

# A közös mélységpontos (CDP) rendszerek szűrőhatása és átviteli függvényeik

BODOKY TAMÁS

*A közös mélységpontos rendszerek többszörös reflexiókat csillapító hatását vizsgáljuk. Összehasonlítjuk és értékeljük a leggyakrabban alkalmazott terítési rendszereket. Eljárást mutatunk be az optimális geofontávolság meghatározására. Megadjuk a többszörös reflexiók csökkentésének mértékét a geofontávolság és felvételi idő függvényében. A számításokban a nyírségi mélység-sebesség görbét használtuk.*

*Рассматривается возможность подавления кратных отражений при применении метода ОГТ. Сопоставляются и оцениваются наиболее часто применяющиеся установки. Излагается метод для определения оптимального шага сейсмоприемников. Представляется зависимость степени подавления кратных волн от шага сейсмоприемников и продолжительности записи. При вычислениях применялась кривая зависимости скоростей от глубин, полученная в районе Нуршег (Северо-восточная Венгрия).*

*Es wird die dämpfende Wirkung untersucht, die von den Systemen mit gemeinsamem Tiefpunkt auf die Mehrfachreflexionen ausgeübt wird. Die am häufigsten angewendeten Auslegungs-Systeme werden verglichen und bewertet. Ein Verfahren zur Bestimmung des optimalen Geophon-Abstandes wird gezeigt. Der Verfasser gibt das Mass der Herabsetzung der Mehrfachreflexionen in Abhängigkeit von der Aufnahmezeit und des Geophonabstandes an. Bei den Berechnungen wurden die Tiefen-Geschwindigkeits-Kurven aus dem Nyírség benutzt.*

A CDP rendszerek többszörös-reflexió-szűrő hatása, mint ismeretes, azon alapszik, hogy többszörös reflexiók normál korrekció után az ún. „*residual move out*” (*RMO*) értékkel korrigálatlanok maradnak. Összegezéskor a hibátlanul korrigált egyszerűesek fázishelyesen, a többszörösök pedig fázistolással összegeződnek.

A CDP rendszerek többszörös<sup>†</sup>-szűrő tulajdonságainak vizsgálatakor tehát először az összegezés műveletének átviteli függvényét kell meghatározni, majd ennek ismeretében meghatározhatjuk, hogy a szűrőhatás hogyan függ a fázistolásoktól, illetve az ezt meghatározó terítési paramétereiktől.

Jelöljük  $x(t)$  függvénnyel az egyes csatornákon jelentkező, azonos alakúnak feltételezett beérkezéseket. Az összegezés után kapott beérkezés:

$$y(t) = \sum_{i=1}^n x(t + \tau_i), \quad (1)$$

ahol  $n$  a fedésszám

$\tau_i$  az összegezésben résztvevő csatornák késése a referencia csatornához képest (a referencia csatornára  $\tau_i = 0$ ).

Az (1) összefüggés a frekvenciatartományban az

$$Y(\omega) = X(\omega) \sum_{i=1}^n e^{j\omega\tau_i} \quad (2)$$

kapcsolatnak felel meg.

Ebből leolvasható, hogy az összegzés átviteli függvénye

$$S(\omega) = \sum_{i=1}^n e^{j\omega\tau_i} \quad (3)$$

Látható, hogy ha  $\tau_i = 0$  minden  $i$ -re (helyesen korrigált egyszeres reflexió esete), akkor az összegezés átviteli függvénye konstans szorzóvá egyszerűsödik.

Többszörös reflexiók esetén a beérkezések az összegezésre kerülő csatornán a beérkezés  $t$  idejének és a csatorna robbantóponti távolságának megfelelő  $RMO$  értékkel késnek. Az  $RMO(t, x)$  függvényt a dinamikus korrekció ismert összefüggésének felhasználásával a következő közelítő képletből számíthatjuk

$$RMO(t_0, x) = \frac{\sqrt{t_0^2 \bar{V}(t_0/2)^2 + X^2}}{\bar{V}(t_0/2)} - \frac{\sqrt{t_0^2 \bar{V}(t_0)^2 + X^2}}{\bar{V}(t_0)} \quad (4)$$

