

TK 155.467

12

KFKI-1983-13

SZABADOS LÁSZLÓ
TROSZTEL ISTVÁN
PERNECZKY LÁSZLÓ
VÉRTES PÉTER

A CONTEMPT PROGRAMCSALÁD ALKALMAZÁSI
LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA
A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

Hungarian Academy of Sciences

CENTRAL
RESEARCH
INSTITUTE FOR
PHYSICS

BUDAPEST

2017

5) KFKI-1983-13

SPEC: 11-012

6) 16

47

2) A CONTEMPT PROGRAMCSALÁD ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA
A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

mind SEKI

1) SZABADOS LÁSZLÓ, TROSZTEL ISTVÁN, PERNECZKY LÁSZLÓ, VÉRTES PÉTER
Központi Fizikai Kutató Intézet
1525 Budapest 114, Pf. 49

KIVONAT

A CONTEMPT programcsalád a reaktor hermetikus helyiségeiben csőtöréses baleset után kialakuló termohidraulikai viszonyok vizsgálatára alkalmas. A riport néhány jellegzetesnek tekintett példán keresztül bemutatja a reaktort körülvevő hermetikus helyiségekben a nyomás- és hőmérsékletváltozást, mint biztonsági szempontból leglényegesebb két jellemző paraméter változását. Ezen számítások kezdeti lépések a CONTEMPT kódnak a Paksi Atomerőműre alkalmazása terén és a szerzők javaslatot tesznek további vizsgálatokra. A CONTEMPT eredmények alapján aktivitás-viszonyok számítására is sor került.

1. / Bevezetés

Az OKKFT A/11-2 alprogram célkitűzéseinek megfelelően megvizsgáltuk a CONTEMPT programcsalád alkalmazásának lehetőségeit a Paksi Atomerőműre. A programcsalád amerikai eredetű és a világszerte használt két változat a CONTEMPT-LT/O26 és a CONTEMPT-LT/O28 [1,2] PWR és BWR rendszerekre egyaránt alkalmazható. Ismeretes, hogy PWR típusu nyugati atomerőművek általában "száraz" containmenttel épülnek, a geometriát tekintve ezek zömmel hengerek. A BWR típusoknál használt containmentekre jellemző, hogy a gőz víz-medencében kondenzálódik.

A VVER-440 típusnál a csőtörést /méretezési baleset vagy annál kisebb csőtörést/ követő nyomás és hőmérséklet-tranziensek sajátos módon kialakított containmentben zajlanak le. A primerkörből kikerülő gőz a hermetikus helyiségbe kerül, majd a buborékoltató kondenzátorban kondenzálódik míg a levegő a légcsapdákban gyűlik össze.

Nem VVER rendszerekre készült programok esetén mindig fel kell tenni a kérdést: lehet-e az alapvetően más rendszerekre kidolgozott számítógépes programokat a Paksi Atomerőműre alkalmazni?

A kérdésfeltevés azért indokolt, mert ha a válasz igen, akkor egy olyan számítási eszközhöz jutunk, amely kísérletileg sokoldaluan ellenőrzött és széleskörű alkalmazási tapasztalatok állnak rendelkezésre.

A téma előzményeihez tartozik, hogy a containment problémákról a Műszaki Terv és ennek megfelelően az ÜMBJ meglehetősen kevés információt tartalmaz. Ezt felismerve a VEIKI-ben programfejlesztési és kísérleti kutatások folytak. Létrehozták a BURST és BURST-LT programokat. Az eredmények legfrissebb összefoglalása a [3]-ban található. A témában érdekelt szocialista országok közül programfejlesztés Csehszlovákiában folyt, ennek eredménye a TRACO-V program [4]. Ez utóbbihoz programcsere útján a KFKI hozzájutott.

A célkitűzés az, hogy 1985 végére a containment probléma kezelésére megfelelő eszközök álljanak rendelkezésre. Ehhez mindhárom kezelésmód /CONTEMPT, BURST, TRACO/ alkalmazása cél-

szerűnek látszik.

A hazai információcserére jó lehetőséget ad az OKKFT program. Kétoldalu egyezmények biztosítják az információcserét Csehszlovákiával és a CONTEMPT-et alkalmazó Jugoszláviával [5], és Finnországgal.

Csőtöréses baleset során a containment egyes részeiben felhalmozódó aktivitás a primer kör kiömlési adatai /BEIT, RELAP4-mod6/ alapján a CONTEMPT kód eredményeit felhasználva számíthatók.

2./ Előzmények és a probléma megfogalmazása

A VTT-Nuclear Engineering Laboratory, Helsinki és a KFKI közötti együttműködés keretében alkalmaztuk a CONTEMPT-LT/028 változatot [6] a Paksi Atomerőműre. Finn szakértő segítségével kialakítottuk a feladat olyan kezelésmódját, mely lehetővé teszi a CONTEMPT alkalmazását a sajátos paksi containmentre. Az eredmények egyrészt alkalmazási tapasztalatot adtak, másrészt azokat teszt feladatként is felfoghattuk, mivel a finn változat kísérletileg ellenőrzött kód.

A finn tapasztalatok és a közösen kialakított modellezési elvek felhasználásával a NAÜ-nél rendelkezésre álló CONTEMPT-LT/026 változattal számításokat végeztünk Bécsben a "Computer Assistance" program keretében.

A részletek mellőzésével a CONTEMPT-kód a VVER-440 containmentet a következőképpen modellezi:

- a drywell compartment a hermetikus teret reprezentálja a vizzárig;
- a wetwell compartment a buborékoltató kondenzátornak felel meg;
- a dual compartment a légcsapdáknak felel meg;
- a buborékoltató kondenzátort a hermetikus térrel összekötő /vagy elválasztó/ csatorna-keresztmetszetek a BWR drywell-wetwell összekötő csöveit reprezentálják.

A fentieknek megfelelően a nodalizációs séma a CONTEMPT-kódban:

- 01 = primerkör
- 02 = wetwell
- 03 = drywell
- 04 = dual compartment

3./ Számítási eredmények

A számításokat a következő esetekre végeztük el:

- méretezési baleset;
- 22 %-os törés;
- 7,4 %-os törés;
- 1 %-os törés.

A 2. és 3. ábrán a méretezési baleset következtében a VVER-440 containmentben kialakuló nyomás és hőmérséklettranzienst látható. A maximális nyomás a hermetikus helyiségben /drywell/ 6,5 sec-ban alakul ki, ekkor $p = 2,42$ bar és a hőmérséklet maximum a 9. sec-ben van, $T = 120$ °C.

