

Virtaussimulaatioseminaari 29.3.2007

teollisuuden puheenvuorot: virtaussimulaatiot, merkitys ja kehitystarpeet

T. Toppila
Fortum Nuclear Services (FNS)
Espoo Dipoli 29.3.2007

FNS CFD virtaussimuloinnit, taustaa

- Fortum Nuclear Services: osa Fortum-konsernia, 140 hengen yritys osaamisalueena ydinvoimaan liittyvät insinööripalvelut: ydinturvallisuus, prosessisimulointi, ydinjätteet, käytön tuki, automaatio, materiaali ja rakenteet
- CFD osaksi termohydrauliikka-analyysityökaluja vuonna 1995
- 2-3 CFD-osaamista omaavaa termohydrauliikka-insinööriä
- Kaupalliset ohjelmistot: PHOENICS, nykyään pääosin FLUENT
- T&K: oma sisäinen T&K, kansallista yhteistyötä mm. VTT, korkeakoulut, SAFIR2010-tutkimusohjelma, Tekes. Kansainvälistä yhteistyötä mm. EU hankkeissa



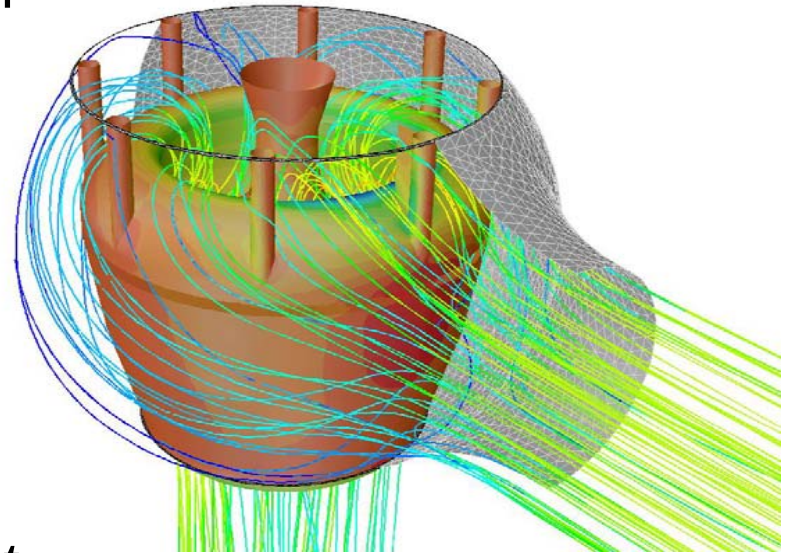
FNS CFD virtaussimuloinnit, sovelluksia

Nykyisiä PWR sovellusalueita:

- Osana luvitukseen kuuluvia turvallisuusanalyysijä
 - jäähdytteen 1-faasivirtaus polttoainepussissa
 - jäähdytteen sekoittuminen paineastiassa
 - primääripiirin katkon aiheuttamat kuormitukset
- Ydinvoimalaitosten laitosmuutosten tukena, esim.
 - pääkiertopumppujen imutuolien modifikaatiot
- Laitosten käyttöiän hallinnan tukena, esim.
 - pisaroiden kulkeutuminen höyryvirtauksessa
 - lämpötilakerrostumiset putkistoissa

