

TK 155.596

KFKI-1984-14

EGELI GY.
DUS M.
PERNECZKY L.
SZABADOS L.

A CONTEMPT-LT/026 ÉS TRACO-V
KÓDOK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

Hungarian Academy of Sciences

CENTRAL
RESEARCH
INSTITUTE FOR
PHYSICS

BUDAPEST

2017

A CONTEMPT-LT/026 ÉS TRACO-V
KÓDOK ÖSSZEHALONLÍTÓ VIZSGÁLATA

EGELI GY., DUS M., PERNECZKY L., SZABADOS L.

Központi Fizikai Kutató Intézet
1525 Budapest 114, Pf. 49

A dolgozat az OKKFT A/11-2. alprogram 2.2.4 feladatának
teljesítéséről készített kutatási jelentés

A HISTORY OF THE
STATE OF NEW YORK

BY
JAMES M. SMITH
OF THE
NEW YORK LEGISLATURE

NEW YORK: PUBLISHED BY
J. B. WHITTAKER, 15 NASSAU ST.

1. Bevezetés

Jól ismert a nyomás és hőmérséklet-lefutás számítás fontossága a reaktorok hermetikus helyiségeiben, egy feltételezett baleset után.

A TRACO V. /TRANSients of CONTainments/ program célja éppen az, hogy azokat a gyors és lassu lefolyásu tranzienseket vizsgálja, amelyek különböző containment rendszerekben fordulhatnak elő. A program 1978-ban készült el, az előzőleg már megint egyszerűbb verziók továbbfejlesztésével, mint pl. a TRACO III. 1 /azonos nyomás, termikus nem-egyensuly a hosszú tranzienseknél a száraz Containment-ek esetére/. Az új program alapja egy változtatható nyomásu több elemes modell, ahol a nyomás-eloszlást leíró, a köztük levő kapcsolatokat megadó, a primerköri rendszer és a barbotázs rendszer közti kapcsolatot tetszőlegesen lehet megadni, a szerkezeti, hővezető, hőelnyelő elemekkel együtt. Ezzel a megközelítéssel a kód nagyon flexibilissé és széles körben alkalmazhatóvá vált. Így pl. alkalmas eltérő containment-rendszerek, komplikált strukturájú kísérleti berendezések leírására, gyors és lassu tranziensek esetén is.

A TRACO V. néhány tulajdonsága megegyezik a ZOCO V 3 és a CONTEMPT 4 tulajdonságával.

A TRACO V FORTRAN-IV nyelven íródott, és IBM 370/148-as gépen lett kipróbálva, ahol a memóriaigénye 105 Kbyte.

2. A TRACO V. általános leírása

Az analízisnél minden olyan energiaforrást figyelembe veszünk, amely a rövid és hosszutávu tranzienseknél szükséges: hűtőközeg lefuvást, reaktor maradványhőt, kémiai reakciókból adódó hőt, a primerköri hűtőviz párolgását, a containmentbe zárt gázok és a hővezető strukturális anyagok közti hőcserét, a spray és ventilátor rendszerek hatását.

Csak a kontaintment-ben lejátszódó folyamatokat kísérik figyelemmel. Az analízishez szükséges peremfeltételeket /pl. a containtmentbe kijutott hűtőközeg változását az idő függvényében, a reaktor bomláshőjét, a kémiai reakciókból származó hő stb./ más számításokból kell átvenni, és a TRACO V inputjaként szolgálnak.

A containtment /vagy barbotázs/ belső térfogatát több altérfogatra osztjuk fel, melyek a levegő és tulhevitett vízgőz két komponensű keverését vagy a kétfázisú kétkomponensű levegő, telített víz és telített gőz keverékét tartalmazzák. Mindkét komponensre azonos hőmérséklet és egy altérfogatban az összes komponensre azonos nyomás van feltételezve. Az altérfogat teljes térfogatát állandónak vesszük, de a gázfázis /levegő és gőz/ számára adott szabad térfogat változtatható. Bármelyik altérfogatban a közegek nem-ideális szeparálódását egy elragadási tényezővel vehetjük figyelembe. A gőz és levegő keveredését mindenütt ideálisnak tekinthetjük.

Az altérfogatókat tetszőlegesen köthetjük össze változtatható felületű nyílásokon keresztül. Az adott nyílások keresztmetszete állandó, vagy adott nyomáskülönbségnél hirtelen változó is lehet. A csomópontok közti áramlás a termodinamikai nyomások közti különbség hatására jön létre, figyelembe véve az altérfogatokban összegyűlt víz hidrosztatikai nyomását is. Az áramlási csatornában és nyílásokon át történő áramlásnál a homogén tömegcsere nélküli fizikai modellt használják a kétfázisú, kétkomponensű közeg áramlásának leírására kritikus és szubkritikus áramlás esetén is.

A hővezető-hőtároló elemek geometriai alakja sík, hengeres vagy gömb lehet, számuk és anyaguk tetszőleges, s egydimenziós hővezetési modellel szimulálhatók. Newton lehülési törvényét használjuk peremfeltételként, a hőátadási tényezőt állandóként feltételezve, de kezelhető időfüggőként vagy a gáz/levegő tömeg arányának függvényeként is.

A hőmérséklet bármely térfogatelemben, a primérgörben megadható az idő függvényében.

Sprinkler minden térfogatelemhez hozzárendelhető. Az ehhez szükséges vizet tartályból vagy bármely térfogatelemből vehetjük, különböző típusu hőcserélőn átvezetve és lehűtve.

A zóna vészhűtőrendszerének hatását és az esetleges containment hűtőventillátorokat is modellezhetjük egy egyszerű módszerrel.

A számításhoz a következő bemenő adatokat kell megadni:

- a containment belső térfogatára vonatkozó geometriai és topológiai adatok,
- kezdeti hőmérséklet, nyomás, páratartalom,
- elragadási hőmérsékletek,
- a hővezető elemek geometriai és anyagi tulajdonságai,
- a szivárgási felületek jellemzői,
- a sprinklerek és hűtőventillátorok paramétereit az esetleges hőcserélőkkel együtt,
- a vészhűtőrendszer adatait,
- a kiömlő hűtőközeg tömegfluxusát és entalpiáját az idő függvényében, vagy bármely más, a containmentbe ömlő folyadék adatait,
- valamint a radioaktív bomlásból és a kémiai reakciókból származó hőt.

A számítás eredményei a következők:

Az idő függvényében adódik a nyomás, a hőmérséklet, és a tömeg az egyes térfogatelemekben, az összekötő felületeken történő áramlás tömegfluxusa, hőmérsékleteloszlással a hővezető elemekben, a résen át a környezetbe távozó szivárgás stb.

A térfogatelemekben levő hűtőközeg-levegő keverék tömegét és hőmérsékletét leíró közönséges nem-lineáris differenciálegyenlet-rendszert elsőrendű Newton iterációval, a hőcsere problémákat prediktor-korrektor módszerrel oldjuk meg. A hővezetési egyenleteket implicit módszerrel oldjuk meg.

3. A matematikai modell

3.1. A térfogatelemek nyomását leíró megmaradási egyenletek:

Tömegmegmaradás:

$$\dot{M}_k = G_k^{/in/} - G_k^{/out/} \quad k = A, C \quad /1/$$

Energiamegmaradás:

$$\dot{T} = \left[Q + \sum_{k=A, C} /A_k + \dot{M}_k B_k/ \right] \left[\sum_{k=A, C} M_k F_k \right]^{-1} \quad /2/$$

ahol

$$A_k = G_k^{/in/} /h_k^{/in/} - h_k/ - G_k^{/out/} /h_k^{/out/} - h_k/ \quad /3/$$

$$B_k = v_k T \left(\frac{\partial p_k}{\partial T} \right)_{v_k} \quad /4/$$

$$F_k = \left(\frac{\partial h_k}{\partial T} \right)_{v_k} - v_k \left(\frac{\partial p_k}{\partial T} \right)_{v_k} \quad /5/$$

Térfogati egyenlet:

$$\dot{V} = \frac{\dot{V}_W}{V_W} + \frac{\dot{V}_G}{V_G} = \frac{\dot{M}_W v_W}{M_W v_W} + \frac{\dot{M}_S v_S}{M_S v_S} = 0 \quad /6/$$

A hűtőközeg aktuális fajtérfogatát $v_C = \frac{V}{M_C}$ az adott T

hőmérsékletű telített gőz v_S fajtérfogatával kell összehasonlítani, hogy eldönthessük, vajon tulhevitett vagy telített-e a gőz. Ha $v_C > v_S$, akkor a gőz tulhevitett, és a térfogatelembe belépő víz forrásnak indul, így

$h_C^{/out/} = h_C = h_S$. Ellenkező esetben a víz telített, mindkét fázis termodinamikai egyensúlyban lesz, és az átlagos

hűtőközeg gőztartalom értéke a következő alakú lesz:

$$x = \frac{v/M_C - v_W}{v_S - v_W} \quad /7/$$

Ebben az esetben a hűtőközeg átlagos entalpiája és a kilépő entalpia a következő lesz

$$h_C = h_W + x /h_S - h_W / \quad /8/$$

$$h_C^{out} = h_W + x / [x + (1-x)/c] /h_S - h_W / \quad /9/$$

ahol c az adott cseppelragadási tényező.

Az 1-6 egyenletek érvényesek mind tulhevitett és telített gőzre is, és többkomponensű keverékre is használhatóak.

A 2. egyenletben szereplő A_k tag reprezentálja: a primerkörü hűtőközeg-lefuvatásból származó tömeget, a reaktor-tartályból párolgással kijutó tömeget, a szomszédos térfo-gatelemek között átfolyó keveréket, a hűtőközeg bejutta-tást/elvételt a sprinklerek működtetésénél, s a ventillá-ciós rendszer hatását a containment-en található esetle-ges réseken át a környezetbe távozó közegre.

Ehhez hasonlóan a Q tag a 2. egyenletben a bomláshőt, a hőtároló elemekkel való kölcsönhatást /a primerkörben és a containmentben/ kémiai reakciókat írja le.

3.2. A levegő és hűtőközeg termodinamikai tulajdonságai:

A levegő tulajdonságait az ideális gázokban vezetjük le:

$$h_A = C_{pA} T \quad p_A v_A = R_A T \quad /10/$$

$$B_A = R_A T \quad F_A = C_{vA} T \quad /11/$$

A túlhevített gőz entalpiájánál feltételezzük, hogy az csak a hőmérséklet függvénye, és az adott hőmérsékleten levő telített gőz entalpiájával azonos. A gőz használt állapotegyenlet formája a következő:

$$h_S = k_S^* p_S v_S + k_S^{**} \quad /12/$$

ahol k_S^* , k_S^{**} konstans.

Ezekkel a feltételezésekkel adódik a túlhevített gőzre:

$$B_C = \frac{T}{k_S^*} \frac{dh_S}{dT} \quad F_C = \left(1 - \frac{1}{k_S^*} \right) \frac{dh_S}{dT} \quad /13/$$

A termikus egyensúlyban lévő gőz-viz keverékre a következő egyenletek érvényesek:

$$B_C = \frac{V}{M_C} \frac{h_S - h_W}{v_S - v_W} \quad F_C = \frac{V}{M_C} \frac{df_1}{dT} + \frac{df_2}{dT} \quad /14/$$

ahol

$$f_1 = \frac{h_S - h_W}{v_S - v_W} - p_S \quad f_2 = \frac{v_S h_W - v_W h_S}{v_S - v_W} \quad /15/$$

A telített gőz és víz entalpiája és fajtérfogata a T hőmérséklet függvényében polinomként van megadva, a nyomást pedig egy olyan exponenciális polinom adja meg, ahol a hőmérséklet a kitevőben van. Az f_1 , f_2 függvényeknek megfelelő pontosságú egyszerű polinom felel meg:

$$f_1 = p_S / a_{f_1} + b_{f_1} T + c_{f_1} T^2 / \quad /16/$$

$$f_2 = a_{f_2} + b_{f_2} T \quad /17/$$

amelyek T szerint egyszerűen differenciálhatók, hogy a 14-es egyenletben szükséges megfelelő formulákat megkapjuk.

A nyomás a térfogatelemekben a levegő és gőz parciális nyomásának összegeként adódik.

$$p = p_A + p_S \quad /18/$$

A levegő parciális nyomását a 10. egyenletből kapjuk vagy mint a telített gőz hőmérsékletének függvényét, vagy mint a 12 egyenlet következményeként a túlhevített gőz hőmérsékletéből.

3.3. A tömegfluxus számítása

3.3.1 Nyílásokon át történő áramlás

Az alapvető feltételezések a 3 irodalomban megadottakkal azonosak, azaz egydimenziós, kvázistacioner homogén kétkomponensű kétfázisú keverék, a fázisok közötti tömegcsere nélkül. Továbbá a térfogatelem előtti sebességet nullának vesszük, és a fázisok közötti hőcserét elhanyagoljuk.