A számításokat megismételtük úgy, hogy a hermetikus helyiségek /drywell/ és a környezet közötti hőcserét, a határoló falak hővezetésével figyelembe vettük. A számítások eredményei a 4. és 5. ábrákon láthatók. A hermetikus helyiségekben a nyomás és hőmérséklettranzienst hasonló, de a maximális értékek alacsonyabbak / $p = 2,40$ bar, $T = 118$ °C/, mint az előző számításban. A hermetikus helyiség /drywell/ nyomása kb. a 26. sec-ban a buborékoltató kondenzátor /wetwell/ nyomása alá csökken. Több gőz kondenzálódik, mint amennyi a primerkörből a hermetikus helyiségbe áramlik.

A 6. ábrán 22 %-os törés során kialakuló nyomás és hőmérséklettranzienst látható. Ilyen közepes csőtörés esetén elmarad a méretezési baleset során tapasztalt kezdeti nyomásmaximum. A hermetikus helyiségben a nyomás 2,10 bar-ig, a hőmérséklet 118 °C-ig nő.

A 7. ábra 7,4 %-os törés következtében kialakuló nyomás és hőmérséklettranzienst mutatja be. A nyomás és a hőmérsékletváltozás lassabb, több idő áll rendelkezésre a primerkörből kikerülő gőz kondenzálására. Így a nyomás és a hőmérséklet alacsonyabb értékeknél stabilizálódik.

1 %-os törés következtében kialakuló viszonyokat szemlélteti a 8. ábra. A számításokat 1000 sec-ig folytattuk, de a hermetikus helyiségekben a nyomás és a hőmérséklet még nem stabi-

lizálódott.

Ezek a számítások az első lépések a CONTEMPT-LT/026 számítógépi kódnak a Paksi Atomerőműre történő alkalmazásához. A számításokat a megszerzett tapasztalatok alapján folytatni kell. A következő lépésben az egyes nodalizációs elemeknek egymással és a környezettel történő hőcseréjét fogjuk vizsgálni kis és közepes csőtörés esetén, ezen belül a hőátadási tényező szerepét a folyamatra. A számítások során figyelembe kell venni a hermetikus helyiségek spinkler hűtőrendszerének a folyamatra gyakorolt hatását is. A fenti effektusok a csőtöréses baleset során a containmentben kialakuló nyomás és hőmérséklettranziensek csökkenése felé hatnak. Így az eddig elvégzett vizsgálatok a folyamat pesszimista számításának tekinthetők.

4./ Aktivitás-viszonyok a csőtöréses baleset után

A containment egyes részeiben az aktivitás a primer kör kiömlési adatai és a CONTEMPT kód eredményei alapján számíthatók. Ha a csőtörés nem vezet zónaolvadáshoz, akkor a hermetikus tér és az őt környező helyiségekben levő víz fajlagos aktivitását a hűtőközeg üzemsorán felvett fajlagos aktivitása határozza meg. Tehát először a normális üzem során felépülő hasadási termék aktivitását kell meghatározni. Ehhez egy 278 izotópból álló hasadási termék könyvtárát használunk. Ebben a könyvtárban minden olyan hasadási termék benne van, amelynek felezési ideje $87 \text{ sec} < T_{1/2} < 2.2 \text{ év}$ és/vagy a hatáskeresztmetszete nagyobb, mint 1 barn.

A fentemlitett hasadási termék könyvtár ENDF/B és ORIGEN-2 adatokból készült a [7] program segítségével. Egy-csoport hozamokat és hatáskeresztmetszeteket tartalmaz. A számítási modell ugyanaz, mint a [8] jelentésben. A kiinduló technológiai adatokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Mennyiség	Egység	Érték
U-235 effektív egy-csoport hatáskeresztm.	barn	46.71
U-235 teljes mennyisége	atom	2.7E27
Effektív egy-csoport fluxus		
zónában	n/barn/s	3.5E-10
hűtőközegben	n/barn/s	1.3E-11
Gáztömörtelen fűtőelemek aránya		0.01
Defektált fűtőelemek aránya		0.001
Nemesgázok, halogének és cézium kiáramlási rátája a gáztömörtelen fűtőelemekből	l/s	1.0E-5
Hűtőközeg térfogata	liter	2.2E5

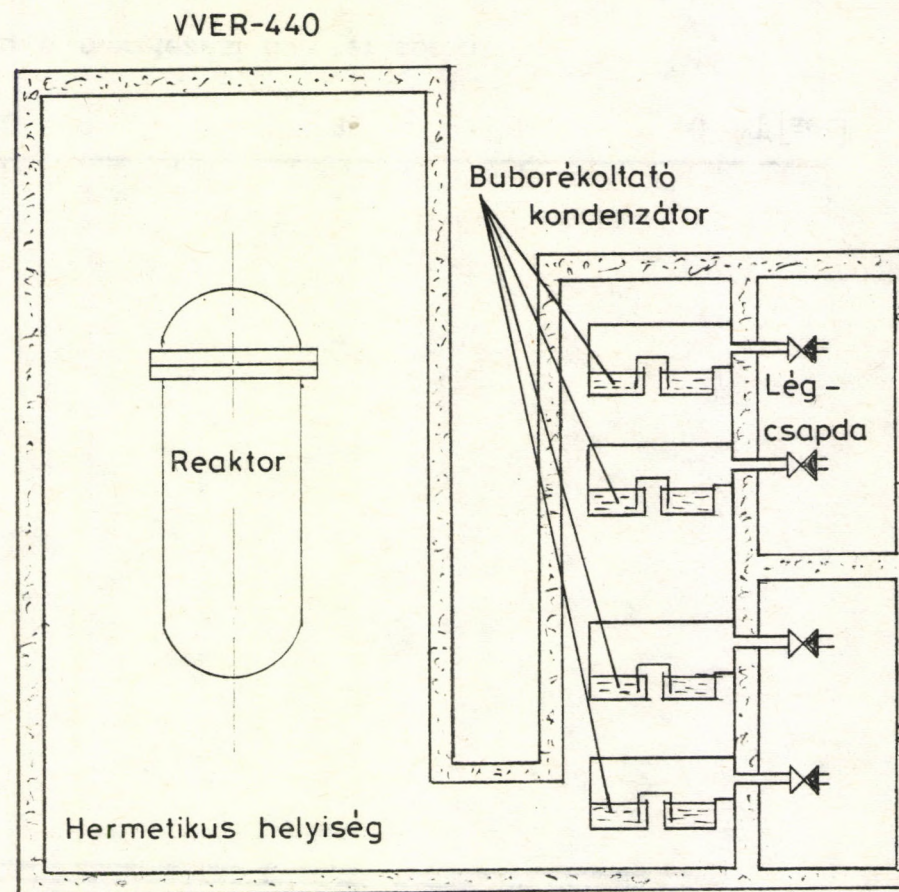
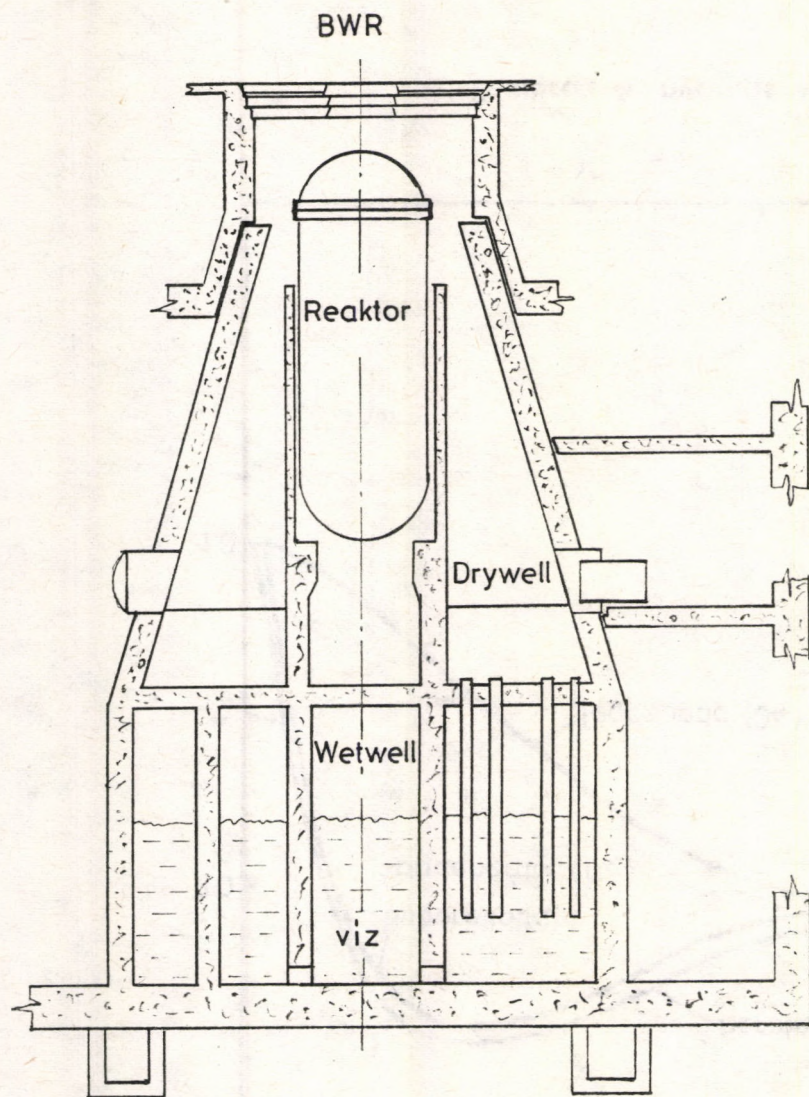
10 hónapos üzem során a fűtőelemek teljes aktivitása: $4.22E9$ Curie. A hűtőközeg teljes aktivitása: $6.69E7$ Curie, fajlagos aktivitása: $3.19E2$ Curie/liter. A baleset, azaz a reaktor leállása után a primerköri hűtőközegben az aktivitás időben a következőképpen alakul:

