

TK 155.563

KFKI-1983-114

PÓR G.  
IZSÁK É.  
VALKÓ J.

KUTATÁSI JELENTÉS  
OKKFT A/11-5.3.2  
A PAKSI ATOMERŐMŰ I. BLOKKJA ENERGETIKAI  
INDITÁSA IDEJÉN, A KÜLÖNBÖZŐ  
TELJESÍTMÉNYSZINTEKEN MÉRTE ZÓNA  
ZAJDIAGNOSZTIKAI JELEK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA

*Hungarian Academy of Sciences*

CENTRAL  
RESEARCH  
INSTITUTE FOR  
PHYSICS

BUDAPEST

2017

Handwritten notes in a rectangular box, including a list of items and a signature.

Small text at the bottom right of the page.

KUTATÁSI JELENTÉS

OKKFT A/11-5.3.2

A Paksi Atomerőmű I. blokkja Energetikai indítása idején,  
a különböző teljesítményszinteken mért zóna zajdiagnosztikai  
jelek összehasonlítása

MTA

Központi Fizikai Kutatóintézet  
Atomenergia Kutató Intézet

*Készítette: Pór Gábor  
Izsák Éva  
Valkó János*



## Bevezetés

A Paksi Atomerőmű energetikai indítási műveletei alatt felvett zajdiagnosztikai mérések közül [1] a 23 %-os /E.1.2 felvétel/, a 34 %-os /E.1.6. felvétel/, a 45,3 %-os /E.1.9/a felvétel/, az 52,6 %-os /E.1.10. felvétel/ és az 54,7 %-os /E.1.15. felvétel/ nukleáris teljesítményen végzett mérések eredményeit vetjük össze. Tekintettel arra, hogy az emissziós detektorok láncai közül többet jelentősen zavart az ekkor üzembeállított HINDUKUS mintavételezési jele [1], a neutronjeleknek csak egy részét tudtuk felvenni és feldolgozni. Mint a megelőző indítási fázisokban, most is rögzítettük a nyomásjeleket, amelyeknek feldolgozásával kettős célunk van: figyelemmel kísérni a nyomásfluktuációk változását, valamint összefüggést keresni a neutronfluktuációk és a nyomásfluktuációk között. Ez utóbbi érdekében a nyomásfluktuációkat is nagyrészt alacsonyfrekvenciás tartományban vizsgáljuk.

A fent említett felvételekből a következő jelek feldolgozását mutatjuk be:

P49 - 6. hurok, FKSZ utáni nyomástávadó,  
P50 - 6. hurok, FKSZ előtti - " -  
P43 - zónába belépő hűtőviz nyomásfluktuációja,  
PR2 - 6. hurok, melegági nyomás,  
EX11- 11-es számú ex-core ionizációs kamra /gyakran IK3-mal je-  
lölve/  
SP3, SP4 - in-core SPND

A felsorolt nyomásjelek teljesítménysűrűség spektrumát három különböző teljesítményszintnél /34 %, 45.3 % és 52.6 %/ mutatjuk be. A neutronjelek teljesítménysűrűség spektrumát 23 %-os és 54,7 %-os teljesítményszintnél adjuk meg, az említett ok miatt.

### 1. A mérések feldolgozása

A különböző teljesítményszinteken a reaktor üzemállapotát az I. táblázat foglalja össze.

I. táblázat Az 1. blokk üzemállapotai a mérések idején

Felvétel sorszama	Nukleáris teljesitm.	Moderátor hőmérsékl.	Hőmérséklet különbség a zónán	Nyomás	Bórkoncentráció
E.1.2	23 %	266°C	8°C	124 bar	7,2 $\frac{g}{kg}$
E.1.6	34 %	269°C	11°C	125 bar	6,45 $\frac{g}{kg}$
E.1.9/a	45,3 %	272°C	16,3°C	126 bar	6,1 $\frac{g}{kg}$
E.1.10	52,6 %	272°C	16,4°C	125 bar	6,0 $\frac{g}{kg}$
E.1.15	54,7 %	265°C	16,4°C	126 bar	6,0 $\frac{g}{kg}$

A mérések idején mind a hat főkeringető szivattyu üzemelt.

A nyomásjeleket digitalizálás előtt  $f_{LP}=50$  Hz-es aluláteresztő szűrőn bocsátottuk át és a mintavételi idő  $\Delta t=8$  msec volt. A neutronjelek esetében  $f_{LP}=12,5$  Hz,  $\Delta t=40$  msec, ill.  $f_{LP}=31,25$  Hz és  $\Delta t=16$  msec volt.

## 2. A mérési eredmények diszkussziója

### 2.1 Nyomásjelek

A nyomásjelek teljesítményspektrumai az 1-12. ábrákon láthatók. A különböző teljesítményszinteken mért nyomásjelek teljesítményspektrumában lévő csucsokat a II. táblázat tartalmazza. A táblázat alapján két lényeges megállapítás tehető:

- az egyes jelek spektrumainak a szerkezete ugyanolyan, mint a korábbi indítási szakaszokban kapott spektrumoké [2], [3], [4];
- egy-egy jel különböző teljesítményszinteken mért spektrumai nem különböznek egymástól a karakterisztikus csucsok tekintetében. Eltérések a 25 Hz és 50 Hz körül vannak. Az ábrákról is jól kivehető, hogy itt több csucs szuperpozíciójáról van szó.

Ezek az összetevők változnak. A feldolgozás során használt felbontás /  $\Delta f=0,5$  Hz/ nem bizonyult elégségesnek a csúcok szétválasztásához. Ugyanennek tulajdonítható az is, hogy P50 esetében /4.,5. és 6. ábra/ a táblázatban a 2,5 Hz-nél lévő csucs - amely a korábbi, szűkebb frekvenciatartományban feldolgozott P50 spektrumokban különálló csucsként jelentkezik - most csak zárójelben szerepel, mivel ebben a felbontásban a 2,5 Hz-es és 4 Hz-es csucs egy széles csucsba olvad össze.

II. táblázat A nyomásjelek teljesítményspektrumában mutatkozó csúcsok helye frekvenciatartományonként /Hz-ben/

Jel	Telj.	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	35-40	45-50	50-55
P43	34 %	2	8,5	-	19,5	25	-	38,5	48	-
	45,3%	2	8,5	-	-	25	-	38,5*	49	-
	52,6%	2	8,5	-	-	25,5	-	38,0*	49	-
PR2	34 %	2	9,0	-	-	20,5	28,5	38,5	47,5 49,6	52
	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-
	45,3%	2	9,0	-	-	21	28,5	38,5	44,5	-
	-	-	-	-	-	24,5	-	-	49,5	52,5
	52,6%	2	9,0	-	-	21	28,5	38,5	44,0	52,5
-	-	-	-	-	25*	-	-	49,5	-	
P49	34 %	2,5	6,8	10,5	-	21;25	28;33	-	49,5	52,5*
	45,3%	2,5	6,8	10,7	-	21;24,5	32,5	-	49,0	52
	52,6%	2,5	6,8	10,5	-	21;23,5	28;33	-	49,5	51,5
P50	34 %	/2,5/4	7	11,0	-	21;23;25	28;31,5	-	44;49,5	-
	45,3%	/2,5/4	7	10,5	-	23;24,5	28;32	-	44;49	52
	52,6%	/2,5/4	6,8	10,5	-	21;25	28;32,5	-	44,5;49,5	52

\* A csúcs amplitudója igen kicsi, beleolvad a zajba.

## 2.2 A emissziós detektorok

A 13. és 14. ábrán bemutatott SP3 és SP4 jelű emissziós detektorok 23 %-os nukleáris teljesítményen mért spektrumai csak 0-5 Hz, ill. 0-2,5 Hz között emelkednek ki az erősítőlánc fehér zajából. Vessük össze a 14. és a 16. ábrát. Az utóbbin az 54,7 %-os nukleáris teljesítményszinten mért jel teljesítményspektrumát ábráztuk. Jól látható, hogy a nagyobb teljesítményen jóval több látszik a spektrumból: a neutronspektrum mintegy kibújik az erősítő fehér zajából, ami jól mutatja a láncok helyes működését. 54,7%-on az emissziós detektorok teljesítményspektrumának /15. és 16. ábra/ 0,3-1,5 Hz között platója van, 1,5 Hz-nél van a letörési pont, majd a frekvenciatartomány végéig /12,5 Hz-ig/ még egy nagyságrendet esik, 3 Hz-nél és 8,5 Hz-nél csúcsa van.

Nagyon fontos, hogy már kb 55%-nál láthatóvá vált a 8,5 Hz-nél lévő csúcs, ez még 23%-nál kisebb a fehér háttérnél, amelyet összefüggésbe hozhatunk a nyomásfluktuációk spektrumában talált csúccsal [2]. Ennek a csúcsnak a jelentkezése nagyobb teljesítményen - ha a teljes csúcs kibújik a háttérből - lehetővé teszi a  $\partial\sigma/\partial p$  együttható független becslését is [5].

A spektrum alacsonyfrekvenciás viselkedésén jól látszik, hogy kb 1,5 Hz-nél van a reaktivitásátviteli függvény letörési pontja. Ennek megfelelően az u.n. globális zajjelenségeket e határfrekvencia alatt, míg a lokális effektusokat e felett kell keresni.

A 17. ábrán 54,7 %-os nukleáris teljesítménynél mért neutronjelek /SP3, SP4/ koherenciája és fázisa látható. A koherencia vizsgálata megerősíti a korábban elmondottakat: 0-1,5 Hz között van a neutronfluktuációk globális része, itt a koherencia nagy. További két frekvencián találunk nagy koherenciát: 3 Hz-nél és 8,5 Hz-nél, ezek már lokális effektusokkal értelmezhetők. E két frekvenciához tartozó csúcs technológiai eredetű zajoktól származik, mégpedig a nyomásfluktuációk okozta sűrűségfluktuációtól.

### 2.3 Ionizációs kamra teljesítményspektruma

Az emissziós detektorok jeléhez hasonlóan, az ionizációs kamra jelének spektruma 23%-on /18.ábra/ alig emelkedik ki az erősítő fehér zajából. Ugyanakkor 54,7%-on /19.ábra/ jól láthatóan kiemelkedik. A spektrum indulása hasonló, mint az emissziós detektorok esetében. Az 1,5 Hz-ig tartó plató tartomány után viszont kb. 3,5 Hz-ig két nagyságrendet esik a spektrum, majd viszonylag egyenletes a frekvenciatartomány végéig.

A 18.ábrán 12,5 Hz-nál látható csucs nem más, mint a szűrés és mintavételezés okozta aliasing, az 50 Hz-es hálózati frekvencia befordulása a spektrumba, amely még a felhasznált 80 dB/dekád-os  $f_{LP}=31,25\text{Hz}$  szűrés ellenére is bennmarad a spektrumba.

