niin tasaisia, että kaikki vesi virtaa suunnitelman mukaisten kallistusten suuntaan. Massiivialtaan pohjakallistus suunnitellaan yleensä 4...7,5 %:n suuruiseksi. Allaspohjan valu ja sen teräshierto ovat vaateliaita työvaiheita. Teräshierron suorittamiseksi on hankittava tämän erikoisammattitaidon omaava työkuunta.

Betonialtaan säilyminen valun jälkeen ehjänä edellyttää huolellista betonityön jälkihoitoa liian nopean kuivumisen estämiseksi. Myös liian nopea jäähtyminen voi aiheuttaa halkeamia. Jälkihoitamisen järjestäminen on suunniteltava etukäteen sekä kesä- että kylmiä vuodenaikoja varten, vrt. betonointisuunnitelmavaatimus. Altaan seinävalun jälkihoidossa on kiinnitettävä lisähuomiota kasteluun siten, että seinämän sekä sisä- että ulkopinnat pysyvät jatkuvasti väh. 14 vrk kosteana. Jälkihoidettavana olevan altaan ulkopinta ei saa päästä paikoitellen kuivumaan. Kylmänä vuodenaikana betoni suojataan peittämällä ja lämmittämällä kunnes jäätymlujuus on saavutettu. Betonivalun jälkihoidossa noudatetaan ohjetta BY 32 ja siinä tulee ottaa huomioon erilaiset rakentamisajankohdat ja -olosuhteet.

Mitään betonipintojen piikkaus-, korjaus- ja paikkaustöitä ei saa tehdä ennenkuin valuvian korjaustavasta on erikseen sovittu. Töistä on laadittava korjaussuunnitelma. Paikkauksissa noudatetaan julkaisun RIL 149 ohjeita ja suosituksia. Korjaussuunnitelmassa on otettava huomioon mm. paikkausmassan laatu, jälkihoito ja pakkaskestävyys sekä aineen yhteensopivuus betonilakan kanssa. Paikkausaineina käytetään sementtipohjaisia massoja betonilakan tunkeutuvuusvaatimuksen vuoksi. Mikäli altaan rakenteisiin on väärästä kuivumisnopeudesta johtuen syntynyt hiushalkeamia on ne aina korjattava betoniterästen korroosion välttämiseksi. Kysymykseen tulee lähinnä injektointi käyttäen kaksikomponenttisia epoksimuoveja tai kemikaaleja, joiden tunkeutuvuuskyky on riittävä.

### **Betonialtaan teräsrakenteet**

Näitä ohjeita noudatetaan betonialtaaseen liittyvien teräsrakenteiden valmistuksessa, joihin on perusteltua valita austeniittinen (ns. haponkestävä) ruostumaton teräs (SS 2343). Rakenteita ovat altaiden keskikartiot, altaiden pohjien alle jäävät viemärit ja poistovesimunkit sekä erilaiset tartunnat yms.

Vaadittu rakennemateriaali ja asetetut laatuvaatimukset edellyttävät sitä, että teräsputkistojen ja rakenteiden hitsaajien on oltava ko. töihin päteviä. Pätevyys arvioimisessa noudatetaan sekä teräsputkistojen että -rakenteiden osalta standardia SFS-EN 287/SFS-EN 288 (SFS 2218). Teräsrakenteiden suunnittelussa, valmistuksessa ja asennuksessa otetaan huomioon standardi SFS 3200 = RIL 90, Teräsrakenteiden suunnitteluohjeet sekä standardi SFS 2379, Hitsausliitokset. Teräsosat valmistetaan ja asennetaan siten, ettei työpaikalla ole tarpeen suorittaa asennushitsauksia, paitsi tartuntojen osalta.

Käytettävät teräslaadut osoitetaan oikeiksi tehtaan ainestodistuksin. Hitsauspuikkojen ja muiden hitsauslisäaineiden tulee olla perusaineen laadulle tarkoitettuja ja täyttää yleisesti käytössä olevien hyväksytyjen hitsauslisäaineiden vaatimukset.

Teräsosat on leikattava ja työstettävä seuraavia yleisohjeita noudattaen:

- leikkaus-, muotoilu-, taivutus-, työstö- ym. työmenetelmät on valittava siten, että perusaineen laatu ei huonone lujuus-, sitkeys- yms. ominaisuuksiltaan



- teräsosiin ei saa aiheuttaa halkeamia tms. rakennevikoja
- leikkauspintojen, hitsisaumojen railojen yms. toleransseissa sovelletaan IIW-suosituksia

Ellei piirustuksissa ole toisin määrätty, tulee hitsisaumojen olla laatuluokkaa C SFS-EN 25817 (WC-T/SFS 2379). Hitsit tarkastetaan silmämäärin ja kuten laatuluokka edellyttää.

Kaikki yleistä rakenneterästä olevat teräspinnat (esim. putkiston kauluslaipat) kuumasinkitään SFS 2765 mukaisesti, mikäli se on rakenteen puolesta mahdollista. Pulttien, ruuvien ja muttereiden sinkkikerroksen paksuuden tulee olla vähintään 375 g/m<sup>2</sup>, muiden teräspintojen sinkkikerroksen vähintään 800 g/m<sup>2</sup>. Uputusrasituksessa (vedessä, maassa, kaivoissa) on sinkityksen päälle tehtävä maalaus ET-400/2-ZnPe SFS 4962.

Ruostumattomien teräsrakenteiden käsittelynä on viimeistelyhionta, peittäus ja huolellinen pesu.

### **Betonialtaan pintakäsittely**

Teräsbetoninen allas on oikein suunniteltuna ja rakennettuna sellaisenaan riittävän vesitiivis ja säänkestävä myöskin ulko-olosuhteissa. Betonipinta on kuitenkin rakkulainen ja runsaasti huokosia sisältävä, mikä tekee siitä syöpyvän, epähygieenisen ja vaikeasti puhdistettavan. Hygienian kannalta vaativissa olosuhteissa joudutaan betonipinta käsittelemään näiden ominaisuuksien parantamiseksi. Käsittelytapoina tulevat kysymykseen lähinnä ns. betonilakkaimeytys ja sen lisäksi mahdollinen maalaus. Ennen imeytystä (voidaan tapauskohtaisesti tehdä myös imeytyksen jälkeen) täytetään avoimet rakkulat ja korjataan mahdolliset valuviat vedenkestävällä tasoitteella.

Betonialtaan tai betonisen allaspohjan syöpymättömyyden ja hygieenisyyksivaatimuksen täyttävä pinta saavutetaan seuraavasti:

1. Muottien purkamisen jälkeen puhdistetaan betonipinnat huolellisesti kaikesta irtoavasta aineksesta. Teräshierretty allaspohja tasoitetaan huolellisesti konehionnalla ja sinkopuhdistetaan. Seinäpinnat puhdistetaan sementtiliimasta, kovettumattomasta sementistä, kalkkikivikerroksesta sekä epäpuhtauksista (varsinkin öljystä) hionnalla ja kevyellä hiekkapuhalluksella. Muottien saumojen tulee olla tiiviitä purseiden välttämiseksi. Mikäli purseita on kuitenkin syntynyt, ne on poistettava hiomalla.
2. Avoimet rakkulat täytetään sementtipohjaisella, vedenkestävällä tasoitteella muun pinnan tasoon. Ns. slammauksia ei tule suorittaa, vain kolot ja suuremmat huokokset täytetään. Mahdolliset valuviat korjataan esim. hartsinjektioinnilla.
3. Betonipinnat imeytetään 2-3 kertaa asteittain vahvennetulla, vesiohenteisella, kuivuttuaan myrkyttömällä epoksilakalla (esim. Nanten BL-betonilakka). Työ hyvin todennäköisesti epäonnistuu, mikäli ei noudateta kaikilta osin erillistä alustan puhtautta ja maalausympäristöä määrittelevää maalausohjetta.

Kaikki pintakäsittelyt on tehtävä huolella, ammattitaidolla ja tarkoituksenmukaisia työvälineitä ja ensiluokkaisia aineita käyttäen sekä oikeissa ympäristöolosuhteissa. Kalanviljelyaltaan betonilakkauksessa on suositeltavaa käyttää pinnoitteen valmistajan valtuuttamaa alan erikoisliikettä. Pinnoitusta edeltävässä katselmuksessa tarkastetaan, että lakattava alusta on valmis eli kaikki sementtiliima on poistettu, pinta on öljytön ja puhdistettu hiontajätteestä, betoni on riittävän kuiva (kosteus alle 5

paino %), oikean lämpötilainen (yli +10 °C), pinnoite oikeassa lämpötilassa (+20 °C) ja ympäristöolosuhteet oikeat (ilman suhteellinen kosteus korkeintaan 80 %). Jotta betoniallas on riittävän kuiva pinnoitettavaksi on kuivumisaikaa työtä suunniteltaessa varattava vähintään 4 viikkoa valusta. Esikäsittelyn taso on aina hyväksyttävä työmaan valvojalla ennen imeytystöiden aloittamista.

Rakenteita hiottaessa on huomioitava, että hiontalietettä ei saa päästää putkistoihin. Valmiit pinnat tulee suojata riittävästi peittämällä siten, että estetään likaantuminen, väriviat ja mekaaniset vauriot. Altaan seinien viereen sinkopuhdistuksen ulkopuolelle jäävä, noin 10 cm:n levyinen, kaistale hiotaan huolellisesti.

Sinkopuhdistus on yksi tehokkaimmista menetelmistä poistaa vaakasuorilta pinnoilta sementtiliima, lika ja heikko pintamateriaali. Menetelmä on käytännöllisesti katsoen pölytön ja melko hiljainen ääneltään. Menetelmä soveltuu erinomaisesti tasaisen, kovan allaspohjan sementtiliiman poistoon. Sinkopuhdistuksessa puhallusmateriaalina käytetään teräskuulaa, joka iskeytyy kovalla voimalla puhdistettavaan alustaan. Käytetyn teräskuulan raekoko voidaan vaihdella. Teräskuulan koolla ja sinkopuhaltimen kulkunopeudella säädetään puhalluksen syvyyttä ja tehokkuutta sekä lattian pintaprofiilia. Laite on rakennettu siten, että lattiasta irtoava sementtiliima ja pöly sekä teräskuulat kerätään talteen tehokkaalla imurilla. Laite erottaa teräskuulat pölystä ja käyttää ne uudelleen, kunnes kuulat muuttuvat pölyksi ja poistuvat pölysäiliöön. Teräskuulia lisätään tämän vuoksi aika ajoin koneeseen. Käsini hierretty pinta saattaa olla liian heikko sinkopuhdistettavaksi. Laitteen jättämä pintaprofiili saattaa myös muutoin muodostua liian karkeaksi, mikäli pinnalle tehdään vain ohut lakkakäsittely. Sinkopuhdistuksesta on tehtävä koealueen puhdistus, jonka perustella laitteen tehokkuus säädetään halutuksi. Allaspohjien puhdistuksessa käytetty laitteisto painaa noin 400 kg. Laitetta käyttämään tarvitaan kaksi työntekijää, joista toinen toimii avustajana. Laitteen kapasiteetti on noin 20 kpl 50 m<sup>2</sup>:n suuruisia (Ø 8 m) allaspohjia yhdessä 8 h:n työvuorossa.

Allaspohjan hiushalkeamien injektoinnissa voidaan käyttää betonilakkaa, kun halkeaman leveys on alle 0,5 mm. Isot laatan läpi menevät halkeamat on aina avattava esim. kulmahiomakoneella noin 2...3 cm:n syvyyteen, jotta paikkaus on helppo suorittaa. Kolojen ja halkeamien paikkaukseen voidaan käyttää jäykkää kittiä, joka tehdään sekoittamalla riittävästi 0,1...0,6 mm:n raekokoista kuivaa hiekkaa ohentamattomaan epoksilakkaan. Halkeamat voidaan paikata joko ennen pohjalakkausta tai heti sen jälkeen. Paikkamateriaalin tulee olla ominaisuuksiltaan pinnoitusyhdistelmään soveltuva.

Betonilakkana käytetään hyvän tunkeumakyvyn (pieni molekyylikoko) omaavaa epoksibetonilakkaa. Käytetyt lakat ovat vesiohenteisia, kaksikomponenttisia, höyryä läpäiseviä ja kuivuttuaan myrkyttömiä. Väreinä on käytetty tummanvihreää (Nanten 843), vaaleanharmaata (Nanten 857) tai kellertävää kirkasta (väritön). Käsittely suoritetaan valmistajan kirjallisten ohjeiden mukaan. Ennen käsittelyä pidetään katselmus, jossa hyväksytään pintojen kelpoisuus käsittelyä ajatellen. Betonirakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa on aina pidettävä lähtökohtana sitä, että huolellisella muottityöllä ja tarkoituksen mukaisella betonimassa koostumuksella sekä huolellisella betonointityöllä vältetään pintojen jälkipaikkaustarve. Betonin lisähuokoistustarve pakkaskestävyyden takaamiseksi on näiltä osin ristiriitainen vaade, mutta välttämätön. Muottipintaan asennetulla muottikankaalla (esim. Zemdrain, Kainuun kv1) aikaansaadaan pinnan oikea vesi-sementtisuhde, jolloin seinäpinnasta saadaan kova ja huokoseton.

Imeytyskäsittelyllä saadaan täytettyä betonin pintaosien huokoset noin 1..5 mm:n syvyyteen. Maalikerrosta vastaavaa kalvoa ei synny. Käsitelty kerros on tunkeumasta johtuen kuitenkin erittäin lujasti kiinni alustassaan. Irtoaminen voi tapahtua vain siten, että betoni murtuu imeytetyn kerroksen alla. Betonilakkapinta on kimmoisa ja höyryä

läpäisevä, näin ollen se pysyy kiinni alustassaan. Betonilakkapinta ei kestä mekaanista naarmuttamista eikä liian voimakasta esim. korkeapainepesua. Betonilakan päälle voidaan tarvittaessa maalata epoksimaalilla. Jos maalaus tehdään välittömästi imeytyksen jälkeen, saadaan maalauksen ja alustan välille luja kemiallinen sidos. Maalaus voidaan tehdä myöhemminkin, esimerkiksi muutaman vuoden jälkeen. Tällöin alusta on huolellisesti puhdistettava ja hiekkapuhallettava kunnollisen tartunnan aikaansaamiseksi. Kaikista muista kalanviljelylaitosten maalipinnoitteista on saatu huonot kestoikäkokemukset (Tornionjoki Eworal, Saimaa Reabox GLP-VS).