10 perc	teljes: $5.76E7$ Curie,	fajlagos: $2.74E2$ Curie/l
1 óra	" $4.71E7$ "	" " $2.24E2$ "
fél nap	" $3.17E7$ "	" " $1.51E2$ "
két nap	" $2.16E7$ "	" " $1.03E2$ "
5 nap	" $1.54E7$ "	" " $7.33E1$ "
15 nap	" $7.96E6$ "	" " $3.79E1$ "
1 hónap	" $4.60E6$ "	" " $2.19E1$ "
2 hónap	" $2.80E6$ "	" " $1.33E1$ "

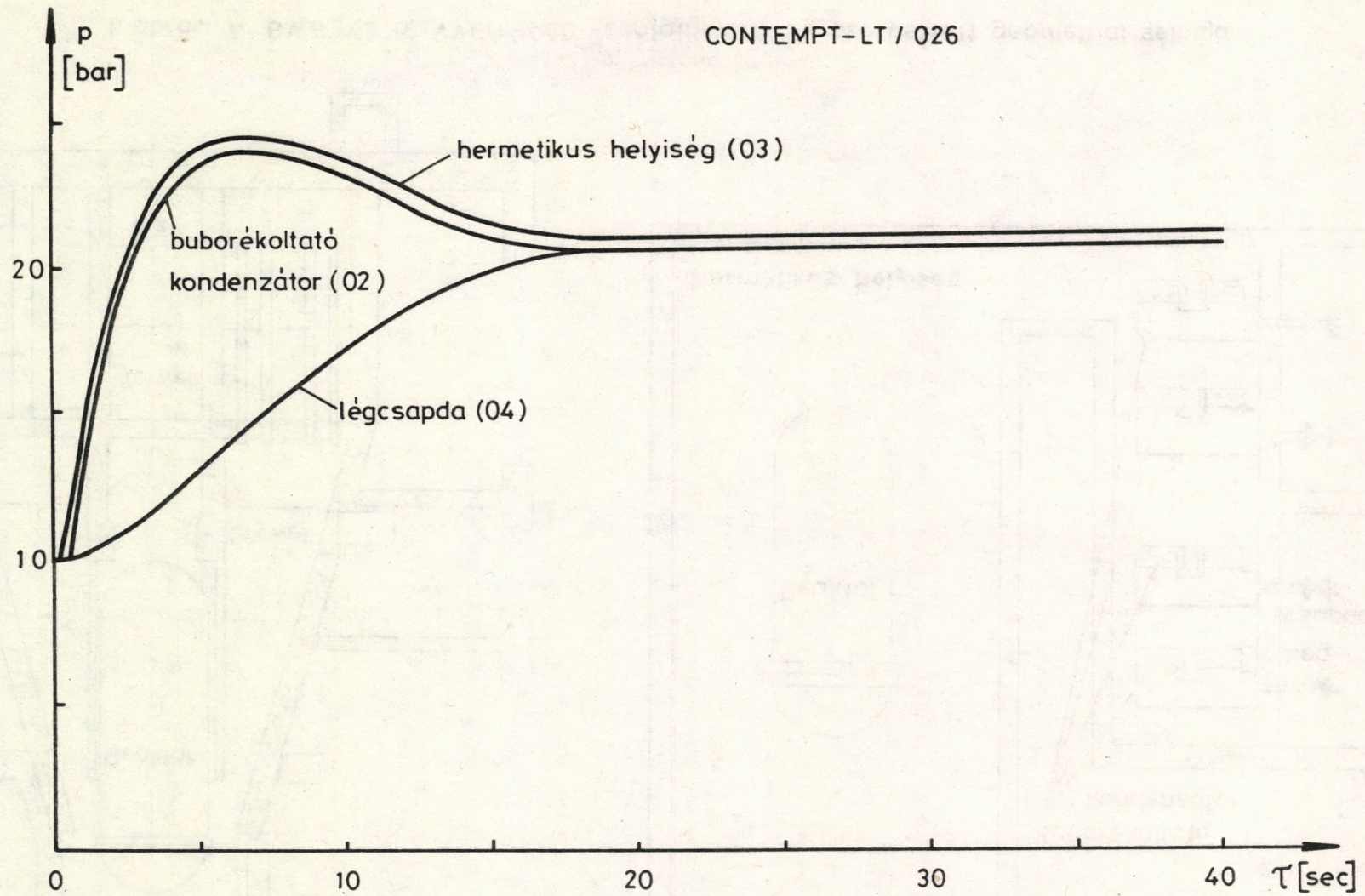
A containment egyes részeiben felhalmozódó aktivitás az oda-kerülő primerköri hűtőközeg mennyiségének arányában változik. Részletes izotópleltár, valamint gamma sugárforrásadatok is rendelkezésre állnak.