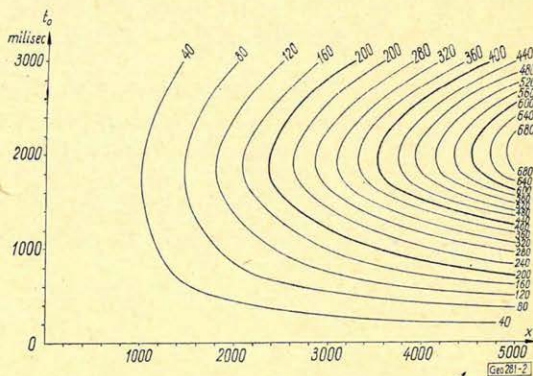
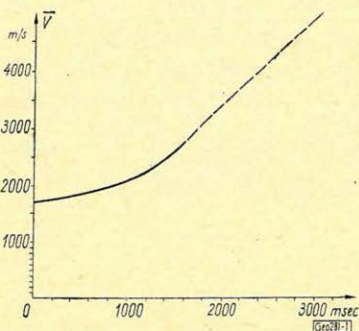
ahol  $t_0$  a vertikális terjedési idő  
 $x$  a robbantópont – geofontávolság  
 $\bar{V}(t_0)$  az átlagsebesség függvénye.

Referencia-csatornának válasszuk az összegzésben szereplő legkisebb  $RMO$ -jú csatornát, erre legyen  $i = 1$ , akkor

$$\tau_i = RMO_i - RMO_1 \quad (5)$$

A következőkben bemutatott számításokhoz a nyírségi átlagsebesség függvényt használtuk (1. ábra). A közelítő képlettel kiszámított  $RMO$   $t, x$  függvényt a 2. ábra mutatja be.

Vizsgáljuk ezután, hogyan kapcsolódnak a terítési rendszerek az elmondottakhoz.



1. ábra. A nyírségi átlagsebesség a vertikális beérkezési idő függvényében  
 Фиг. 1. Кривая средних скоростей района Ниршег в функции от вертикального времени вступления  
 Fig. 1. Durchschnittsgeschwindigkeit vom Nyírség in Abhängigkeit von der Einsatzzeit

2. ábra. A kétszeres reflexió  $RMO(t_0, x)$  függvénye

Фиг. 2. Функция  $(t_0, x)$  остаточной динамической поправки для двухкратного отражения

Fig. 2. Die  $RMO(t_0, x)$  – Funktion der Zweifachreflexion

Mint láttuk, minden összegecsatornát egy *RMO* értéksorozat jellemez. Adott *t* esetén az *RMO* értéksorozat az összegzendő csatornák *x* értékeitől függ. Írjuk fel az *x* értékeket a következő alakban.

$$X_i = \left( \frac{X_i}{d} \right) d = a_i d,$$

ahol *d* a geofontávolság.

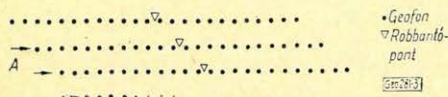
Az egyes összegecsatornákat így az *a* együttható-sorozattal jellemezhetjük.

Egy összezszeizmogram minden összegecsatornájához tartozik egy együtthatósorozat. A 24 összegecsatorna együtthatósorozatai egy mátrixot alkotnak. A (4)-t vizsgálva láthatjuk, hogy az *x* csak négyzetesen szerepel, ezért a mátrix elemei helyett vehetjük abszolút értéküket, és az összegzés kommutativitása miatt oszlopként nagyság szerinti sorrendbe rendezhetjük őket. Ez a sorrend az (5) indexezésnek felel meg az *RMO* függvény *x* szerinti monoton növekvő volta miatt.

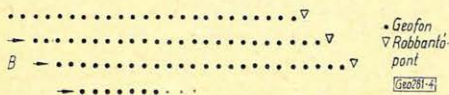
Ez a mátrix egy adott terítési rendszerre jellemző, és összes összezszeizmogramjára állandó. A mátrix a következő alakú:

$a_{11}$	$a_{12}$	.....	$a_{1m}$
$a_{21}$	$a_{22}$	.....	$a_{2m}$
.	.	.....	.
.	.	.....	.
.	.	.....	.
$a_{n1}$	$a_{n2}$	.....	$a_{nm}$

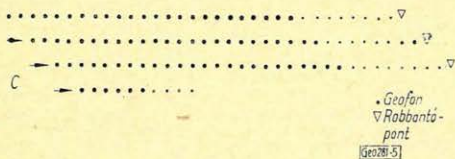
ahol *n* a fedésszám és *m* a csatornák száma.