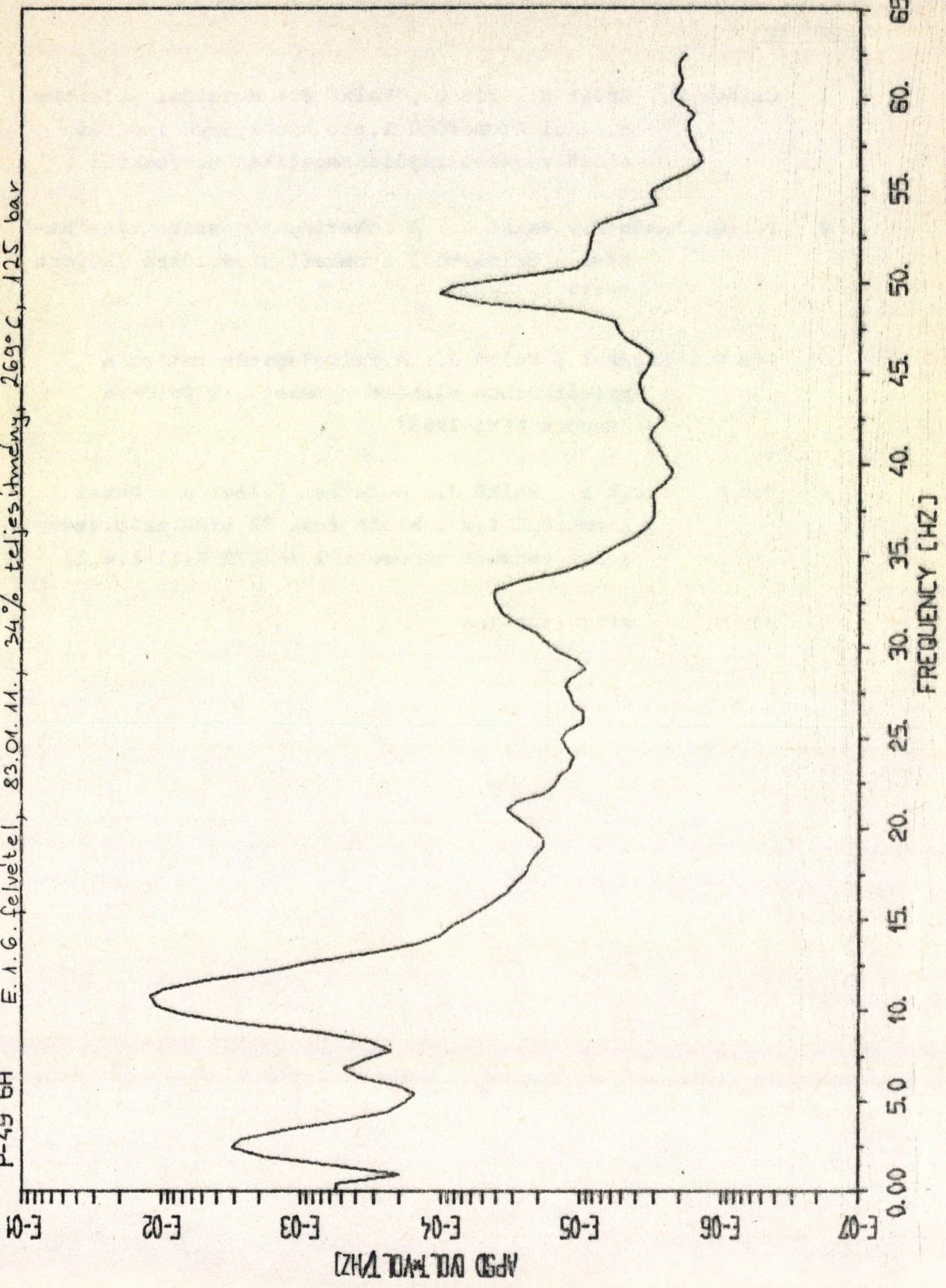
A 20.ábrán az SP4 emissziós detektor és az IK3 /EX11/ ex-core ionizációs kamra jele közti koherencia látható. Az alacsonyfrekvenciás, globális zajból eredő magas koherencián kívül a koherencia a frekvenciatartomány további részén kicsi.

Ez azt jelenti, hogy az emissziós detektorok jele közti koherenciában talált 3Hz-es és 8,5Hz-es csucs zónán belüli okokra vezethető vissza, azaz mindkét csucs lokális jellegű.

Irodalom

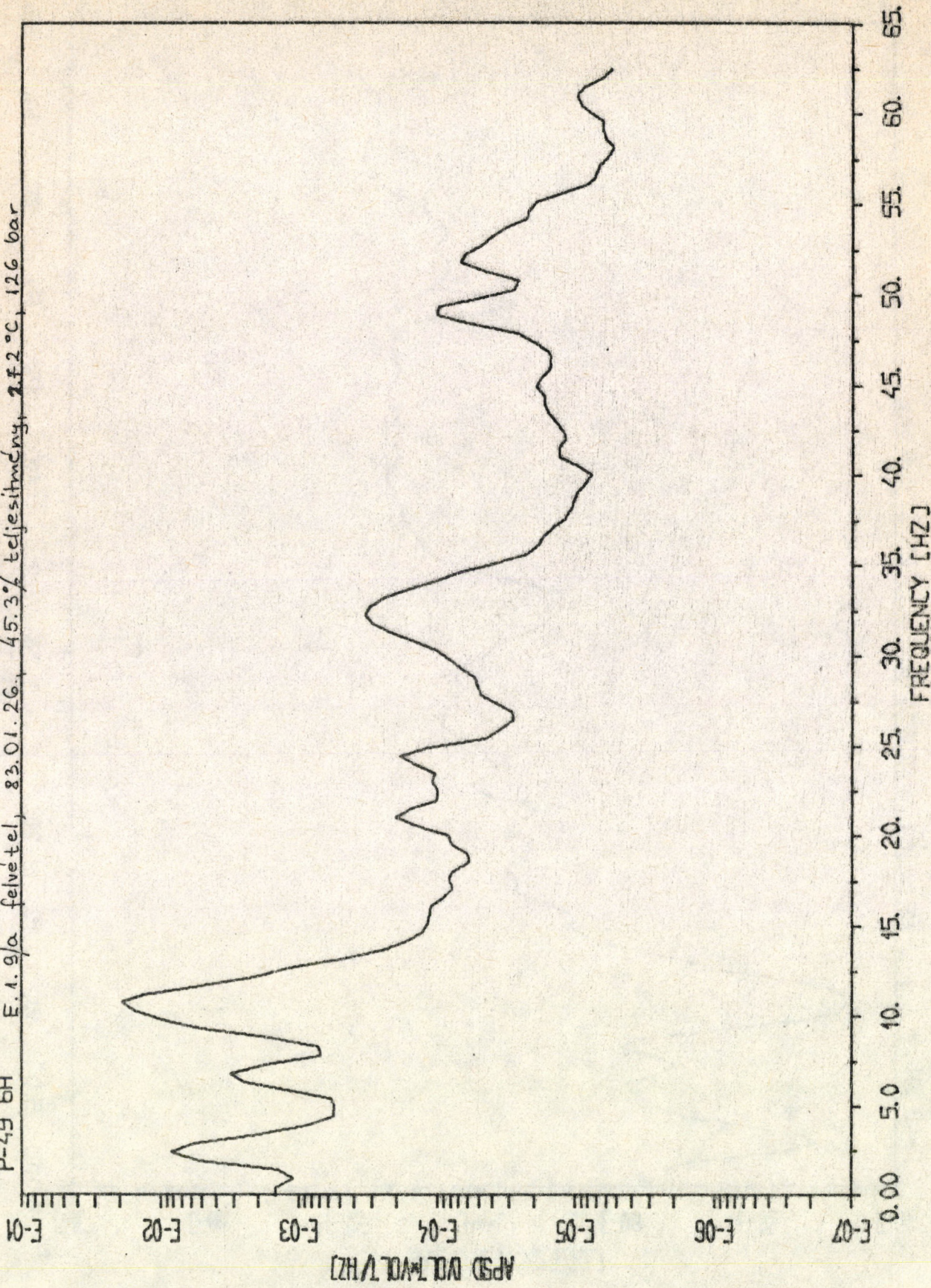
- 1 Czibók T., Izsák É., Pór G., Valkó J.: Kutatási jelentés a Paksi Atomerőmű I.sz. blokkjának indítása alatt végzett zajdiagnosztikai mérésekről.
- 2 Pór G., Izsák É., Valkó J.: A főkeringető szivattyúk hatása a primérköri nyomásfluktuációkra /Report KFKI-1983-86/
- 3 Pór G., Izsák É., Valkó J.: A felmelegítés hatása a primérkörben mérhető nyomásfluktuációkra /Report KFKI-1983/
- 4 Pór G., Izsák É., Valkó J.: Kutatási jelentés a Paksi Atomerőmű I.sz. blokkjának 72 órás próbaüzeme alatt végzett mérésekről /OKKFT A/11-1.4.1/
- 5 Pór G.: KFKI-1982-104

APSD 37  
P-49 6H E. A. G. felvétel, 83.01.11., 34% teljesítmény, 269°C, 125 bar



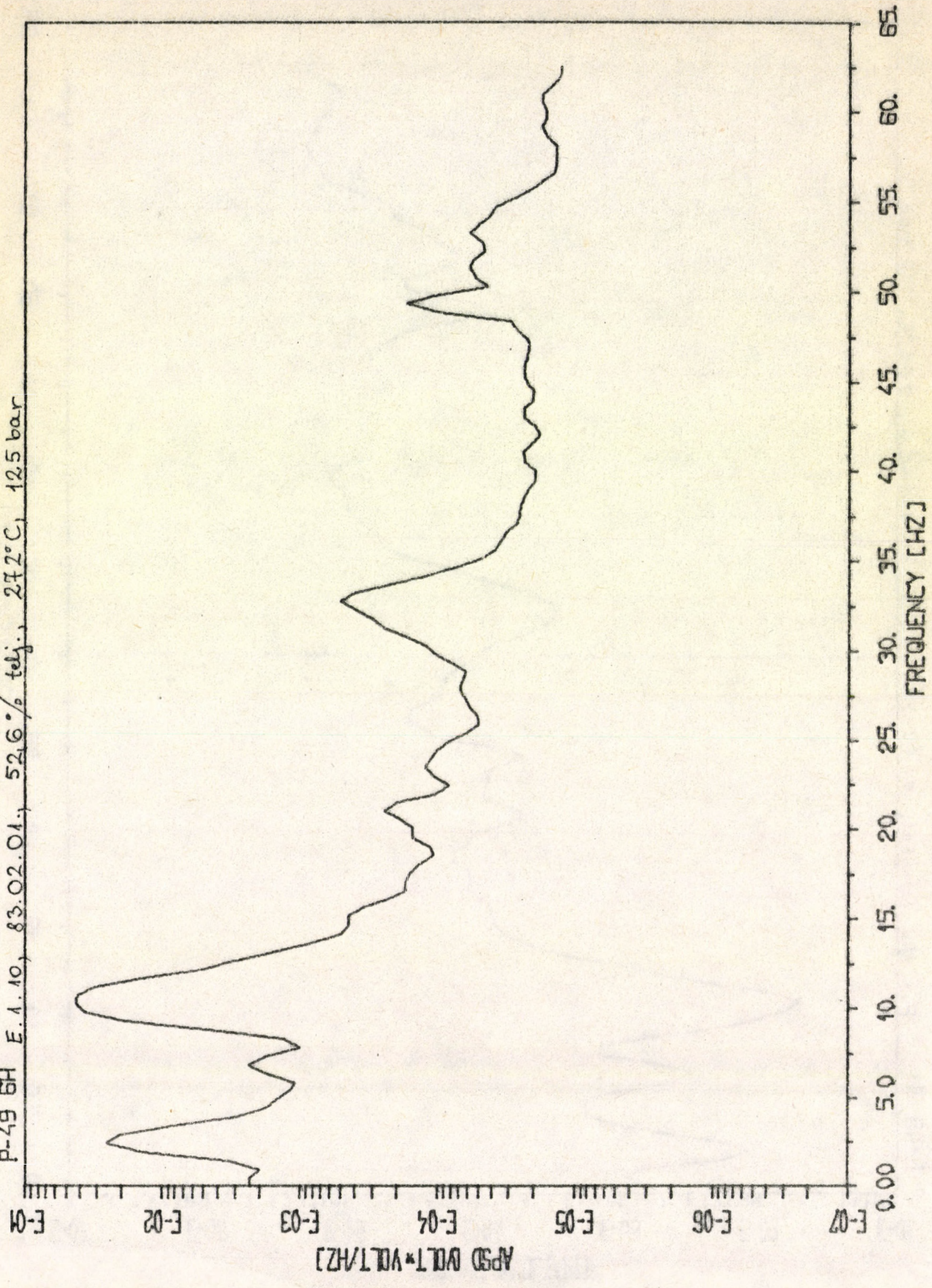
1. ábra

APSD 40  
P-49 5H  
E.1.9/a felvétel, 83.01.26., 45.3% teljesítmény, 2.F.2°C, 126 bar