IRODALOM

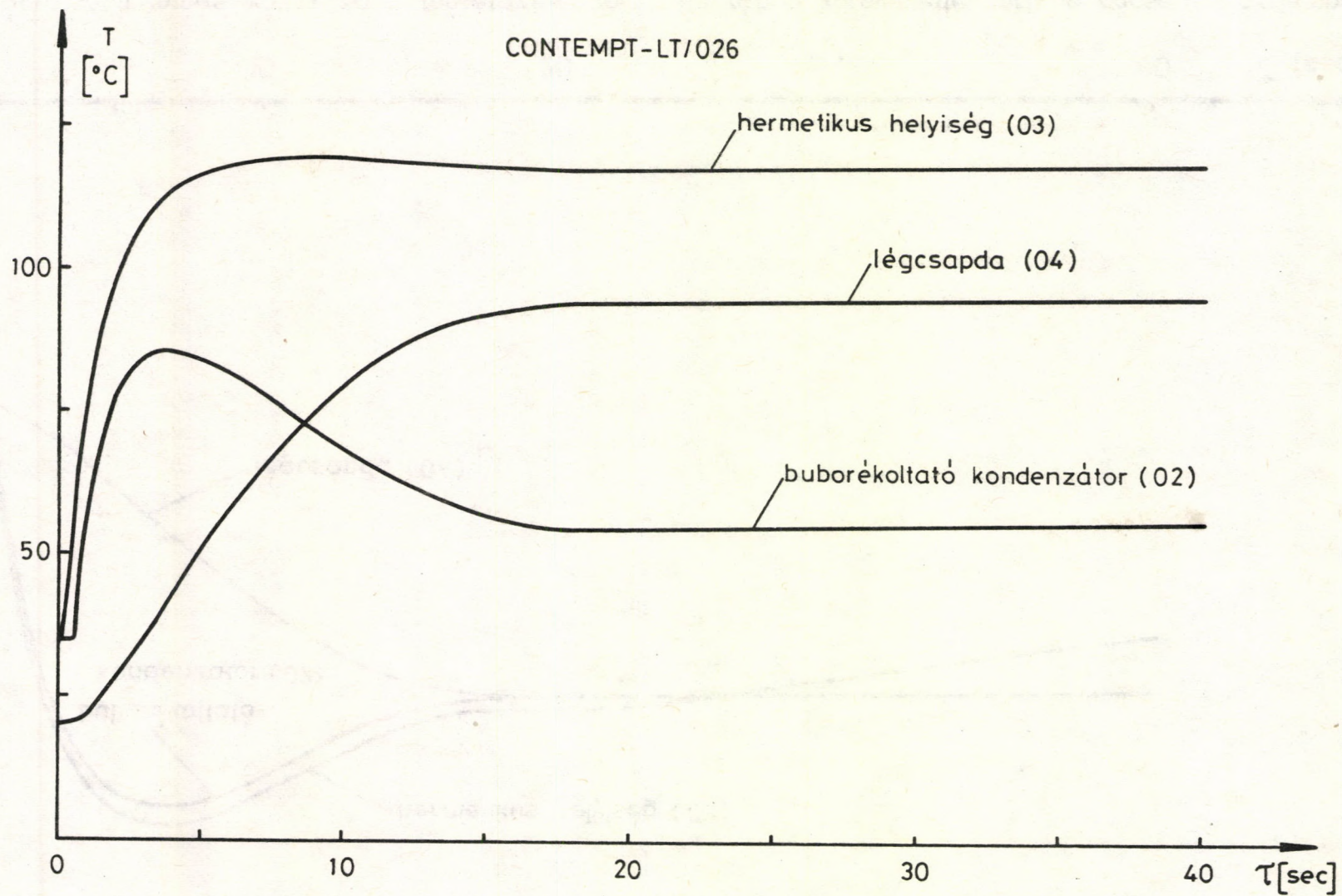
- 1 Wheat, L.L., Wagner, R.J., Niederauer, G.F., Obenchain, C.F., "CONTEMPT-LT- A computer program for predicting containment pressure - temperature response to a loss-of-coolant accident", Idaho 1975. Idaho National Engineering Laboratory, ANCR-1219.
- 2 Hargroves, D.M., Metcalfe, L. J., "CONTEMPT-LT/O28 - A computer program for predicting containment pressure - temperature response to a loss-of-coolant accident", Idaho 1979, Idaho National Engineering Laboratory, NMREG/CR-0255 /TREE-1279/.
- 3 Techy, Zs., "Present state of containment studies at VEIKI", IAEA Workshop, Budapest, Dec. 1982.
- 4 Misak, J., " TRACO V: A computer code for the calculation of short and long-term pressure - temperature transients in subdivided reactor containments", IAEA Workshop, Budapest, Dec. 1982.
- 5 Gregoric, M., "Experiences with the use of CONTEMPT-LT code for safety evaluation of NPP KRSKO", IAEA Workshop, Budapest, Dec. 1982.
- 6 Lauri Eerinkainen, "Corrections and additions to CONTEMPT-LT computer codes for containment analysis. Revised version of CONTEMPT-LT/O26", Nuclear Engineering Laboratory, Helsinki 1980.
- 7 Vértés P., "YIDERAG programrendszer hasadási termékhozamok, bomlási láncok és sugárzási adatok feldolgozására", KFKI-1982-78
- 8 Vértés P., "A TIBSO programrendszer alkalmazása csőtöréses üzemzavarok primerkörüi és hermetikus térbeli aktivitás-viszonyainak számítására", KFKI-1982-06