3. ábra. A középlövéses A-val jelzett rendszer terítési vázlatja hatszoros fedés esetére  
 Фиг. 3. Схема наблюдений системы А при центральном положении ПВ для шестикратного перекрытия  
 Fig. 3. Auslegungsskizze des mit A — bezeichneten Mittelschussystems im Falle einer Sechsfachbedeckung



4. ábra. A B-vel jelzett külsőlövéses rendszer (1 geofonköz offsettel) terítési vázlatja hatszoros fedés esetére  
 Фиг. 4. Система наблюдений системы В при крайнем положении ПВ (смещение ПВ от линии профиля равно шагу сейсмоприемников) для шестикратного перекрытия  
 Fig. 4. Auslegungsskizze des mit B-bezeichneten Aussenschussystems (mit Offset von einem Geophonabstand) im Falle einer Sechsfachbedeckung



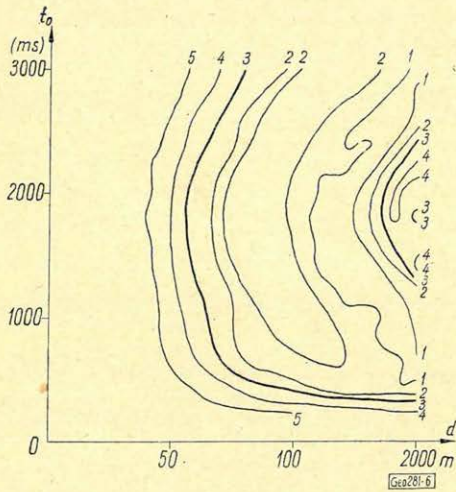
5. ábra. A C-vel jelzett külsőlövéses rendszer (9 geofonköz offsettel) terítési vázlatja hatszoros fedés esetére  
 Фиг. 5. Схема наблюдений системы С при крайнем положении ПВ (смещение ПВ от линии профиля равно 9 шагам сейсмоприемников) для шестикратного перекрытия  
 Fig. 5. Auslegungsskizze des mit C-bezeichneten Aussenschussystems (mit Offset von 9 Geophonabständen) im Falle einer Sechsfachbedeckung

Adott együtthatósorozattal jellemzett összegcsatorna átvitelét a geofontávolság helyes kiválasztásával optimalizálhatjuk. Mivel pedig mind a 24 összegcsatornához azonos geofontávolság fog tartozni, egy terítési rendszer annál jobb, minél több azonos oszlop szerepel mátrixában – azaz minél több azonos átvitelű összegcsatorna van az összezszeizmogramban – és a nem azonos oszlopok között minél kisebb az eltérés. Ezen megfontolás alapján választhatók ki azok a rendszerek, ahol a terítés és a lövés szigorúan együtt mozog és minden lövés után léptetjük a terítést. Ilyen az a három terítési rendszer is, amelyre a számításokat bemutatjuk:

A középlövéses rendszer, hatszoros fedéssel (3. ábra).

B külső lövéses rendszer, vonalban 1 geofonköz offsettel, hatszoros fedéssel (4. ábra).

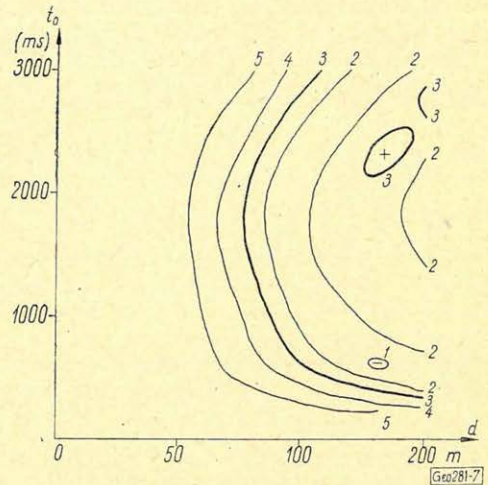
C külső lövéses rendszer, vonalban 9 geofonköz offsettel, hatszoros fedéssel (5. ábra).