Maalauksen vaihtoehtona tulee kysymykseen pinnoitus, jolloin kulutuskerroksen paksuus on vähintään 0,3 mm, kun se maalaus käsittelyssä on noin 0,1 mm. Pinnoitus tehdään epoksilla tai polyuretaanilla. Sekä maalaus että pinnoitus vaatii aina pohjustuksen, jollaisena voi toimia myös edellä kuvattu imeytyskäsittely. Maalauksen ja pinnoituksen kustannukset vaihtelevat käytettyjen materiaalien ja työtapojen sekä valmiin kerroksen paksuuden mukaan. Vaihteluväli on suuruusluokaltaan karkeasti noin 50...1000 mk/neliometri (1998), jolloin edullisin hinta tarkoittaa epoksilakkaimetytystä ja kallein käsittely noin 2...3 mm paksua polyuretaanipinnoitetta.

Edellä kuvatut käsittelyt täyttävät sileysvaatimukset ja asianmukaisessa käytössä myös pinnan kovuusvaatimukset. Ne ovat varsin helppoja puhdistaa ja kestävät kala-altaissa esiintyvät fysikaaliset ja kemialliset rasitukset. Imeytyskäsittely on halvin ja kokemuksen mukaan riittävä käsittely. Imeytysten osalta kalanviljelylaitosten betonisista ulkoaltaissa on saatu tähän mennessä kokemuksia noin 10-15 vuoden ajalta, eikä itse pinnoituksessa ole ilmennyt suurempia ongelmia.

Yleensä aina epoksilakkaimetytetyjen betonialtaiden pintavauriot ovat johtuneet huolimattomasta alustan puhdistuksesta eli betonipintaan on jäänyt sementtiliimaa, jonka läpi betonilakka ei ole tunkeutunut. Allaspohjien ainoaksi virheettömäksi esikäsittelymenetelmäksi on osoittautunut sinkopuhdistus ja seinien osalta kevyt hiekkapuhallus. Pinnoitevaurioiden lähtökohtia ovat olleet muissa tapauksissa erilaiset puhdistamattomaan alustaan tarttumattomat tai pinnoitteeseen sopimattomat paikkamassat ja joissakin tapauksissa liian voimakas pinnan kuormitus (korkeapainepesu).

### 9.2.1 Vanhan betonialtaan pintakäsittelyn uudistaminen

Aikaisemmin pintakäsittelyn betonialtaan uusintakäsittely tulee yleensä kyseeseen, kun käsittelytyyppiä halutaan vaihtaa tai kun korjataan vanhaa, vaurioitunutta pintakäsittelyä. Tällaisessa tilanteessa tulee tarkoin selvittää vanhan käsittelyaineen tyyppi sekä sen alla olevan betonipinnan laatu.

Mikäli pinnassa olevan säilyttämiskelpoisen, vanhan tuotteen tyyppiä ei tunneta, on suoritettava koealueen maalaus tai vanha tuote on poistettava täydellisesti. Muussa tapauksessa on vaarana, että päällemaalauksen liuottimet pehmentävät alla olevan vanhan maalin (esim. epoksiesteri tai uretaaniaikydi) ja tartunta betoniin menetetään.

Jos vanha tuote jää uuden alle, on se ensin puhdistettava pesemällä. Silloin siinä oleva lika, rasvat ja muut epäpuhtaudet poistuvat eivätkä estä uuden käsittelyn tartuntaa. Pesussa on käytettävä riittävän tehokasta pesuainetta. Emulgoivat liuotin pohjaiset pesuaineet ovat tarkoitukseen soveliaita. Ennen pintakäsittelyä on vanha kiiltävä pinta hiottava huolellisesti himmeäksi. Varsinkin jos alla oleva tuote on polyuretaanipohjainen, on hyvä välihionta onnistumisen edellytys.

Vanhan pintakäsittelyn kunto vaikuttaa ratkaisevasti esikäsittelyjen laatuun ja määrään. Vanhat, hilseilevät pintakäsittelyt on aina poistettava. Hilseilyn syy on

selvitettävä ennen uuden käsittelyn alkua. Altaan seinämät puhdistetaan vanhasta maalista hionnalla. Työhön soveltuu kivikuppilaikkaa käyttävä kulmahiomakone ja tämän käydessä tehottomaksi suoritetaan puhdistus timanttilaikalla. Seinien hiekkapuhallus saattaa jättää pinnan liian karkeaksi. Allaspohjasta vanha maali irtoaa parhaiten sinkopuhdistuksella. Toisena tapana käytetään hiontaa tai jyrshintää. Allaspohjan puhdistus poistaa vanhan maalin ohella mahdollisesti maalin alle jääneen sementtiliiman sekä hauraat ja heikot kerrokset. Pinnat puhdistetaan huolellisesti siten, että puhdas, imeyttämiskelpoinen betoni tulee esiin.

Saimaan kalanviljelylaitoksessa korjattiin kesällä -94 betonisten ulkoaltaiden pinnoituksia seuraavasti:

- kalanviljelylaitos tyhjensi altaita niin, että 4..5 allasta oli aina työn alla
- altaat pestiin painepesurilla
- vanha maali poistettiin seinistä ja lattiasta kivilaikalla hiomalla, seinän paikatu kohdat hiottiin timanttilaikalla ja lattian vastaavat alueet jyrshintiin
- hiontapöly poistettiin teollisuuspölynimurilla ja painepesurilla
- altaat katettiin pressuilla puutavarasta rakennettujen tukiristikoiden varaan
- altaat kuivatettiin koneellisesti ilman lämpötilasta riippuen 16...20 h
- epätasaisuudet, kuten jään hankaumat, paikattiin värittömällä kaksikomponenttisellä Nanten kitillä, kuivumisaika oli 16..20 h, lämpötila +15...+20 °C
- 1. käsittely vedellä laimennetulla (50 %) Nanten-epoksilakalla, levitys telalla, kuivumisaika 16..20 h
- 2. käsittely laimentamattomalla, värillisellä (vihreä 843) Nantenilla, levitys telalla, kuivumisaika teltassa 24 h, jonka jälkeen vielä 1...2 vrk ennen veden laskemista altaaseen
- 5 miehen työkuunta käsitteli keskimäärin 3,6 allasta viikossa, kesä oli työhön erityisen suosiollinen, kalustona oli 1 kpl lattiahiomakone, 2 kpl kulmahiomakone, 6 kpl lämpöpuhallin 9 kW, 2 kpl Betox polttoöljylämmitin, 22 kpl pressuja, 1 kpl lattiajyrsin, kpl työmaasähkökeskuksia sekä sähkökaapeleita, kokonaiskustannukset Valtion omana työnä olivat 63,2 mk/m<sup>2</sup> (1994)

## 9.2.2 Betonilakatun allaspohjan puhdistaminen

Seuraavat määrittelyt perustuvat Oy Finnpack Ab:n antamiin Nanten BL-betonilakkaa koskeviin hoito-ohjeisiin. Kyseisellä pinnoitteella on käsitelty valtaosa Valtion kalanviljelylaitosten massiivialtaiden pohjista. Muiden pinnoitteiden (mm. Solmaster Oy:n EP10-betonilakka, Eworal-pinnoite, Tikkurila Oy:n Reabox GPL-VS) osalta on noudatettava kyseisten maalinvalmistajien erillisohteita.

Nanten BL-betonilakka on kaksikomponenttinen, vesiohenteinen, epoksihartsi-perustainen betonilattioiden ja seinien pinnoitusaine.

Pinnoite kestää suolaliuoksia (esim. ruokasuola, sooda, boorax), normaaleja pesuaineita, laimeita emäksiä ja laimeita epäorgaanisia happoja (esim. 1...2 % suolatai typpihappo) tilapäisrasituksena. Natriumhypokloriitti saattaa haalistaa väriä.

Pinnoite ei kestä orgaanisten happojen (esim. maito-, etikka- tai muurahaishappo) räsitusta.

Pinnoite kestää kevyttä mekaanista räsitusta. Se kestää matalalämpötilaisen, kevyen painepesun. Pesuveden lämpötilan tulee jäädä aina  $\leq +50^{\circ}\text{C}$ . Puhdistukseen voidaan käyttää normaaleja puhdistusaineita.

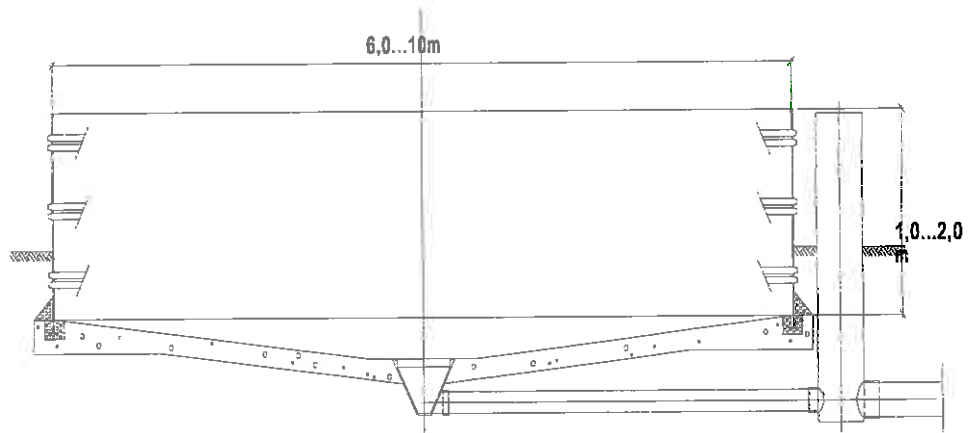
Edellä luetellut käyttörajoitukset on otettava huomioon puhdistettaessa altaaseen liittyviä teräsrakenteita tai suoritettaessa erilaisia desinfiointitöitä.

## 10. Teräsvaippainen, betonipohjainen massiiviallas

Tämä selvitysosa käsittelee halkaisijaltaan kokoluokkaa 6,0...10 m ja reuna- korkeudeltaan 1,0...2,0 m olevia austeniittisesta ruostumattomasta teräsohutlevystä valmistettuja betonipohjaisia pyöröaltaita. Valtion kalanviljelylaitoksille 90-luvulla rakennettujen viljelyhallien 50 m<sup>2</sup>:n allaskonstruktioit perustuvat tässä kohdassa käsiteltävään rakenneratkaisuun.

Nyt esitettäviä rakenneratkaisuja voidaan soveltaa myös yleisestä rakenneteräksestä konstruoitavaan altaaseen. Yleinen rakenneteräs on hinnaltaan vain noin 15...20 % haponkestävän teräksen hinnasta, joten ainevahvuutta kannattaa kasvattaa ohenemisvaroin ja työstettävyyden parantamiseksi noin 5...6 mm:iin. Aiemmin tässä selvityksessä on kuvattu yleisen rakenneteräksen eri pinnoitusmahdollisuuksia, joista laadukkaimmillaan kysymykseen tulevat erilaiset kuumasinkitykseen pohjautuvat duplex-pinnoitteet sekä esim. 2 mm:n lujitemuovipinnoite. Suositeltava duplex-pinnoite on joustava, iskun- ja hankauksen kestävä, huokoseton, hyvin alustaan tarttuva ja siinä lujasti kiinni pysyvä eikä se liuota veteen haitallisia aineita. Pinnoitteen tulee olla lisäksi vaurion sattuessa korjattavissa. Näillä perusteilla duplex-pinnoitteeksi valitaan kuumasinkitylle alustalle suoritettava polyuretaanimaalaus.

**Kuvan 6** periaatteen mukainen teräsallas soveltuu sekä ulko- että sisätiloihin alustan yläpuolisena tai alusrakenteeseen upotettuna konstruktiona. Se kestää maanpaineen, tiivistämistyöt ja kuormitukset altaan ympärillä oikealla jäykisterakenteella (ei virumista). Vaippaan ulkoapäin kohdistuvat poikkeuksellisen suuret piste- tai viivakuormat (esimerkiksi trukin pyörän törmäys) saattavat aiheuttaa seinämään paikallisia muodonmuutoksia, kun kehä lommahtaa jäykisteiden välistä. Oikein mitoitettuna ja jäykistettynä palauttaa teräsallas kimmoisena rakenteena myötörajan alapuolisen kuormituksen aiheuttamat muodonmuutokset. Mikäli ulkoaltaaseen muodostuu jääkansi, myötäävät (vrt. lujitemuovi murtuu) seinämät, kun jäänpaine kasvaa riittävän suureksi. Koska teräksen murtovenymä on suhteellisen suuri, on altaan särkyemisvaara vähäinen. Kimmorajan ylittävät kuormitukset jättävät kuitenkin rakenteeseen sen käyttöä haittaavia pysyviä muodonmuutoksia. Mikäli teräsaltaaseen on mahdollista muodostua jääkuormia, kannattaa allas suojata eristämällä altaan seinät ja johtamalla tarvittaessa seinämän ulkopuolelta lämpöä vesirajaan (vrt. muovialtaan vaippa on eriste).



**Kuva 6. Betonipohjainen teräsallas**

Ruostumattomasta teräsohutlevystä valmistettava allasvaippa on suositeltavinta mitoittaa 3,0 mm:n vahvuiseksi. Tämä ainevahvuus soveltuu normaaliin konepajatuotantoon. Tällöin kyseisen kokoluokan vaippaelementtiin valmistuksessa syntyvät muodonmuutokset ovat hallittavissa ja leikkaus, taivutus sekä hitsaustyöt onnistuvat tavanomaisella tuotantotekniikalla.

Mikäli kustannussyistä valitaan esimerkiksi 2,5 mm:n ainevahvuus, on saatava varmuus ohuemman ainevahvuuden jäykkyyden riittävydestä (levykentän jäykkyys muuttuu seinämävahvuuden kolmannessa potenssissa) sekä varmistuttava valmistajan erikoisosaamisesta.