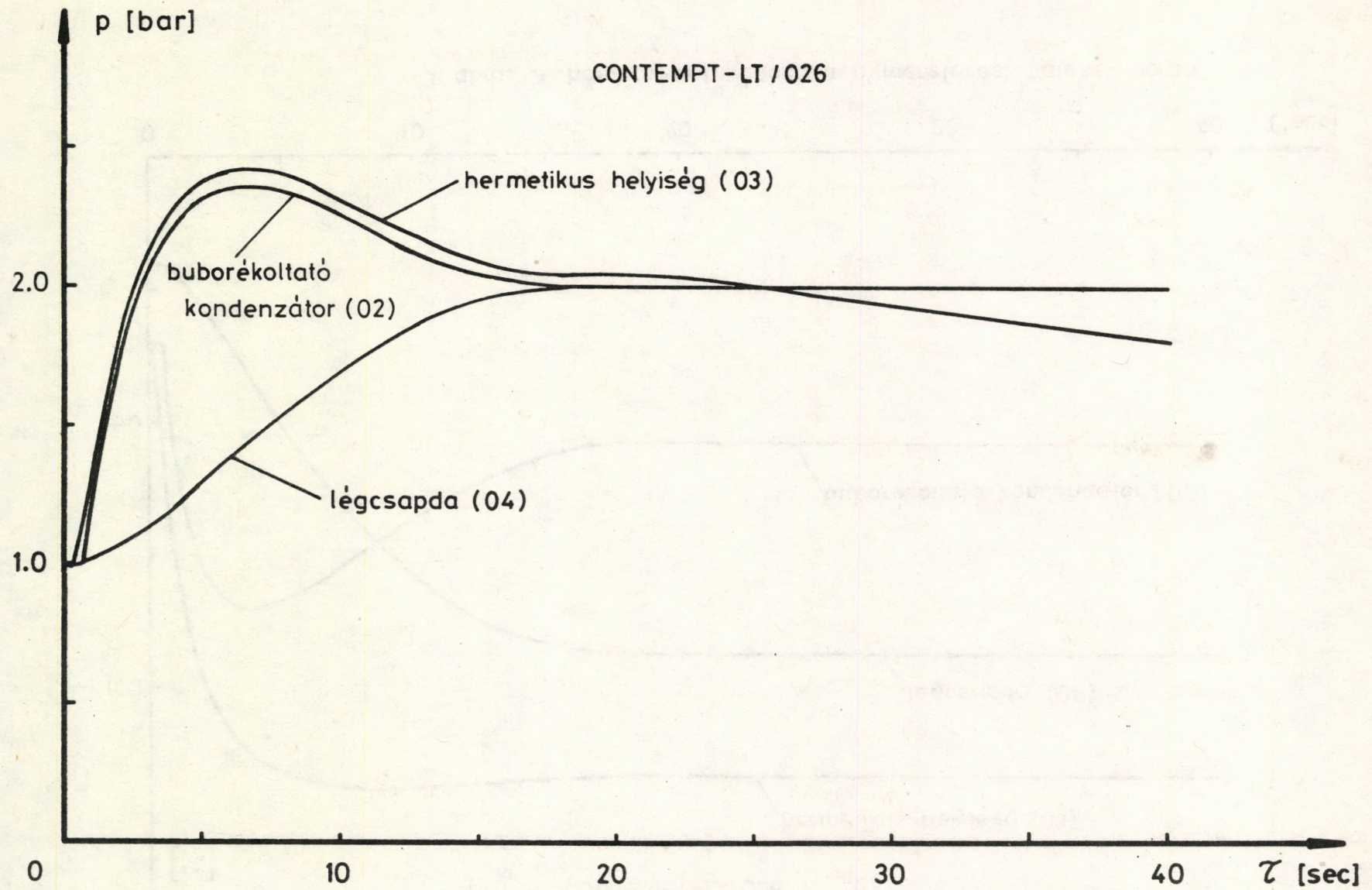
1. ábra. A BWR és a VVER-440 containmet egyszerűsített geometriai sémája.



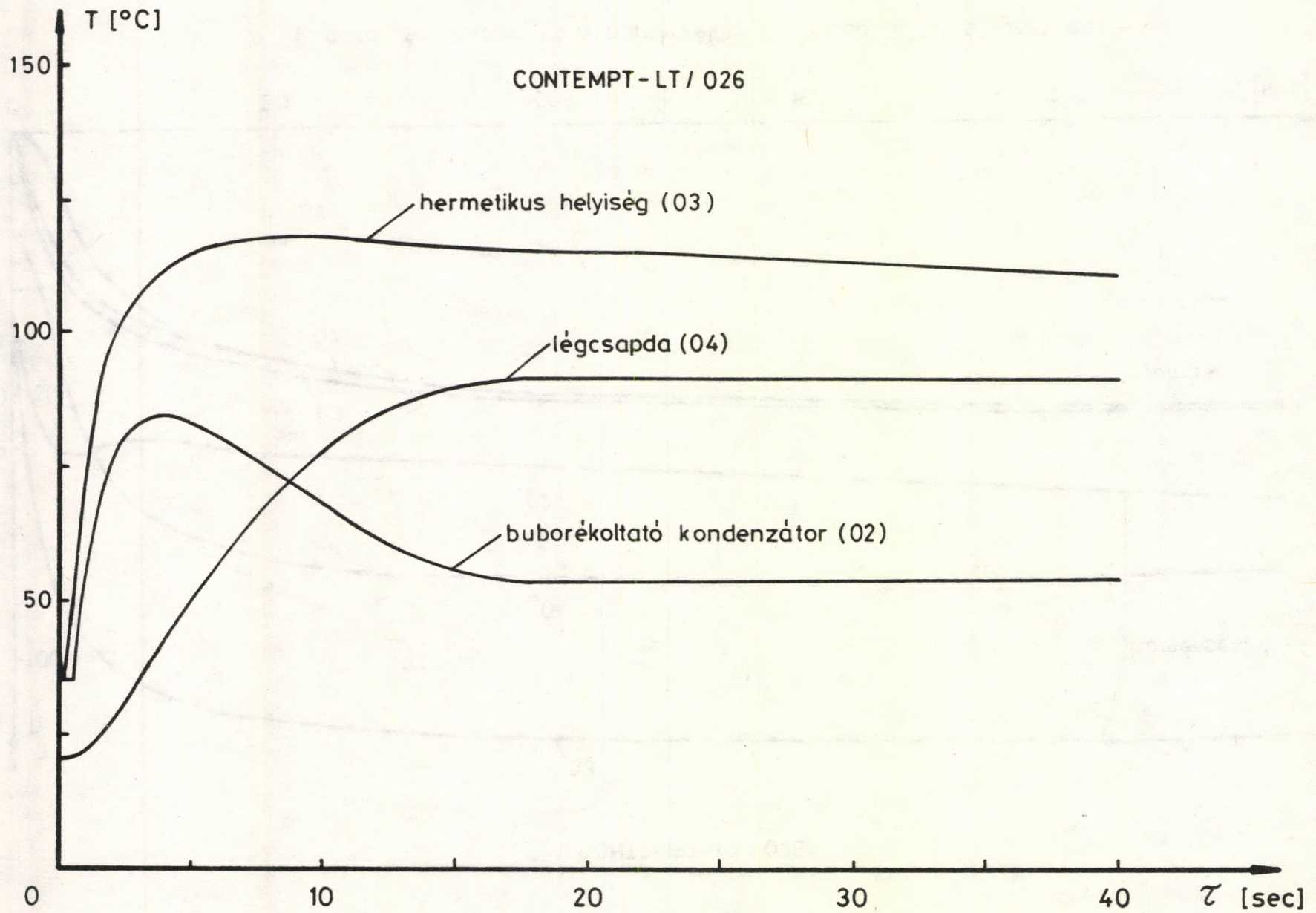
2. ábra. A nyomás változása a méretezési baleset során.