A levegőre vonatkozó állapotegyenletek /10/ és a gőz állapotegyenletek /12/ segítségével, valamint a nyomás és a fajtérfogat közötti relációk felhasználásával izentróp esetben a keverék energiaegyenletéből a tömegfluxust meghatározhatjuk /az upstream térfogatelemek indexe 0, a downstream térfogatelemek indexe 1/:

$$G_M = \alpha A \frac{\sqrt{2 k_G^* \varphi_G \frac{p_o}{v_{Go}} \left(\frac{p_1}{p_o}\right)^{1/\chi_G} \left[\left(\frac{p_1}{p_o}\right)^{1/\chi_G} - \left(\frac{p_1}{p_o}\right) \right]}}{\varphi_G + \varphi_W \frac{v_{Wo}}{v_{Go}} \left(\frac{p_1}{p_o}\right)^{1/\chi_G}} \quad /19/$$

ahol

$$k_G^* = k_A^* \frac{p_{Ao}}{p_o} + k_S^* \frac{p_{So}}{p_o} \quad /20/$$

$$k_A^* = C_{pA}/R_A \quad /21/$$

$$\varphi_G + \varphi_W = \varphi_A + \varphi_S + \varphi_W = 1 \quad /22/$$

$$\chi_G = \varphi_A \chi_A / \varphi_G + \varphi_S \chi_S / \varphi_G \quad /23/$$

ha

$$\pi = \frac{p_1}{p_o} \leq \pi_{crit} = \left(\frac{2}{\chi_G + 1} \right)^{\frac{\chi_G}{\chi_G - 1}} \quad /24/$$

kritikus kiáramlás esete lép fel, és G_M -et a /19/ egyenletből határozzuk meg $p_1/p_o = \pi_{crit}$. helyettesítéssel.

A /19/ egyenletet a keverék áramlás számítására is felhasználhatjuk, ha a fázisok közti hőcsere ideális, de k_G^* -ot az új k_M^* konstanssal helyettesítjük:

$$k_M^* = \frac{\varphi_W}{\varphi_G} \frac{C_W}{C_{pG}} + k_G^* \quad /25/$$

Ekkor az izentrópikus kitevő alakja:

$$\mathcal{H}_M = \frac{\varphi_G + \varphi_W c_W/c_{pG}}{\varphi_G/\mathcal{K}_G + \varphi_W c_W/c_{pG}} \quad /26/$$

A G_M teljes tömegfluxus felosztásánál feltételezzük, hogy a keverék összetétele az upstream és downstream térfogatelemben azonos a vízfelszín felett:

$$G_A = \varphi_A G_M \quad /27/$$

$$G_C = (\varphi_W + \varphi_S) G_M \quad /28/$$

3.3.2. Áramlás vezetékben

Az alapvető feltételezések itt is hasonlóak, mint a törési felületek és fuvókák esetén volt, de izentróp áramlást csak a belépéskor tételezünk fel, és az áramlás mentén nyomásveszteségeket tételezünk fel. A helyi keverékparamétereket egyes kiválasztott pontokban számolunk, $i = 1, 2, \dots, \dots, n$, ahol a "0" index az upstream térfogatelemnek felel meg. /Lásd 1. ábra/

Izentróp belépés esetén p_0 és p_1 kapcsolata adott G_M esetén a következő egyenlettel írható le:

$$p_1 = p_0 \pi_{crit} + (1 - \pi_{crit}) \sqrt{1 - (G_M/G_{M,crit})^2} \quad /29/$$

ahol π_{crit} értékét a /24/ -es egyenletből számoljuk és $G_{M,crit}$ értékét /19/-ből $p_1/p_0 = \pi_{crit}$ esetén.

Az 1. pontban a következő egyenletek segítségével kaphatjuk meg a többi változó értékét:

$$v_{G1} = v_{G0} / p_0 / p_1 / \frac{1}{\kappa_G} \quad /30/$$

$$h_{G1} = k_G^* p_1 v_{G1} + k_G^* \quad /31/$$

$$w_1 = \frac{G_M}{\varphi_W v_{W0} + \varphi_G v_{G1} / A_1} \quad /32/$$

Az áramlás leírására az energia, impulzus, tömegmegmaradás egyenletét használjuk a megfelelő állapotegyenletekkel:

$$\frac{1}{2} w_{i-1}^2 + \varphi_G h_{G,i-1} = \frac{1}{2} w_i^2 + \varphi_G h_{G,i} \quad /33/$$

$$p_{i-1} - p_i = \frac{1}{4} \left(\frac{w_i^2}{v_{M,i}} + \frac{w_{i-1}^2}{v_{M,i-1}} \right) \left(\lambda_i \frac{\Delta x_i}{D_{h,i}} + \zeta_i \right) +$$

$$+ \frac{1}{2} \left(\frac{w_i}{v_{M,i}} + \frac{w_{i-1}}{v_{M,i-1}} \right) /w_i - w_{i-1} / \quad /34/$$

$$G_M = \frac{w_i A_i}{v_{M,i}} = \frac{w_{i-1} A_{i-1}}{v_{M,i-1}} \quad /35/$$

$$h_{G,i} = k_G^* p_i v_{G,i} + k_G^{**} \quad /36/$$

ahol

$$v_{M,i} = \varphi_W v_{W0} + \varphi_G v_{G,i} \quad /37/$$

A /33/-/37/ egyenletrendszer megoldható analitikusan adott G_M esetén p_i ; W_i ; $h_{G,i}$; $v_{M,i}$ -re, ahol p_i -t a kvadratikus egyenletekből határozzuk meg.

A G_M aktuális értékét iterációval határozzuk meg, amely akkor fejeződik be, ha vagy

- az áramlási csatorna kilépésénél a nyomás azonos a downstream térfogatelem nyomásával /szubkritikus áramlás/,

vagy

- az áramlási csatorna legalább egy pontján a kvadratikus egyenlet determinánsa 0, ekkor a kilépésnél nagyobb a nyomás, mint a downstream térfogatelemben.

A teljes tömegfluxust ugyanugy osztjuk fel komponensekre, mint ahogy azt az előzőekben a fuvókáknál és nyílásoknál tettük.

3.4. Tér- és időfüggő hőmérsékleteloszlás a strukturális szilárd elemekben

A hőmérsékleteloszlást a szilárd elemekben /acél és beton/ az egydimenziós instacioner hővezetési egyenlet megoldásából kapjuk.

$$c \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial}{\partial r} \left(r^n \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad /38/$$

/n=0 síkgeometria esetén, n=1 hengeres és n=2 gombi geometria alakra./

A következő határfeltételeket adjuk meg:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_S} = \alpha (T_M - T) \Big|_{r=r_S} \quad /39/$$

A numerikus megoldáshoz szükséges közönséges differenciál-
egyenletrendszer az adott osztáspontokban a következőképpen
néz ki /Ld. 2. ábra/:

$$C_i \frac{dT_i}{d\tau} = G_i /T_{i-1} - T_i/ - G_{i+1} /T_i - T_{i+1}/ \quad /40/$$

$$i = 1, \dots, N$$

feltéve, hogy

$$T_0 = T_{M1} \quad \text{és} \quad T_{N+1} = T_{M2} \quad /41/$$

A k-adik régió belül /ahol az anyag és az osztáspont meg-
határozó/ G_i -re adódik:

sikfal esetén

$$G_i = A_{in} \frac{\lambda^{/k/}}{\Delta r^{/k/}} \quad /42/$$

hengeres geometria esetén

$$G_i = A_{in} \frac{\lambda^{/k/}}{r_1} \frac{1}{\ln /r_i/r_{i-1}/} \quad /43/$$

gömbi geometria esetén

$$G_i = A_{in} \frac{\lambda^{/k/}}{r_1^2} \frac{r_i \cdot r_{i-1}}{r_i - r_{i-1}} \quad /44/$$

A k-adik és /k+1/-edik régió közti határfeltételre G_i a
követzőképpen fejezhető ki:

$$G_i = 1/ /A^{/k/} \cdot R^{/k/} / \quad /45/$$

ahol $A^{/k/}$ és $R^{/k/}$ a határ felszíni /hőátadási/ és termikus
/hővezetési/ ellenállása.

A szilárd falfelület bal és jobb oldalára a következő összefüggés adódik:

$$G_i = \alpha_{in} A_{in} \quad /46/$$

$$G_{N+1} = \alpha_{out} A_{out} \quad /47/$$

A 40. egyenletben szereplő idő szerinti derivált véges differenciával közelíthető, és a /40/-es differenciálegyenletek rendszere N db tridiagonális algebrai egyenletre vezethető vissza, amelyek a mátrixalgebra ismert módszereivel oldhatóak meg.

3.5. Egyéb modellek

A reaktortartály és a primerkör levegő nélküli térfogatelemként kezelhető opcionálisan, ugyanazzal a nyomással, mint ami a hermetikus helyiségekben uralkodik. Lehetséges a bomláshőnek és reakcióhőnek a primerkörön mint határon való keresztülvezetése, ekkor erre a térfogatelemre ezeket hőforrásként fogjuk fel. Ekkor a zónán belüli elpárolgás számolható, ez kijuthat a primerkörből, de a vészhűtőrendszer hatását is figyelembe vehetjük. A hűtőviznek egy része /vészhűtőrendszerből/ a feltételezések szerint kijut a primerkörből, így a hermetikus helyiségek atmoszféráját közvetlenül hűtik.

A CONTEMPT /4/ kódhoz hasonlóan vesszük figyelembe a következő adatokat: a ventillátoros hűtés hőelvonását a kvadratikusan egyenletekből számoljuk a megfelelő térfogatelem hőmérsékletét véve független változónak. Normál szivárgásnál a szivárgási hányadost a térfogatelem nyomása/hermetikus helyiség nyomása arányában számoljuk. A hermetikus helyiségen feltételezett törési felületen keresztül létrejövő szivárgást fuvóka/nyílás modell segítségével számoljuk. A sprinklerekhez tartozó hőcserélőket szintén a /4/-ben leír-

tak szerint kezeljük.

4. A számítási és mérési adatok összehasonlítása

Az összehasonlításra csak száraz containtmentre vonatkozó adatok álltak rendelkezésünkre. Közülük az első a Batelle Intézet /5/ No. CO2 számu mérése. Itt a containtment mérete a Biblis-i atomerőmű containtmentjének 1:64-es mása. A containtment a valóságban 9 helyiségre oszlik, de a számításhoz 5 térfogatelemes modellt választottunk. A 3b. ábrán bemutatott lefuvatási kísérleti görbét a 3c. és 3d. ábrán látható számítási eredményekkel hasonlíthatjuk össze. Az összevetés jó egyezést mutat, amit persze erősen befolyásol a hőátadási együtthatók, kiáramlási tényezők és elragadási együtthatók értéke. A hosszútávu lefuvatási esetről a jól ismert CVTR kísérleti adatokat használtuk fel /6/. A két kísérlet nyomás és idő görbét /sprinkler rendszerrel és anélkül/ a 4. ábrán hasonlítjuk össze a számításokkal. Amint a 4. ábrán látható, jó egyezést érhetünk el a kísérleti és számított értékek között, ha a kísérletekkel meghatározott hőátadási tényezőket használjuk fel. A konklúziók általános érvényét limitálja az, hogy a kísérletek nem mindenben feleltek meg a valóságnak /pl. a containtment nyomását enyhén túlhevített gőz bevezetésével állították be/.

5. Futtatási példák

A kód felhasználásának illusztrálására számos futtatást végeztünk, melyek eredményei az 5-7. ábrákon láthatók.

Az 5. ábrán látható a nyomástartó és a hermetikus compartment nyomás idő görbéje, miután a nyomástartó biztonsági szelepen gőz jutott ki. A első kb. 90 sec alatt a nyomás gyorsan nő a tankban, a víz felmelegedése miatt, és a vízszint felett levő térfogat csökkenése miatt. Kb. 95 sec-nál 0,59 MPa-nál a tank tetején levő szelep kinyit, ezzel majdnem ugrásszerű nyomáscsökkenést okoz, amit a tankból a compartment-be történő nitrogén-gőz keverék áramlása okoz. /Térfogatuk értékét 9000m^3 -re vettük fel./ A nyomás kezdeti gyors növekedését a sprinkler rendszer belépése megaka-

dályozza, a hermetikus kompartmentekben.

A második számításnál a primerköri csőtörés esetén bekövetkező nyomás-idő függvényt vizsgáltuk, száraz containment esetén, melyet alsó és felső részre osztottunk /6. ábra/. A 6.a ábrán látható az alsó és felső rész közti cseppelragadási tényező hatása a nyomáskülönbségre. Ennél a számításnál a hőelnyelést elhanyagoltuk. A 6.b ábrán a szilárd szerkezetű elemekkel való hőcsere erős hatása látható a nyomás és hőmérsékletlefutásra. Ezt a hatást csak 15000 sec múlva küszöböli ki a sprinkler be-
lépése.

A kód alkalmazásának utolsó példáján egy barbotázs rendszer nyomás-idő görbéjét mutatjuk be /az elrendezés a 7a ábrán látható/, egy primerköri csőtörés után. A számítási eredmények a 7a és 7b ábrán láthatóak, mind a rövidtávu, mind a hosszútávu tranziensekre. Jól látszik a hideg falak és a levegő-gőz keverék kölcsönhatásának erős hatása a nyomáslefutásra. A 8. és 9. ábra a tömegfluxust, entalpiát, ill. a nyomás és hőmérséklet lefutást ábrázolja 200%-os törésre.