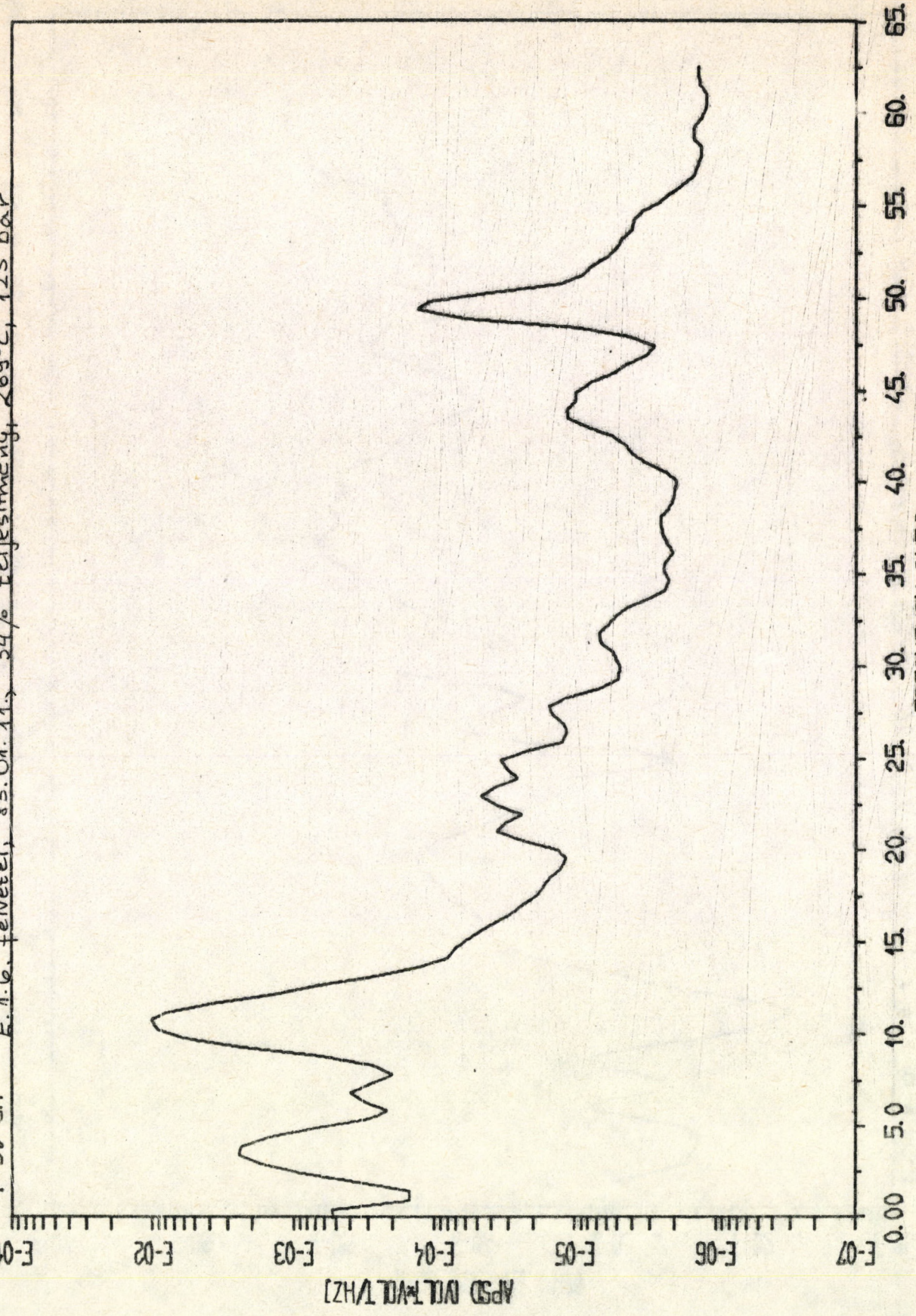
2. ábra

R44A  
P-49 6H E.1.10, 83.02.01., 52.6% telj., 27.2°C, 12.5 bar



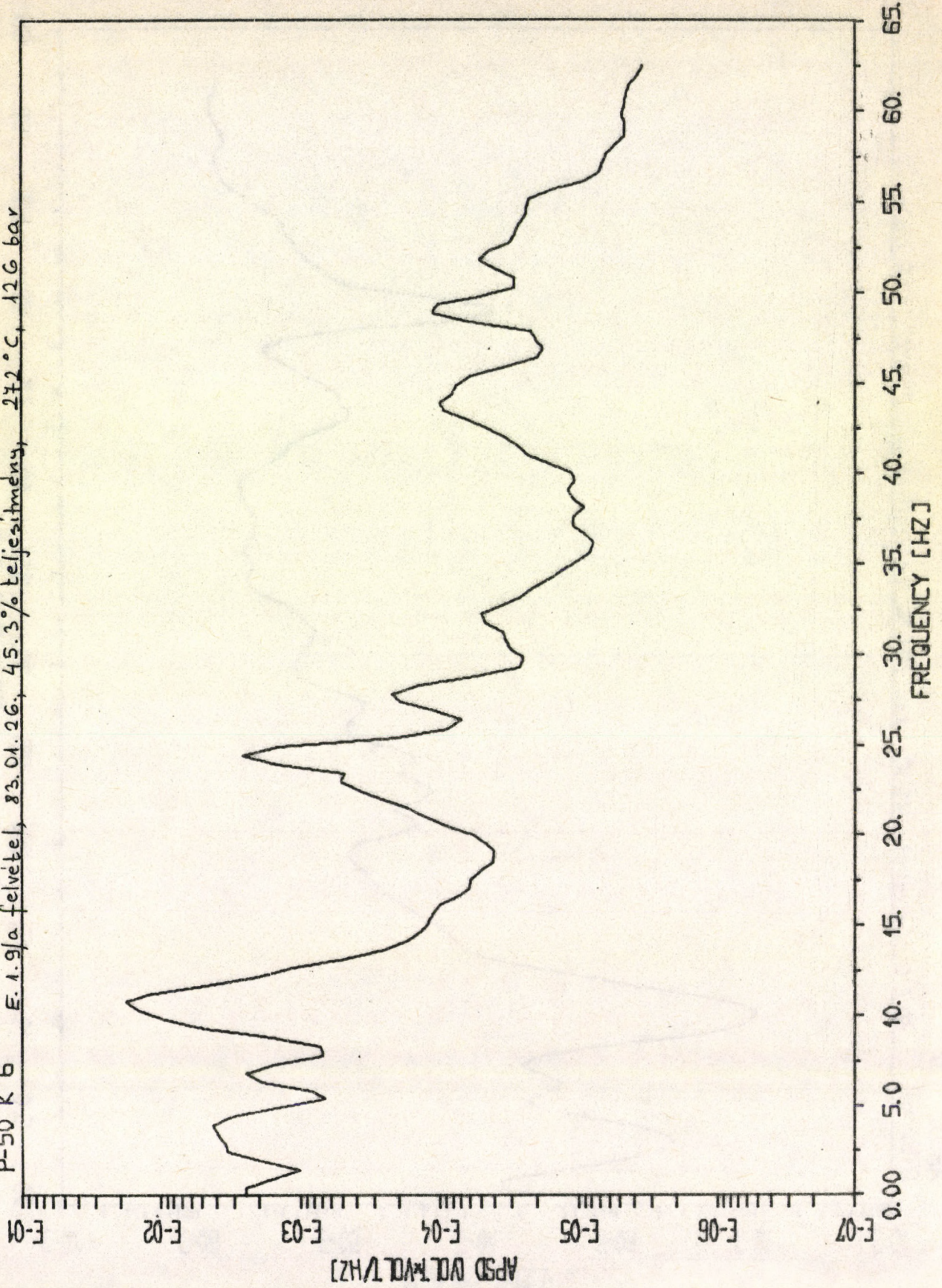
3. ábra

APSD 37  
P-50 6H  
E. A. G. felvétel, 83.04.11., 34% teljesítmény, 269°C, 125 bar