3. ábra. A hőmérséklet változása a méretezési baleset során.

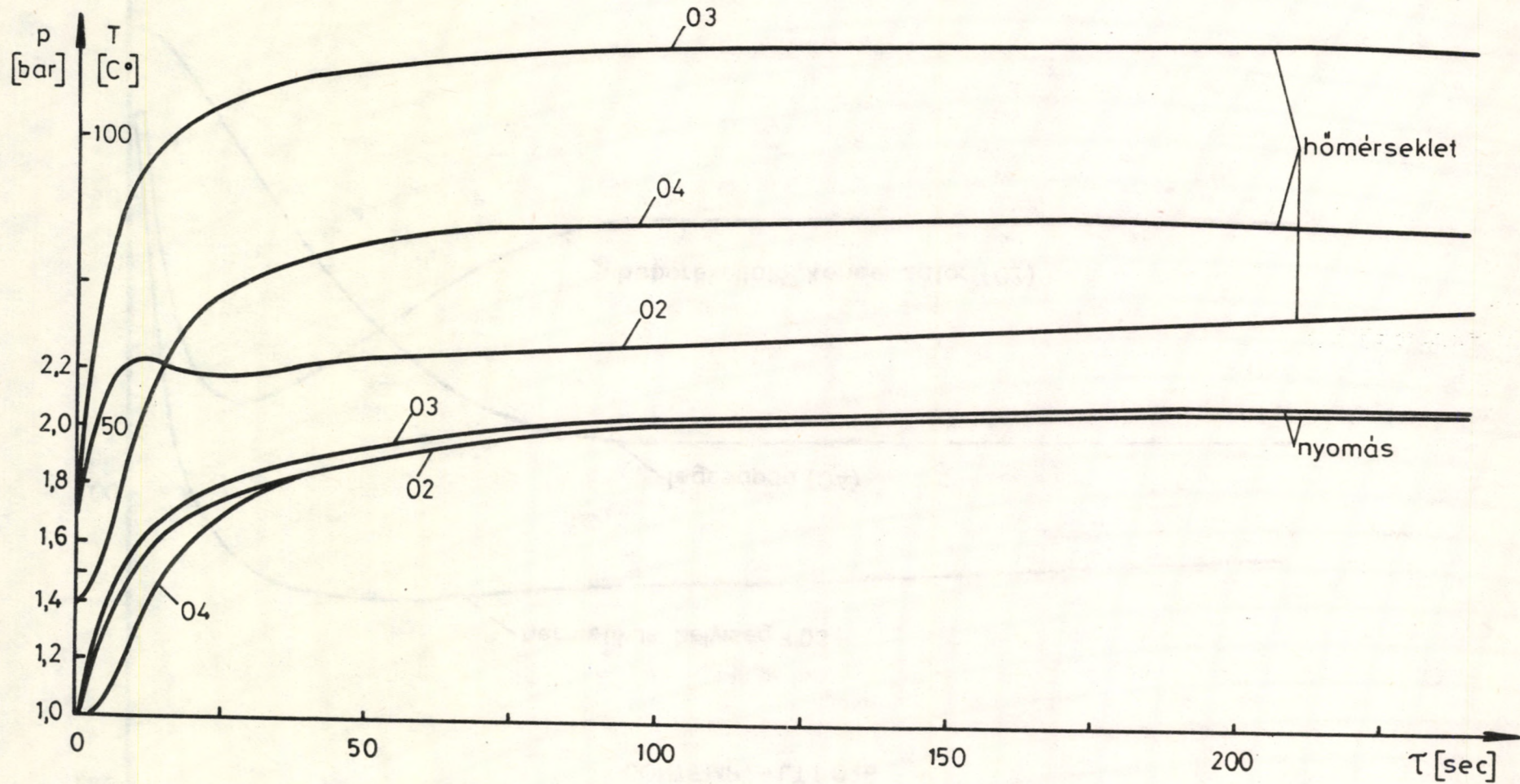


4. ábra. A nyomás változása a méretezési baleset során a környezettel történő hőcsere figyelembevételével.