6. Jelölések

A	= áramlási keresztmetszet a /19/, /32/, /35/ egyenletben	$/m^2/$
A	= hőátadási felület a /42/-/47/ egyenletben	$/m^2/$
A	= a /3/ egyenletben definiált segédváltozó	$/W/$
a	= a /16/ és /17/-es összefüggések együtthatói	$/1/, /J/kg/$
B	= a /4/ egyenletben definiált termodinamikai függvény	$/J/kg/$
b	= a /16/ és /17/ egyenletekben használt együtthatók	$/1/K/, /J/kgK/$
C	= teljes hőkapacitás	$/J/K/$
c	= fajlagos hőkapacitás	$/J/kgK/$
c	= elragadási együttható	$/1/$
c	= a /16/ és /17/ egyenletekben használt együtthatók	$/1/K^2/, /J/kgK^2/$
D	= átmérő	$/m/$
F	= az /5/ egyenlet által definiált termodinamikai függvény	$/J/kgK/$
f_1, f_2	= a /15/ egyenlet által definiált függvények	$/J/m^2/, /J/kg/$

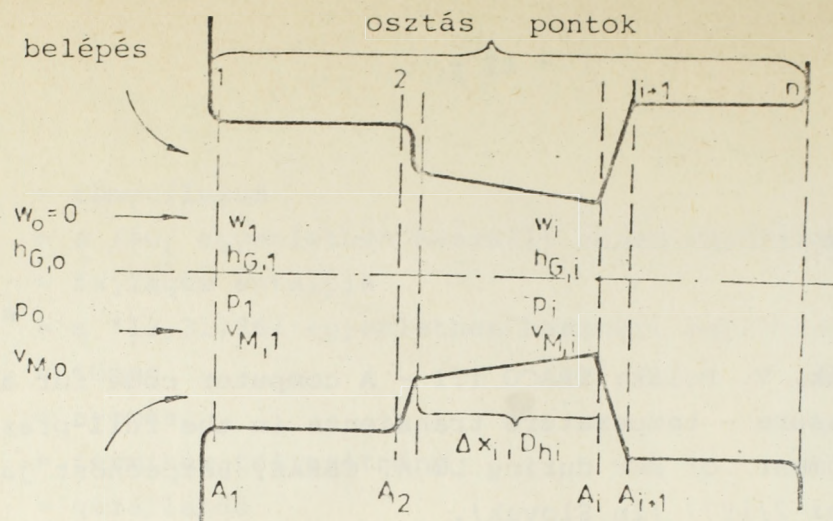
G	= tömegfluxus	/kg/sec/
G	= a /40/ egyenletben használt segéd együtthatók	/W/K/
h	= fajlagos entalpia	/J/kg/
k^*, k^{**}	= a /12,31,36/ egyenletben használt együtthatók	/l/, /J/kg/
M	= tömeg	/kg/
p	= nyomás	/Pa/
Q	= termikus teljesítmény	/W/
R	= gázállandó	/J/kgK/
R	= hőellenállás	/K/Wm ² /
r	= térkoordináta	/m/
T	= abszolút hőmérséklet	/K/
V	= térfogat	/m ³ /
v	= fajtérfogat	/m ³ /kg/
W	= áramlási sebesség	/m/sec/
x	= gőztartalom	/l/
x	= térkoordináta	/m/

Indexek

A.	= levegő
C	= hűtőközeg
crit	= kritikus
f_1, f_2	= az f_1 és f_2 függvénynek megfelelő
G	= gázfázis
h	= hidraulikus
in	= a szilárd fal bal oldala
M	= kétkomponensű keverék
out	= a szilárd fal jobb oldala
S	= gőz
s	= felület
W	= víz /folyadék/
/in/	= térfogatelem bemeneti oldal
/out/	= térfogatelem kimeneti oldal
.	= idő szerinti derivált

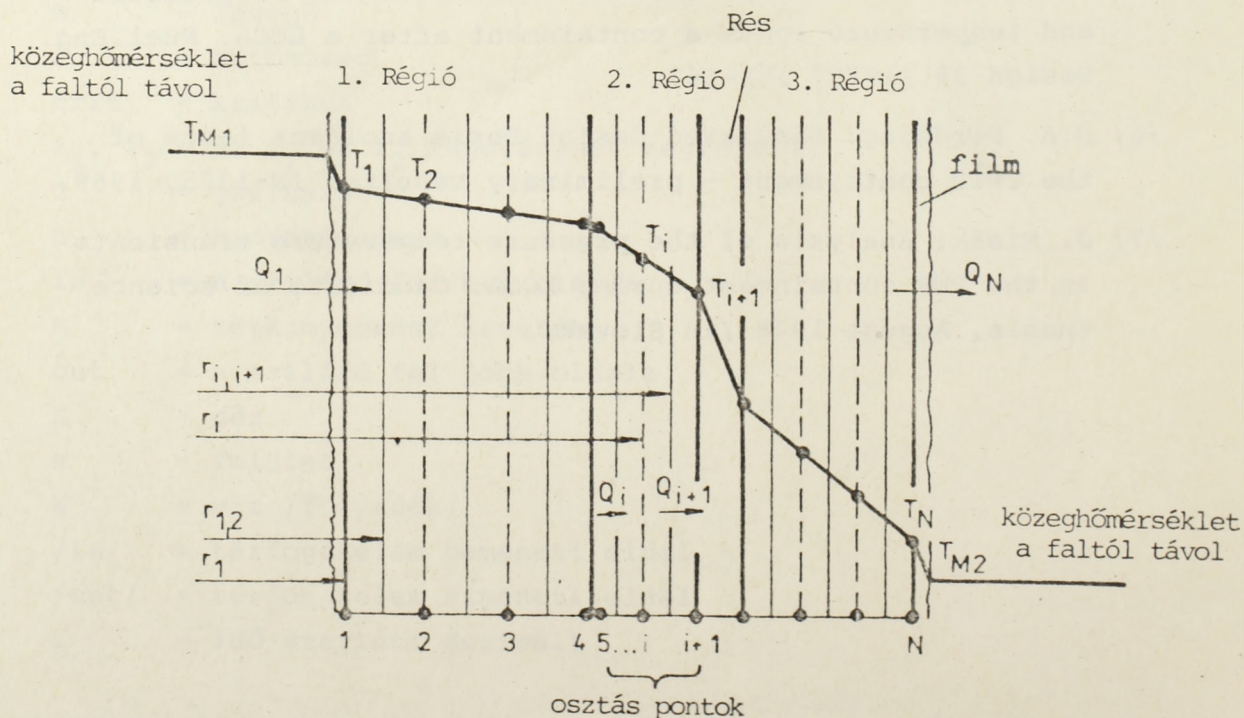
REFERENCIÁK

- /1/ J. Misák, V. Polák: TRACO III - A computer code for analysis of pressure - temperature transients in the full-pressure containment of PWR during LOCA. CSKAE, Bezpečnost jaderných zařízení 2/1977 /in Slovak/.
- /2/ J. Misák: TRACO IV - A computer code for analysis of short-term space - dependent pressure and temperature in the full-pressure containment or in the barbotage system of VVER during LOCA. Report of VUJE, September 1978 /in Russian/.
- /3/ D. Brosche: ZOCO V, A computer code for the calculation of time and space-dependent pressure distributions in Reactor Containments. Nucl.Eng.Design, 23,239 /1972/.
- /4/ L.C. Richardson et al.: CONTEMPT: A computer program for predicting the containment pressure-temperature Response to a loss-of-coolant accident. IDO-1722o, June 1967.
- /5/ T.F. Kanzleiter: Experimental investigations of pressure and temperature loads a containment after a LOCA. Nucl.Eng. Design 38 /1976/ 159-167.
- /6/ J.A. Nordberg: Simulated design basis accident tests of the CVTR containment - preliminary results. IN-1325, 1969.
- /7/ J. Misák: Analysis of the pressure-temperature transients in the PWR containment during LOCA. Candidate of science thesis, August 1978 /in Slovak/.

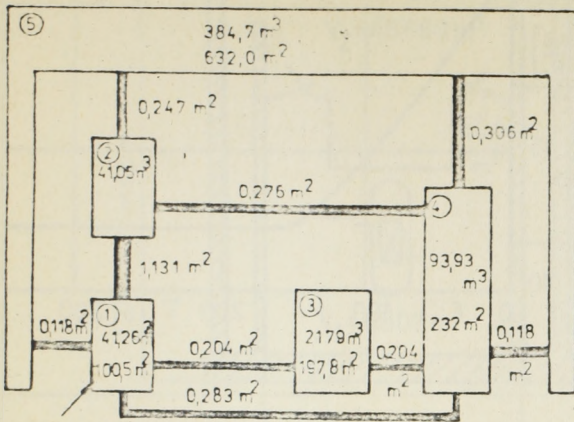


- A_i - áramlási keresztmetszet az i -edik pontban
- x_i - axiális távolság az i -edik és $i-1$ -edik pont között
- $D_{h,i}$ - átlagos hidraulikai átmérő
- $w_i, h_{G,i}$ - sebesség, a gázfázis entalpiája
- $p_i, v_{M,i}$ - a keverék nyomása és fajtérfogata

1. ábra Az áramlási csatorna sematikus reprezentációja

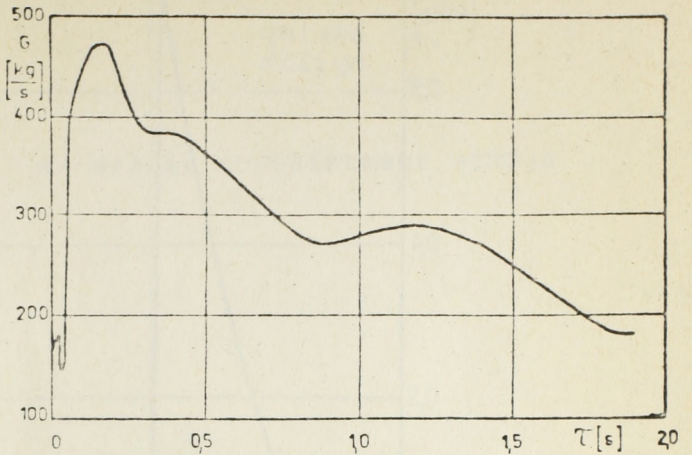


2. ábra Egy hővezető fal sémája

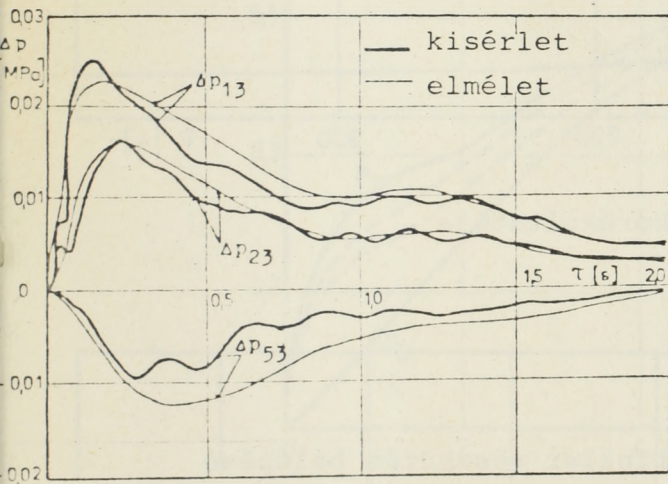


szivárgás

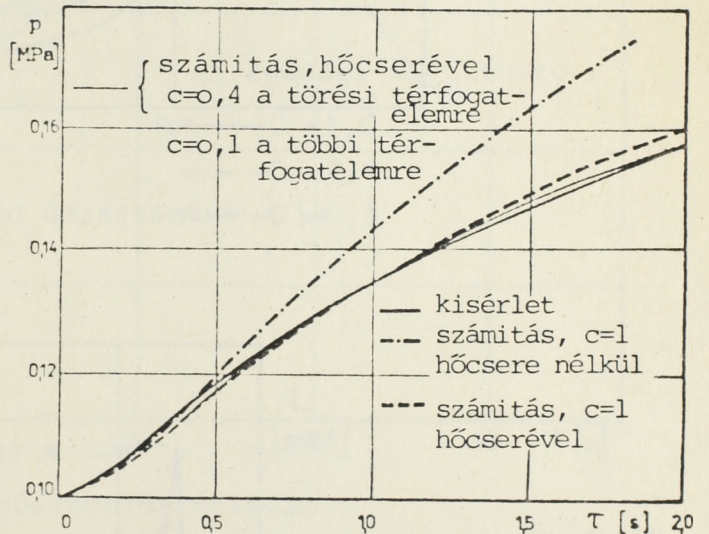
a/ a rendszer felosztása térfogatelemekre



b/ a primerkör tömegfluxusa /simitott/

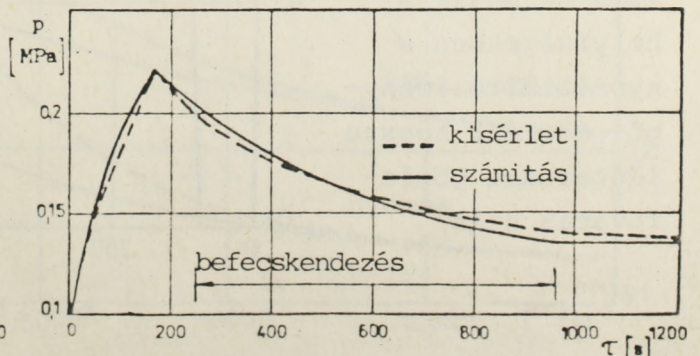
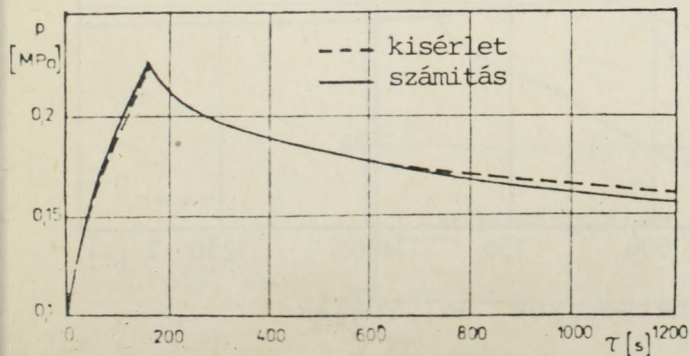