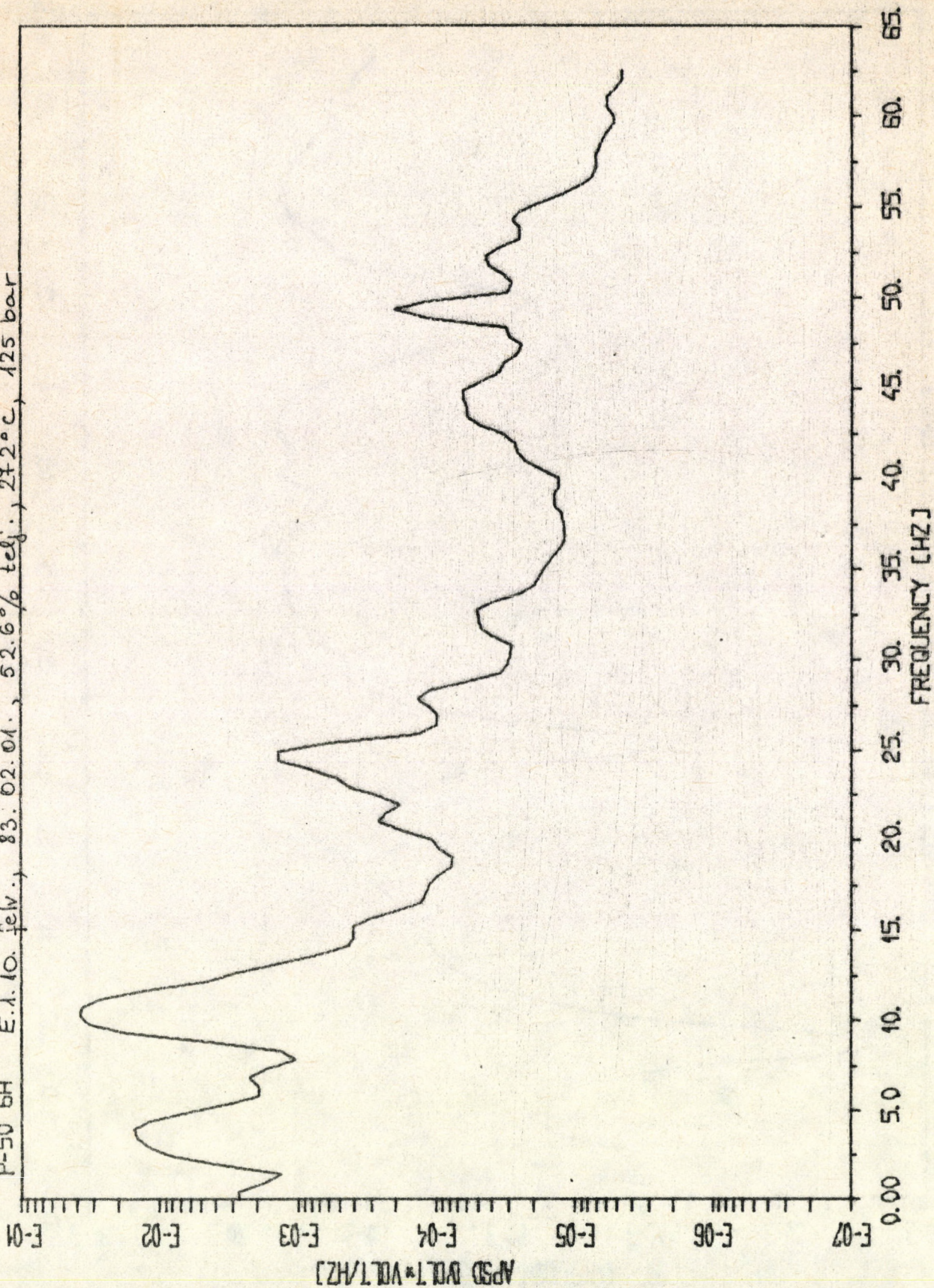
4. ábra

APSD 40  
P-50 K 6 E. 1.9/a felvétel, 83.01.26, 45.3% teljesítmény, 272 °C, 12.6 bar



5. ábra

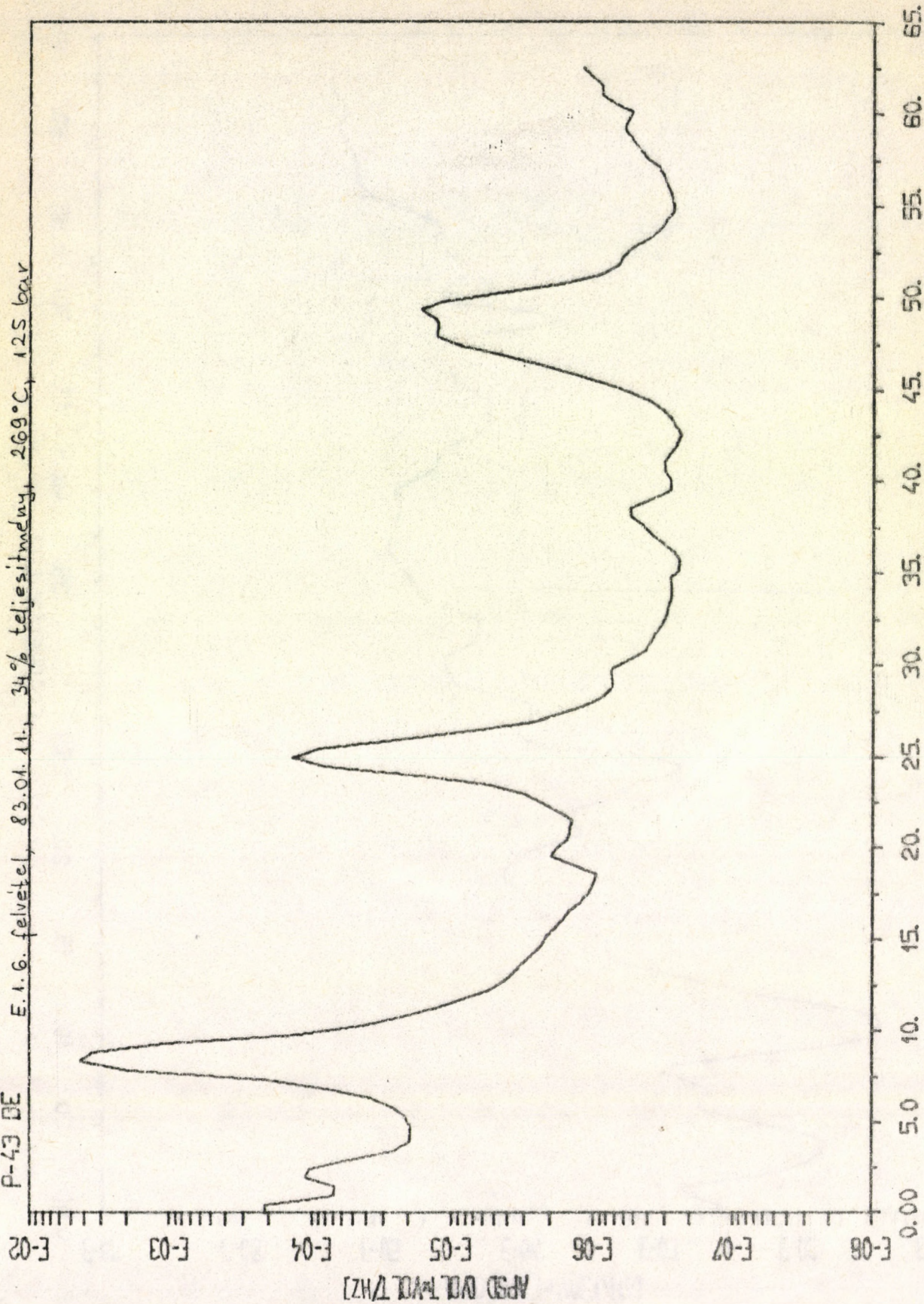
R44A  
P-50 6H E.1.10. felv., 83.02.01., 52.6% telj., 27.2°C, 125 bar