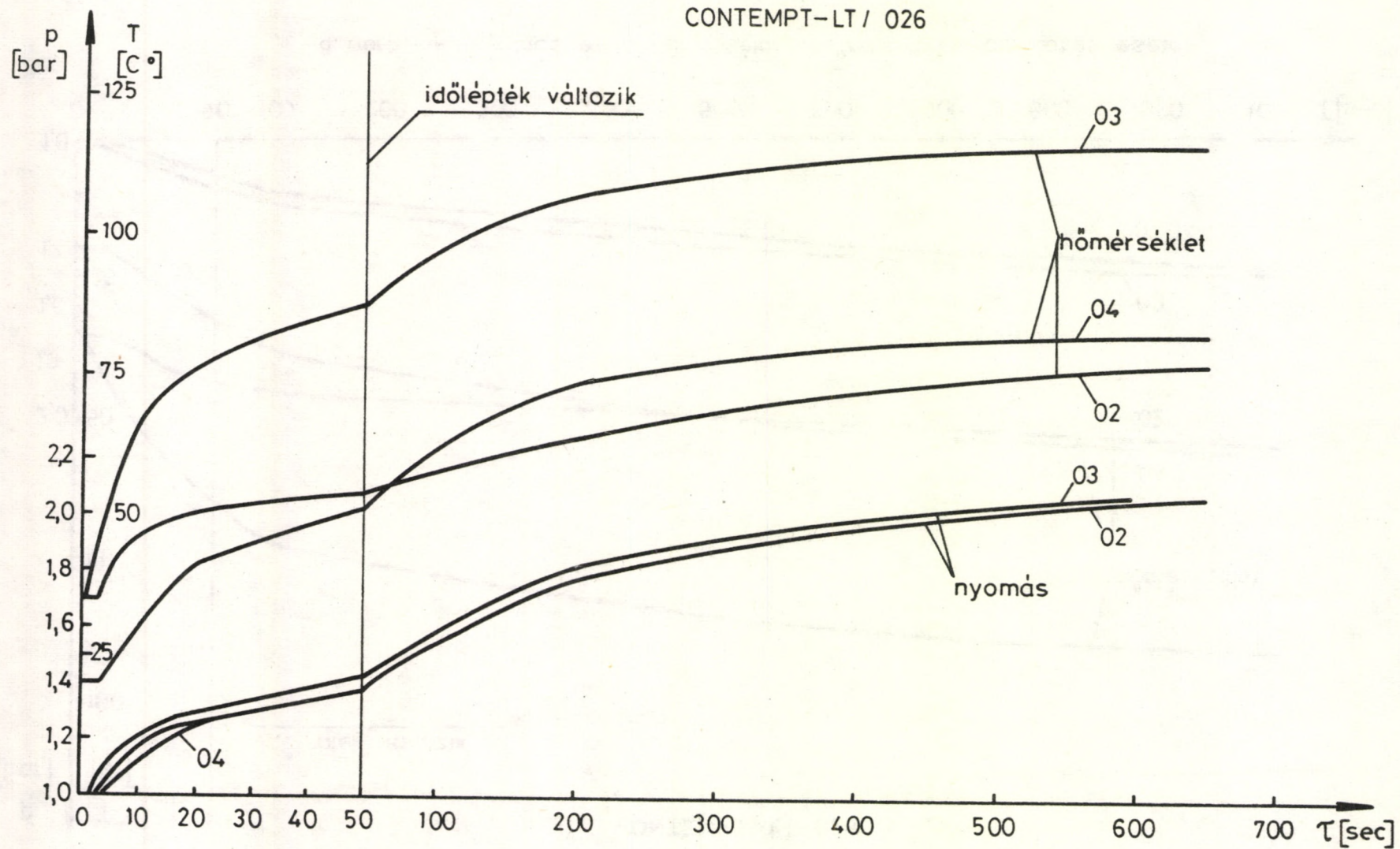


5. ábra. A hőmérséklet változása a méretezési baleset során a környezettel történő hőcsere figyelembevételével.

CONTEMPT-LT / 026

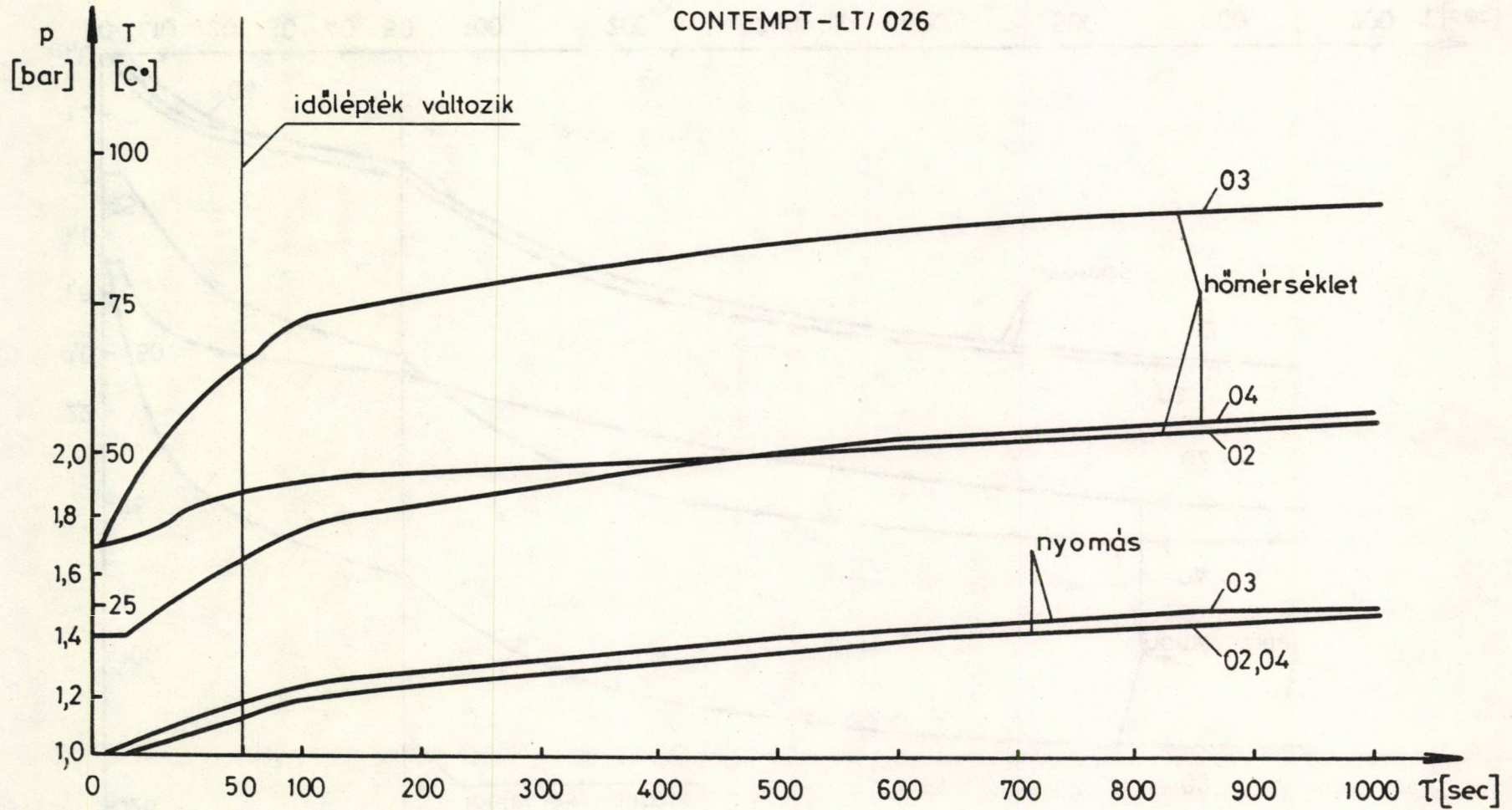


6. ábra. A nyomás és a hőmérséklet változása 22%-os törés esetén.