c/ nyomáskülönbség a containmentben

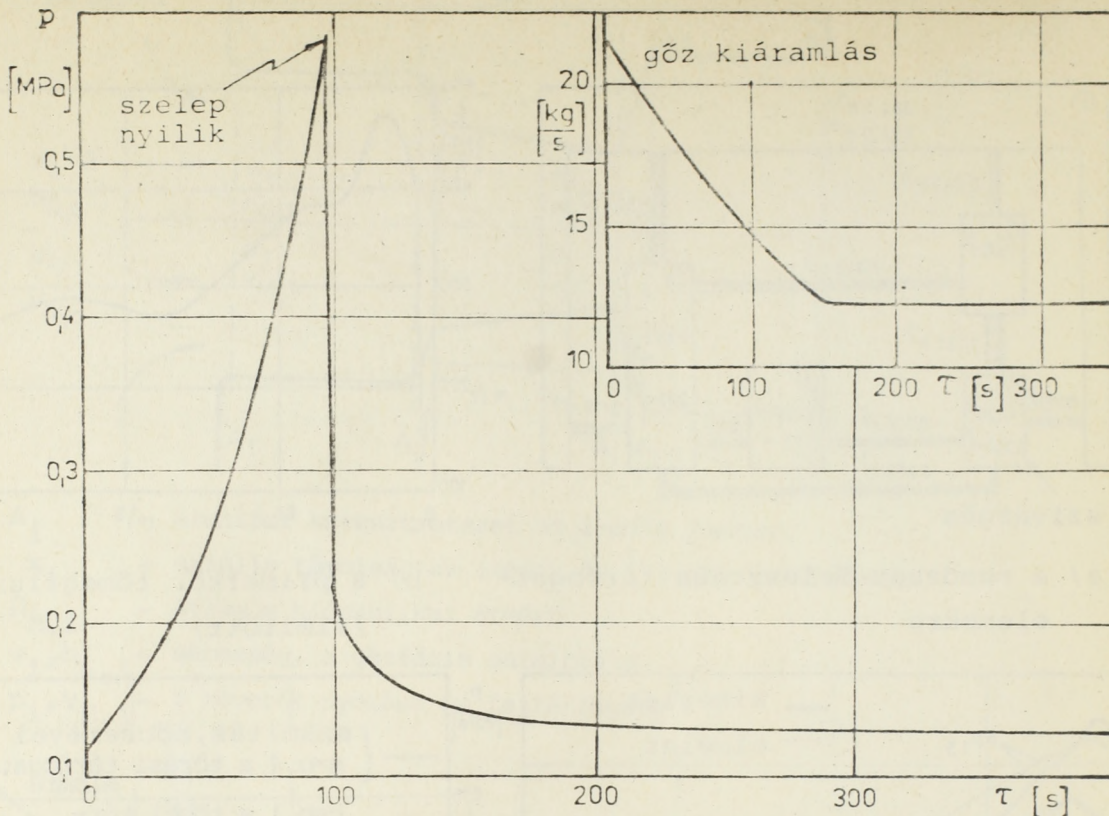


d/ abszolút nyomás az 5. térfogatelemben

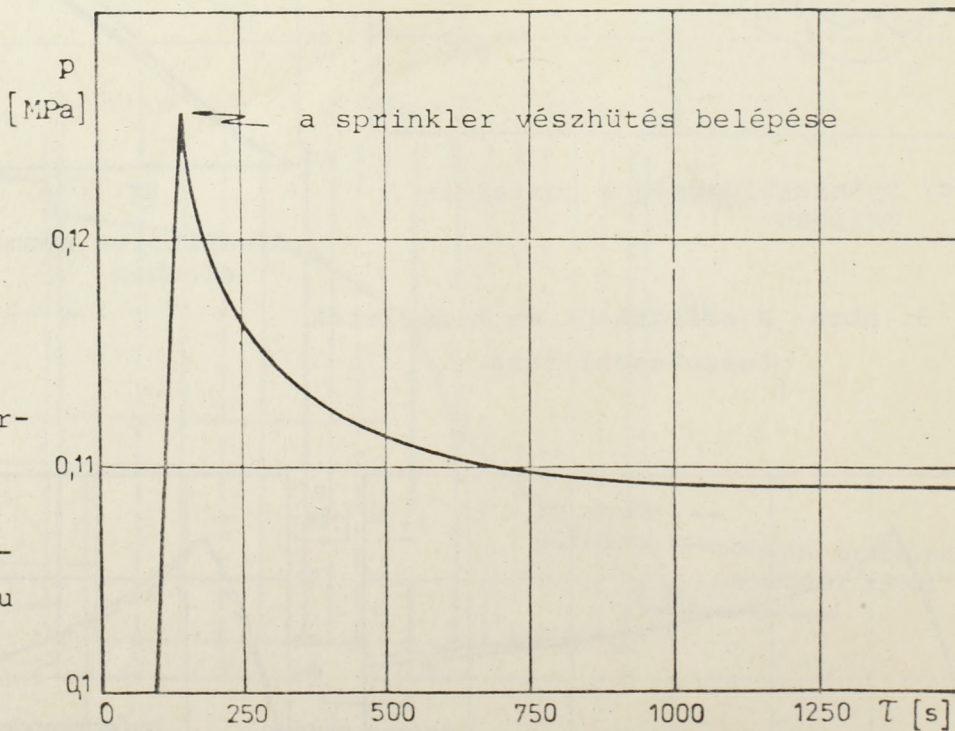
3. ábra A számítások és kísérletek összehasonlítása



4. ábra A számítási és kísérleti eredmények összevetése: nyomáslefutás a CVTR containmentben



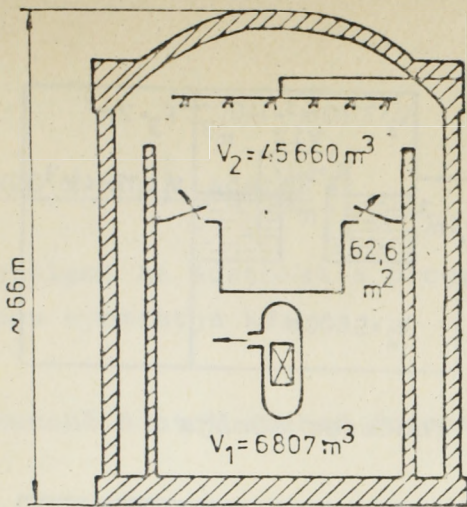
a/ nyomástartó buborékoltatója



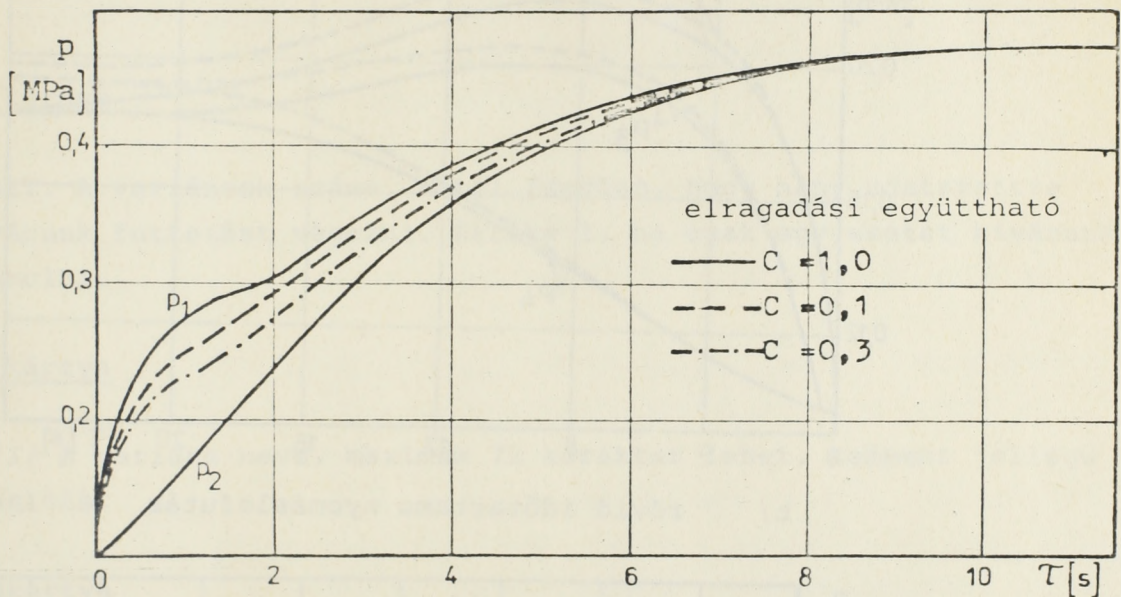
b/ hermetikus helyiségek

5. ábra

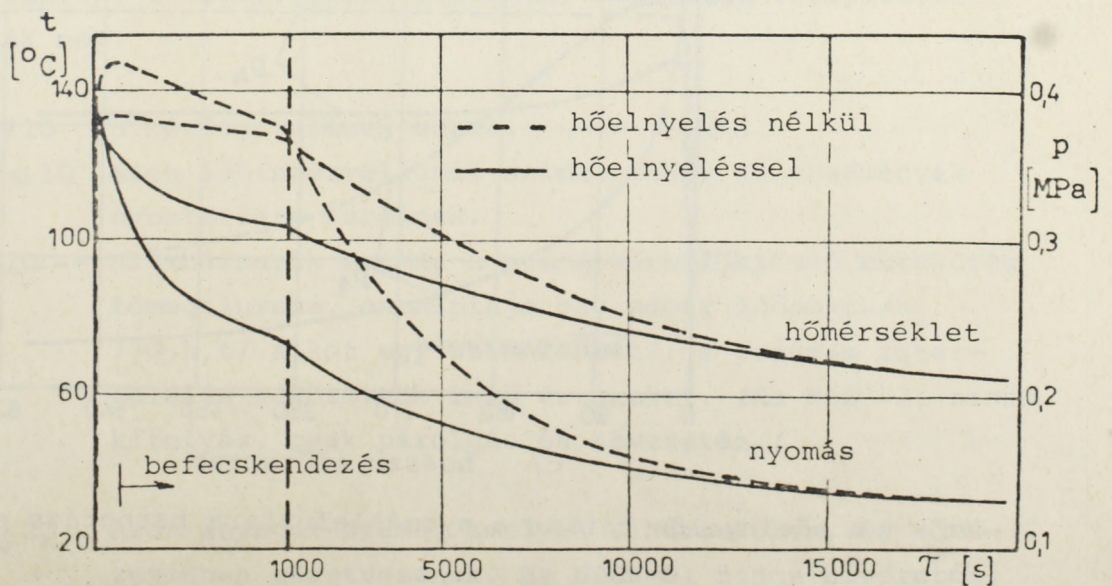
Nyomáslefutás a nyomástartó buborékoltató tartályában és a primerköri hermetikus helyiségekben a nyomástartó edényből történt hosszú időtartamu gőzle-fuvatás után



a/ száraz containment sémája

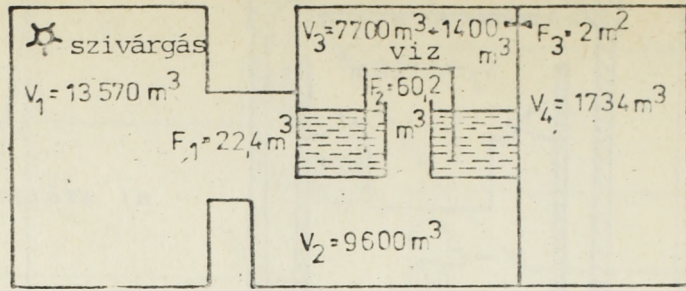


b/ rövid időtartam - hőelnyelés nélkül

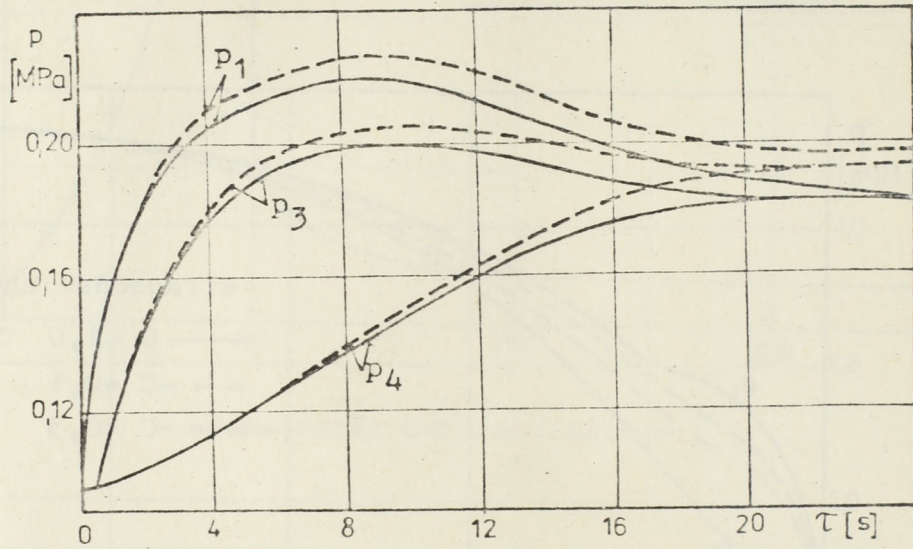


c/ hosszú időtartam - sprinklerrel

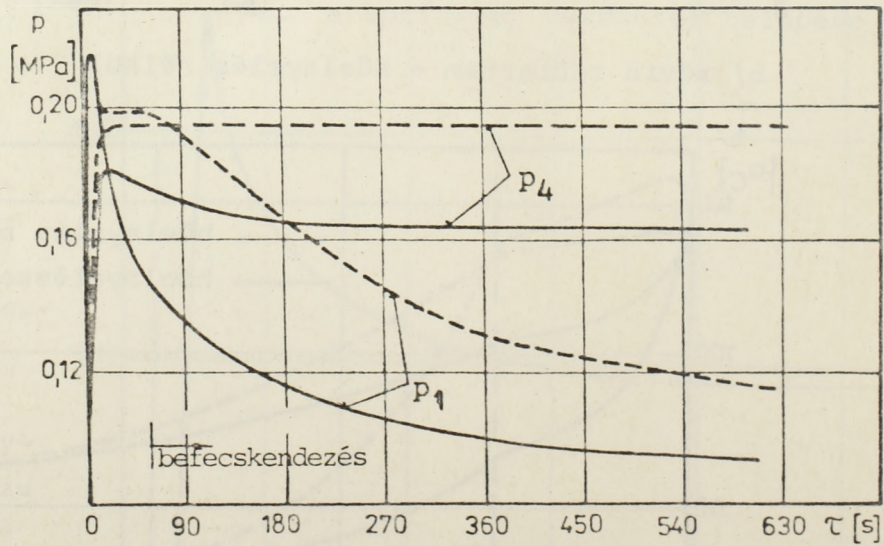
6. ábra Nyomás-lefutás száraz containmentnél



a/ a rendszer sémája



b/ rövid időtartamu nyomáslefutás



c/ hosszú időtartam

7. ábra A hőelnyelés hatása a nyomáslefutásra barbotázs esetén

TRACO V input adatok

Figyelem! Az adatokat a program nem mindig a beolvasás sorrendjében nyomtatja ki!