Ruostumaton teräs raaka-aineena on sileä ja huokoseton, mutta mikäli ympäristöolosuhteet aiheuttavat korroosiota, tuhoutuvat nämä ominaisuudet. Allasvaipaksi suositellaan valittavaksi austeniittinen, molybdeeniseostettu ruostumaton teräs eli ns. haponkestävä teräs (Aisi 316/316L, SS 2343/2348, SFS 757/750). Tämä teräslaji soveltuu sellaisenaan pinnoittamattomana allasvaipaksi. Luetelluista teräslajeista jälkimmäisenä mainitut tyypit (esim. Aisi 316L) sisältävät vähemmän hiiltä, jolloin vähäisemmän hitsausherkestymisvaaran vuoksi raerajakorroosionkestävyys pelkistävissä olosuhteissa paranee. Ensin mainittu tyyppi valitaan rakenteisiin, joissa on vain vähän hitsaustarvetta ja jälkimmäinen voidaan harkita valittavaksi monimutkaisempiin osiin kuten keskikartioon.

Ruostumattoman teräsohutlevyn toimitustilaksi valitaan 2D eli kylmävalssattu, hehkutettu ja peitattu, jolloin pinta ei peilaa häiritsevästi. Levyt suojamuovipinnoitetaan molemmin puolin.

## 10.1 Teräsaltaan yleinen työselitys

Tämä työselitys on laadittu haponkestävästä teräksestä valmistetun, betonipohjaisen pyöröaltaan laatuvaatimusten määrittelyä varten. Tällä työselityksellä voidaan toteuttaa allaskonstruktioita, joiden halkaisija on  $\varnothing$  6...10 m ja reunakorkeus 1,0...2,0 m. Tilaajan tulee laatia allaskonstruktiosta lujuslaskelmat ja yksityiskohtaiset konepajapiirustukset.

Allasvaippa toimitetaan konepajalta työmaalle suojamuovitetuina ja -paketoituina elementteinä (4...5 kpl). Toimitukseen kuuluu elementtien liittäminen hitsaamalla

toisiinsa ja näin muodostuvien allasvaippojen kiinnihitsaaminen ja tiivistäminen elastisella massalla vesitiiviisti betonipohjan varaukseen. Betonipohjan varauksessa on allasvaippaa varten yhtenäinen tartuntalevy. Varaukseen asennetaan betoniterästy ja se täytetään juotosbetonilla. Toinen allasvaipan asennusmahdollisuus on sovittaa betoni- ja teräsrakenteiden työvaiheet siten yhteen, että betonitartunnoin ja tiivistein varustetut allasvaipat tuetaan ensin allaspohjan rauditusvaiheessa anturoiden päälle ja allaspohja betonoidaan vaippojen paikalla ollessa.

Teräsrakenteiden työn suunnittelussa, valmistuksessa ja asennuksessa tulee noudattaa standardia SFS 3200 = RIL 90: Teräsrakenteiden suunnitteluohjeet sekä standardia SFS 2379: Hitsausliitokset (tai uudempia EN-standardeja).

### **Materiaalit**

Toimituksessa olevat teräsrakenteet ovat austeniittista, ns. haponkestävää ruostumatonta terästä laatua SS 2343. Käytettävät materiaali-erät tulee osoittaa laadultaan oikeiksi tehtaan aineodistuksin.

Allaslevyt hankitaan kylmävalssattuina, hehkutettuina ja peitattuina, luokka 2 D sekä suojamuovipintaisina, tämä määrittely koskee molempia pintoja.

Hitsauspuikkojen ja muiden hitsauslisäaineiden tulee olla perusaineen laadulle tarkoitettuja ja täyttää yleisesti käytössä olevien hyväksytyjen hitsauslisäaineiden vaatimukset.

### **Leikkaus-, työstö- ja hitsaustyöt**

Vaadittu rakennemateriaali ja suunnitelmapiirustuksissa asetetut laatuvaatimukset edellyttävät, että rakenteiden hitsaajien on oltava ko. töihin pätevöityneitä. Hitsaajien pätevyysvaatimuksina noudatetaan standardia SFS-EN 287/SFS-EN 288 (SFS 2218), jolla osoitetaan hitsaajien pätevyys ko. töiden valvojalle. Ellei piirustuksissa ole toisin määrätty, tulee hitsausseamien olla laatuluokkaa C SFS-EN 25817. Alaiden sisäpinnan hitsausseamien liittyminen perusaineeseen tulee olla erityisen juoheva, reunahaavaa ei sallita. Hitsit tarkastetaan silmämäärin ja kuten laatuluokka edellyttää.

Teräsosien leikkaus-, muotoilu-, taivutus-, työstö- yms. työmenetelmät on valittava siten, ettei perusaineen laatu huonone korroosionkestävyys-, lujuus-, sitkeys- yms. ominaisuuksiltaan. Työmenetelmät eivät saa aiheuttaa teräsosiin halkeamia tms. rakennevikoja. Leikkauspintojen, hitsiseamien railojen yms. toleransseissa sovelletaan IIW-suosituksia

### **Pintakäsittely ja laadunvalvonta**

Konepajalla suoritetaan hitsauksen laatuluokan edellyttämää laadunvalvontaa.

Mittatarkkuus ja taivutusten sekä hitsausten aiheuttamat vetelyt tarkastetaan mallisuorituksesta. Hyväksytyyn mallisuorituksen perusteella voidaan aloittaa elementtisarjan valmistus.

Levyt ja elementit toimitetaan ja säilytetään suojamuovipintaisina ja pakataan kuljetuksiin siten, että pinnat säilyvät virheettöminä. Suojamuovituksen saa poistaa vasta luovutusvaiheessa.

Asennustöissä työmaalla tehdään valmiiksi yksi malliallas, jonka hyväksytetään tilaajalla. Vasta tämän jälkeen asennetaan loput altaat.

Vaippalevyt tarvittavilta osin sekä kaikki rakenteiden hitsaussaumot peitataan, hiotaan ja viimeistellään kiillotuslaikalla. Viimeistelytyöt keskitetään suoritettavaksi työmaalle.

Altaan sisäpinta ja jatkokset viimeistellään erityisen huolellisesti, näkymättömiin jäävät hitsit norm. konepajatasoon.

Allasvaippojen ja -pohjien liitoskohtaan tehdään elastinen polyuretaanimassasauma (Sikaflex 11 FC). Saumasaine on myrkytön vasta vulkanoiduttuaan, vulkanoitumisaika on noin 3 viikkoa saumauksesta. Sauman minimipaksuus on 10 mm. Saumausta ei saa suorittaa alle +5°C:n lämpötilassa eikä liitettävien rakenteiden lämpötilan ollessa yli +25°C. Kalanviljelyaltaan ja lattian välisen saumauksen työlämpötilan on oltava riittävän alhainen ja saumaussmassan riittävän elastista, jotta ruostumattoman teräsrakenteen lämpökutistuma kylmän veden aikana ei irrota saumausta. Pintojen puhdistus suoritetaan saumaussmassan valmistajan ohjeiden mukaan. Metallipinnat puhdistetaan tarkoitukseen soveltuvalla liuottimella. Huokoiset tartuntapinnat käsitellään ennen alusnauhan asennusta saumaussmassan valmistajan edellyttämällä primerillä. Työtulos tarkastetaan vesitiiveyskokeella. Tilaa suoritetaan allasvaippavarauksen ulkopuolisen juotosvalun, jonka jälkeen allas täytetään vedellä.

Luovutusvaiheessa hyväksytyyn täyden altaan tiiveyskokeen jälkeen tulee altaat pestä pesuaine- ja vesipesulla (esim. korkeapaine-pesurilla).

### 10.3 Ruostumattomien teräspintojen huolto

Haponkestävästä teräksestä valmistettu kalanviljelyallas on hyvin helppohoitoinen. Altaihin tarttuneet kerrostumat kannattaa kuitenkin puhdistaa säännöllisesti. Seuraavassa on lueteltu Outokumpu Oy:n antamat puhdistusohjeet uimahallien ruostumattomien teräsrakenteiden puhdistukseen.

Puhdistusmenetelmää valittaessa on huomioitava työsuojeluun liittyvät vaatimukset, ympäristön suojeleminen, ruostumatonta rakennetta ympäröivien rakennusosien kestävyys, kuten allaspohjan pinnoitus, puhdistusaineiden kaloille aiheuttamat myrkytysvaarat ja aineiden viemäriin laskemisen edellytykset (materiaalien kestävyys, puhdistamon toiminta). Altaiden hyvää sisäpinnan laatua ei pidä tuhota liian voimakkailla, naarmuttavilla puhdistusmenetelmillä. Sopivimman puhdistusmenetelmän valitsemiseksi kannattaa suorittaa määräläsnä koepuhdistus ja seurata riittävän pitkä aika liian tarttumista puhdistetulle alueelle.

Ruostumattoman teräksen puhdistukseen riittää yleensä pelkkä vesipesu, joissakin tapauksissa kuuma vesi tai vesihöyry.

Kiinnitarttuneet kerrostumat voidaan poistaa hankaamalla austeniittista terästä olevalla teräsvillalla (ei missään nimessä rautaa) tai hiomakankaalla.

Puhdistuksen apuna voidaan käyttää puhdistuspulvereita (esim. sooda tai booraksi), emäksisiä liuoksia (soda- ja ammoniakiliuokset, laimennettu natronlipeä) tai orgaanisia liuotteita (liuotinbensiini, alkoholi). Huom.! Nanten epoksilakka kestää vain laimeita epäorgaanisia happoja, se ei kestä orgaanisia happoja, samoin orgaanisten liuotteiden kanssa on oltava varovainen.

Ruosteen poistoon voidaan käyttää typpihappoa, jonka pitoisuus on 10...20 %. Typpihappoa ei saa käyttää jos rakenteen yhteydessä on kuparimetallisia tai hiiliteräksestä tehtyjä osia. Huom.! Nanten epoksilakka kestää vain tilapäisrasituksena 1...2 %:sta typpihappoa.

Rikkihappo- tai suolahappopitoisia puhdistusaineita ei saa käyttää ruostumattoman teräksen puhdistukseen.



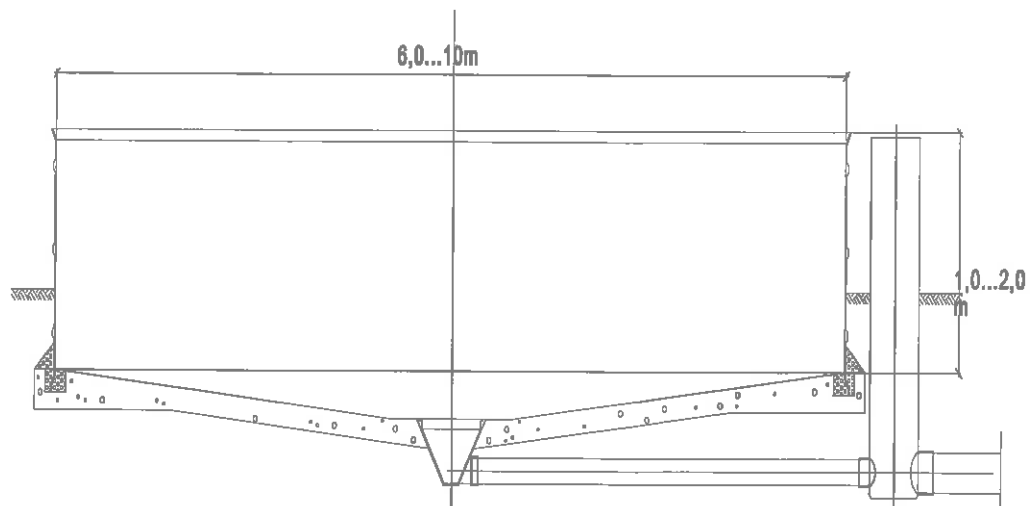
Jälkikäsitteilyn yhteydessä poistetaan puhdistusaine teräksen pinnalta runsaalla vedellä. Happamien pesuaineiden käytön jälkeen tehdään neutraloiva esihuuhtelu alkalisella liuoksella.

## 11. Lujitemuovivaippainen, betonipohjainen massiiviallas

Tämä selvitysosa käsittelee kuvan 7 periaatteen mukaisia, halkaisijaltaan kokoluokkaa 6,0...10 m ja reunakorkeudeltaan 1,0...2,0 m olevia käsin- tai konelaminoituja, massiiviseen betonipohjaan istutettuja lasikuitulujitemuovi-vaippaisia pyöröaltaita.

Tämän selvityskohdan mukaiseen rakenteeseen voidaan soveltaa aiemmin esitettyä betonialtaan työselitystä maa- ja pohjarakentamisen sekä teräsbetonilaatan osalta. Lujitemuovivaippaan voidaan soveltaa lujitemuovisen pienaltaan ja sitä täydentävänä kokonaan lujitemuovisen massiivialtaan yleisiä työselityksiä. Nämä selitykset määrittelevät varsinaisesti käsinlaminoidun rakenteen, mutta niitä voidaan soveltaa laatumäärittelyyn riittävällä tasolla myös konelaminoituun eli tässä tapauksessa kelattuun vaippaan.

Täysin lujitemuovirakenteisen massiivialtaan pohjaan/perustamisolosuhteisiin liittyviä ongelmia voidaan eliminoida muuttamalla allasrakenne sellaiseksi, että vain vaippaosa toteutetaan kevytrakenteisena ja betonilaatta muodostaa kuormia kantavan perustuselementin. Tällöinkin on huolehdittava, ääritilanteessa betonirengastuennalla, vaippaa rasittavista rakentamisen aikaisista ja pysyvistä maanpainekuormista. Hallirakentamisessa on lattian alusrakenteiden tiivistystyöstä ja valmiista rakenteesta kohdistuva pysyvä maanpaine otettava vastaan erillisellä lujitemuovivaipan ulkopuolisella teräsbetonirenkaalla. Tällöin lujitemuovin virumisesta aiheutuva seinämän myötääminen pitemmällä aikajänteellä eliminoiduu. Teräsbetonirengas altaan ulkopuolella estää muodonmuutokset ja mahdollistaa vaippojen vaihdon tarvittaessa. Tätä tekniikkaa on sovellettu Saimaan kalanviljelylaitoksella kelaamalla tehtyjen allasvaippojen tuennassa.