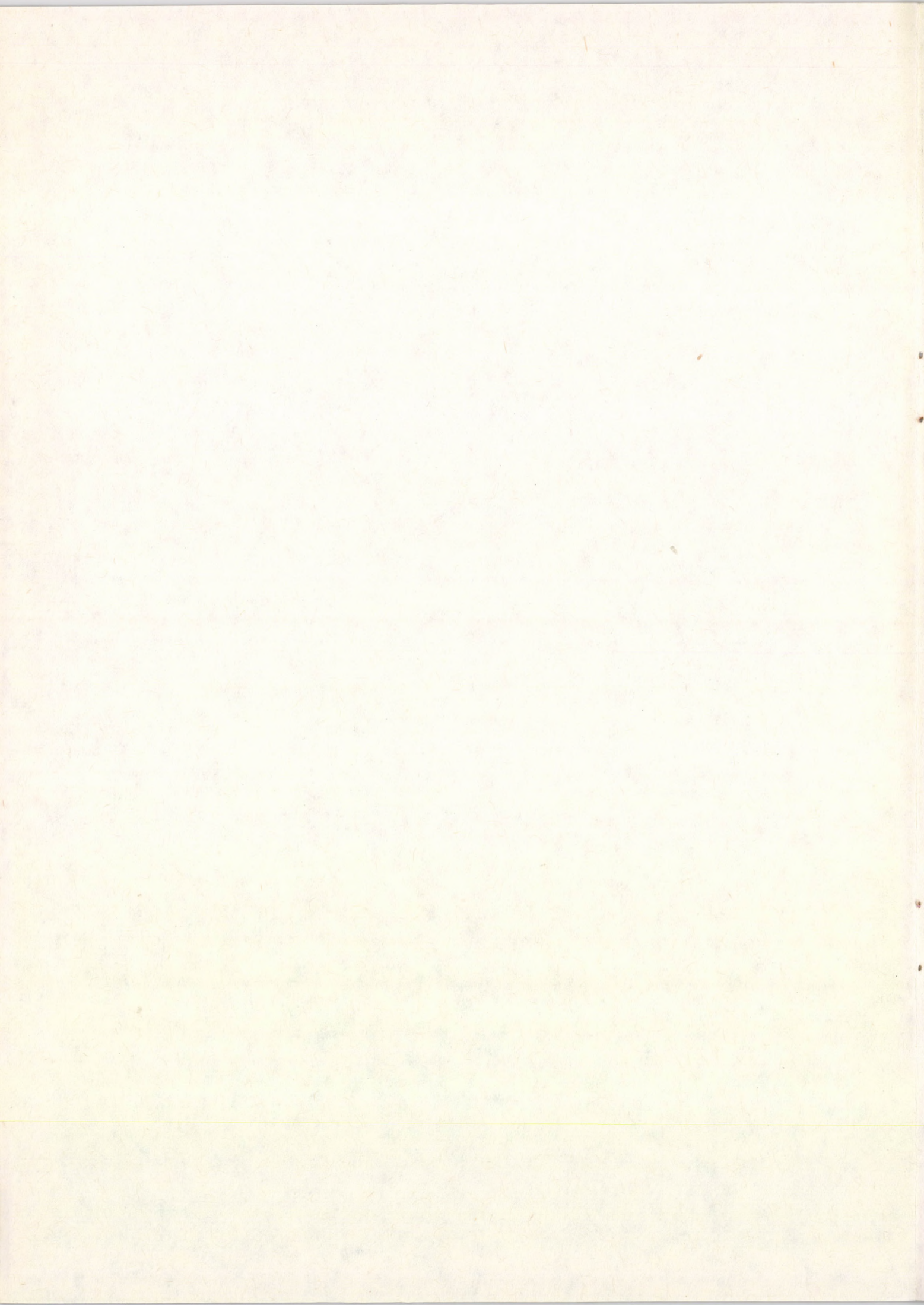


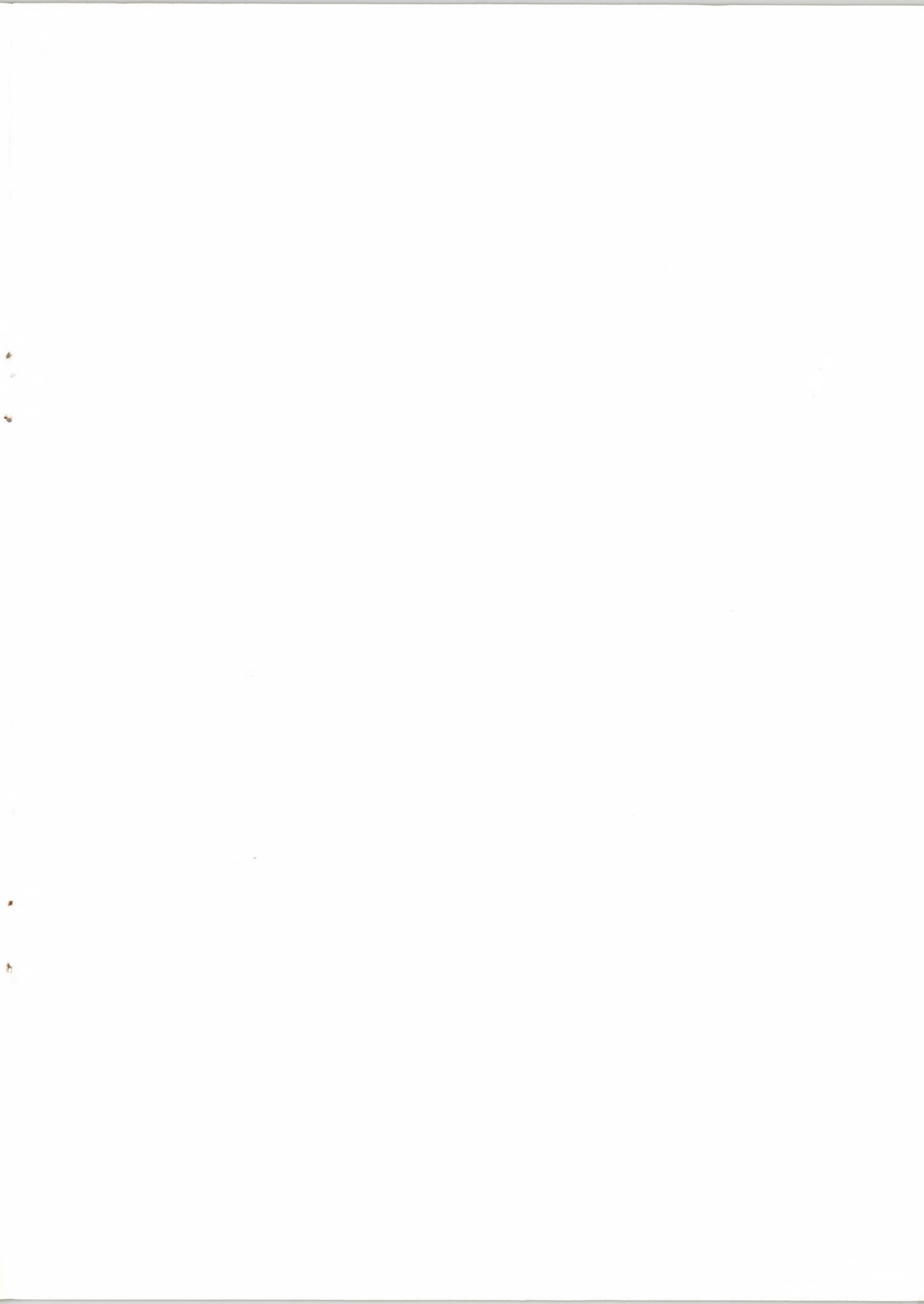
7. ábra. A nyomás és a hőmérséklet változása 7,4%-os törés esetén.

CONTEMPT-LT/026



8. ábra. A nyomás és a hőmérséklet változása 1%-os törés esetén.





63.343

Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet
Felelős kiadó: Gyimesi Zoltán
Szakmai lektor: Maróti László
Példányszám: 52 Törzsszám: 83-101
Készült a KFKI sokszorosító üzemében
Felelős vezető: Nagy Károly
Budapest, 1983. február hó