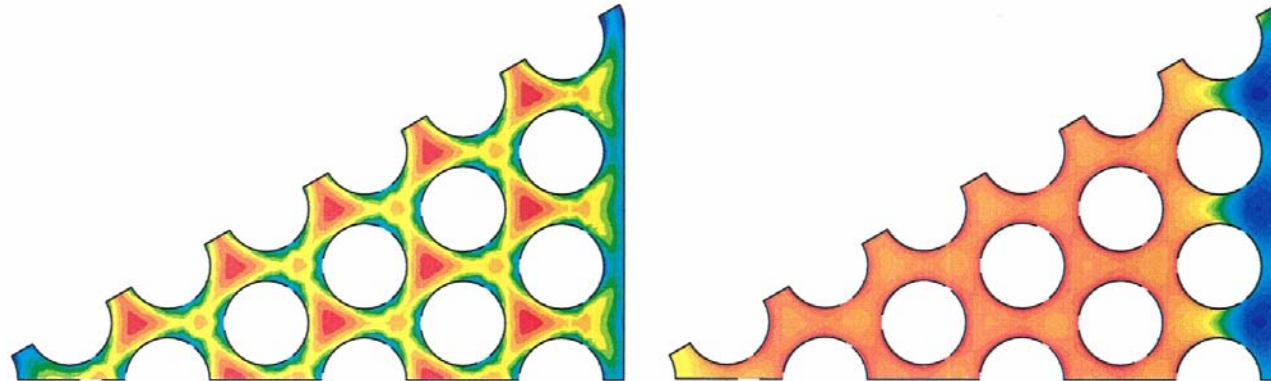
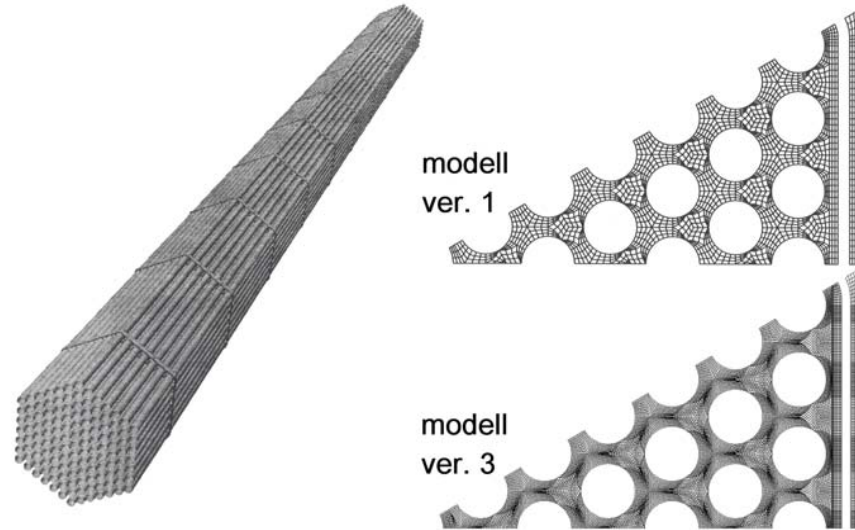
FNS CFD virtaussimuloinnit, sovelluksia

- suojarakennuksen sisäisen virtauksen 3-D ilmiöt, mm. vedyn jakautuminen ja kerrostuminen
- Ydinjätteen loppusijoitus
 - pohjaveden virtaukset
- *yleensä virtaustarkastelut joissa*
 - *3-D ilmiöt oleellisia*
 - *kokeellinen tarkastelu vaikeaa tai mahdotonta*
 - *systeemikoodien ominaisuudet eivät riittäviä*