Kuva 7. Betonipohjainen lujitemuoviallas

Lujitemuovivaippa toimitetaan työmaalle joko kokonaisena (kelattu rakenne litistetään kuljetuskokoon) tai käsinlaminoituina elementteinä (3...5 kpl/allas). Allastoimitukseen kannattaa sisällyttää elementtien liittämisen työmaalla toisiinsa laminoimalla. Mikäli valmistaja haluaa suunnitella vaippojen jatkokset vaihtoehtoisesti ruuviliitoksina, on huomattava, että kyseinen liitostapa on hygieenisesti arveluttava. Mikäli valitaan ruuviliitos, tulee siinä käyttää riittävä määrä korkealuokkaisia ruuvitarvikkeita ja liitos on suunniteltava sellaiseksi, ettei seinämään jää hammastusta eli altaan sisäpinnan tulee olla sileä ja yhtenäinen. Allasvaippa kiinnitetään syöpymättömin tartunnoin sekä tiivistetään vesitiiviisti elastisella massalla ja juotosvalulla betonipohjan varaukseen (vrt. teräsaltaan työselitys).

Käyttämällä laadukkaita muotteja ja ympäristörasituksiin soveltuvia hartseja ja stabilisaattoreita, päästään sileään ja vähähuokoiseen sekä korroosiota kestävään pintaan. Korkealuokkainen lujitemuovipinta on varsin helppo pitää puhtaana ja allas toimii itsepuhdistuvana. Hinnallisesti kilpailukykyisissä konstruktioissa vaihtelee seinämän vahvuus n. 5 - 10 mm riippuen valmistustavasta sekä lujitteen laadusta, sen suuntaisuudesta ja määrästä. Nyt käsiteltävänä oleva allasmalli soveltuu suhteellisen kevyeen kuormituksen ulos taikka sisätiloihin asennettavaksi. Uputussyvyydellä ja kuormituksilla on ratkaiseva merkitys allaskonstruktioon ja siten myös hintaan. Massiiviseen pohjalaattaan sidottu lujitemuovivaippa ei jousta tai liiku kokonaisena rakenteena kuten kokonaan kevytrakenteinen allas. Tämän vuoksi rikkoontumisvaara esimerkiksi jääkuormasta on merkittävä tekijä. Kehän suuntaisessa kuormituksessa jäänpaine johtaa laminaatin murtumaan.

Kun edellä mainitut seikat otetaan huomioon, päädytään suosittamaan lujitemuovivaippaista pyöröallasta katettuihin laitosratkaisuihin, jolloin altaan upotussyvyys lattiapinnasta on 0,5...1,0 m. Ulkoallassovellutuksiin suositellaan ensisijaisesti kokonaan lujitemuovista allasrakennetta ellei jääkuormitusta voida luotettavasti ehkäistä.

## 12. Kokonaan lujitemuovinen massiiviallas

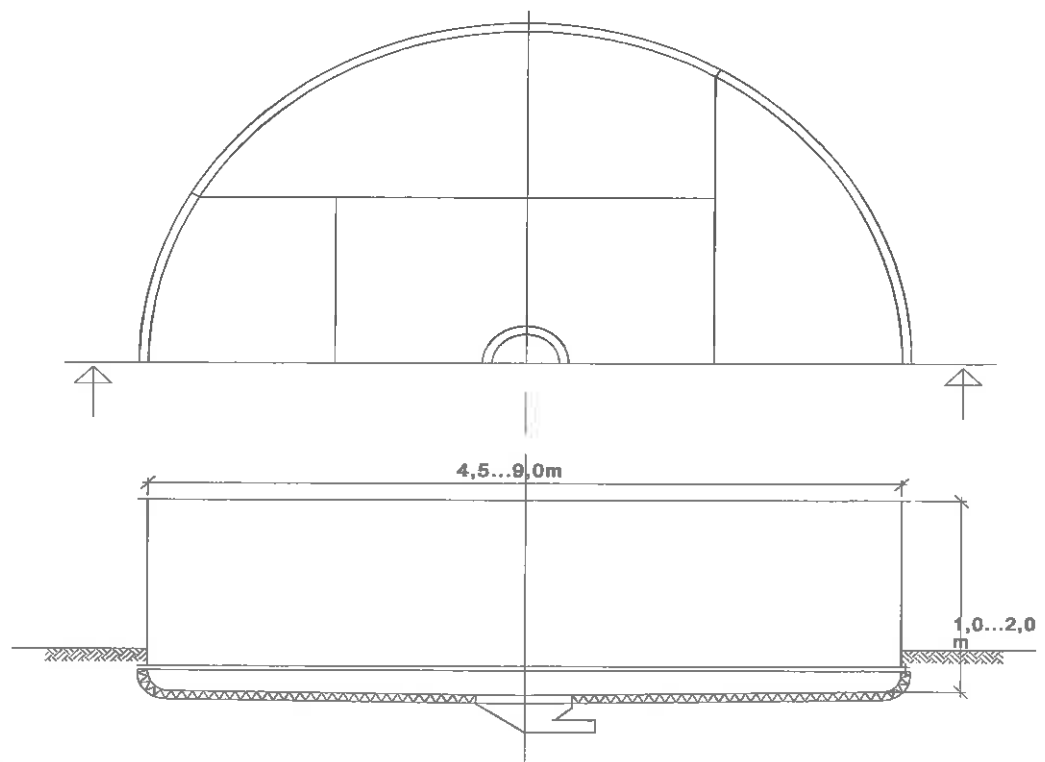
Tämä selvitysosa käsittelee kuvan 8 periaatteen mukaisia, halkaisijaltaan kokoluokkaa 4,5...9 m ja reunakorkeudeltaan 1,0...2,0 m olevia käsinlaminoituja, kokonaan lasikuitulujitemuovisia pyöröaltaita. Yleisimmät toimitetut allaskoot ovat Ø 6 m (28 m<sup>2</sup>) ja Ø 8 m (50 m<sup>2</sup>) reunakorkeudeltaan 1,6...2 m.

Raaka-aineina käytetään yleensä polyesterihartseja lujitettuna lasikuiduilla. Hinnallisesti kilpailukykyisissä konstruktioissa vaihtelee seinämän vahvuus n. 6 - 10 mm ja pohjan vahvuus n. 8 - 12 mm riippuen valmistustavasta ja lujitteen laadusta sekä määrästä.

Maahan upotettavien, kokonaan lujitemuovisten altaiden rakennusalue on luotettavasti kuivatettava altaiden pohjan alapuoliseen tasoon. Mahdollinen pohjaveden noste taivuttaa allaspohjaa tehden altaasta huonosti itsepuhdistuvan. Noste saattaa myös liikuttaa koko allasta rikkoen altaan poistoputkiston.

Altaan itsepuhdistuvuutta heikentävät muoviaineelle tyypilliset muodonmuutokset lämpöliikkeitten, epätasaisen kuormituksen ja virumisen vaikutuksesta (esim. pohjan aaltoilu). Myös putkituksissa on huomioitava joustavan kevytrakenteen vaatimukset eli läpiviennit tulee tehdä liikuntavarat huomioiden. Tulovesitystä ei suositella rakennettavaksi pohja tai seinä lävistäen. Tulovesiputki on vietävä altaan reunan yli. Tämä vaatii huolellisen venttiilin/putkiston lämpöeristyksen ulko-olosuhteissa.

Altaaseen mahdollisesti muodostuva jääkansi särkee laminaattirakennetta ja lyhentää ratkaisevasti altaan teknillistä käyttöikää. Lujitemuovirakennetta ei mitoiteta jääkuormaa kantavaksi, vaan kuormitetussa tilassa tulee rakenteen myötä.



Kuva 8. Kokonaan lujitemuovinen massiiviallas

Kun edellä mainitut seikat otetaan huomioon, päädytään suosittelemaan kokonaan lujitemuovista pyöröallasta katettuihin laitosratkaisuihin. Edullisimmillaan se on pienissä halkaisijamitoissa, jolloin allas voidaan nostaa joko kokonaan lattian päälliseksi rakenteeksi tai se upotetaan vain n. 0,5 m lattian alapuolelle.

Rakennetta voidaan suositella edullisena allasvaihtoehtona myös ulko-olosuhteisiin laitosratkaisuihin, joissa pyritään minimoimaan investointikustannukset eli tilapäisluonteisiin, joustaviin, lyhyen takaisinmaksuajan perusteella rakennettaviin laitoksiin (esim. teuraskalalaitosten poikastuotantoon). Lujitemuovinen ulkoallas asennetaan routimattomaan maa-ainekseen (hiekkä). Maarakenne tiivistetään vedellä sekä kevyellä tärytyksellä. Tiivistystöiden aikana allas pidetään vesitäytteisenä.

## 12.1 Lujitemuovialtaan yleinen työselitys

Pienaltaiden rakennusteknisten määrittelyjen yhteydessä on esitetty lujitemuovialtaan työselitys. Tämä työselitys on käyttökelpoinen myös tässä yhteydessä. Seuraavassa on lueteltu em. työselitystä täydentäviä määrittelyjä ja korostettu erikseen huomioitavia tekijöitä.

Allasvaipat määritellään nyt tarkasteltavana olevassa rakennesuunnitelmassa käsinlaminoiduksi lasikuituluujitemuoviksi, jossa vettä vastaan tuleva pinta on sileä muottipinta.

Konstruoitaessa lujitemuovista massiiviallasta on huomioitava, että teräsrakenteista poikkeavasti ovat lujitemuovirakenteen lujuusominaisuudet suunnatut, lyhytaikais- ja pitkäaikaislujuusominaisuudet ovat hyvin erilaiset tavanomaisissakin käyttöolosuhteissa. Lasikuitulaminaatin murtovenymä on hyvin pieni ja rakenne ei myöskään ennen murtumistaan, jolloin murtuma on äkillinen ja mahdollisissa ylikuormitetuissa rakennekohtissa kuormitusten tasoittuminen tapahtuu vain rakenteen osittaisen rikkoutumisen kautta. Rakennemitoitukseen liittyen on myös huomattava, että lujitemuovin jäykkyys ei tavallisesti yllä lähellekään metallien jäykkyyksiä (kimmomoduli 5...10 % teräksen modulista). Lujitemuovirakenteen lyhyt- ja pitkäaikaislujuusominaisuuksien poikkeavuudesta johtuen, rakenteiden mitoituksen tulee perustua 30 vuoden tavoitellun käyttöiän mukaisiin lujuusarvoihin.

Mikäli maahan upotetun lujitemuovialtaan reunan lähellä vaikuttaa suuria pistekuormia tai allas sijoitetaan halliin lattiarakenteisiin upotettuna, on pyöräkuormista aiheutuvat ja lattioiden alusrakenteiden tiivistystyöstä sekä valmiista lattiarakenteesta kohdistuva pysyvä maanpaine otettava vastaan erillisellä teräsbetonirenkaalla. Tällöin pitemmällä aikajänteellä altaan seinämän myötäämisestä (viruminen) sisälle päin aiheutuva allasrakenteen kuormittuminen ja maarakenteiden löyhtyminen eliminoiduvat.

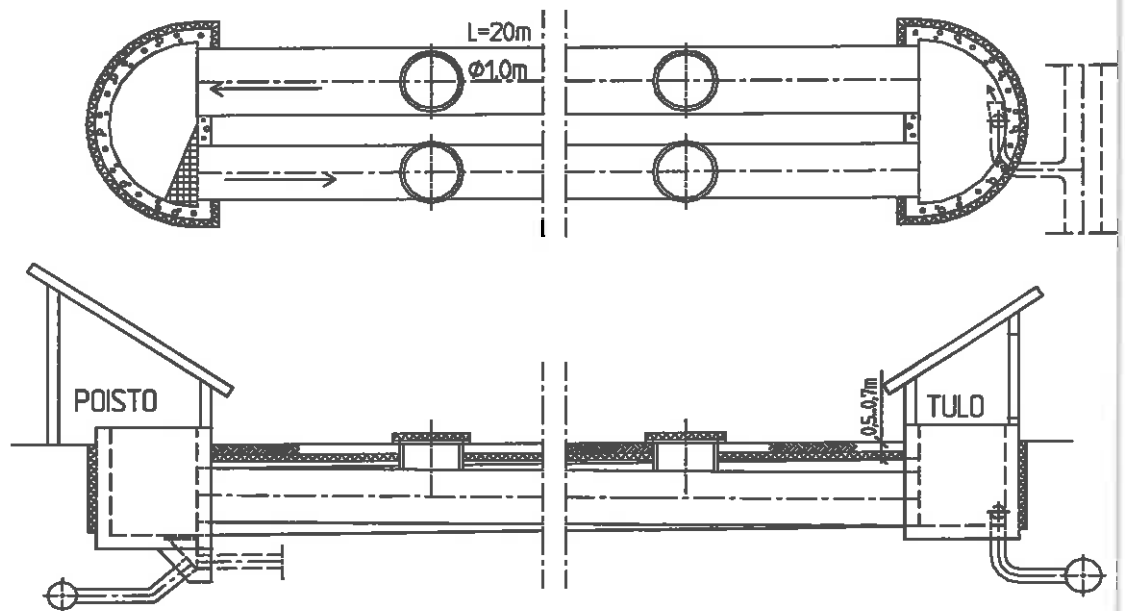
Allasvaippa- ja pohjarakenne pyritään valmistamaan ja kuljettamaan mahdollisimman suurina elementteinä, jolloin rakenteesta ja sen sisäpinnasta saadaan mahdollisimman yhtenäinen. Mikäli rakenne joudutaan jakamaan valmistus- tai kuljetusteknisistä syistä useaan osaan, on tästä neuvoteltava jo tarjousvaiheessa tilaajan kanssa. Asennusnaamat on viimeisteltävä erityisesti sisäpinnaltaan muuta pinnanlaatua vastaavaan tasoon. Sisäpinnan hammastusta tai vastaavia sovitusrakenteita ei sallita. Altaan sisäpinnassa ei saa esiintyä ilmakuplia, säröjä, halkeamia, murtumia tai lujiteainetta. Pinnan tulee olla sileä, joka saavutetaan käyttämällä korkealuokkaista, lasipinnalle hiottua lujitemuovimuottia. Pinnan sileys tarkastetaan mallituotteesta. Altaan maanpinnan tai lattian yläpuolisen ulkopinnan laatuvaatimukset ovat kuten sisäpinnassa huomioiden, ettei kyse ole muottipinnasta. Alapuolisen rakennososan ulkopinnan laadussa ovat määräävinä pitkäaikaiskestävyys ja lujuustekniset ominaisuudet.