6. ábra. Az A rendszer (1,5 2,5 5,5 6,5 9,5 10,5) geofonköz sorozattal jellemzett összegcsatornájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Fig. 6. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкартного отражения), характеризующиеся серией шагов сейсмоприемников (1,5 2,5 5,5 6,5 9,5 10,5) системы A при  $n = 30$  гц

Fig. 6. Die Übertragungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert mit der Geophonabstand-Serie: 1,5 2,5 5,5 6,5 9,5 10,5 des mit A bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz



7. ábra. Az A rendszer (0,5 3,5 4,5 7,5 8,5 11,5) geofonköz sorozattal jellemzett összegcsatornájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Fig. 7. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкартного отражения), характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (0,5 3,5 4,5 7,5 8,5 11,5) системы A при  $n = 30$  гц

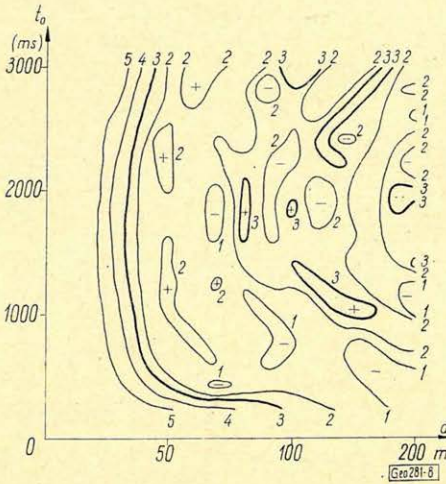
Fig. 7. Die Übertragungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstand-Serie: 0,5 3,5 4,5 7,5 8,5 11,5 des mit A bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz

Ezeket a rendszereket reprezentáló együttható-mátrixokat mutatják be az 1., 2. és 3. táblázatok. A mátrixokat megvizsgálva látható, hogy az A rendszer mátrixa mindössze két oszloptípus, a másik két rendszeré négy-négy oszloptípus ismétlődéséből áll. A három rendszer átvitelének megismeréséhez tehát



összesen tíz összegcsatorna-típus átviteli függvényét kell kiszámítanunk. Adott összegcsatorna-típus átvitelének számításánál  $\tau_i$ -ket  $\tau_i(t_0, d)$  kétváltozós függvény alakjában ismerjük, az átviteli függvény tehát az  $S(\omega, t_0, d)$  három változós függvény lesz.

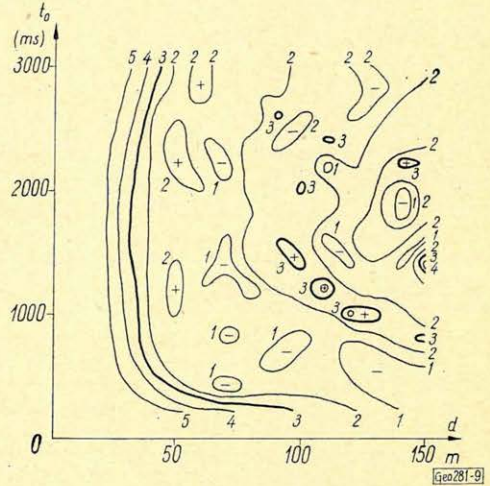
Kiszámítottuk mind a tíz összegcsatorna-típus  $S(\omega, t_0, d)$  függvényét. Ezt az egyes típusok összehasonlítására 30 Hz-nél rögzített frekvencia mellett  $S(t_0, d)$  alakban ábráztuk (6–15. ábra).



8. ábra. A B rendszer (1 5 9 13 17 21) geofonköz sorozattal jellemzett összegcsatornájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Фиг. 8. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкратного отражения) характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (1 5 9 13 17 21) системы B при  $n = 30$  гц

Fig. 8. Die Überföhrungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstands-Serie: 1 5 9 13 17 21 des mit B-bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz



9. ábra. A B rendszer (2 6 10 14 18 22) geofonköz sorozattal jellemzett összegcsatornájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

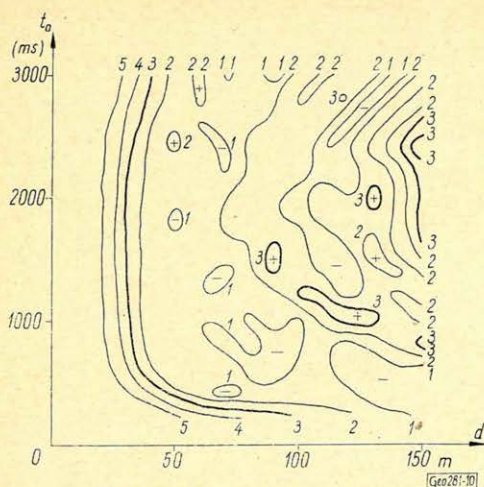
Фиг. 9. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкратного отражения) характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (2 6 10 14 18 22) системы B при  $n = 30$  гц

Fig. 9. Die Überföhrungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstands-Serie: 2 6 10 14 18 22 des mit B-bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz

Az átviteli függvényeket megvizsgálva megállapíthatjuk, hogy az egy rendszerbe tartozó összegcsatornák átviteli függvényei valóban nagyon jól megegyeznek a rövidebb geofontávolságokhoz tartozó „levágási” szakaszon és a maximális kioltás zónájában. Eltérést csak az ezután következő, gyakorlati szempontból érdektelen zóna oszcillációiban találunk.