A bemenő adatok szabad format-ban kerülnek beolvasásra.

A real változók F 10 0
Az integer változók I 5 } format-ban

1. kártya

N SET. A variánsok száma, attól függően, hogy hány adatszetre kívánunk futtatást végezni. Értéke 1, ha csak egy esetet kívánunk számolni.

2. kártya

AK/I/ A variáns neve, maximum 72 karakter lehet, komment jellegű utasítás.

3. kártya

Kontrol adatok, integer típusu változók, a feladat felépítését határozzák meg.

$1 \leq NVOL \leq 10$ a térfogatelemek száma.

$1 \leq NSTEP \leq 10$ azon időintervallumok száma, mikor az eredmények nyomtatásra kerülnek.

$0 \leq NDL \leq 20$ számhármaskok száma, a primerkörből kiömlő hűtőközeg tömegfluxusa, entalpiája egy adott időpontban //G,h,t/ alkot egy számhármast/. a program interpolálja a közöttük levő értékeket. /Ha NBL 2, nincs kifolyás, csak párolgás és hővezetés./

$0 \leq NCON \leq 20$ Azon anyagok száma, amelyek a hőcserében, és hővezetésben résztvesznek. Ha NCON=0, nincs hővezetés, adiabatikus eset.

- $0 \leq \text{NSP} \leq 20$ Azon számpárok száma, melyek a sprinkler tömegfluxusát adják meg az idő függvényében. /G/t/,t/. Ha NSP = 2, nincs sprinkler működtetés.
- $0 \leq \text{NLK1} \leq 20$ Kiömlési együttható számpárok száma. A számpárokat az együttható és a hozzá tartozó nyomás értéke alkotja. Lényegében a kiömlési együttható, mint a nyomás függvénye kerül digitalizálásra. Ha NLK1 = 2, akkor a kiömlési együttható értéke nem függ a nyomástól.
- $0 \leq \text{NMAT} \leq 5$ Azoknak az anyagoknak a száma, amelyeket a közeg és a fal közti hőcsere folyamán figyelembe veszünk. NMAT csak akkor lehet 0, ha N CON=0. Az egyes anyagokat a jellemzi, ezeket kell megadni.
- $0 \leq \text{NPD} \leq 20$ Azon számnégyesek száma, amelyek a reaktor primerkörének maradványhőjét adják meg az idő függvényében.
- $0 \leq \text{NMW} \leq 20$ Azon számnégyesek száma, amelyek a vegyi folyamatokban keletkezett hőmennyiség időbeli függését adják meg.
- $0 \leq \text{NEX} \leq 4$ A hőcserélési lehetőségek száma a teljes rendszerben /sprinkler + vészhűtőrendszer/.
- $0 \leq \text{NAD1} \leq 20$ Azon számnégyesek száma, melyek a zóna vizébe közvetlenül átadott hőmennyiséget adják meg.
- $0 \leq \text{NAD2} \leq 20$ Azon számnégyesek száma, amelyek a zóna gőzével közvetlenül közölt hőmennyiséget adják meg.
- $0 \leq \text{NMC} \leq 9$ Az időben változatlan hőátadási együtthatók száma,
 $0 \leq \text{NHTAV} \leq 5$ Az időben változó hőátadási együtthatók száma.
- $0 \leq \text{NHRAT} \leq 5$ Azon hőátadási együtthatók száma, amelyek függenek a gőztömeg/levegőtömeg arányától.

- $0 \leq NTC \leq 9$ Azon állandó hőmérsékletek száma, amelyeket a hőátadás számításánál a falakon határfeltételként használunk.
- $0 \leq NTEMP \leq 5$ Azon hőmérséklet-időfüggvények száma, melyeket a hőátadás számításánál határfeltételként használunk.
- $0 \leq NEC \leq 20$ Azon számpárok száma, amely a vészhűtőrendszer által bejuttatott hűtőközeg mennyiségét adja meg az idő függvényében.
- NFAN logikai változó. Ha értéke = 0, akkor a containmentben a cirkulációs rendszer munkára elhanyagolható. Ha értéke = 1, akkor nem hanyagolható el.
- NKL 2 logikai változó. Ha értéke 0, akkor van elfolyás a containment falán feltételezett nyíláson keresztül.
- $0 \leq NFL 1 \leq 15$ Azon térfogatelemek száma a containmentben, ahol az átömlési keresztmetszet értéke állandó.
- $0 \leq NFL2 \leq 5$ Azon térfogatelemek száma, ahol a keresztmetszet hirtelen változik /visszacsapó szelepek/, miután a nyomáskülönbség egy adott kritikus szintet elér a térfogatelemek között.
- $0 \leq NFL3 \leq 4$ Azon zónáknak a száma, amelyek keresztmetszete a hossz függvényében változik, s melyek a containment zónáit kötik össze.

4. kártya A különböző zónák paraméterei

VT ϕ T /I/	A zóna szabad térfogata
TO /I/	kezdeti hőmérséklet
P ϕ TO/I/	kezdeti nyomás

$0 \leq HUM \leq 1$	kezdeti relatív páratartalom
$0 \leq CRF1 \leq 1$	A folyadék cseppelragadási együtthatója a $0, TCRF/I/$ időintervallumban.
$0 \leq CRF2 \leq 1$	A folyadék cseppelragadási együtthatója $TCRF/I/$ intervallumban, ahol az az időpont, ahol ez megváltozik.
$TCRF/I/$	az az időpont, ahol változik a cseppelragadási koefficiens.
$MCL/I/$	folyadékmennyiség a zónában a baleset előtt, ha ez 10^8 kg, akkor $CRF1 = CRF2 = 0$ automatikusan.

5. kártya A containment adatai

TAVMAX	az adott eset számítási ideje /real time/. Ha TAVR TAVMAX, akkor MCP értékét a következő MCR-MAX-ként nem használjuk.
MCRMAX	A reaktortartályban levő hűtőfolyadék maximális mennyisége.
TAVR	Az az időpont, amikor a reaktortartályban maradt hőhordozó párolgásának számítása elkezdődik.
MCR	A TAVR időpillanatban a reaktortartályban maradt hőhordozó mennyisége.

6. kártya A megmaradt hőhordozó párolgása

IRR	Annak a zónának a száma, amelyikben párolog a tartályban maradt hőhordozó.
-----	--

7. kártya Állandó keresztmetszetű összekötő nyílások

IFL11/I/	Azoknak a zónáknak a száma, amelyeket az I-edik nyílás egyesít, a pozitív irány az IFL 11-től az IFL 12 felé.
IFL12/I/	

8. kártya Állandó keresztmetszetű nyilások

- AFL1P/I/ A nyilások pozitív irányba eső effektív keresztmetszete. /A geometriai felület és a kifolyási koefficiens szorzata./
- AFL1M/I/ A nyilások negatív irányba eső effektív keresztmetszete. /Visszaáramlásnál csapószelep esetén ez 0!//

9. kártya Ugrásszerűen változó keresztmetszetű nyilások

- IFL21/I/ Az I-edik nyilással összekötött térfogatelemek száma. A pozitív irány az IFL21 - IFL22
- IFL22/I/
- IPCR2 ha 1-gyel egyenlő, akkor feltesszük, hogy az IFL21 és IFL22 közötti nyomáskülönbség az adott érték-nél alacsonyabbra süllyedéskor a keresztmetszet eléri a korábbi méretét, ami a változás előtt volt. Az IPCR2 \neq 1 esetén feltételezzük, hogy a keresztmetszet változás állandó marad, megfordíthatatlan.

Figyelem! Ha NFL2 = 0, a 9-10. kártya nem kerül beolvasásra.

10. kártya Ugrásszerűen változó keresztmetszetű nyilások

- AFL21P/I/ A nyilások + irányba eső effektív keresztmetszete a változásig
- AFL21M/I/ A nyilások - irányba eső effektív keresztmetszete a változásig
- AFL22P/I/ A nyilások + irányba eső effektív keresztmetszete a változás után
- AFL22M/I/ A nyilások - irányba eső effektív keresztmetszete a változás után
- DPCR2/I/ Az IFK21 és IFK22 térfogatelem közti nyomásesés, amikor a keresztmetszet ugrásszerűen változik.

- PCØRP/I/ A víz hidrosztatikus nyomása a tányérokban a + irányban
- PCORM/I/ A víz hidrosztatikus nyomása a tányérokban a - irányban

11. kártya Csatornák változó keresztmetszettel
/Ha NFL3 = 0, a 11. és 12. kártya kimarad/

jelölés: Az I index a csatorna sorszámához tartozik.

A J index az I-edik csatorna axiális szakaszaira vonatkozik.

a 10. és 11. kártya ismétlődik a különböző csatornákra, NFL3-szor. A számításokor feltételezzük, hogy az axiális felosztás állandó keresztmetszetű egy adott szakaszon.

- IFL31/+/ A zónák száma, amelyeket egyesít a csatorna. A + irány az IFL 31-től az IFL 32-be mutat.
- NAXFL3/I/ Azon axiális osztások száma, ahány részre a változó keresztmetszetű csatornát felosztottuk.

12. kártyacsoport Egyesítő csatornák változó keresztmetszettel

- DPCR3P/I/ Az a nyomáskülönbség, ahol a csatorna kinyit + irányba, feltételezve a szelep visszazárását, mielőtt a nyomás adott érték alá süllyed.
- DPCR3M/I/ Tulnyomás, amelyben a csatorna kinyit - irányú áramlási esetben.
- AFL3/I,J/ J=1: NAXFL3/I/+1 a csatorna bemenő keresztmetszete, és a következő csatorna végén az I-edik csatornának.
- IFL/I,J/ J=1: NAXFL3/I/ Real típusu mennyiség, a különálló csatornák hossza az I-edik csatornában.
- FRFL3/I,J/ J=1: NAXFL3/I/ A surlódási együttható a J-edik szakaszon, amely a surlódási és keresztmetszet-változásból adódó nyomáscsökkenést foglalja magában, a sebességhez viszonyítva a J-edik axiális csatornában.

13. kártya /csoport/ A nyomtatás megkövetelt sűrűsége

A kártya az alábbi számpárokat tartalmazza /INTEGER típusu/

NPR1/I/ A zóna termodinamikai paraméterek nyomtatásának gyakorisága /ld. a program-kimenet leírását/ az I-edik időintervallumban.

NPR2/I/ A konstrukcióban a hőmérsékleteloszlás nyomtatási gyakorisága az I-edik időintervallumban.

14. kártya /csoport/ Az integrálás időlépései

A párosok összes száma NSTEP

DSTEP/I/ Az I-edik időintervallumban az integrálás időlépés hossza.

TAUST/I/ Az I-edik időintervallum felső határa.

15. kártya Az elsődleges hőhordozó kifolyására szolgáló zónák száma

IBL Annak a zónának a sorszámát, ahová a primer körből kifolyik a hőhordozó közeg.

16. kártya /csoport/ A hőhordozó kifolyása a primer körből

Ha NBL=2, akkor ez a kártya kimarad. Ellenkező esetben a kártya az alábbi számhármassok összes számát az NBL tartalmazza.

FTBL/I/ Az az időérték, amikor adottak:

FGBL/I/ a kifolyó hőhordozó tömegfluxusának megfelelő értéke

FHBL/I/ a kifolyó hőhordozó fajlagos entalpiájának megfelelő értéke /egy számhármass külön kártya/

NBL 2 tömegfluxust nem kell megadni

NBL 2 akkor a számhármast /kiömlésnél/ jelenti.

17. kártya A zónák száma, amelyekre hat az 1-es forrás

Ha NAD1 = 2, a kártya nem kerül beolvasásra.

IAD11 A zóna száma, ahová az 1-es forrásból a hőhordozó kerül.

IAD12 A zóna száma, ahová a hőteljesítmény kerül az 1-es forrásból.

18. kártya /csoport/ Az 1-es forrásból a hőhordozó és energia adagolásának időrendje

Ha NAD1 = 2, a kártya átugródik. A többi esetben a kártya NAD1 számnegyest tartalmaz:

FTAD1/I/ Az időérték, amiben meg van adva a:

FGAD1/I/ az adagolt hőhordozó forgalma

FHAD1/I/ az adagolt hőhordozó fajlagos entalpiája

FQAD1/I/ az adagolt hőteljesítmény /függetlenül a hőhordozó forgalmától/.

19. kártya A zónák száma, amelyekre hat a 2-es forrás

Ha NAD2 = 2, a kártya továbbítódik.