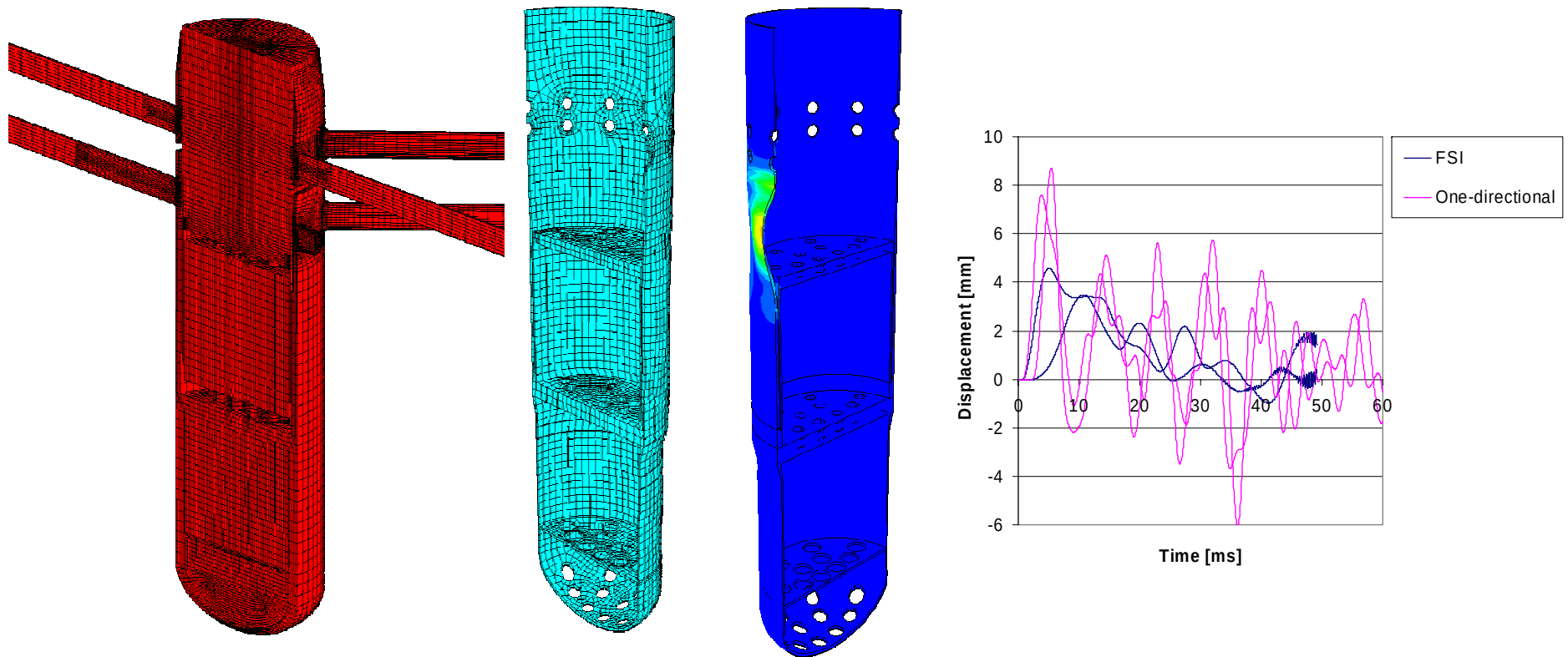


FNS CFD virtaussimuloinnit, sovelluksia

**Loviisan VVER-440
painevesireaktorin
polttoainenippujen
jäähdytteen virtaus ja
lämpötila, 1-faasivirtaus
ja yksisuuntainen
kytkentä neutroniikkaan**