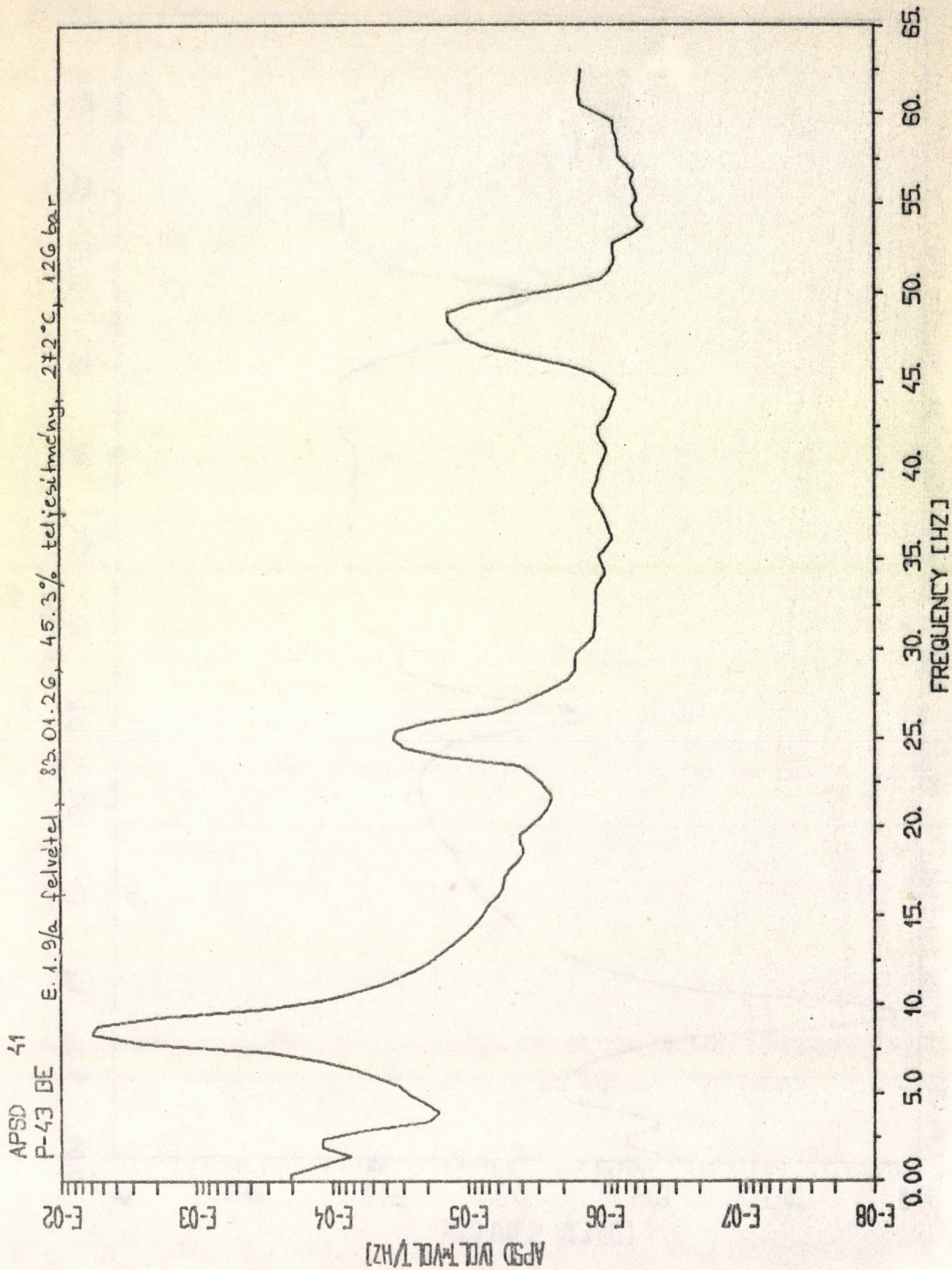
6. ábra

APSD 38  
P-43 DE

E.1.6. felvétel, 83.01.11., 34% teljesítmény, 269°C, 125 bar



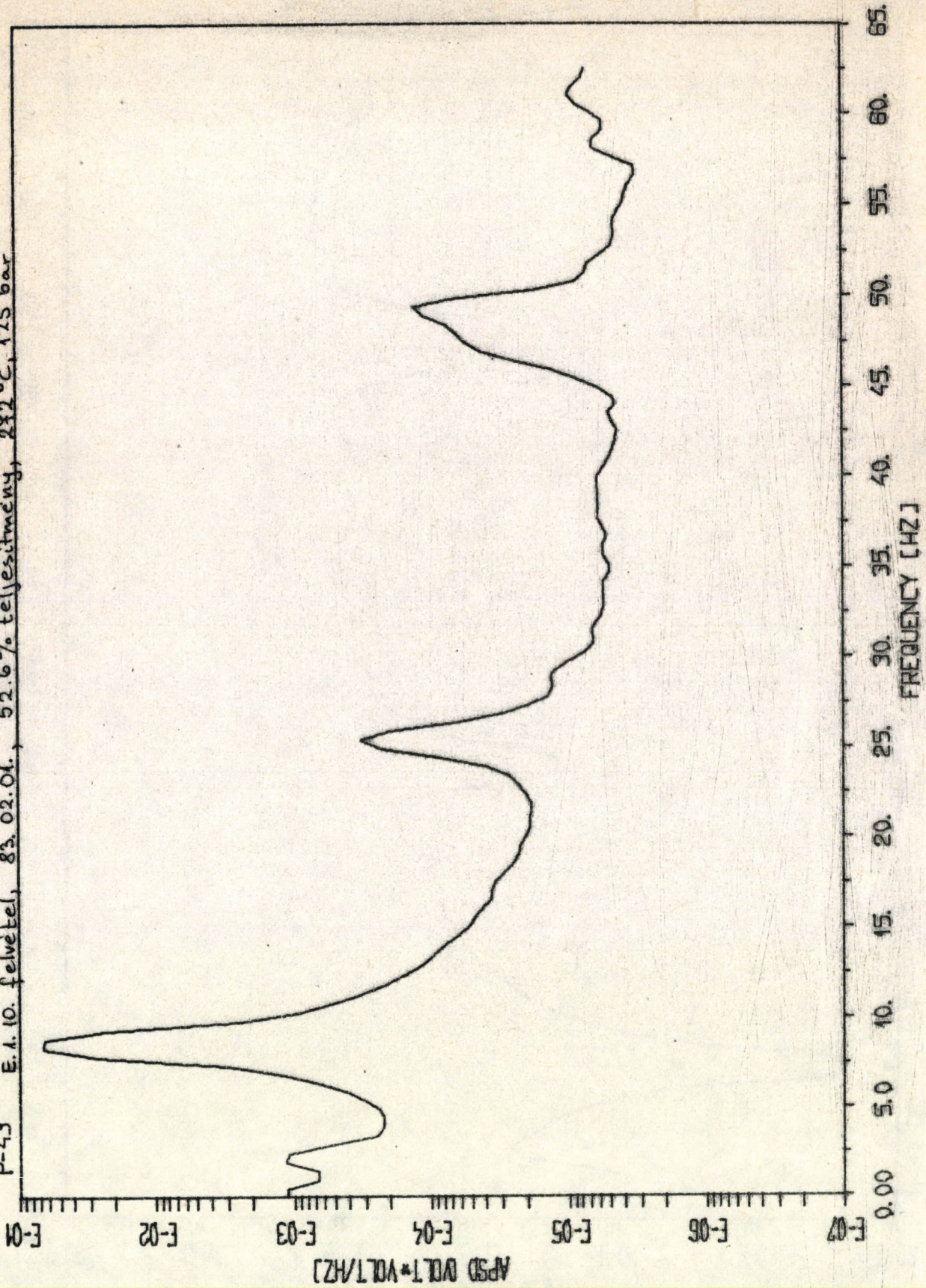
7. ábra



8. ábra

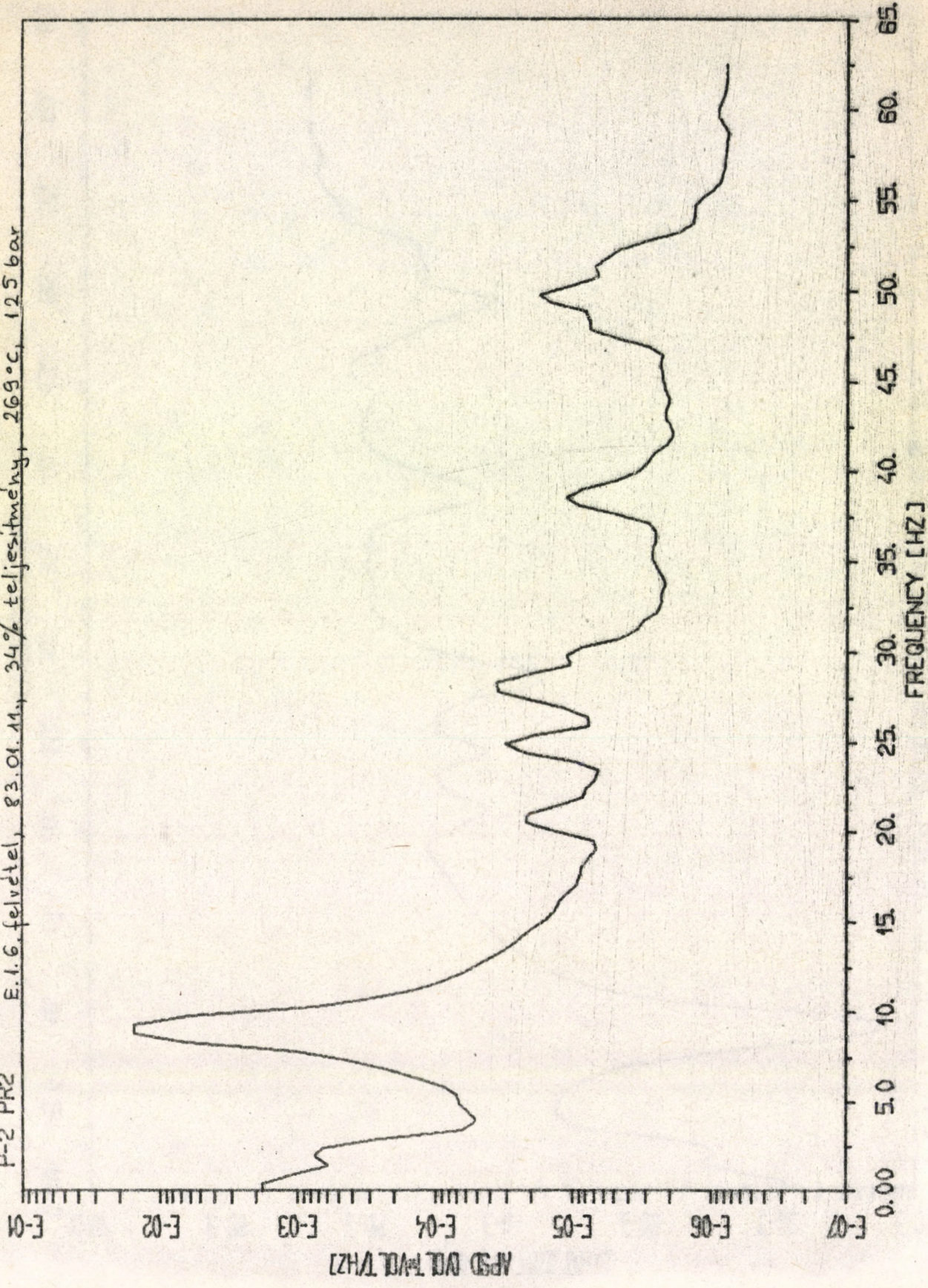
R43A  
P-43

E. 1. 10. felvétel, 83. 02. 01., 52.6% teljesítmény, 232°C, 175 bar