IAD 21 A zóna száma, ahová a 2-es forrásból a hőhordozó kerül.

IAD 22 A zóna száma, ahová a hőteljesítmény kerül a 2-es forrásból.

20. kártya /csoport/ A 2-es forrásból a hőhordozó és energia adagolásának időrendje

Ha NAD2 = 2, a kártya továbbítódik. A többi esetben a kártya NAD2 számnegyest tartalmaz:

FTAD2/I/ Az időérték, amiben meg van adva a:
FGAD2/I/ az adagolt hőhordozó forgalma
FHAD2/I/ az adagolt hőhordozó fajlagos entalpiája
FQAD2/I/ az adagolt hőteljesítmény.

21. kártya A zóna száma, ahová a reaktor maradványhője lép

Ha NDP 2, a kártya továbbitódik.

IDP a zóna száma, ahová a reaktor maradványhője kerül.

22. kártya /csoport/ A reaktor maradványhője

Ha NDP 2, a kártya továbbitódik. A többi esetben a kártya tartalmazza az NDP számnégyeseket:

FTDP/I/ Az időérték, amelyben adott a:
FQDP/I/ összes hőteljesítmény /maradványhő/
FDPl/I/ a maradványhő aránya, amely a hőhordozó elpárologtatására fordítódik a reaktortartályban.
FDP2/I/ a maradványhő aránya, amely a containment atmoszférájának melegítésére közvetlenül fordítódik

23. kártya A zóna száma, amelyikbe a kémiai reakciók hője vezetődik.

Ha NMW 2, a kártya nem kerül beolvasásra.

IMW A zóna száma, amelyikbe a vegyi reakció hője vezetődik.

24. kártya /csoport/ A vegyi reakció energiája

Ha NMW 2, a kártya továbbitódik. A többi esetben a NMW számnégyest tartalmazza:

FTMW/I/ Az időérték, amelyben adott a:
FQMW/I/ a vegyi reakció összhője

- FMW1/I/ a vegyi reakció hőjének az a része, amely a hőhordozó elpárologtatására fordítódik a reaktortartályban
- FMW2/I/ a vegyi reakció aránya, amely a containment atmoszférájának melegítésére közvetlenül fordítódik.

25. kártya A zónák száma, amelyek a sprinkler berendezés hatása alatt vannak

Ha NSP 2, a 25, 26, 27, 28 kártyák továbbitódnak.

ISP1 A zóna száma, amelyből a sprinklernek adagolódik a hőhordozó azon esetben, ha az adagolás nem biztosított a tartalék tartályból.

ISP2 A zóna száma, ahová a sprinkler viz adagolódik.

26. kártya A sprinkler berendezés paraméterei

TAUSP /1/ A sprinkler berendezés indítási időpontja. Feltesszük, hogy a viz adagolása a rendszerbe indulásakor a hűtőviz-tartályból történik.

TAUSP/2/ A sprinkler táplálás bekapcsolási ideje a ISP1-es számú folyadéktérfogathoz. Elképzelhető, hogy $TAUSP2=TAUSP1$.

TAUSP/3/ A sprinkler berendezés működésének befejezési ideje. Lehetséges, hogy $TAUSP2 = TAUSP3$.

TCSP A tartaléktartály hűtővizének hőmérséklete. Ha a táplálás az ISP1 zónából történik, akkor ezt az értéket nem használjuk

ESP A sprinkler berendezés működésének effektivitása

27. kártya A sprinkler berendezés hőcserélőinek száma

A kártya továbbítódik, ha NSP 2, vagy ha TASP/2/ TASP/3/.

IEXSP A hőcserélő száma, amelyet a sprinkler viz hűtéséhez használunk.

28. kártya A sprinkler viz forgalma

A kártya továbbítódik, ha NSP 2. A többi esetben a kártya az NSP számpárt tartalmazza:

FTSP/I/ Az időpont, amelyet a rendszer hirtelen indításától számítunk, amelyben adott a:

FGSP/I/ a sprinkler viz forgalma

29. kártya A vészhűtőrendszer hatása alatt lévő zónák száma

Ha NEC 2, a kártya továbbítódik.

IEC1 A zóna száma, amelyikben a vészhűtő rendszer hat.

IEC2 A zóna száma, amelyikben a zóna vészhűtő rendszer hőjét vezetjük.

30. kártya A zóna vészhűtő rendszere

Ha NEC 2, a kártya továbbítódik.

TAUEC/1/ A rendszer indítási ideje. Ugyanugy feltesszük, mint a sprinklernél, hogy a rendszer startjakor a táplálás független forrásból /tartályból/ történik.

TAUEC/2/ A rendszer táplálásának a gyűjtőtartályhoz kapcsolási ideje. Lehetséges, hogy TAUEC/2/ = TAUEC/1/.

TAUEC/3/ A rendszer működésének befejezési ideje

TCEC Független forrás alkalmazásakor a hűtőviz hőmérséklete.

ECC A rendszer effektivitása.

31. kártya Az aktiv zóna vészhűtő rendszere

A kártya továbbbitódik, ha NEC 2, vagy ha TAUEC/2/ TAUEC/3/.

FEXEC A hőcserélő száma, amely a gyűjtőbak vizét hűti.

32. kártya /csoport/ A zóna vészhűtő rendszere

A kártya továbbbitódik, ha NEC 2. A többi esetben a NEC számpárt tartalmazza:

FTEC/I/ Az időpont, amelyben adott:
/a vészhűtési rendszer indításához viszonyul/

FCEC/I/ A hűtőviz forgalma

33. kártya A recirkulációs hűtésű zóna száma

Ha NFAN = 0, a kártya továbbbitódik.

IFAN A zóna száma, amelyben a recirkulációs hűtés folyik.

34. kártya Az atmoszféra recirkulációs hűtése

A kártya továbbbitódik, ha NFAN=0.

TAUF1 A rendszer startjának ideje

TAUF2 A rendszer működésének befejezési ideje

AFAN Az elvezetett teljesítménynek a hőmérséklettől való függésének abszolút tagja

BFAN Az elvezetett teljesítmény összefüggésében a lineáris tag koefficiense

CFAN A négyzetes tag koefficiense

A koefficiensek előjelét úgy kell megválasztani, hogy az elvezetett hőteljesítmény pozitív legyen.

25. kártya Elfolyások az adott zónából a környezetbe

A kártya továbbbitódik, ha NLM 2, és egyidejűleg NLK = 0.

TAIR A levegő külső hőmérséklete, ezt az értéket a program adott verziójában nem használjuk.

PAIR A levegő külső nyomásának abszolút értéke.

36. kártya A zóna száma, amelyből normális elfolyás történik a környezetbe

Ha NLK1 2, a kártya továbbbitódik.

ILK1 A zóna száma, amelyben a környezetben való elfolyás történik

37. kártya /csoport/ Normális elfolyások az adott zónából a környezetbe

A kártya továbbbitódik, ha NKK 2. Ellenkező esetben a kártya az NLK1 számnégyest tartalmazza:

FPLK1/I/ Az adott zónában az átlagos nyomás, amelynek megfelel

FFKL/I/ A normális elfolyási koeficiensek

38. kártya Azon zónák száma, amelyekben a résen keresztül a környezetbe való elfolyás történik

Ha NLK2 2, a kártya továbbbitódik.

ILK2 A zóna száma, ahonnan az elfolyás a résen keresztül a környezetbe megvalósul.

39. kártya Résen keresztüli elfolyás az adott zónából a környezetbe
Ha NLK2=0, a kártya nem kerül beolvasásra.

TLK21 A rés keletkezésének ideje az adott zóna falán

TLK22 A rés bezárásának időpontja

ALK2 A rés keresztmetszete

FLK2 Veszteségi tényező /forgalomcsökkenési koeficiens/

A falakkal és konstrukciós szerkezeti anyagokkal történő köcserét leíró kártyák következnek. A 40-45. kártyákat minden konstrukcióra meg kell adni.

40. kártya Irányító számok. A fal bal és jobb oldalának definiálása!

IG/I/ A fal geometriája 1-sík, 2-hengeres, 3-gömb.

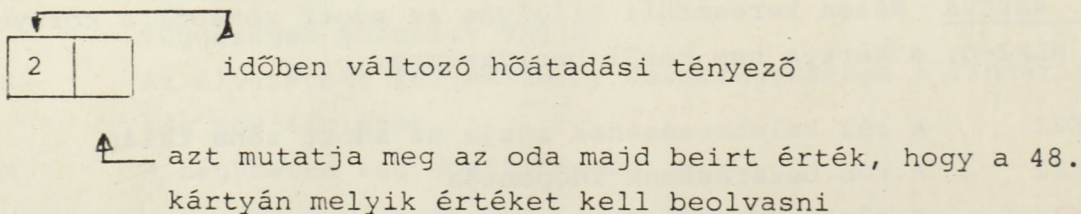
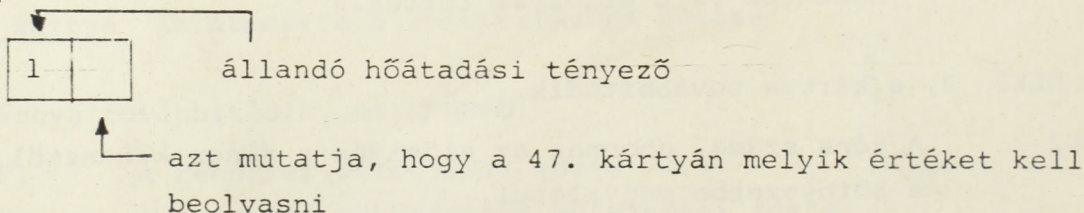
1 NREG 5 A fal összes rétegének száma, amelyek különböző anyagi paraméterekkel ill. különböző elemi rétegekre történő felosztással jellemezhetőek.

IHL1/1/ kétértékű szám, amely a számítás módszerét adja meg a hőátadási tényezőre a fal baloldalán a TAU TAUCO2/1/ időkre. Az első értéknek az alábbi jelentése van

- 1 - a hőátadási tényező állandó érték
- 2 - a hőátadási tényező az idő függvénye
- 3 - a hőátadási tényező értéke a containment-en belül levő gőz/levegő tömegaránytól függ.

Minden esetben a számkettős /integer típusu/ második értéke a konstansok sorszámát adják meg, illetve a függvényeket a 47-51. kártyák inputlistájának megfelelően.

Pl.:



IHL2/I/ ugyanaz, mint az IHL1/I/, a TAU TAUCO2/I/ időkre, ha IHL1=IHL2 változtatni akarom a paramétereket. Lehet azonos, mint IHL1, ha nem változik!

ITL/I/ az összetett fal bal oldalának környezetében a hőmérséklet meghatározására szolgáló szám. Vagy háromjegyű szám alakjában /pl. így 100/ adják meg, ahol az 1 a zóna számának felel meg, amellyel a hőcsere történik; vagy pedig két-

jegyü szám alakjában, ahol a tiznek jelentése a következő:

- 1 - állandó hőmérsékletérték
- 2 - időfüggő hőmérséklet, amikor is az egyesek a két-jegyü számban konstanst jelölnek, vagy olyan függvényeket, melyek az 52., 53., 54. kártya kért értékeinek felelnek meg.

IHTL/I/ a zónafalak kölcsönös kapcsolatát meghatározó szám, illetve azok függetlenségét a lehető baloldali faltól. Vagy egyjegyü számként adható meg:

- 1 - a zóna össze van kötve a reaktortartállyal
- 2 - más esetben, vagy háromjegyü számként pl. 100, ahol az utolsó egység a zónaszámra vonatkozik, amellyel hőcsere történik.

IHR1/I/ - ugyanazon érték, mint a IHL1/I/; IHL2/I/ a fal jobb-
IHR2/I/ oldalán

ITR /I/ ugyanaz, mint ITF/I/ a fal jobb oldalán
IHTR/I/ ugyanaz, mint IHTF/I/ a fal jobb oldalán

41. kártya A különböző rétegek irányító számai

A kártya tartalmazza az NREG/I/ következő egész számú adatpárokat:

IMAT/I,K/ a k-adik réteg anyagának száma /összhangban a 31. kártyán az anyagok scrszámolásával/

NNR/I,K/ A k rétegben az elemi rétegek száma

42. kártya A konstrukció egyéb paraméterei

TAUCO1/I/ A fal és a környező közeg hőkölcsonhatásának számítási kezdőpontja /időben/

TAUCO2/I/ A hőátadási koefficiens számítási tartomány változásának ideje

TAUCO3/I/ A fal és a környező közeg hőkölcsonhatásának számítási végpontja /időben/
THLO /I/ A hőmérséklet stacioner eloszlásának számítására szolgáló külső közeghőmérséklet a fal baloldalán
HLO/I/ A baloldalon a hőátadási koefficiens, a stacioner számításokra
THRO/I/ Ugyanaz, mint THLO/I/, HLO/I/ a jobb oldalára a falnak
SCON/I/ Az összetett fal baloldalának hőátadási felülete

43. kártya A rétegek baloldali határpontjai

A kártya NREG/I/ értéket tartalmaz

XREGL/I,K/ A különböző rétegek baloldali határfelületi koordinátái

44. kártya A jobboldali határpontjai a rétegeknek

A kártya NREG/I/ értékeket tartalmaz

XREGR/I,K/ A különböző rétegek baloldali határfelületeinek koordinátái. Ha a két réteg között nincs rés, akkor $XREGL/I,K+1/= XREGR/I,K/$

45. kártya A hőellenállás a rétegek között

Ha $NREG/I/=1$, a kártya továbbitódik. Máskülönben $NREG/I/-1$ értéket tartalmaz.