Az átviteli függvények ismeretében már sor kerülhet adott területen adott terítési rendszer geofontávolságának optimalizálására. Optimalizálás alatt itt természetesen a többszörös beérkezések kiküszöbölésére optimális geofontávolság kiválasztását értjük.

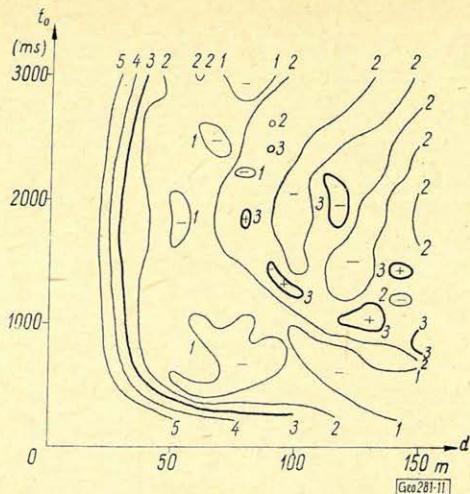
A területre jellemző adatok közül az átlagsebesség függvényen kívül még ismernünk kell a beérkezések átlagos spektrumát.



10. ábra. A B rendszer (3 7 11 15 19 23) geofonköz sorozattal jellemzett összegcsatornájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Фиг. 10. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкратного отражения) характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (3 7 11 15 19) системы B при  $n = 30$   $\mu$

Fig. 10. Die Überföhrungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstands-Serie: 3 7 11 15 19 23 des mit B-bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz



11. ábra. A B rendszer (4 8 12 16 20 24) geofonköz sorozattal jellemzett összegcsatornájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Фиг. 11. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$ , (для двухкратного отражения) характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (4 8 12 16 20 24) системы B при  $n = 30$   $\mu$

Fig. 11. Die Überföhrungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstands-Serie: 4 8 12 16 20 24 des mit B-bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz

Nyírségi területünkön a beérkezések spektrumát a 16. ábra mutatja. Ha figyelembe vesszük még az alkalmazni kívánt szűrő átviteli karakterisztikáját, akkor eredményképpen rendelkezésünkre áll az összegezésre kerülő beérkezések spektruma (16. ábra).

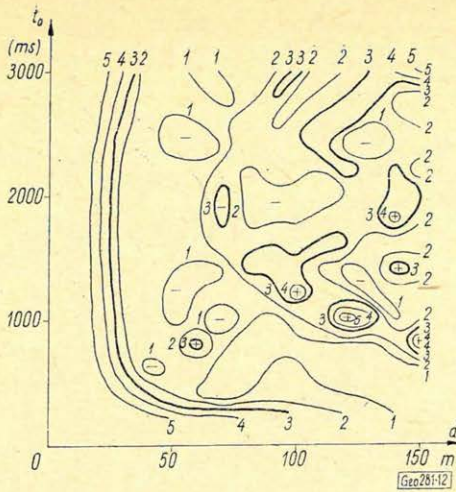
A többszörösök csillapításának mértékéül az összegcsatorna által átengedett többszörös energiájának a csillapítás nélkül átengedett – azaz késleltetés nélkül összegzett – többszörös energiájának hányadosát választjuk.

A csillapítás mértékét jelöljük  $\Phi$ -vel, a beérkezések spektrumát  $A(\omega)$ -val, akkor

$$\Phi(t_0, d) = \frac{\int_0^{\infty} [A(\omega)S(\omega, t_0, d)]^2 d\omega}{\int_0^{\infty} [nA(\omega)]^2 d\omega}$$

Elvégezve a  $\Phi$  függvény kiszámítását a vizsgált tíz összegcsatorna-típusra, úgy nyerjük az egyes terítési rendszerek  $\Phi$  függvényét, hogy a bennük szereplő összegcsatornák függvényeinek számtani átlagát képezzük.