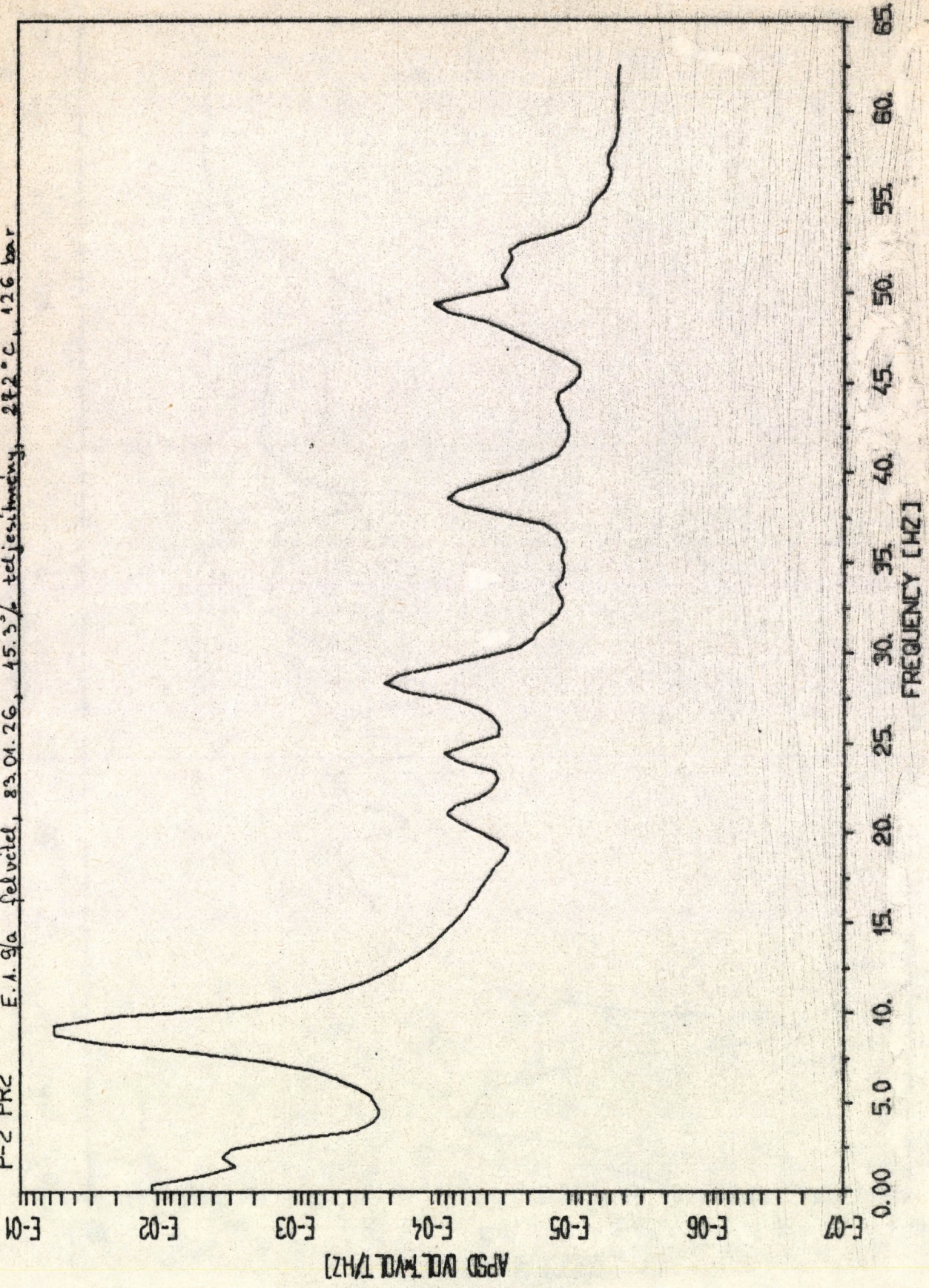
9. ábra

APSD 39  
P-2 PR2  
E.1.6. felvétel, 83.01.11., 34% teljesítmény, 269°C, 125 bar

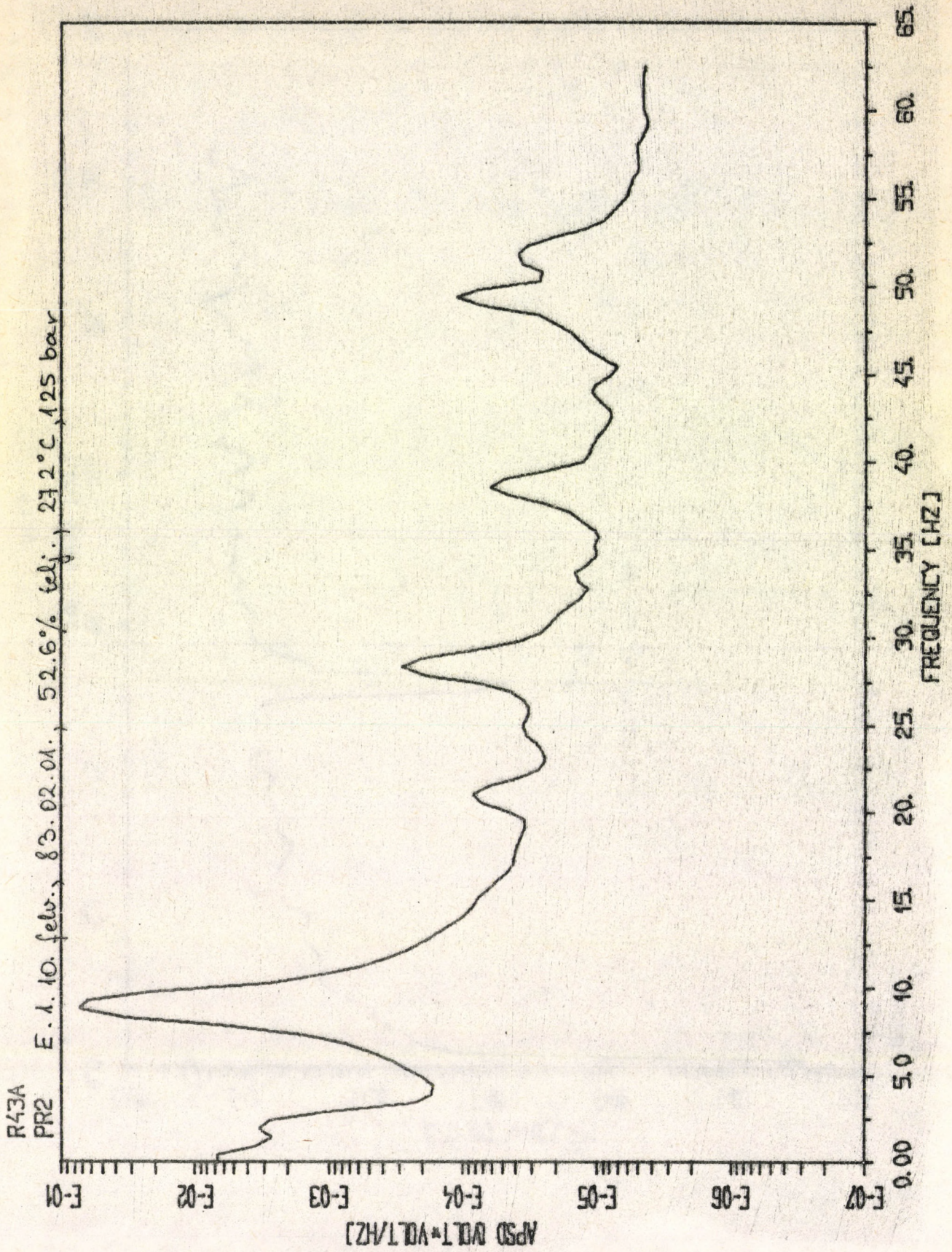


10. ábra

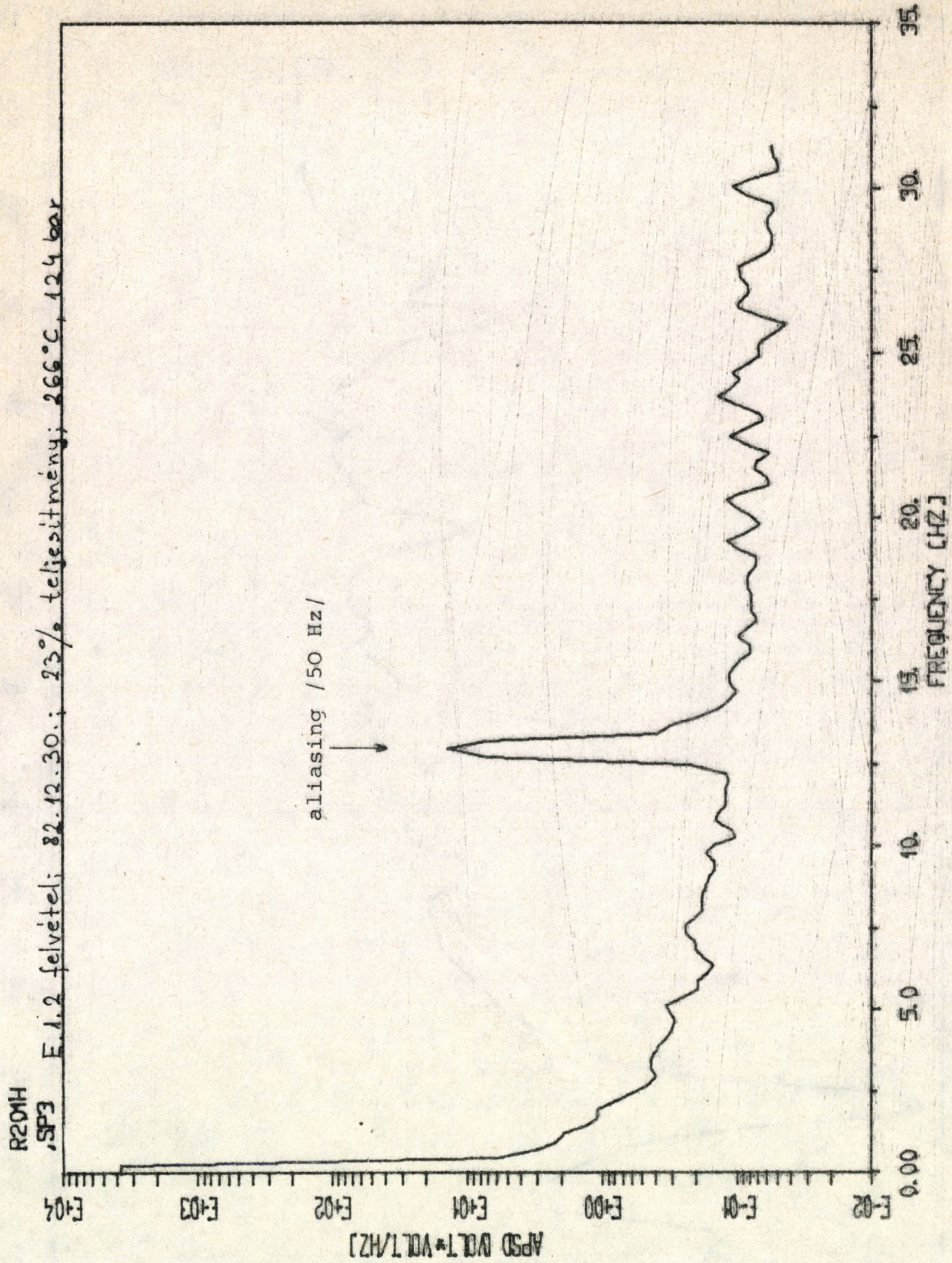
APSD 41  
P-2 PR2  
E. A. g/a felvétel, 83.01.26, 45.3% teljesítmény, 282°C, 126 bar