RS/I,K/ A rés fajlagos hőellenállása /a vastagság esetén is/ a két réteg /a k-adik és K+1-edik/ között, a belső réteg egységnyi felületéhez viszonyítva.

46. kártya Anyagok tulajdonságai

A kártya NMAT helyett egy számpárt tartalmaz:

LAMB/J/ A 3-adik anyag hővezetési tényezője
ROC/J/ A 3-adik anyag fajhőjének és sűrűségének szorzata

47. kártya Az állandó hőátadási koeficiensek

A kártya NHC számjegyet tartalmaz, NHC=0 esetén továbbitódik.
Azt mutatja meg, hogy hány konstans hőátadási tényezőt tartalmaz.

HTCC/J/ A J-edik hőátadási koeficiens

48. kártya Időfüggő hőátadási tényezők

A kártya továbbitódik, ha NHTAU=0. A többi esetben a kártya NHTAU
egésszszámu konstanst tartalmaz:

2 KHATAU/J/ 20 - A számpárok száma, amely a J-edik hőátadási
koeficiens függvényt jellemzi az időben

49. kártya /csoport/ Időfüggő hőátadási tényezők

Ha NHTAU=0, a kártyák továbbitódnak. A többi esetben KHTAU/J/ szám-
párt tartalmaz. A különböző függvények kártyái folyamatosan követ-
keznek egymás után.

FTTAU/J,K/ A J-edik függvényhez tartozó időérték, amelynek meg-
felel:

FHTAU/J,K/ A j-edik függvény hőátadási koeficiensének értéke

50. kártya A containtmentben levő gőz aránytól függő hőátadási
koeficiensek

A kártya továbbitódik, ha NHRAT=0. A többi esetben a kártya NHRAT
egésszszámu konstanst tartalmaz:

2 KHRAT/J/ 20 - A számpárok száma, amelyek a J-dik hőátadási
koeficienst írják le a gőz arány függvényében / a gőz
tömegét a levegő tömegéhez viszonyítva/

51. kártya /csoport/ A gőzrésztől függő hőátadási koefficiensek

A kártya továbbitódik, ha $NHRAT=0$. A többi esetben a kártya $NHTAU/J/$ számpárt tartalmaz. A különböző függvények kártyái folyamatosan következnek egymás után.

$FRAT/J,K/$ A gőz tömegarányának értéke, amelynek megfelel:

$FHRAT/J,K/$ hőátadási koefficiens

52. kártya A környezet hőmérséklete - állandó értékek

A kártya továbbitódik, ha $NTC=0$. Más esetben a kártya NTC értéket tartalmaz:

$TCC/I/$ A környező közeg hőmérsékletének állandó értékeinek listája, amelyek a konstrukcióval való hőcserére szolgálnak.

53. kártya A környezeti hőmérsékletek - időfüggő értékek

A kártya továbbitódik, ha $NTEMP=0$. Más esetben a kártya $NTEMP$ egész számú értékeket tartalmaz:

2 $KTEMP/J/$ 20 - A számpárok száma, amelyek a J -edik hőmérsékletfüggvényt írják le a környező közegnek az idő függvényében

54. kártya /csoport/ A környezet hőmérséklete - időfüggő értékek

A kártya továbbitódik, ha $NTEMP=0$. Más esetben ez a csoport $NTEMP$ kártyát tartalmaz /sorban rendezve egymás után a különböző függvényeknek/, amelyek közül a J -edik $KTEMP/J/$ számpárt tartalmaz.

$FTEMP/J,K/$ A J -edik függvény ideje, amelyhez tartozik a:

$FTEMP /J,K/$ a közeg hőmérséklet értéke

55. kártya A hőcserélők paraméterei

A kártya továbbbitódik, ha NEX=0. Ellenkező esetben NEX egész számu értéket tartalmaz /egyvet minden hőcserélőre/:

ITEX/J/ A J-edik hőcserélő típusa, a megadható értékek:
1 - ellenáramu
2 - egyenirányu

56. kártya /csoport/ A hőcserélők adatai

A kártya továbbbitódik, ha NEX=0. Ellenkező esetben NEX kártyát tartalmaz /egyvet minden hőcserélőre/, és minden kártya tartalmazza az alábbi adatokat:

HEX/J/ Átlagos hőátadási koefficiens egységnyi felületre az elsődleges oldal / a vészhűtő rendszer vize/ és a másodlagos oldal között /technikai viz/.
AEX/J/ A hőcsere összes felülete
GCEX/J/ A hűtőviz forgalma
TCEX/J/ A hűtőviz hőmérséklete

Felhasznált egységek

tömeg	kg
hőmérséklet	°C
nyomás	kN/m ²
fajlagos entalpia	kJ/kg
hőteljesítmény	kW
energia	kJ
térfogat	m ³
keresztmetszet	m ²
lineáris méret	m
idő	mp
forgalom	kg/mp
relativ nedvesség	/a max.relativ nedvesség %-ában adják meg/
hőátadási tényező	kW/m ² K
hővezetési tényező	kW/m ² K

A CONTEMPT LT - 026 főbb jellemzői

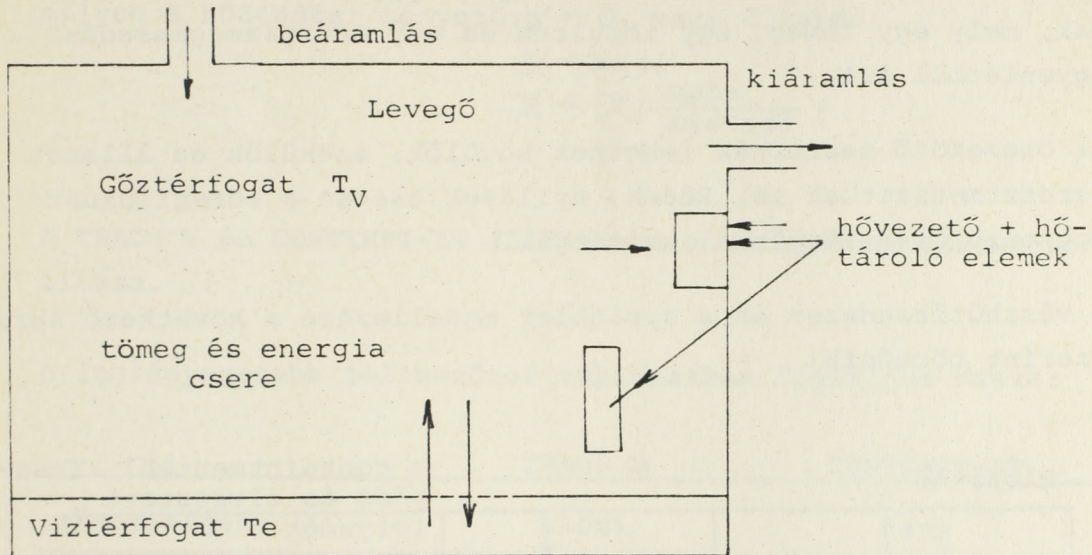
A CONTainment TEMperature Pressure Transient Long Term program hosszú időtartamu nyomás és hőmérséklet tranzienseket számol a containmentben, egy feltételezett Loss of Coolant Accident üzemzavar esetén. Ezen fő jellemzőkön kívül még a rendszer a tömeg és energia eloszlását, a szerkezeti elemek hőfokeloszlását és az egymással szomszédos helyiségek /compartment/ közti energiacserét számolja.

Lehetőség van a containment falán támadt kis repedés, nyílás hatásának figyelembevételére. Modellezhetők a hűtőventillátorok és sprinklerek is. Ez a verzió 1-4 compartment leírására alkalmas, s a primerkört tartalmazó rész kivételével mindegyiknél modellezhetünk kondenzáló folyadékfelszint, és a felszín feletti gőzatmoszférát. Mindegyik rész azonos hőmérsékletűnek van feltételezve, de az egyes részek hőmérséklete már egymástól eltérhet. A felhasználó specifikálja a számításhoz szükséges compartmenteket, a rendszerbe belépő tömeg és energia értékét, a hővezetésben és hőátadásban figyelembe vett szerkezeti részek anyagát és méretét, a számítás real time idejét, és a nyomtatási igényeket.

A program segítségével közvetlenül lehet modellezni forralóvizes, reaktorhoz tartozó buborékoltató kondenzátoros vizes containmenteket, és "száraz", nyomottvizes reaktorokhoz tartozó containmenteket. Bizonyos átalakítások segítségével barbotázs is szimulálható.

Főbb fizikai modellek

Egy helyiségben a lehetséges kölcsönhatásokat az alábbi ábra szemlélteti:



Mint előzőleg említettük, maximum 4 ilyen kompartment kapcsolható össze.

A compartmentben levő víz, gőz és levegő nyugalmi hőmérsékletét, tömegét, energiáját külön szubrutin számolja /COMPV/.

Egy-egy időlépés alatt az ábrán ábrázolt összes kölcsönhatás modellezhető. A szükséges állapotváltozókat külön szubrutin /STH20/ adja, táblázatból vagy polinomokból.

A folyadék és gőz-levegő keverék kölcsönhatásai a következők lehetnek:

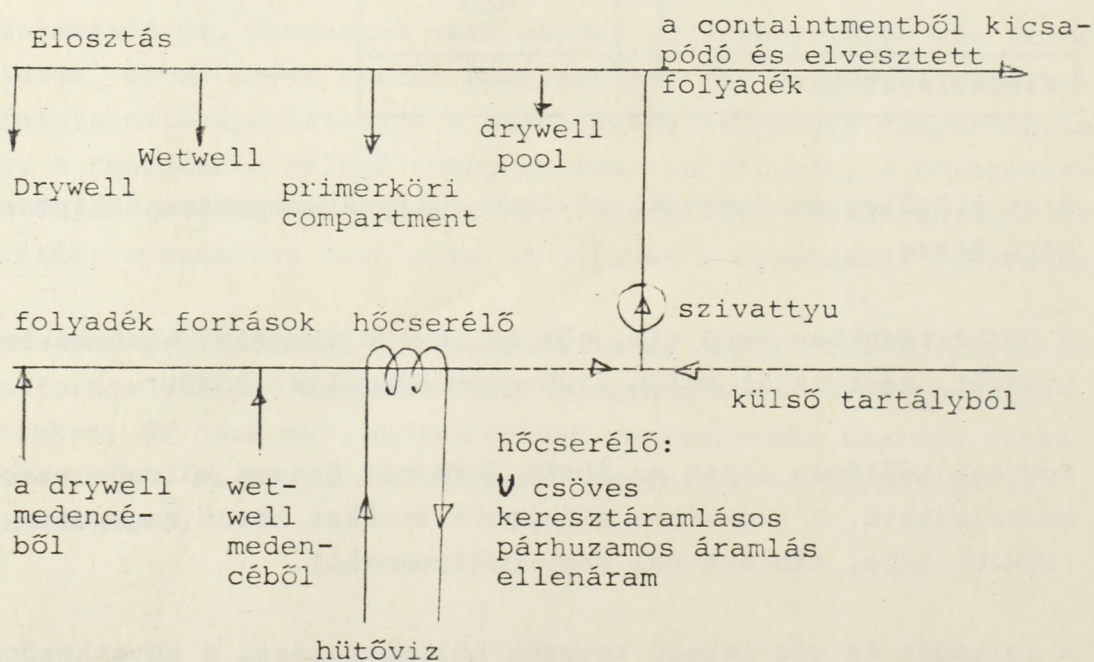
1. térfogati forrás
2. folyadék párolgás a felszínen
3. gőzkondenzáció
4. hővezetés a közös felszínen keresztül.

A 2. és 3. esetben lamináris és turbulens természetes konvekció modellezhető, horizontális felszínre. A felhasznált korrelációk egyeznek a legújabb irodalomból vett összefüggésekkel.

A compartmenteket összekötő csatornáknak a kétfázisú, kétkomponensű rendszer modellezésére homogén egyenletrendszert használnak, mely egy tömeg, egy impulzus és egy energiamegmaradási egyenletről áll.

Az összekötő csatornák lehetnek bővülők, szűkülők és állandó keresztmetszetűek is. Rések, nyílások esetén a tömegfluxust egyszerű összefüggésből számítják.

A vészhűtőrendszer és a sprinkler modellezése a következő ábra szerint történik:



Tömeg és energia csere modellek

A program több lehetőséget is biztosít tömeg és energia be- és kivitelre. Pl. a csőtörés során bejutó tömeg és energia, a bomláshő és vegyi reakciók hője. Levegőt a drywell gőztérfogatóba lehet bejuttatni.

A szerkezeti anyagok hőmérsékleteloszlását egydimenziós, instacioner, több rétegből álló hőmérsékletmező modellezi. Többféle /sik, gömb, henger/ geometriát lehet szimulálni. Egy rétegen belül 100 osztáspont vehető fel.

Peremfeltételek a következők lehetnek, attól függően, hogy milyen a hőátadási tényező: $\alpha = 0$, vagy állandó

$$\alpha = \alpha / t /$$

$$\alpha = \alpha / \frac{mg\ddot{o}z}{mleveg\ddot{o}} /$$

A TRACO V és CONTEMPT-LT fő fizikai modelljeinek összehasonlítása.

A leglényegesebb jellemzőket táblázatban foglaljuk össze:

	TRACO V	CONTEMPT-LT
memóriaigény	kicsi	nagy
futási időigény	közepes	nagy
hőátadási együtthatók	input	a program számolja
kialakítható, modellezhető esetek	a/ barbotázs, nedves és száraz containment	a/ száraz és nedves containment
a/ közvetlenül		
b/ közvetetten		b/ barbotázs
térfogatelemek max. száma	20	4
felépítés flexibilitása	nagy	kicsi
csőtörés adatai	input	input
átömlési keresztmetszetek	változtathatók	állandó
légcsapda	modellezhető	nem modellezhető
átbuborékoltatás	modellezhető	modellezhető

Néhány általános megjegyzés

A TRACO V nagyon rugalmas, flexibilis rendszer, amely különösebb megszorítás nélkül alkalmazható a VVER 440 típusu reaktor barbotázsának szimulálására. Problémát jelent viszont, hogy a hőátadási tényezőket a felhasználónak kell megadni, valamint az elragadási tényezőt is.