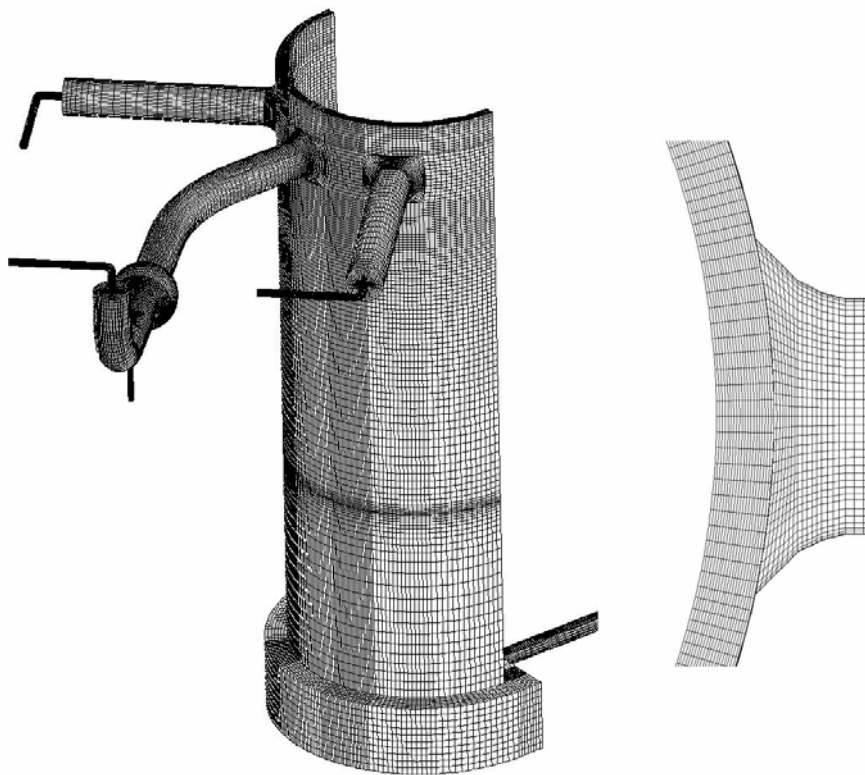


FNS CFD virtaussimuloinnit, sovelluksia

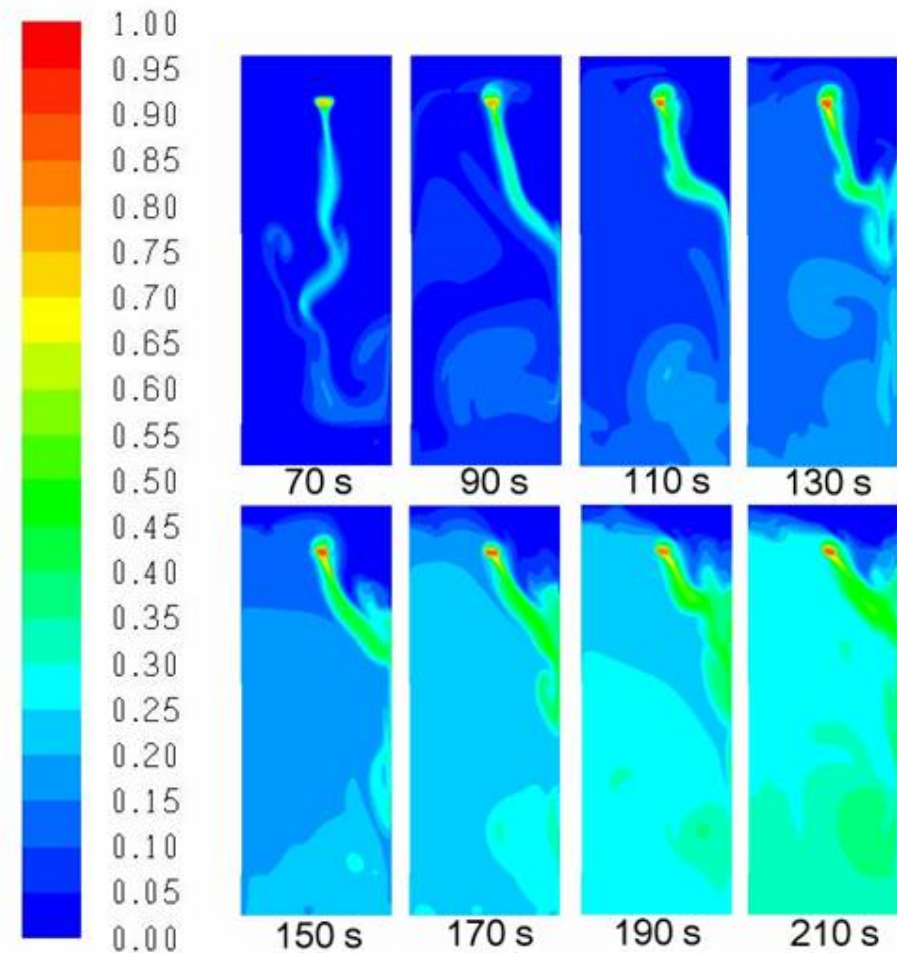


MULTIPHYSICS T&K-hanke: Fortum, VTT, SAFIR, Tekes MASI
FSI: CFD-FEA, systeemikoodi Apros reunaehdot, 1-faasitilanne