11. ábra

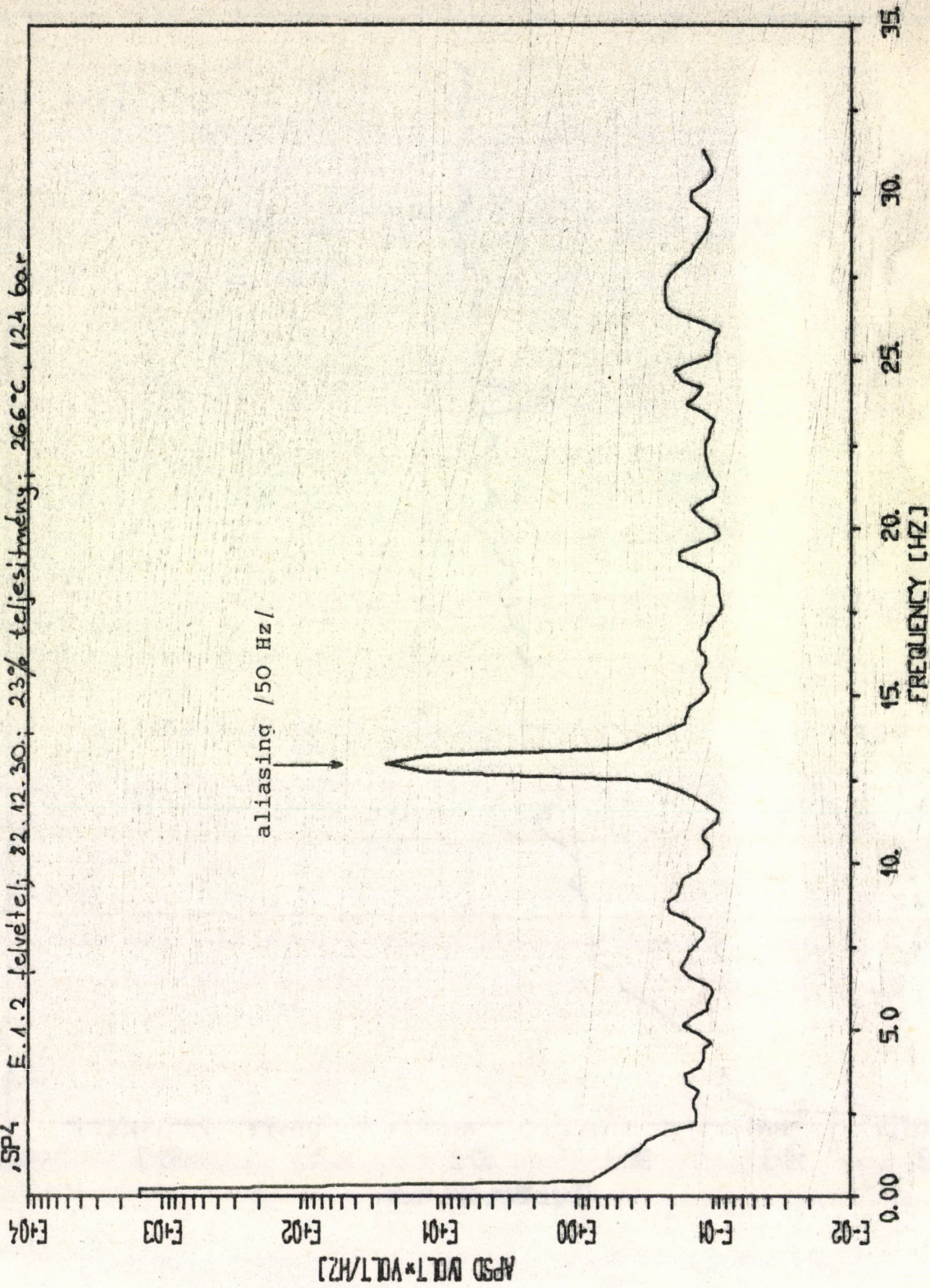


12. ábra

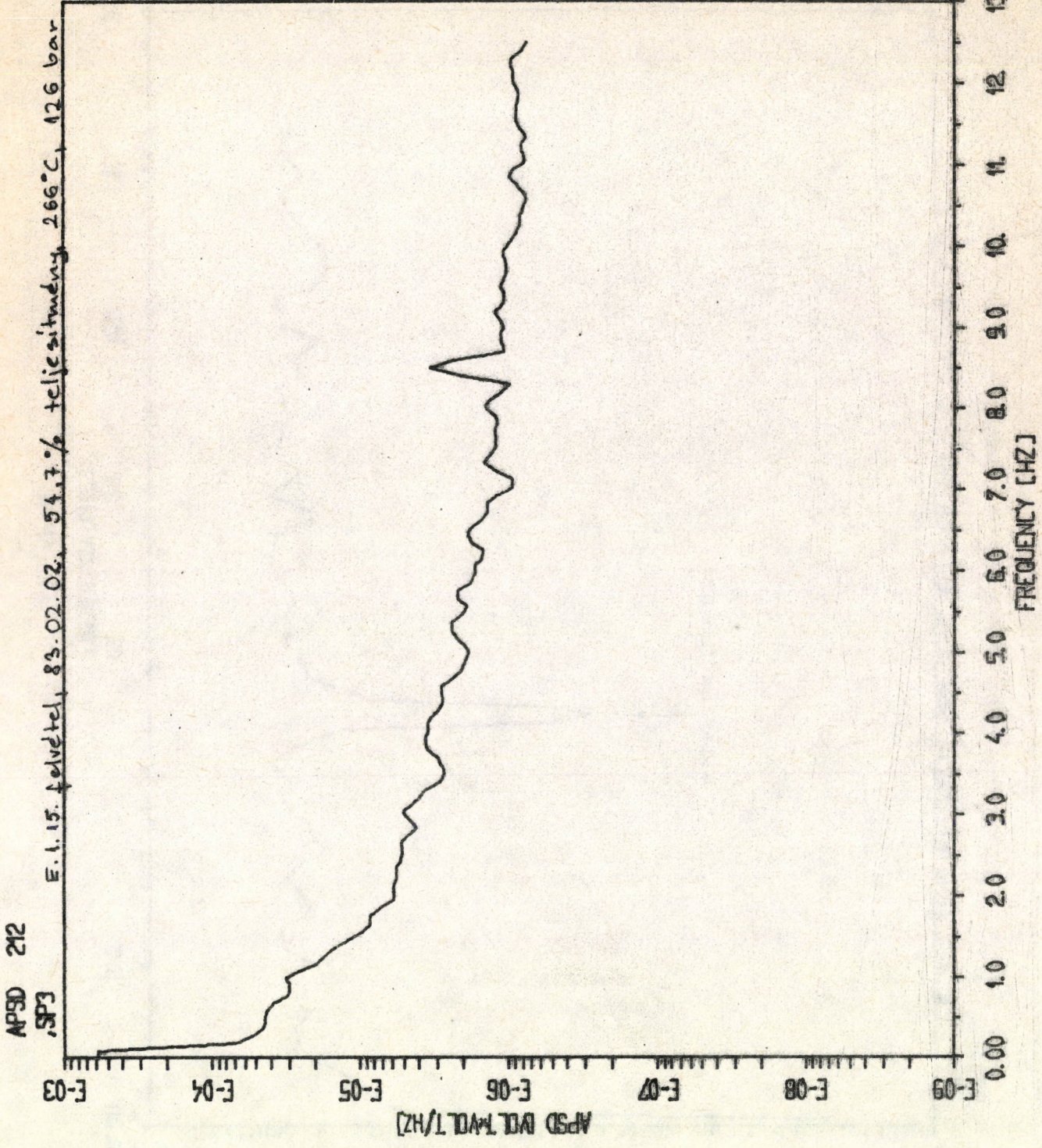


13. ábra

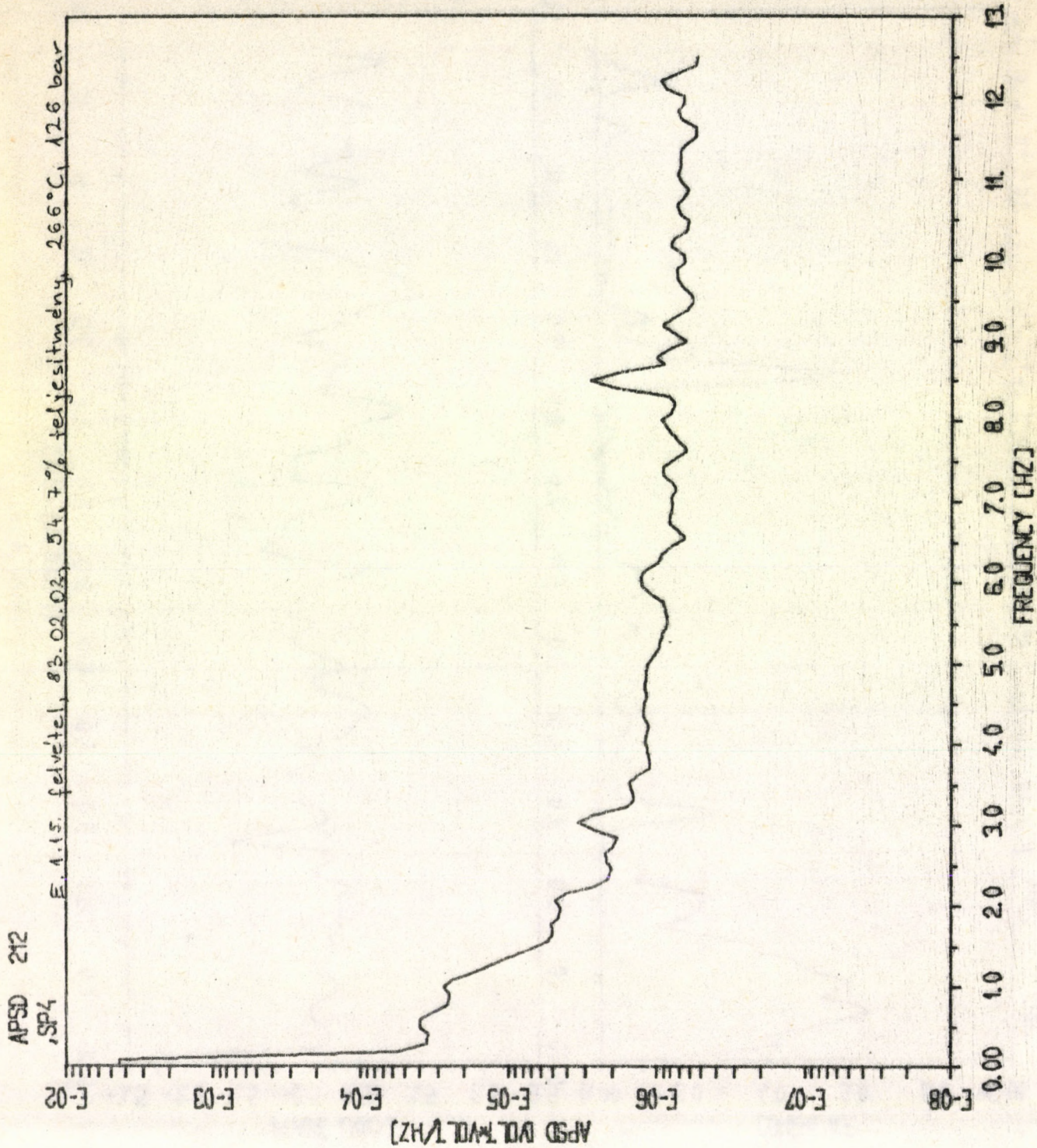
R201H  
.SP4  
E.1.1.2 felvétel; 82.12.30.; 23% teljesítmény; 266°C, 124 bar