Toimitukseen sisällytetään altaiden koontityöt. Asennustöissä työmaalla tehdään valmiiksi ensin yksi malliallas, jonka tilaaja hyväksyy, vasta tämän jälkeen kootaan loput altaat.

Toimittaja voi laatia tarjouksensa liitteeksi erilaisia parannusesityksiä, joilla altaan laatu saadaan mahdollisimman korkeaksi. Erityisesti tilaajaa kiinnostavat ratkaisut, joilla laminaatin pitkäaikaiskestävyys ja sisäpinnan ominaisuudet kuten kulutuskestävyys, puhtaanapysyvyys ja sileys saadaan mahdollisimman laadukkaiksi.

### 13. Putkiallas

Putkikasvatusallas voidaan toteuttaa kuvan 9 periaatteen mukaisesti kahdella rinnakkaisella, maahan upotetulla noin 20 m:n pituisella putkella.



**Kuva 9. Putkikasvatusallas**

Kun putkidimensio on noin  $\text{Ø } 1,0 \text{ m}$ , on putkiston vesitilavuus noin  $30 \text{ m}^3$ . Putkien päihin tehdään ne yhdistävät, halkaisijaltaan noin  $2,5 \text{ m}$  olevat puoliympyrän muotoiset päätykappaleet (esim. betonista) virtauksen parantamiseksi (virrankehittimien sijoitus) ja kalojen käsittelyä varten.

Kyseisen kokoluokan putkialtaan tulovirtaaman täytyy olla noin  $10\text{--}20 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Tulovesitykseen tarvitaan painekorkeutta  $0,5\text{--}1,0 \text{ m}$ , jotta saadaan aikaan tarvittava liike-energia putkessa virtaavalle vedelle. Tällöin putkisto on nk. itsepuhdistuva (sileä, pyöreä putki).

Pyöreä  $50 \text{ m}^2$ :n suuruinen ja  $50 \text{ m}^3$  vettä sisältävä pyöröallas saadaan samalla painekorkeudella itsepuhdistuvaksi  $5\text{--}10 \text{ dm}^3/\text{s}$  tulovirtaamalla.

Yleisistä kunnallisteknisistä putkista kaikki suuren kokoluokan vaihtoehdot soveltuvat oikein asennettuina putkialtaiksi. Sileät kesto- tai kertamuoviset, standardisoidut, tehdasvalmisteiset vesijohto- ja viemäriputket (ei saa liueta haitallisia aineita) ovat

tarkoitukseen sopivia. Putket upotetaan tässä kuvan sovellutuksessa noin 0,5...0,7 m:n syvyyteen (putken yläpinnasta mitattuna). Kukin yleinen putkilaatu kestää liikennekuormituksen em. täyttösyvyydellä, kun valitaan riittävä rengasjäykkyysluokka ja vierustäyttö suoritetaan huolellisesti tiivistäen.

Maahan asennettujen muoviputkien kestoikä on nykyisellä valmistustekniikalla ja raaka-aineilla vähintään 50 vuotta. Muoviputkien ominaisuuksia ja laatuvaatimuksia on selvitetty kattavasti erilaisiin vesihuollon tarpeisiin, joten putkivalinnat voidaan tehdä luotettavasti.

Kestomuovit ovat tyypillisesti läpikuultavia ja esim. PEH-putkien musta väri johtuu UV-stabilisaattorina käytetystä nokimustasta. Mikäli tämä stabilisaattori korvataan väriä muuttamattomalla, voidaan erikoistilauksesta putki suulakepuristaa myös valoa läpikäyväksi.

Läpikuultavuus saattaa olla joissakin kasvatustilanteissa välttämätöntä (kalojen jakautuminen), tällöin putket asennetaan maanpinnalle tai ne upotetaan vain osittain. Näissä olosuhteissa edullisin vaihtoehto on käyttää kestumuovin tilalla kelaamalla valmistettuja lujitemuoviputkia, jotka perustyypeissä ovat läpikuultavia (keskipakovalamalla tehdyt putket eivät läpäise valoa, johtuen välikerroksissa käytettävästä kvartsihiekasta).

## 14. Maa-altaat

### 14.1 Mitoitus ja toiminta

Perinteinen maa-allasmalli on kuvan 10 periaatteen mukainen sorapohjainen viljelylammikko tai -uoma, joka vesitetään käytettävästä painekorkeudesta riippuen tuloputkistolla tai avokanavalla. Altaat voivat olla yhteisten jako-/poistouomien välillä tai altaita on rakennettu peräkkäin läpivirtausperiaatteella. Tyypillinen maa-allas on noin 1,2...2,2 m:n syvyinen ja sen pituus-/leveysuhde voi vaihdella hyvin väljissä rajoissa. Suomalaisessa maa-altaassa vesi vaihtuu 1...2 kertaa tunnissa. Tyypillinen maa-uoma-altaan virtausnopeus on 0,5...5 cm/s.

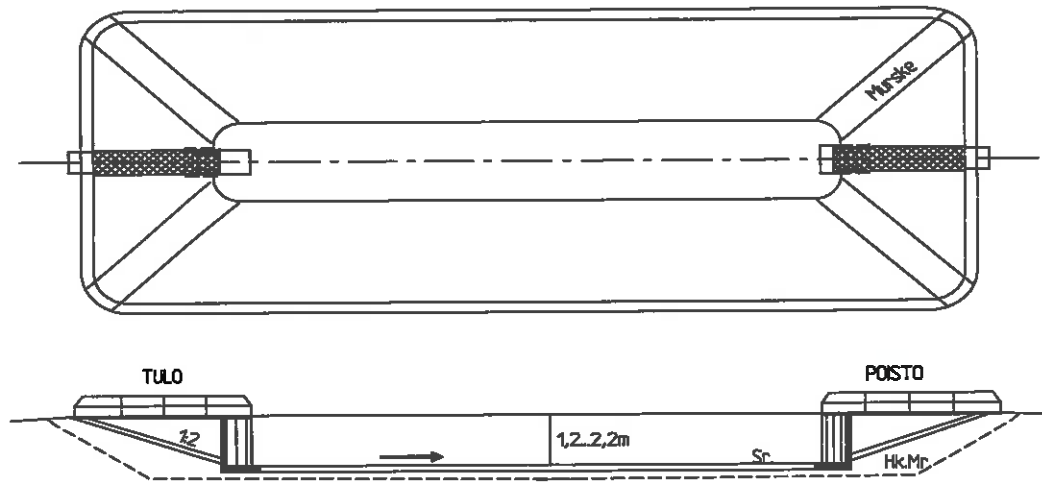
Vesi ohjataan maa-altaan toisesta päästä sisään ja toisesta päästä ulos. Altaan vesipinta säädetään tulo- ja poistomunkkien settipadoilla. Munkit on varustettu kahdella tai kolmella settiuralla, jolloin seteillä säädetään sekä altaan vesikorkeutta että syöttö-/poistokorkeutta. Kalojen munkkiin pääsy estetään sihti- tai välppäarakenteella. Poistomunkki voidaan joutua varustamaan jääkannen vuoksi lämmityksellä tai laponestoputkistolla. Munkkien perustamiseen on syytä paneutua. Ratkaisumallin on oltava joko routaliikkumisen ja jääkuormat (jään paine, jään noste) kestävä tai riittävän joustava. Joustavan rakenteen tulee palautua itsestään ilman putkivaurioita oikeaan asentoon tai ainakin sen oltava helposti alkuperäiseen sijaansa palautettavissa.



**Maa-allas talvella, Taivalkosken riistan- kalantutkimus.  
Kuva. Matti Karjalainen.**



**Maa-altaan puhdistus, Taivalkosken  
riistan- ja kalantutkimus. Kuva. Matti  
Karjalainen.**



**Kuva 10. Maa-altaan rakenne**

Maa-uoma-allas saadaan itsepuhdistuvaksi vasta riittävän suurella vesisyvyydestä riippuvalla virtaamalla. Mikäli allas on esimerkiksi noin 1 m:n syvyinen, tarvitaan läpivirtaaman virtausnopeudeksi noin 0,5 m/s eli 10-kertainen virtausnopeus tyypilliseen käytössä olevaan maa-allaskonstruktioon verrattuna. Virtausnopeudet maa-altaissa ovat tavallisesti niin pieniä, että suurin osa syntyvästä lietteestä sekä tuloveden mukana tulevasta kiintoaineksesta laskeutuu altaan pohjalle.

Maa-altaan virtaustilan muutokset, kuten kalojen uintiliikkeet, sekoittavat pohjalietettä ja saavat sen uudelleen liikkeeseen. Toisaalta kalanviljelylietteelle on ominaista, että se vanhetessaan hajoaa, jolloin sen laskeutumisnopeus pienenee ja lietettä lähtee helpommin pohjavirtauksen mukaan. Edellä mainituista syistä johtuen maa-allas ei toimi laskeutusaltaana eikä myöskään itsepuhdistuvana. Altaiden lietetaskut tai altaasta lähtevän poistovirtaaman mekaaninen käsittely eivät siis kumpikaan ole toimivia poistovedenkäsittelyratkaisuja. Maa-altaan mekaanisessa poistovedenkäsittelyssä voidaan parhaimmillaan päästä 1/4-osaan siitä puhdistustehosta, johon päästään pyöröaltaiden yhteydessä. Maa-allas on sekä hygieenisesti että vesistökuormitusominaisuuksiltaan huono ratkaisu kalanviljelyal- taaksi. Maa-uoman suurin etu on sen halpuus ja joidenkin kalalajien viihtyvyys on parempi kuin keinoaltaassa.

## 14.2 Rakenteet ja materiaalit

Maa-allas rakennetaan vesitiiviiksi joko suoraan tiiviillä, routivasta hiekka-moreenista koostuvalla maarakenteella tai tiivistykseen käytetään tarkoitukseen kehitettyjä geotekstiilejä. Tiivistyskalvoista ovat yleisimpiä erilaiset PEH-muovikalvot ja bentoniittisavimatot. Altaan pintaverhous on tavallisimmin soraa tai suurempaa kiveä. Altaiden nurkkiin voidaan rakentaa kulutusta kestävätkä nousutiet murskeesta tai mukulakivistä.

Myös muovi- ja betoniverhouksia on kokeiltu. Betonielementtirakenteinen verhouslaatasto on käytössä Sarmijärvellä. Betonielementit voidaan sitoa raudotteilla toisiinsa riippuen routimisen suuruudesta. Elementtien saumakohtat sekä routanostealueet ovat vaikeasti puhtaanapidettäviä, likaa kerääviä epäjatkuvuuskohtia.

Mikäli maa-uoman pohjassa on hiekkaverhousta on suurin eroosion kannalta sallittu virtausnopeus noin 0,35 m/s ja vastaavasti soraverhous kestää noin 0,6 m/s virtausnopeuden. Verhousainesta valittaessa on huomattava, että karkea aines hidastaa





**Kuva. Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely.**



**Kuva. Salmaan kalantutkimus ja vesiviljely, ilmakehu laitosalueesta.**

virtausta ja edistää liettymistä. Mikäli maa-altaaseen on rakennettu liettaskuja, on näitä edeltävän virtausnopeuden oltava vähintään 0,10 m/s. Mikäli maa-altaassa kasvatetaan pieniä kaloja tai altaan poikkileikkaus on suuri ja vesivarat rajalliset, ei välttämättä saavuteta tavoiteltavia virtausnopeuksia.

Koska maa-aitaiden yhteydessä ei voida käyttää käsitettä itsepuhdistuvuus, on ne sivuutettu nykyisissä laitoshankkeissa, joille on asetettu vesioikeudellisessa luvassa kyseinen toimintavaatimus. Maa-allasrakentamisessa tehty tyypillisin harkintavirhe on vesitiiviin moreenin routivuuden vähättely. Routiminen liikuttaa kaikkia altaaseen liittyviä rakennusosia kuten betonilaattavuorauksia, munkkeja ja putkistoja. Maa-altaan seinämät kuluvat ja niitä joudutaan aika-ajoin korjaamaan. Altaan hygieenisuus on huono ellei sitä ole verhottu sileäksi esim. 1...2 mm:n polyeteenipintakalvolla. Sileän uoman itsepuhdistuvuus alkaa virtausnopeudella 0,25...0,3 m/s.

## Kalanviljelylaitaiden käytöstä saatuja kokemuksia Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelylaitoksissa.

### *1. Kestomuoveista viljely-yksiköiden rakennusmateriaaleina saadut käyttökokemukset.*

#### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Ei kommenttia.

#### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Ei moittimista.

#### **Muonion kalanviljelylaitos**

PVC-osat ja -putket haurastuvat ja katkeilevat helposti.

Poikashallin sihdeissä oleva ”pleksi” halkeilee, jopa itseksen.

#### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Haudonta-asetit: materiaali liian ohutta, taipuu, halkeilee sihtilevyt irtoaa.

Pvc-putkitukset, painevesi, alipaine,- happivesi, allassyöttö ja poistomunkit, lohkeilee helposti, ei kestä iskua, korjaustarve suuri.

#### **Kuusamon kalanviljelylaitos**

Kestomuoveja on käytössä altaiden poistoissa, vesitysputkissa, hanoissa, poikashallin alipaineisessa lietteenpoistoverkostossa ja poikashallin kasvatusaltaiden poistosihdeissä. Kestomuovit ovat olleet 14 vuotta käytössä ja ovat kestäneet ja toimineet hyvin. Putkistojen liimaussaumamat ovat olleet pitäviä. Kasvatusaltaiden poistosihdejä on jouduttu korjaamaan, koska sihteihin kohdistuu puhdistusvaiheessa mekaanista kosketusta, joka on rikkonut ja pehmittänyt muovipintoja.

#### **Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus**

Kestomuovisista altaista on käyttökokemuksia ns. muovialtaasta. Allas on 6 m halkaisijaltaan, hitsattu vihreistä PEH-levyistä ja perustettu maapohjalle osittain maahan upotettuna. Altaassa on tapahtunut runsaasti muodonmuutoksia sekä vaippaan kohdistuvan maanpaineen että huonon maapohjatyön takia. Materiaali on kuitenkin joustavaa ja allas on pysynyt koossa vaikkakin muodoltaan muuttuneena.