FNS CFD virtaussimuloinnit, sovelluksia



**Kelpoistus 1-faasi PTS
sekoittumisanalyysiin**



FNS CFD virtaussimuloinnit, kehitystarpeita

Turbulenssin mallinnus

RANS, seinämäfunktio,
kaksiyhtälömallit, RSM

EARSM yms.

DES yms.

LES, 2-faasi
turbulenssimallit

URANS, low-Re mallit, transitiomallit

Sovelluksia: polttoainenipun 1-faasivirtauslaskenta, nesteelliset
turbulentit 3-D virtaukset esim. ydinvoimalaitosten primääripiirissä tai
suojarakennuksen sisällä, kehittyneet vesi-höyry - 2-faasivirtaukset

perustutkimus
Implementointi ohjelmiin
kelpoistus (kokeet)

Laskenta

1-2 prosessoria

8-16 rinnakkaista prosessoria

16-N rinnakkaista prosessoria

Sovelluksia: transientit turvallisuusanalyysissä, URANS, DES & LES
polttoainenipun 1-faasivirtauslaskennassa

lisenssipolitiikka
vapaat koodit

FNS CFD virtaussimuloinnit, kehitystarpeita

ohjelmistokehitys
kelpoistus

Kytetty laskenta CFD-FEM

yksisuuntainen
kytkentä, erilliset
esikäsittelyt

ulkoinen
kytkentäohjelmisto,
osittain yhteinen
esikäsittely

täysin kytketty
yhteinen laskenta- ja
esikäsittely

Sovelluksia: esim. komponenttien värähtelytarkastelut, rakenteiden
kestävyystarkastelut primääripiirin putkikatossa

ohjelmistokehitys
kelpoistus

Kytetty laskenta CFD-systeemikoodit

yksisuuntainen
tiedonsiirto

tapauskohtainen yksi- tai
kaksisuuntainen kytkentä

"CFD-moduuli
systeemikoodissa tai
toisinpäin"

Sovelluksia: esim. kytketyt mallit turvallisuusanalyysissä.

FNS CFD virtaussimuloinnit, kehitystarpeita

Monifaasilaskenta (vesi-höyry(-kaasu))

käyttäjien mallit,
nykyiset rajapinnat

perusmallit ohjelmissa,
yksinkertaiset
rajapinnat lisämalleille

monifaasimallit
osana ohjelmistoja

mallien kehitys
implementointi ohjelmiin
kelpoistus, kokeet
ydinvoimaspesifiset mallit;
suojarak. lauhtuminen yms.

Sovelluksia: polttoaineriippujen virtauksen ja aukko-osuuksien 2-faasilaskenta (BWR), suojarakennuksen termohydrauliikka (paine, höyryn lauhtuminen, vesifilmien kulkeutuminen), höyrystimien sekundääripuolen virtaus, lauhdutusaltaiden käyttäytyminen (BWR)

FNS CFD virtaussimuloinnit, yhteenveto

- CFD:n merkitys lisääntyy jatkuvasti ydintekniikan saralla: "seuraavan sukupolven menetelmä turvallisuusanalyysien termohydrauliikan laskentaan"
- suurimmat haasteet käytännön sovelluksille
 - 2-faasilaskenta (vesi-höyry-lauhtumaton kaasu) ja ydinvoimaspesifisten kelpoistettujen 2-faasimallien puute ohjelmistoissa
 - koodien kytkentä: CFD osaksi laajoja systeemisisimulointimalleja, linkitys rakenneanalyysiin ja neutroniikkaan
 - kelpoistus: mallien ja menetelmien sovelluskohtainen kelpoistus kokeita vastaan