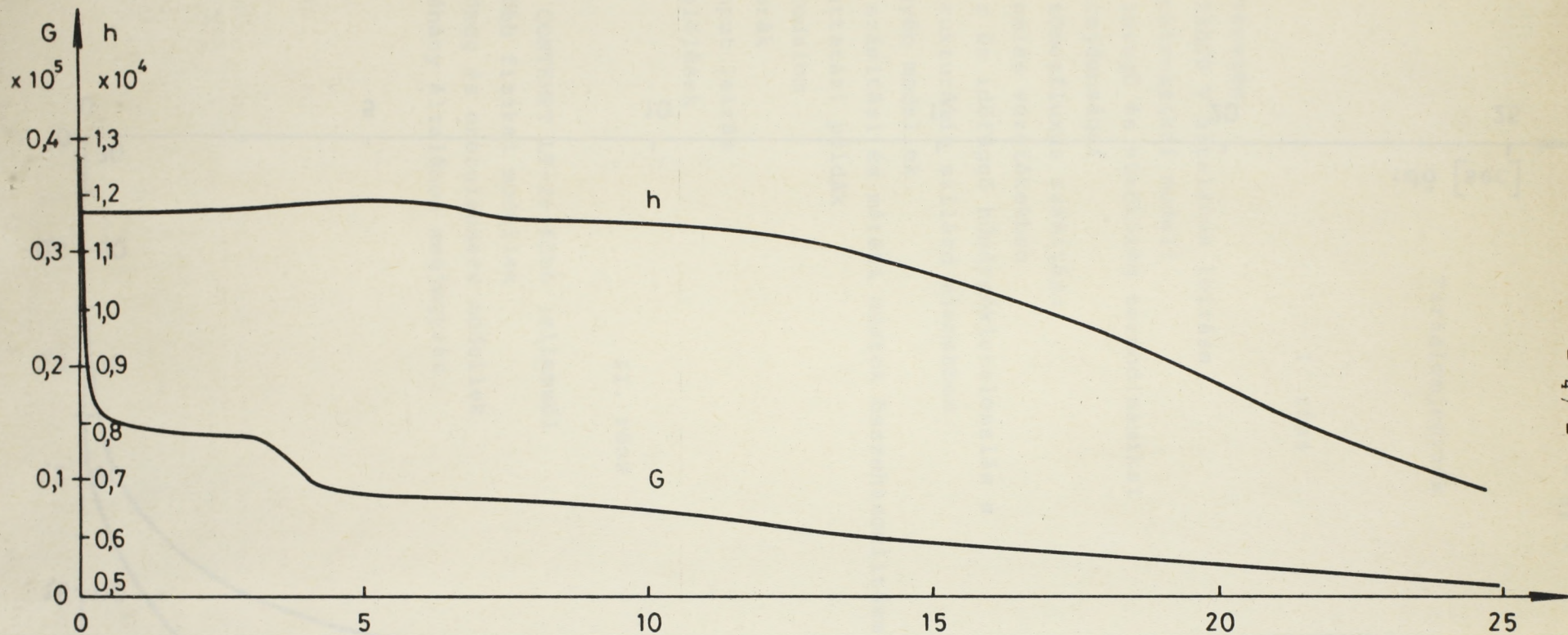
A CONTEMPT-LT lényeges problémája viszont, hogy nincs lehetőség benne visszacsapószelepek modellezésére, és így a légkamrák működését nem lehet leírni pontosan. Kis törés esetén még elfogadható ez a közelítés, nagy törésnél problémát jelenthet.

Mindkét programban problémát jelent, hogy olyan, nedvesített beton felületen, ami nincs acéllal burkolva, a hőátadási tényező más lesz az elpárolgás miatt. /Transpiration cooling/

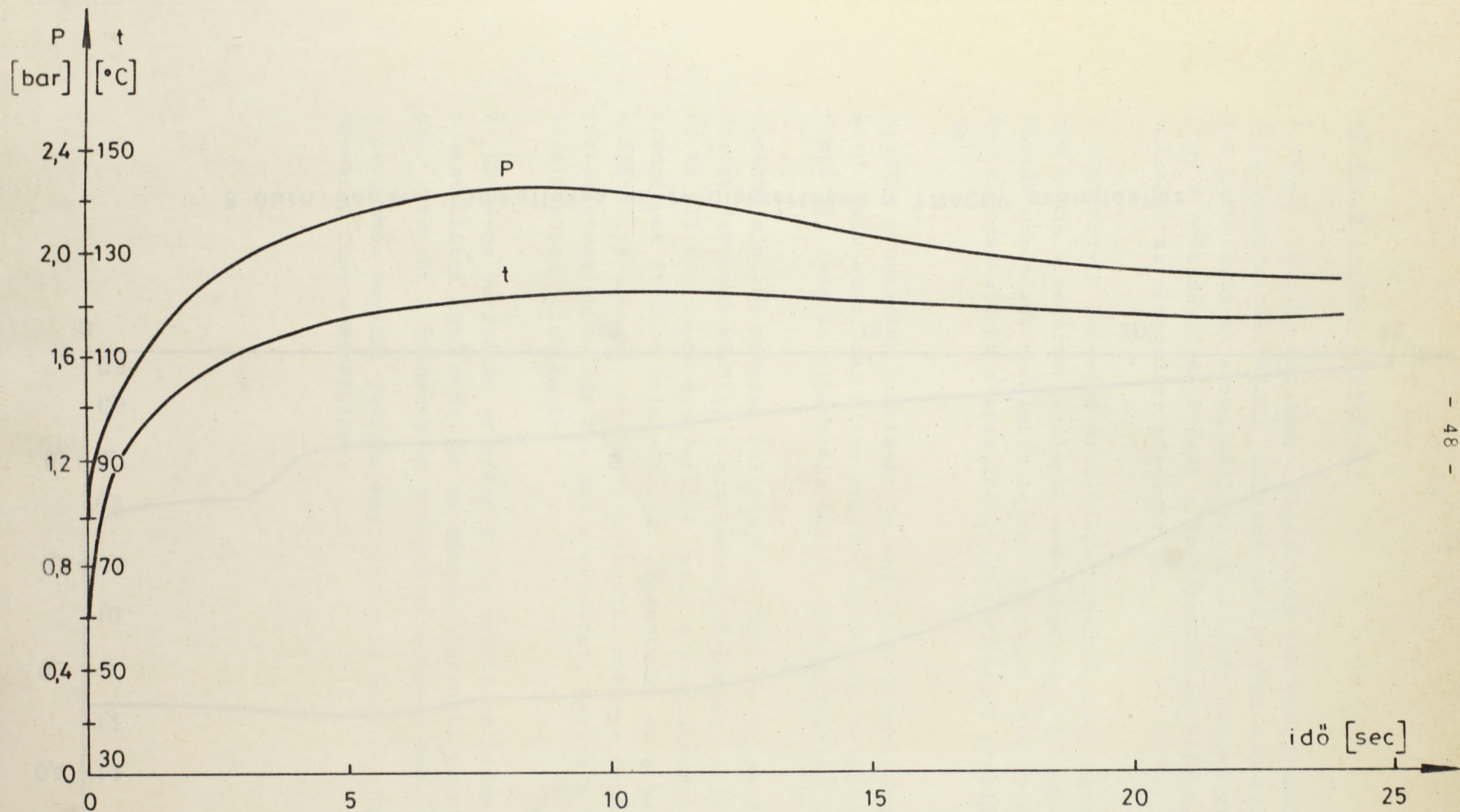
Továbbá mindkét program feltételezi, hogy az egyes falfelületek között /rétegek között/ nincs kontakthővezetési ellenállás. Ez az állítás ugyan egyszerűbbé teszi a programozást, de az eredmények értékét befolyásolja. Szerencsére ez a hatás csak a lassu tranziensek esetén jelentkezik, mikor a nyomás és hőmérsékletmaximumon már túl van a rendszer. Hatása a tranziens lassításában jelentkezik.

Az LT 26-os verzióban az előző 25-ös verzióhoz képest módosult a ventilátor hűtő modul és az Uchida-hőátadási korreláció opció, valamint a kondenzátum energiáját számoló összefüggés.

A programon további javításokat végzett a helsinki Technical Research Centre of Finland.



8. ábra. Bemenő tömegfluxus és entalpiaértékek a TRACOV számításhoz



9. ábra. TRACOV által számított nyomás- és hőmérsékleteloszlás a 2. térfogatelemben.

Tartalomjegyzék

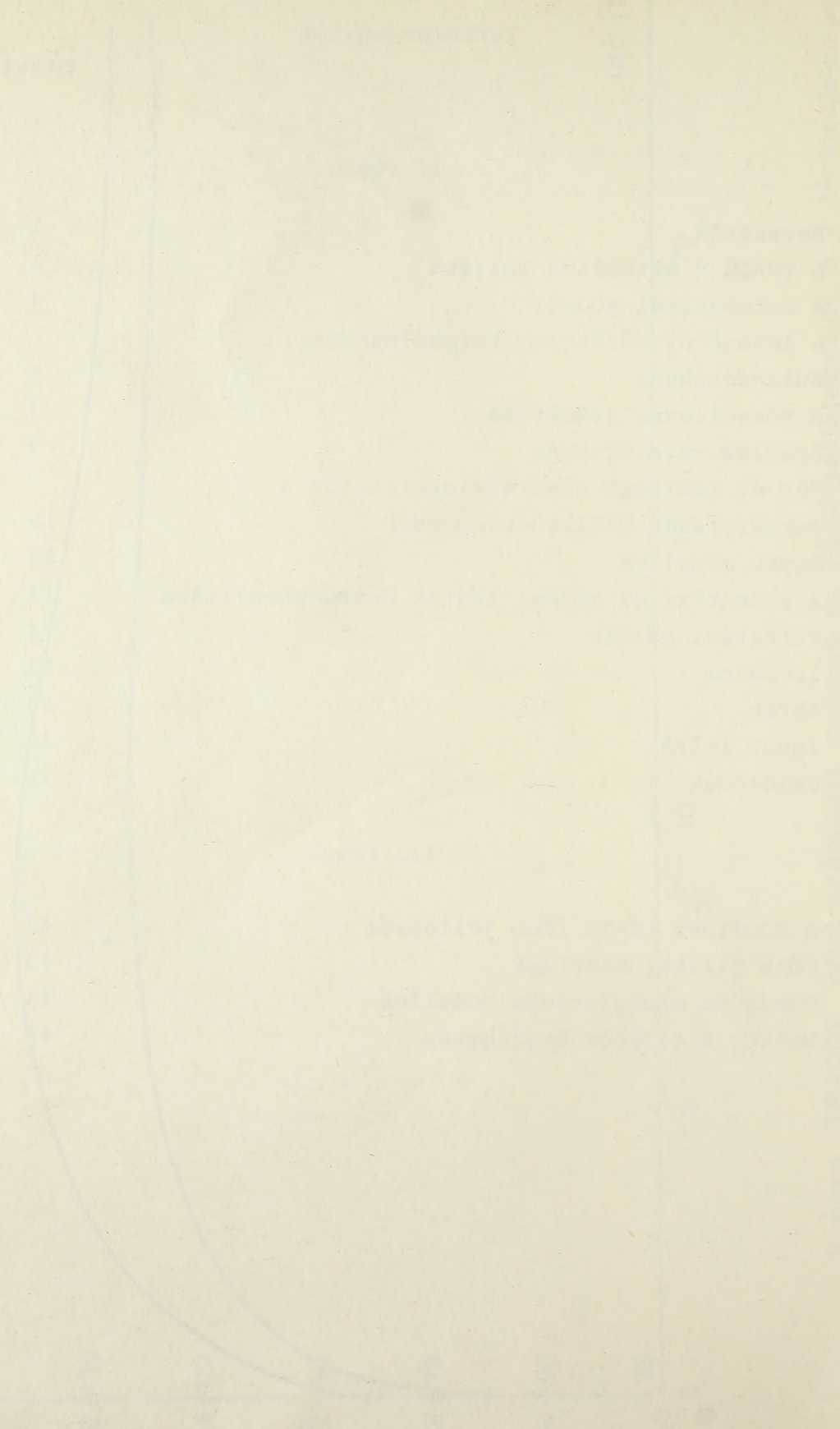
Oldal

I. rész

Bevezetés	1
A TRACO V általános leírása	1
A matematikai modell	4
A levegő és hűtőközeg termodinamikai tulajdonságai	5
A tömegfluxus számítása	7
Áramlás vezetékekben	9
Tér és időfüggő hőmérsékleteloszlás a strukturális szilárd elemekben	11
Egyéb modellek	13
A számítási és mérési adatok összehasonlítása	14
Futtatási példák	14
Irodalom	17
Ábrák	18
Input leírás	23
Jelölések	41

II. rész

A CONTEMPT LT-26 főbb jellemzői	42
Főbb fizikai modellek	43
Tömeg és energiacsere modellek	44
Néhány általános megjegyzés	46





63.989



Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet
Felelős kiadó: Gyimesi Zoltán
Szakmai lektor: Ézsöl György
Példányszám: 55 Törzsszám: 84-60
Készült a KFKI sokszorosító üzemében
Felelős vezető: Nagy Károly
Budapest, 1984. január hó