Kestomuovi on materiaalina pehmyt ja käyttö naarmuttaa pintaa. Kun pinta naarmuuntuu, siihen tarttuu lika yhä tiukemmin.

Suuri osa käytössä olevista haudontasuppiloista on muovia. Materiaali ei ole käytössä lasin veroinen. Pinta on pehmeä ja käyttö huonontaa sitä koko ajan. Epäpuhtaudet tarttuvat muovisuppilon pintaan herkästi.

Laitoksella on ollut kasvatuskauden 1998 ajan käytössä 90 litran muovipaljuista (halk. 65 cm) tehtyjä koealtaita. Materiaalin ominaisuuksista on vaikea sanoa lyhyen

käyttökokemuksen jälkeen mitään. Allas kuitenkin soveltuu pienen poikaserän alku- eli ensimmäisen kesän kasvatukseen.

#### **Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely**

Veden virtauksen ohjaamista varten puristetut ”nokat” ovat katkeilleet eli suppilot ovat herkästi särkyviä.

Suppilot eivät ole varsinkaan alaosasta säännöllisen muotoisia ja veden virtauksella ei saada tästä syystä mädille tasaista pyörrettä.

PVC on materiaalina mädin pintaa vasten lasiin verrattuna nihkeämpi ja näin ei saada yhtä herkkää ja hyvin kuolleita jakavaa veden virtausta suppilon sisälle pienillä virtaamilla.

Kainuun laitoksella olevat haudontasuppilot ovat tilavuudeltaan liian pieniä, suppilot ovat toimineet kuitenkin tyydyttävästi.

#### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Pienaltaissa ei ongelmia, hyvä pinta, kestävä rakenne.

Isossa ulkoaltaassa, jossa on elementtirakenteiset muoviseinät, on maapaineen aiheuttamia pullistumia. Muovin oma jäykistyvyys vähäinen.

#### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Kalojen tuotannollisina kasvatusaltaina ei kokemuksia kestopuoveista.

Pieninä koealtaina ja haudontasaaveina sekä -suppiloina pitkä käyttökokemus, ei ongelmia.

Käytännössä ilmeisesti kova käsittely naarmuttaa pintoja, jopa haitallisessa määrin.

Hyvänä puolena ainakin pienissä yksiköissä kestävyys kolhuja vastaan, siirreltävyys ja työstäminen, mm. putkien läpiviennit ja leikkaaminen helppoja, leikkausjälki siisti.

Kehitettävää: materiaalien kovuusastevalinnat, hoito- ja puhdistusvälineet mahdollisesti muovipinnoilla oltava erilaiset kuin lasikuitu-, betoni- ja teräsaltailla.

*2. Lujitemuovialtaissa havaitut rakennevirheet tai muut puutteet puutteita (rikkoutumiset, säröt, taipumat, pintavirheet jne).*

#### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Ainevahvuudet heikot.

Pinta naarmuuntuu.

Lasikuitu vettyy.

#### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Yhden valmistajan altaissa pinnoite rikkoutunut, sorkilla seisovat altaat ”painuvat kasaan”.

### **Muonion kalanviljelylaitos**

Rakenteeltaan altaat moitteettomat.

### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Ei taipumia , pintavaurioita eikä halkeamia.

Sihtien vaihtaminen ongelma, vuotaa sihtien kiinnitysruuvien reijistä.

Altaat edelleen hyväkuntoisia.

### **Kuusamon kalanviljelylaitos**

EKATE on toimittanut poikashallin ja hautomon 7, 4 ja 1m<sup>2</sup>:n lujitemuovialtaat ja vesityskourut, jotka ovat olleet käytössä 14 vuotta. Vesitys ja poistokouruissa on pieniä pintalohkeamia, jotka ovat tulleet puhdistuksen yhteydessä (harjaus/painepesuripesu). Kasvatusaltaissa 7 m<sup>2</sup> altaissa on pohjan taipuisuutta, muita rakennevirheitä ei ole ilmennyt, pieniä pintarikkoumia puhdistuksen ja painepesurin aiheuttamina. Korjaustarvetta ei ole ollut.

### **Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus**

Lujitemuovialtaissa on havaittu jonkin verran rakennevirheitä. PK-muovin 15 m<sup>2</sup> altaissa on pohjassa lommahteluja, jotka viittaavat liian ohueen rakenteeseen. Sama vaikutelma tulee myös altaiden seinistä, joista valo näkyy laikuittain läpi. Altaan ulkokehän jalkana oleva rakenne on useissa altaissa muuttanut muotoaan. Samaisten altaiden poistoputkien mitoitus on koettu ahtaaksi, koska käytössä jotkut altaat ovat tulvineet. Kuitunikkarien tekemisessä 3,5 m<sup>2</sup> altaissa on havaittu maalin hilseilyä luultavasti alle jääneiden ilmakehien takia. Pintavauriot lyhentänevät altaan elinikää ja ainakin huonontavat hygienisyyttä. Kuitunikkarien sihtikiinnitys on huonompi kuin PK-muovin altaissa toteutettu.

### **Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely**

Lujitemuovialtaiden rakenteissa ei ole juurikaan ole havaittu rikkoumia ja virheitä.

Lujitemuovialtaiden vahaaminen yms. täydellisempi huolto muulla tavalla kuin puhdistamalla on kuitenkin kalanviljelylaitoksella lähes mahdotonta, kun altaat hyvin harvoin voivat olla pitempää ajanjaksoa tyhjillään. Toisaalta altaat ovat lähes poikkeuksetta kosteassa tilassa kiinnitettynä monimutkaisine putkistorakenteineen, joten myös se rajoittaa niiden huoltoa ja korjausta.

### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Lujitemuovin rakennevirheet.

Vanhemmissa pienaltaissa pohjapainauksia (liian ”rento” rakenne).

Vähän naarmuuntumista, ei juuri murtumia.

### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Rakennelujuus ei ole riittävä reunoissa tai pohjissa, reunat ”retkottavat” ja pohjat ”pullistelevat” eli veden painon aiheuttama kuormitus on mitoitettu väärin tai ei mitoitettu lainkaan.

Kolhiintumat jättävät terävää lasikuitua pintaan, lähinnä reunoihin ja kulmiin, mikä on selvä työsuojelullinen haitta.

Allasvalmistajasta riippuen eri asteisia kolhiintumia sisäpinnoissa, lohkeamia, säröjä, pinnoite irronnut jne.

Kehitettävää: lujuuslaskelmien perussäännöt laadittava, sisäpinnan lohkeilu/säröily vähennettävä sitkeyttä lisäämällä, jyrkät reuna- ja katkaisupinnat päällystettävä tai suojattava esim laminoimalla muovilista rakenteeseen suojaksi.

### **3. Betonialtaissa tai betonisissa allaspohjissa havaittuja ongelmia (pinnoitevauriot, pintaominaisuudet, rapautuminen, halkeamat jne).**

#### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Hiushalkeamat vähäisiä.

Pinnoitevaurioita ei ole.

#### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Routavauriot (halkeamat) ja levänkasvu karkealla pinnalla.

#### **Muonion kalanviljelylaitos**

Betonisissa allaspohjissa pintavaurioita.

#### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Maalipinta lohkeilee.

Lika lujassa, muuten toimivia.

#### **Kuusamon kalanviljelylaitos**

Betonialtaita on käytössä 12 kpl á 64m<sup>2</sup>. Betonialtaat olivat ilman katetta 6 vuotta, jolloin niihin tuli jään aiheuttamia pintalohkeamia ja hiushalkeamia. Pinnat on käsitelty lakalla, joka on osittain kulunut painepesuripuhdistuksessa ja jään aiheuttamana. Allasalueen kattamisen jälkeen kulumisvauriot ovat vähentyneet jään vaikutusten loputtua ja puhdistustarpeen vähetessä.

#### **Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely**

Ulkoallasalueen betonialtaissa on hiushalkeamia ja jonkinverran käytössä tulleita kolhuja sekä pieniä lohkeamia.

Betonialtaiden pinnoitteena käytetty lakka on lähinnä kosmeettinen, sillä altaiden pinta on valmistuksen jäljeltä ja materiaalinakin niin karhea, että lian irrottaminen normaalilla tavalla ilman painepesuria on lähes mahdotonta. Puhdistuksessa

painepesurin käyttöön ajautuminen on taas aiheuttanut vähäisenkin pinnoitteen täydellisen irtoamisen ja pinnan lisäkarhenemisen.

Pinnan karheuden vuoksi altaiden itsepuhdistuvuudesta ei voida puhua ja edelleen lietekartioiden toimivuus allasryhmässä ei ole läheskään täydellinen, koska epäpuhtaudet kiinnittyvät altaan pinnalle.

Altaiden rakenteissa on huomattavia laadullisia eroja eri urakoitsijoiden välillä.

Alkupalvesta muodostuvan jään pyöriminen altaiden vesirajassa aiheuttaa rapautumista. Ongelmaa on yritetty vähentää suuntaamalla tulovesiputkia keskemälle.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että betonialtaiden puhdistamisen työllistävä vaikutus on huomattava, vesi on kuitenkin pysynyt altaissa ja routavaurioita ei ole esiintynyt.

### **Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus**

Laitoksen kokonaan betonista tehdyillä ulkoaltailla (LSP) on jo ikää. Niissä on pintavaurioita varsinkin talvisen jäärajan alueella ja muuallakin. Pinta on melko karhea, maalit ovat kuluneet ja levä tarttuu pintaan tiukasti. Halkeilua ei ole havaittu. Altaat ovat kuitenkin puutteista huolimatta edelleen käyttökuntoiset ja käyttöikä on edessä pitkästi. Peruskorjauksen aika olisi kuitenkin jo käsillä.

Uudet sisäaltaiden betoniset allaspohjat ovat kestäneet hyvin. Ainoastaan yhden altaan (yksi liikaa) pohjassa on havaittu pinnan lohkeilua (B-hallin allas). Maalaus on ainakin toistaiseksi hyvin kiinni. Sisällä altaisiin ei kasva levää niinkuin ulkona, joten pohjat eivät joudu myöskään sellaisen pesurasituksen kohteeksi kuin ulkoaltaissa.

### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Laitoksessa betonialtaita ja allaspohjia.

Ulkoaltaissa (vanhat altaat) pahaa rapautumista. Pinta huono puhtaanapidon kannalta. Vaikeita pinnoittaa toimiviksi, pinnoitteet irtoavat (poikkeuksena 70 luvun alun myrkylliset Epirexit ja Eworalit, jotka pysyneet hyvin).

### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Ongelmana on pinnoitteen irtoaminen betonista erityisesti jäätymisilmiön yhteydessä vesipinnan tasolla altaiden reunoissa.

Pinnoitteen irrottua lohkeilu jatkuu syvemmälle betoniin, jopa niin, että teräkset tulevat esiin.

Altaiden pohjalla pinnoitteen irtoaminen vähäisempää, mutta sitä kuitenkin esiintyy.

Perussyy heikkoon laatuun lienee rakennusvaiheen virheet ja mahdollisesti betonin laatuluokka.

Toinen mahdollinen syy on valitun maalin soveltumattomuus koviin ulko-olosuhteisiin, sillä sisällä pinnoite on säilynyt paremmin.

Kolmas ulkoaltaita koetteleva tekijä voi olla ulkoinen pohjavesitaso, jonka johdosta vesi painuu betoniin ja jäätyy juuri allasvesipinnan yläpuolella betonin pinnassa aiheuttaen sen murtumisen, eli maan laatu ja kuivatusjärjestelmä eivät ole oikein suunnitellut ja toteutetut.

**4. Haponkestävien teräsaltaiden toimivuus. Ruostumattoman teräksen hyvät ja huonot ominaisuudet.**

**Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Haponkestävien altaiden käyttökokemukset ovat erittäin hyvät.

**Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Ei kokemusta.

**Muonion kalanviljelylaitos**

Helppohoitoisia ja ei säröjä.

Kaikuu mutta upotettaessa altaan yläreuna lähelle lattiapintaa ei ole ongelma.

**Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Ei kommentteja.

**Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus**

Teräsaltat ovat toimineet hyvin. Teräksestä materiaalina ei ole mitään kielteistä sanottavaa. Lika lähtee pinnasta kevyesti harjaamalla.

**Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Ei kokemuksia.

**Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Ei kokemuksia.

Rakenneosina ja rakenteina sekä ruostumaton että haponkestävä erittäin hyviä kalanviljelylaitosten olosuhteissa.

**5. Eri laitosten viljely-yksiköiden soveltuvuus niille suunniteltuun käyttötarkoitukseen.**

**Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Vanha halli ja hautomo eivät täytä nykyajan vaatimuksia.

Emokalparvien määrän lisääntyessä allasyksiköiden määrä ja kokovalikoima (4m<sup>2</sup>, 8m<sup>2</sup>, 50m<sup>2</sup>) riittämätön, tarvittaisiin välikokoisia (esim. 28 m<sup>2</sup>) altaita.

**Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Hallissa saisi 2. kerroksen ja katon välissä olla korkeussuunnassa enemmän työskentelytilaa.



### **Muonion kalanviljelylaitos**

Laskeutukseen perustuvalla lietteenkeräilyllä ei päästä haluttuun lopputulokseen.

### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Järvivesitys ei välttämättä sovellu lohenviljelyyn.. Talvilämpötilat liian korkeat. Poikaset kuoriutuvat liian aikaisin. Tarvitaan ehdottomasti veden lämmitysmahdollisuus varmistamaan starttiruokinnan onnistuminen.

Lämminvesijärjestelmää muutettu ja korjattu. Rakennettu kierrätys ja hankittu UV-sterilisaattori. Ilmastimia suurennettu, lisätty kennoja, parannettu roiskesuoja.

### **Kuusamon kalanviljelylaitos**

Laitokseen tarvittaisiin eristyshautomo- ja desinfiointitilat sekä lisää varastotilaa. Poikashallin allasratkaisut ovat pienpoikaskasvatukseen soveliaat ja allasvaihtoehtoja on riittävästi. Allashallin betonialtaat ovat jossain määrin epäkäytännölliset. Kantoja ja ikäryhmiä on tullut lisää, jolloin tarvittaisiin kasvatusyksiköitä lisää. Tarvittaisiin myös pienempiä yksiköitä.