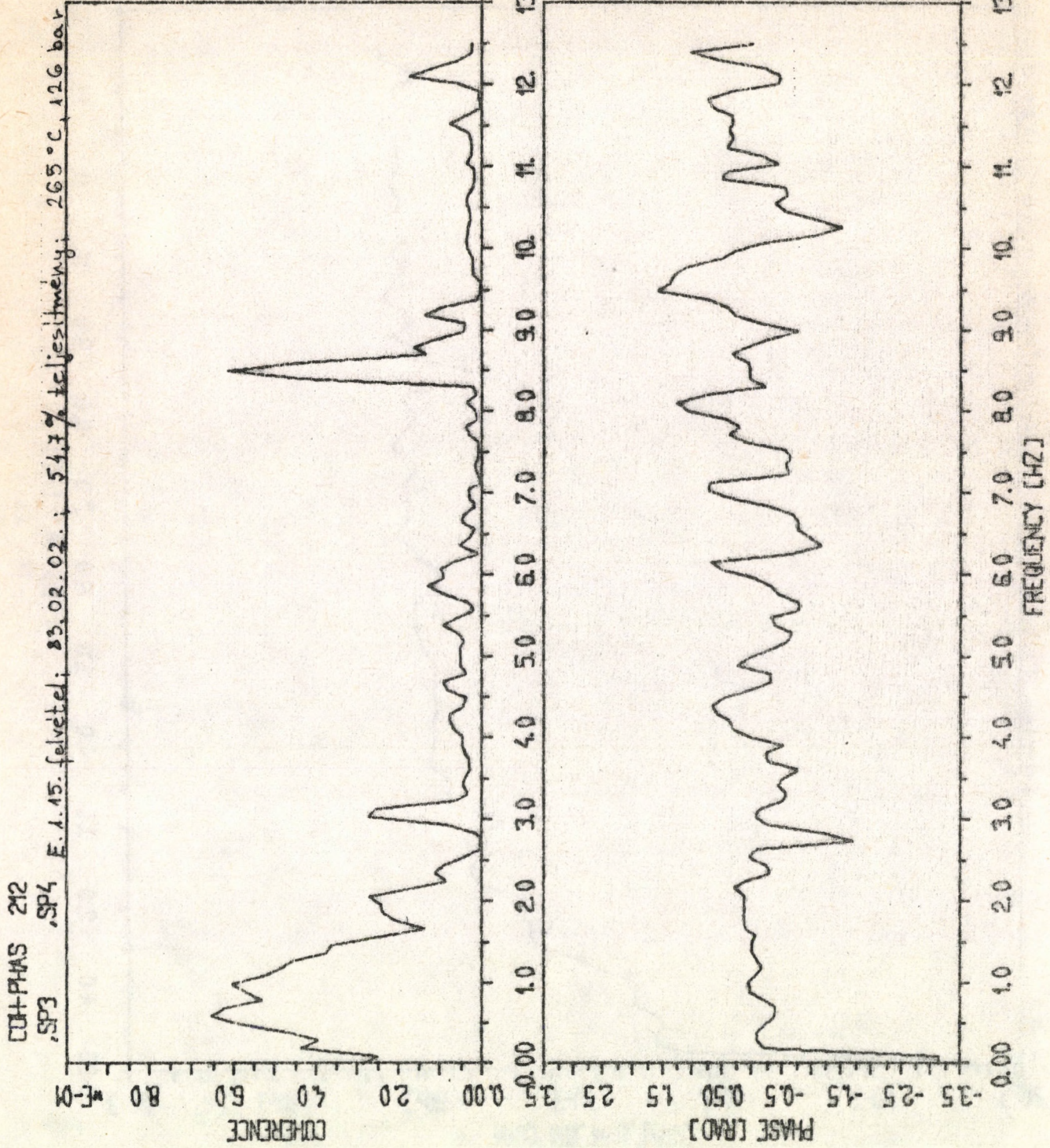
14. ábra



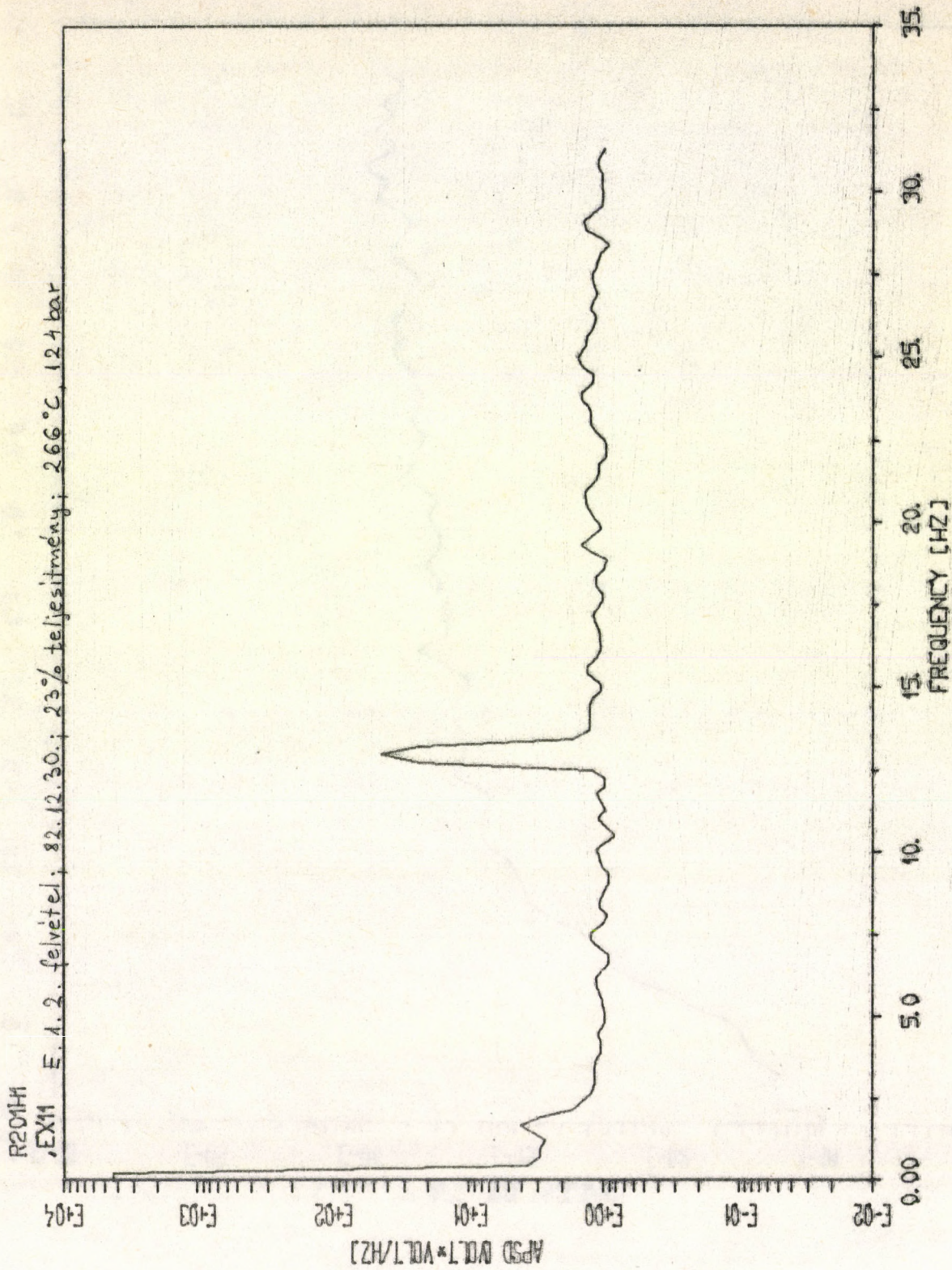
15. ábra



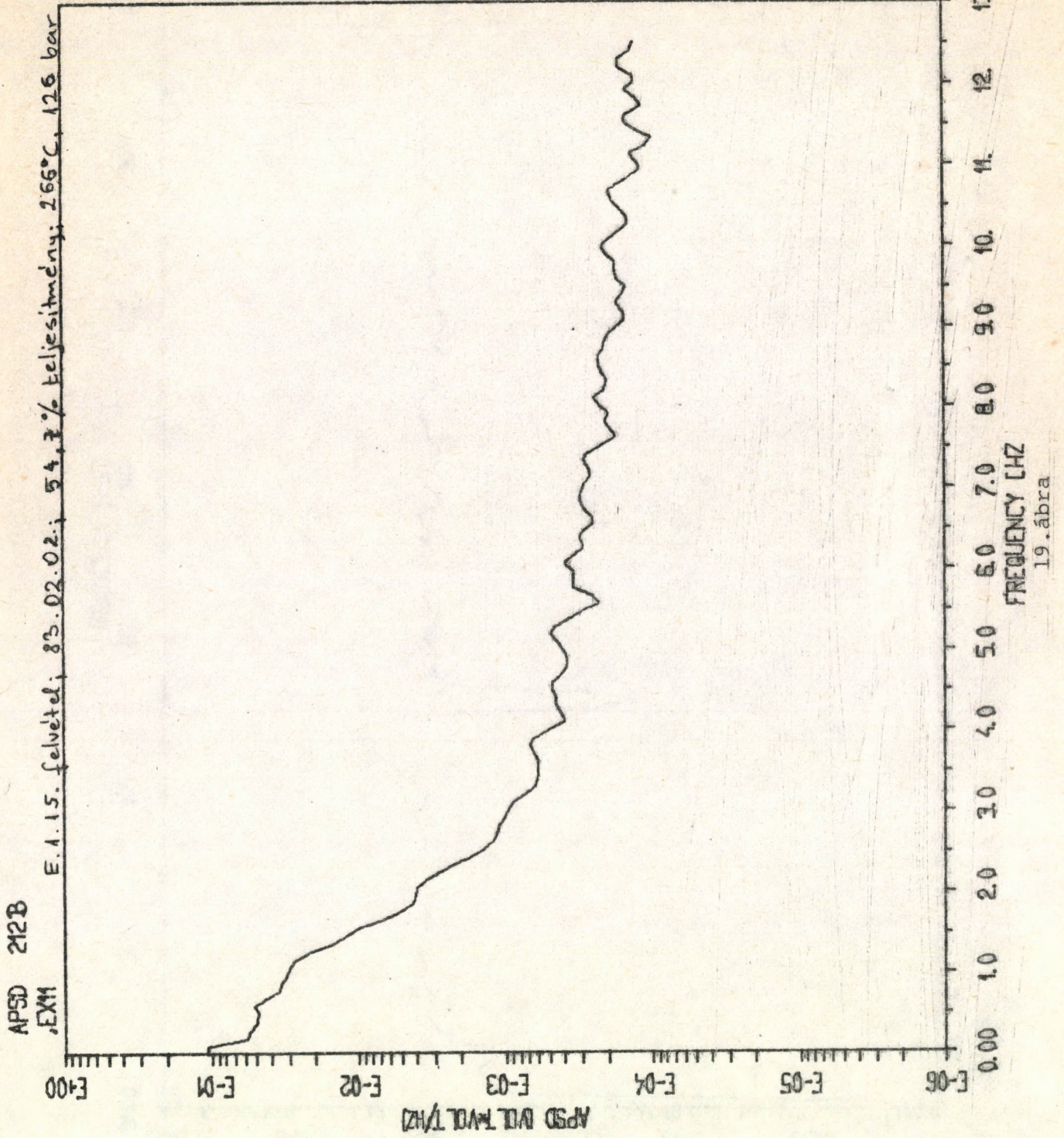
16. ábra



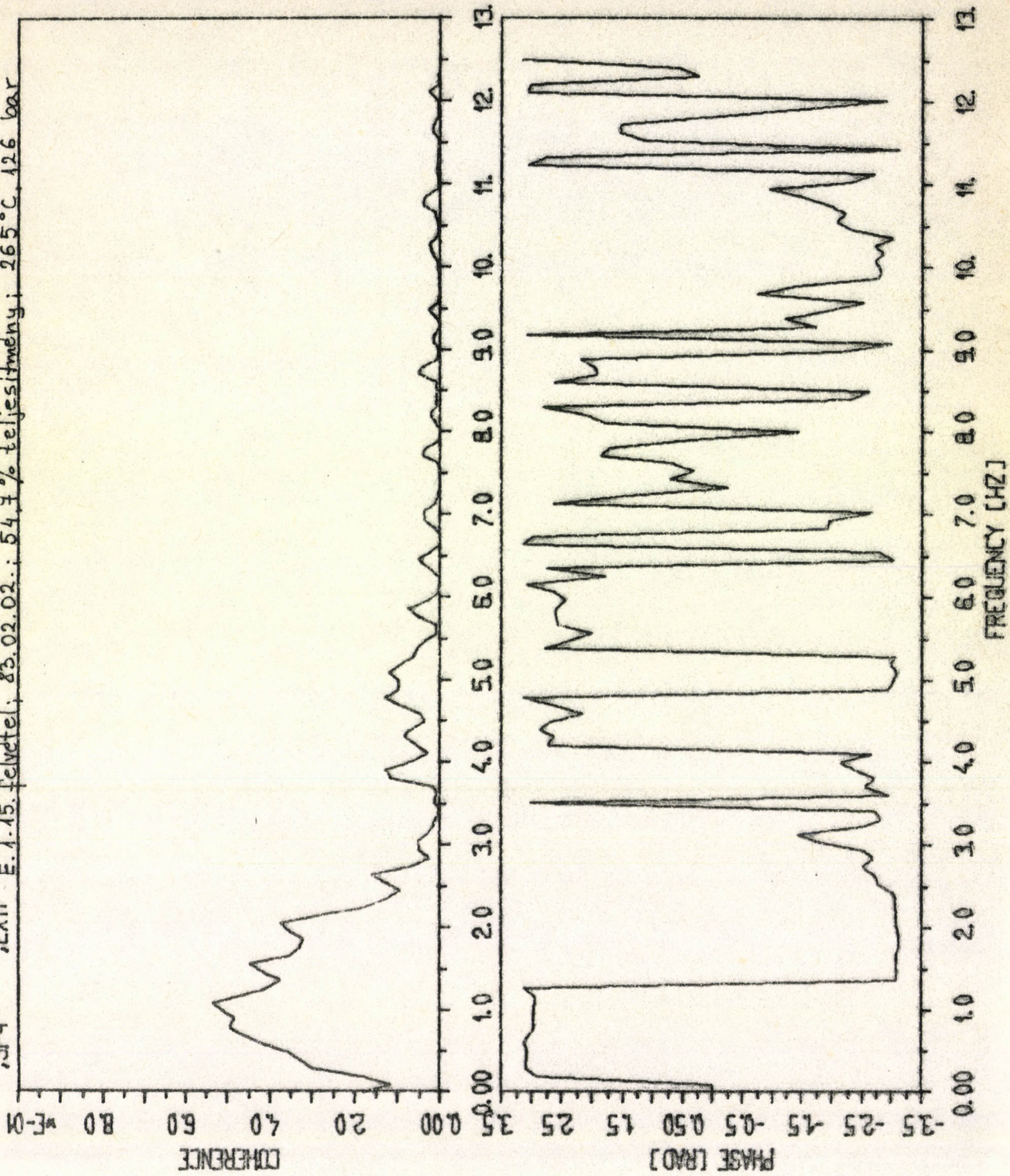
17. ábra



18. ábra



COH-PHAS 212 C  
,SP4 ,EX11 E. 1.15. felvétel; 83.02.02.; 54.7% teljesítmény; 265°C, 126 bar



20. ábra









63.447



Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet  
Felelős kiadó: Gyimesi Zoltán  
Szakmai lektor: Czibók Tamás  
Példányszám: 54 Törzsszám: 83-674  
Készült a KFKI sokszorosító üzemében  
Felelős vezető: Nagy Károly  
Budapest, 1983. november hó