### **Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus**

Allastus sopii hyvin suunniteltuun käyttötarkoitukseensa. Pienille emokalaparville olisi voinut olla vielä jokin välikokoallas 15 ja 50 m<sup>2</sup> altaiden välissä. Isoille emakaloille, varsinkin taimenille 50 m<sup>2</sup> allas saisi olla jopa syvempi (kalojen kesäaikainen hyppiminen).

### **Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely**

#### *Tekninen vedenkäsittely*

Vedenkäsittelytila on Kainuun laitoksessa liian ahtaasti rakennettu. Huoltojen ja puhdistusten suorittaminen on vaikeata, kun työtilat ovat eräiden laitteiden osalta aivan liian ahtaat. Ahdas rakentaminen on tuonut myös jonkinverran kosteusongelmia.

Vedenkäsittelytilan laitteiden toimivuus on ollut tyydyttävä. Pieniä muutostöitä on laitteisiin käyttökokemuksen myötä kuitenkin vuosien varrella tehty. Asennettujen laitteiden laatuolosuhteissa on ollut huomattavia eroja eri toimittajien välillä.

#### *Hautomo*

Hautomo on hieman ahtaaksi rakennettu, lisäksi hautomosta puuttuu kokonaan työvälinevarasto sekä mädin desinfiointiin ja luovutukseen soveltuvat tilat.

PVC on materiaalina haudontayksiköiden tulovesirakenteissa hauras, rikkoontuva sekä hankala korjata.

Hautomotilat ovat toimineet kuitenkin tyydyttävästi, tiloja on myöhemmin lisärakennettu ja muunneltu eri haudontatarpeisiin sopiviksi.

#### *Poikashalli*

Poikashallin pienet altaat kiinni toisiinsa asennettuna ovat hankalasti hoidettavissa.

Lattiassa on ollut kosteuden aiheuttamia maaliongelmia, joita prosessin toiminnassa ollessa on hankala korjata.

Suuren lujitemuovisen allaskaluston vahaus ja huolto on ollut vaikea toteuttaa keskeytymättömässä tuotannossa.

Poistovesikourujen metalliset ritilätasot ovat raskaita ja äänekkäitä.

Varastotilat ovat olemattomat.

Pesu- ja desinfiointitila on olematon.

Lämpölinja on hankalasti rakennettu (myöhemmin toimintaa käyttäjän toimesta yksinkertaistettu).

PVC on materiaalina pienemmissä allasvesiputkirakenteissa hauras, rikkoontuva sekä hankala korjata.

Tilan toimivuus ollut kuitenkin tyydyttävä.

### *Ulkoallasalue*

Ulkoallasalueen neljää allasta yhdistävä poistovesimunkki on käytössä osoittautunut erittäin epäonnistuneeksi ratkaisuksi sekä hankalaksi ja työlääksi käyttää. Lisäksi allasryhmän altaiden viljelyvesien sotkeentuminen ja edelleen kalatautien leviäminen on enemmän kuin todennäköistä tämäntyyppisessä rakenneratkaisussa kokeneellakin käyttäjällä. Myöhemmin emokala-altaiden rakennusvaiheessa yhteismunkki-rakenteeseen tehdyt muutoksetkaan eivät ole poistaneet näitä käyttöön ja hoitoon liittyviä ongelmia.

Ulkoallasalueen altaiden tuloveden syöttöputkesta poikaspuolelta puuttuu säätövara veden syöttämiseksi eri vesikerroksiin.

Myöhemmin erillisenä urakkana käyttäjän toivomuksesta allasalueelle rakennettu pesuvesiverkosto on palvellut hyvin. Pesuvesiverkoston jäätyminen estää sen käytön kuitenkin talviaikana vaikka edellytyksiä sään puolesta altaiden pesuun olisikin.

Ulkoallasalueen altaita on arvioitu kohdassa betonialtaat.

Ulkoaltaiden tarpeita varten rakennettu allaskohtainen happivesiputkisto on ollut lähes koko ajan käyttämättömänä. Ulkoaltaiden hapetus on hoidettu myöhemmin rakennettua putkiliittymää apuna käyttäen, missä happikartioissa hapetettu vesi ohjataan suoraan runkoputkistoon.

### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Laukaan laitoksen sisätilojen (B- ja E-hallit, muovialtaat) nykyiset altaat ovat hyvin käyttötarkoitukseensa soveltuvia. D-hallissa (betoni) toistuva maalaustarve, muuten kelvollisia, paitsi että hallirakenne vaikeuttaa hoitotyötä.

### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Haudontalaitteet: asetit ja saavit toimivat, sihtireiän tulee olla pitkänomainen, suppiloista ei kommentteja.

Poikasaltaat: pienaltaiden halkaisijan/sivun tulee olla hoidon takia vähintään kaksinkertainen syvyyteen nähden, reunojen hyppyesteiden kiinnitys voitaisiin ajatella jo osaksi altaan rakennetta.

Emoviljelyssä isot pyöröaltaat toimivia, kalojen keräilyä auttaviin rakenteisiin tulisi kiinnittää huomiota jo rakennusvaiheessa, mm. väliaitojen käytössä ongelmia keskisihtirakenteen ja hoitosiltatukien johdosta.

Betoniset uoma-altaat käyttökeltottomia, samoin koealtaina käytetyt king-fisher- eli D-päätyiset altaat, syynä ilmeisimmin se, että ko.. allastyypit vaativat valtavasti vettä toimiakseen.

#### ***6. Pyöröaltaiden ja neliömäisten altaiden itsepuhdistuvuus ja siihen vaikuttavat tekijät.***

##### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Pyöröallas on hyvä, mutta virtaamatiedot altaassa puuttuvat (hydrauliikka). Kokemuksen mukaan kyllä tietoa kertyy.

Neliömäiset ovat hyvät (monipuolinen veden nopeus).

Pyöröaltaat puhdistuvat todella tehokkaasti, esim. rehun liikasyöttöä ei voida todeta altaasta, neliömäiset altaat vanhoja, kuluneita ja kupruilevia, puhdistus työläämpää.

##### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Pyöreitä altaita ei ole käytössä. Neliömäisissä altaissa veden virtaus vaikuttaa puhdistuvuuteen, altaan pohjassa olevat kuprut haittaavat puhdistumista. Yleisesti ottaen altaat toimivat hyvin.

##### **Muonion kalanviljelylaitos**

12,5 m<sup>2</sup> pyöröallas ei sovellu 1-kesän kasvatukseen. Heikolla virtauksella ei saada epäpuhtauksia kulkeutumaan kartion pohjalle (jää kartion seiniin ja altaan pohjalle).

Virtauksen voimakkuus ja -suunta sekä kalamäärä ja -laji heikentävät altaan itsepuhdistuvuutta.

##### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Halkaisijaltaan 2 ja 3 metriset poikasaltaat puhdistuvat hyvin. Nykyisillä allassyöttöillä saadaan hyvä allashydrauliikka.

Halkaisijaltaan neljän metrin altaissa itsepuhdistuvuus huononee selvästi.

Itsepuhdistuvuuteen vaikuttaa allassihtien reijitys. Eri reikäkoolla varustettuja helposti vaihdettavia sihtejä pitäisi olla eri kokoisille kaloille. Halkaisijaltaankahdeksan metrin vaelluspoikasaltaissa saadaan aika hyvä puhdistuvuus aikaan uima-allassuuttimilla ja riittävällä virtaamalla.

##### **Kuusamon kalanviljelylaitos**

Laitoksen käytössä on ainoastaan pyörästettyjä neliömäisiä lasikuitualtaita ja neliön muotoisia betonialtaita. Itsepuhdistuvuus on neliömäisissä lasikuitualtaissa riittävä, poistosihtien viereen jää jonkin verran ulostetta ja likaa, joka johtuu epäsovivista sihtien reikäharvuuksista. Betonialtaat ovat neliömuotoisia ja vesitys tulee kahdesta nurkasta pystystä tuloputkesta, jossa on seitsemän tuloaukkoa. Virtausnopeus on altaissa n. 10cm/s. Itsepuhdistus toimii.

### **Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus**

Sisällä olevien pyöreiden altaiden itsepuhdistuvuus on hyvä. LSP-altaiden puhdistuvuus ei ole samaa luokkaa. Ilmeisesti suurempi koko, pienempi pohjan vietto ja patoavampi sihti vaikuttavat asiaan. Väljät sihdit vaikuttavat asiaan myönteisesti, samoin luonnollisesti riittävä virtaus ja kalaparven liike.

### **Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely**

Lujitemuovisten altaiden itsepuhdistuvuus toiminee erinomaisesti, lujitemuovisten altaiden rakenteissa ei kuitenkaan ole lietekartioita tai lietetaskuja, joten liete ei keräydy mihinkään ja itsepuhdistuvuuden etu koituu vain altaiden puhdistamisen ja hoidon hyödyksi.

Betonisten altaiden itsepuhdistuvuus on pinnanlaadun/materiaalin vuoksi erittäin huono, samoin altaiden munkkirakenteisiin rakennetun lietekartion ja edelleen koko keräytyvän lietteen tussautusjärjestelmän toiminta kyseenalaistuu, kun epäpuhtaudet kiinnittyvät betonisten altaiden karheille pinnolle.

Itsepuhdistuvuuden huonosta toiminnasta aiheutuvia kuormitusteknisiä ongelmia ei kuitenkaan ole vielä ollut, sillä kalabiomassat eivät ole olleet maksimissaan ja koska puhdistamalla olevat rumpusiivilät kuitenkin siivilöivät lähes kaiken käytetyn viljelyveden. Kuormituksen kannalta kuitenkin epäpuhtaudet ja niiden mukana olevat ravinteet olisi hyvä saada käsittelyyn puhdistamolle mahdollisimman pian ennenkuin ne liukenevat veteen, mistä niitä on vaikeampi saada eroteltua.

Itsepuhdistuvuuden parantamiseksi altaiden hyvä pinnanlaatu ja tuloveden syöttöputkistojen muunneltavuus olisivat tärkeitä tekijöitä (virtausnopeus, pohjasyöttö jne.).

### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Ei allastyypikohtaisia tutkimuksia. Pyöristetyt neliöaltaat jokseenkin pyöreiden veroisia. Poistosihtirakenne vaikuttaa ratkaisevasti siihen, miten liete poistuu altaasta. Lattasihtirakenne tehokkaampi. Luonnonvalossa leväkasvu suurempi ongelma ja siihen ei allasmuoto vaikuta.

### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Täydellistä itsepuhdistuvuutta voi tavoitella oikeastaan vain pienessä altaassa, jossa virtausnopeus, myös säteen suuntainen kierto eli spiraali, saadaan riittäväksi suhteessa altaan säteeseen - tämä ei usein ole mahdollista, koska pienissä altaissa kasvatetaan pientä kalaa, mikä ei kestä kovassa virrassa.

Optimin hakeminen säteen ja virtausnopeuden suhteen on vieläkin puutteellisesti tutkittu, eli allashydrauliikkaa tulisi selvittää itsepuhdistuvuuden kannalta lisää, mutta kuitenkin ottaen huomioon myös kalojen aiheuttamat veden liikkeet, rehut, kalojen ulosteet jne.

Pyöröaltaan itsepuhdistuvuutta heikentää altaan koon kasvaminen (ks. edellä säteen suhde virtausnopeuteen), mutta myös poistosihtiratkaisu, ilmeisesti lattasihti olisi paras - sihti ei kuitenkaan liene suurin tekijä.

Altaan pohjan sileyys (puhtaus) on ratkaisevan tärkeä poistovesiratkaisun ollessa sama; emokalalahallissa itsepuhdistuvuus on hyvä (yli 80 % kiintoaineesta), mutta samankokoinen allas ulkona ei puhdistu juuri lainkaan, koska kiinni kasvava

(kuitenkin vähäinen) levä hidastaa ja estää kiintoaineen kulkeutumista kohti keskustaa.

Neliöaltaista ei laitoksella kokemuksia.

### ***7. Altaan muodon vaikutus kalojen viihtyvyyteen. Ataan oikea mitoitus ja siihen vaikuttavattekijät.***

#### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Käytössä olevat kokoluokat hyvät (1 m<sup>2</sup> - 50 m<sup>2</sup>).

Yksi välikoko saisi olla pienille ja kasvaville emoparville, neliömäiset altaat soveltuvat hyvin etenkin taimenen alkukasvatukseen.

#### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Käytössä ainoastaan neliömäisiä, ei voida vertailla muihin allastyyppeihin.

#### **Muonion kalanviljelylaitos**

Pyöreä 3,3 m<sup>2</sup> allas sopiva starttiallas (pienempi ei ole hyvä).

Pyöreässä altaassa kalat ovat tasaisemmin jakaantuneena kuin neliön muotoisessa altaassa.

#### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Halkaisijaltaan kaksimetrinen pyöröallas on sopiva starttikasvatukseen.. Hoito ja ruokinta helppo toteuttaa. Startin jälkeen siirto halkaisijaltaan kolmemetrisiin pyöröaltaisiin. Ensimmäisen vuoden viljelyssä ei tulisi olla suurempia altaita. Halkaisijaltaan nelimetrinen allas on liian suuri, hoito vaikeutuu, itsepuhdistuvuus huononee, kalojen kiinniotto hankaloituu. Vaelluspoikasten viljelyssä halkaisijaltaan kahdeksanmetrin pyöröallas on sopiva koko.

#### **Kuusamon kalanviljelylaitos**

Altaan muoto vaikuttaa kalojen viihtyvyyteen. Poikashallin altaita on kolmea eri kokoa 1 m<sup>2</sup>, 4m<sup>2</sup> ja 7 m<sup>2</sup> altaita. Kyseisissä altaissa kasvatetaan 1 vuotiaiksi järvitaimenia ja järvilohia. Kasvatustiheydet on 5-10 kg/m<sup>2</sup>. Tuloveden virtaama on 0,8 l/s. Kalat jakaantuvat tasaisesti koko altaan alueelle ja viihtyvyys on hyvä. Betonialtaat ovat 64 m<sup>2</sup> suuruisia ja vesitilavuus on n. 85m<sup>3</sup>, virtausnopeus altaissa on n. 10 cm/s. Kalojen jakautuminen altaissa vaihtelee eri ikäluokilla. Yksivuotiaat poikaset eivät käytä koko altaan tilavuutta hyväksi. Kaksivuotia ja sitä vanhemmat kalat jakautuvat tasaisesti vesimassaan. Kalat viihtyvät hyvin ja kuolleisuudet ovat hyvin pieniä.

#### **Taivalkosken riistan ja kalantutkimus**

Laitoksella on muutamia vanhoja maa-altaita ja joitakin tilapäissäilytykseen tarkoitettuja pieniä neliömäisiä altaita lukuunottamatta käytössä pyöröaltaita. Ei ole olemassa havaintoja tai näkemyksiä siitä, että nykyinen allasmuoto olisi viihtyvyyden kannalta huono. Mitoituksen osalta viitataan kohtaan 5.

### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Pyöreässä altaassa kalat levittäytyvät paremmin koko altaan alueelle kuin muissa muodoissa. Mikä yhteys tällä on viihtyvyyteen, ei ole tiedossa.

### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Kysymys on kalapsykologinen ja siltä osin tutkimukset ovat kovin puutteellisia.

Viime aikoina tehdyt kokeet viittaavat siihen, että altaan kalojen sukulaisuussuhteet ja aggressioiden kehittyminen, erilaistuminen, vaikuttavat enemmän kuin olosuhteet itsessään, joten allasmuotoon liittyvät havainnot saattavat olla jopa vääriä, jos näitä seikkoja ei tunneta.

Altaan mitoituksella ei liene väliä, kunhan kala sopii siinä liikkumaan (virtaa vastaan) luonnollisessa asennossa normaalein uintiliikkein - tarvittaisiin siis teoreettinen malli eli suhdeluku kalan pituuden ja altaan dimensioiden, lähinnä säteen tai halkaisijan suhteen.

Koejärjestelyissä on havaittu, että kalat oppivat ja tuntevat altaan seinän, eli jos se kerran on vasemmalla kyljellä kuononosoittaessa vastavirtaan, kala pyrkii ainakin aluksi asettumaan oikea kylki altaan reunaan, vaikka virtaussuunta muuttuisikin, eli viihtyvyyteen voi vaikuttaa myös kalojen siirroilla jne, kun tekijät tunnetaan ja otetaan huomioon.

***8. Minkälaiset altaat ja mistä materiaalista hankittaisiin nykytietämyksen valossa? Missä nykyisissä hankinnoissa tai rakenneyksityiskohdissa on onnistuttu, missä epäonnistuttu? Mitä parannuksia esitetään nykyiselle kalustolle?***

### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Poikashallissa osan altaista uusia 4 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>. Emohallin rinnalle uusi poikashalli (alkuperäisen suunnitelman mukaan).

### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Mielestämme nykyiset altaat palvelevat meitä hyvin.

### **Muonion kalanviljelylaitos**

#### *Emokalahalli*

Sihtiratkaisu täydellisesti epäonnistunut.

Munkki altaan ulkopuolelle.

Altaat materiaaliltaan hyvät.

Kalustaminen kesken - pesupaikka ja vesipisteet puuttuvat.

#### *Poikashalli*

12,5 m<sup>2</sup> pyöröallas liian suuri ja korkea 1-kesän viljelyyn.

Vanhojen 4 m<sup>2</sup> altaiden kunnostus taloudellisesti kyseenalainen toimenpide.

Rehukeittiön ulko-ovi liian kapea.

Käännettävä rst-sihti (kaksi reikäkokoa) starttialtasiin.

#### *Puhdistamo*

Lietteen ”tussautukset” ajoitettava tarkasti pitkin työpäivää.

Puhdistamo häiriöherkkä.

Rumpusiivilä olisi tehokkaampi ja huolettomampi.

#### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

##### *Ensimmäisen vuoden viljely:*

Starttialtaikshalkaisijaltaan 2 metriset lujitemuoviset pyöröaltaat varustettuna käännettävällä pystysihdillä, jossa reikäisyys toisessa päässä tiheämpi ja toisessa harvempi.

Startin jälkeen halkaisijaltaan 3 metrin pyöröallas varustettuna vaakasihdillä. Sihtiharvuuksia pitää olla useita eri kokoisille kaloille. Sihdit pitää olla helposti vaihdettavia.

##### *Vaelluspoikasviljely ja emokalaviljely:*

Halkaisijaltaan kahdeksanmetriset pyöröaltaat, helposti vaihdettava vaakasihti. Sihtiharvuuksia useita kalojen koon mukaan.

##### *Haudonta:*

Kaukalohaudonta, enintään 6 asettia. Asettien materiaali tukevaa muovia, joka ei taivu eikä lohkeile, jossa sihdit pysyy hyvin kiinni.

##### *Suurimmat epäonnistumiset:*

PVC -putkitukset allassyöttöinä, happivesi,-painevesi,-alipaineputkina eivät kestä. Jatkuvaa korjaustarvetta.

Lohihallin keräilybunkkeri. Kalat menevät liian kovalla vauhdilla, suomet irtoavat, kalat vaurioituvat. Bunkkeria ei ole voitu käyttää ollenkaan.

Kasvatus- ja lohihallin valaistus. Ikkunat pois. Valaistus hoidetaan tietokoneella.

#### **Kuusamon kalanviljelylaitos**

Haudonta- ja ensimmäisen vuoden kasvatus ja haudontatilat ovat sopivia niin materiaalin kuin kokojenkin osalta. Nykyisten betonialtaiden tilalle voisi harkita jotakin muuta materiaalia seinämien kulumisvaurioiden takia, muista materiaaleista ei ole kokemusta. Erilaisia allaskokoja tarvittaisiin nykyistä enemmän.

#### **Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus**

Nyt tehtyinä päädyttäisiin kutakuinkin samanlaisiin ratkaisuihin. Teräs pintamateriaalina on osoittautunut niin hyväksi, että mikäli teknisesti ja taloudellisesti olisi mahdollista niin altaan pohjakin saisi olla terästä. Altaiden kokovalikoimaan haluttaisiin vielä halkaisijaltaan 6 metrin allas lisää, samoin halkaisijaltaan 8 m altaisiin lisää syvyyttä. Isojen kalojen altaiden sihtien reilu väljentäminen oli onnistunut ratkaisu, samoin isojen altaiden poistomunkkien säätöasetistä tuli hyvä. Huonommin onnistuttiin 15 m<sup>2</sup> altaiden kanssa. Altaissa on muodonmuutoksia ja poistoputkitus/pinnankorkeuden säätö on ahdas. Sihtikiinnitys on hyvä.

## **Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely**

### *Betoni*

Tilavuudeltaan suurempiin massiivisiin allasrakenteisiin (ulos).

Ei vaadi metallisilta työvälaineiltä välttämättä suojausta.

Ei toimi sellaisenaan eikä lakattuna jos pinnan karheutta ja huokoisuutta ei saada poistettua.

Vaatii liukkaan, helposti puhdistettavan, lujan ja kulutusta kestävä pinnanpinnoitteen, jossa pieni kitkakerroin (epoksi, lujitemuovi, metalli), joka ei saa aiheuttaa stressiä materiaalillaan tai värillään altaassa oleville kaloille.

### *Lujitemuovi*

Perinteinen ja toimiva.

Tilavuudeltaan pienempiin allasrakenteisiin (sisälle).

Vaatii metallisilta työvälaineiltä suojausta.

Vaatii hoitoa.

Kevyt, siirreltävä.

## **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Keinomateriaalista valmistetut (lujitemuoviset) sekä poikasviljelyyn että jatkokasvatukseen.

## **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Edellä mainitut uoma-altaat ja D-päätyiset altaat jäisivät rakentamatta.

Allaskokovalikoimasta suurimmat halkaisijaltaan 10 m altaat korvattaisiin pienemmillä, mahdollisesti kaikki emoaltaat olisivat 6 m:n halkaisijalla.

Mahdollisimman suuri osa altaista sisätiloihin ja joka tapauksessa varustettuna vaikka erilliskattein valon ja lintujen vuoksi.

Materiaalit voivat olla nykyisetkin (betoni soveltuu hyvin, kun se on tehty kunnolla), hinnasta riippuen.

Poistosihitratkaisu, poistovesiratkaisu ja altaiden pinnankorkeuden säätö mietittäisiin kokonaan uudelleen käyttökelpoisemmaksi ja käyttäjäystävällisemmäksi sekä vähemmän työllistäväksi.

Hoitosiltoja ei rakennettaisi, ruokinta-automaatiossa harkittaisiin osaksi robottiruokkijoita.

## **9. Maa-altaiden hyvät ja huonot ominaisuudet?**

### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Kalat voivat hyvin isossa hyvässä maa-altaassa (esim. ehjät evät).

Inarin laitoksessa oli erittäin huonot maa-altaat. Ne olivat työläitä hoitaa (jäätyminen), vaikeita puhdistaa (altaat rapautuivat, hienoaines valui reunoilta pohjalle) ja kalojen kiinniotto altaista oli hankalaa (allas keräsi lietettä, joka kaloja



nuotatessa sekoitti veden), kalat olivat alttiina linnuille ja pienpedoille, altaiden vesitys oli riittämätön.

### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Altaiden huonoja puolia: linnut, kirkas auringonpaiste, runsas levän kasvu.

Altaiden hyviä puolia: kaloilla luonnonmukainen valorytmi, altaiden halpuus, hyvällä säällä mukavaa työtä.

### **Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus**

Maa-allasviljely laitoksella alkaa olla historiaa. Maa-altaan haittapuolia on sen huono puhdistettavuus ja desinfiotavuus. Huonona ominaisuutena voidaan pitää myös altaan muodon muuttumista käytön myötä.

### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Karpille ainoa toimiva allastyyppi. Lohikaloilla huono tyyppi. Altaan puhtaanapito, kalojen hoito ym. hankalia. Toimivat hyvin siian emokalaviljelyssä niin kauan, kuin hoitokylvetystarpeita ei ollut.

### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Maa-altaiden desinfiointi on ongelmallista, lähes mahdotonta.

Tautien hallinta on ongelmallista, kylvetykset erittäin vaikeita mitoittaa oikein, lääkerihuruokinnassa tarkkaan ruokahalun seurantaan mahdollisuudet ovat huonot, kuolleiden ja sairaiden kalojen poisto nopeasti hankalaa jne.

Lietteenpoisto ei toimi ilman erityisrakenteita käytön aikana lainkaan, liete voidaan poistaa vain altaan ollessa tyhjä/lähes tyhjä.

Kalat ”viihtyvät” maa-altaissa hyvin, johtuen kuitenkin ilmeisesti enemmän harvoista tiheyksistä kuin itse altaasta, tosin keinoallasta ”monimuotoisempi” ympäristö voi vaikuttaa asiaan.

Kivetyt maa-altaat, joissa on suuri läpivirtaama, sopivat erittäin hyvin kalojen ”kuntouttamiseen” eli pintavauriot ja väritys mm. kututappeluiden jäljiltä näyttävät paranevan paremmin kuin keinoaltaissa.

### ***10. Kokemukset puun, kuparin ja alumiinin käyttö viljely-yksiköiden rakennusosina.***

#### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Laitoksella kaksi allasta puolipuuseinillä, olivat hyviä.

#### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Puuta hankala saada puhtaaksi, painekyllästettykin lahoaa, alumiinista hyviä kokemuksia, kuparista ei kokemusta.

### **Muonion kalanviljelylaitos**

Puu materiaalina huono, lahoaa ja puhdistettavuus heikko.

Kupariosista liukenee kuparia veteen.

Alumiini hyvä ja keveä materiaali määrättyihin kohteisiin.

### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Ei kokemuksia.

### **Taivalkosken riistan ja kalantutkimus**

Puu rakennusosana on hygieniasyistä huono. Kuparia ei käytetä. Alumiinisia allasosia on lähinnä sihdeissä johon se materiaalina soveltuu. Taivalkoskella allasvarusteet (aidat, lypsypöydät, hyllyt yms.) on tehty alumiinista ja niihin ollaan tyytyväisiä. Ne ovat kevyitä, materiaali on kohtuullisen hintaista ja sitä voidaan työstää laitoksella.

### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Kupari ei sovellu mihinkään, alumiini käy Laukaan vedenlaadulla hyvin haudontakaukaloiksi ja pienalkioisten lajien starttiin. Käytössä 1960-luvulla tehtyjä kaukaloita. Alumiini sopii joihinkin sihtityyppeihin hyvin. Puusta ei kokemuksia.

### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Kupari ja alumiini eivät kuulu kalanviljely-yksiköihin, joiden kanssa viljelyssä käytettävä vesi tai kalat ja mäti joutuvat tekemisiin.

Puu soveltuu käytettäväksi settipadoissa, mutta ei juuri muualla.

## ***11. Altaiden väritys.***

### **Inarin kalantutkimus ja vesiviljely**

Perinteinen vihreä hyvä väri.

### **Sarmijärven kalanviljelylaitos**

Ei kokemuksia eri väreistä.

### **Muonion kalanviljelylaitos**

Ei kokemuksia. Vihreä altaan väri tuntuu hyvältä.

### **Tornionjoen kalanviljelylaitos**

Vihreä sopii hyvin.

### **Kuusamon kalanviljelylaitos**

Poikasaltaat ovat väriltään vihreät. Haudontakaukalot ovat harmaan värisiä ja betonialtaat betoninharmaita. Käytössä olevien altaiden värisävyt ovat hyviä; kalat jakaantuvat melko tasaisesti koko altaalle eikä valaistus häiritse.

### **Taivalkosken riistan ja kalantutkimus**

Laitoksessa on käytössä lähinnä tumman vihreitä ja harmaita altaita. Väriyksellä ei ole havaittu olevan vaikutusta kalojen viihtyvyyteen. Mikäli altaan pesuväli on pitkä, muodostuu veden kiintoaineksesta altaan sisäpinnoille ruskea tai tumma kalvo ja pohjavärin eroista huolimatta kaikki pinnat näyttävät samanlaisilta.

### **Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Samana tummuusasteen vihreässä ja punaisessa värissä ei ole havaittu eroja (D-halli). Hyvin vaalea väri voi lisätä kalojen arkuutta.

### **Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely**

Kysymystä on vaikea lähestyä, kun pääasiassa on käytetty vihertäviä ja ruskehtavia sävyjä tai betonin luonnollista väritystä.

Missä väreissä on ollut ongelmia?

Valon määrän, suunnan ja häiritsevien varjojen vaikutus voi olla väritystä merkittävämpi tekijä.