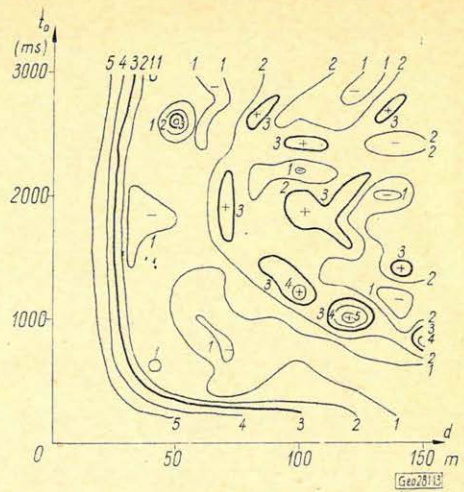
Az így nyert  $\Phi(t_0, d)$  függvényeket dB-ben ábrázolva, szemléletes képet kapunk az egyes terítési rendszerek csillapításviszonyairól a teljes regisztrálási idő folyamán (17., 18. és 19. ábra).



12. ábra. A C rendszer (9 13 17 21 25 29) geofonköz sorozattal jellemzett összegescatornájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Fig. 12. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкратного отражения), характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (9 13 17 21 25 29) системы C при  $n = 30$  гц

Fig. 12. Die Überföhrungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstands-Serie: 9 13 17 21 25 29 des mit C-bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz



13. ábra. A C rendszer (10 14 18 22 26 30) geofonköz sorozattal jellemzett összegescatornájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Fig. 13. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкратного отражения), характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (10 14 18 22 26 30) системы C при  $n = 30$  гц

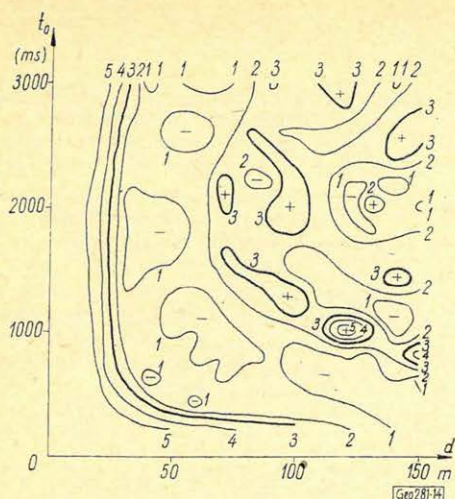
Fig. 13. Die Überföhrungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstands-Serie: 10 14 18 22 26 30 des mit C-bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz

A  $\Phi(t_0, d)$  átviteli diagramokat vizsgálva eredményeinket a következőkben foglalhatjuk össze:

- a diagramokból jól kiolvashatók az egyes rendszerekhez tartozó optimális geofontávolságok,
  - az optimálisnál rövidebb geofontávolságoknál a csillapítás értéke gyorsan csökken zérus felé,
  - az optimálisnál hosszabb geofontávolságoknál a csillapítás értéke szintén csökken, majd kb. 8 dB-nél stabilizálódik és a geofontávolság további növelésére már érzéketlen,
  - a maximális csillapítás zónája közel független a regisztrálási időtől.
- Az eljárás hatásossága tehát azonos a szeizmogram teljes hosszában és így szükségtelen előre ismernünk a többszörösök beérkezési idejét,

– a robbantópontot a terítés közepétől távolítva az optimális csillapításhoz tartozó geofontávolság csökken és a csillapítás értéke nő. Minél nagyobb offsetet használunk tehát, annál kedvezőbbek lesznek rendszerünk többszörösű szűrő tulajdonságai.

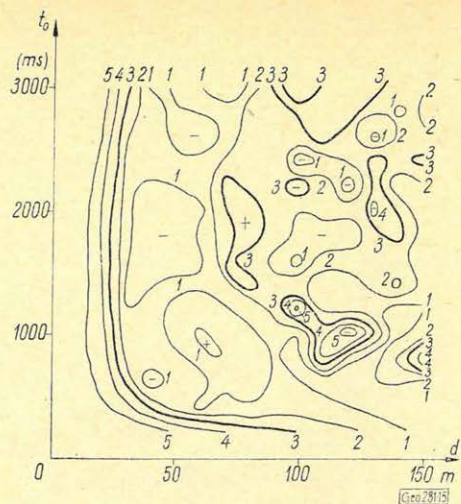
Eredményeink helyes értékeléséhez szükséges még egyszer hangsúlyozni, hogy a bemutatott számítások csak egyetlen zajtípussal – a többszörös reflexiókkal – foglalkoznak. A geofontávolság optimalizálásán is csak a többszörösök eltávolítására optimális geofontávolság kiválasztását értjük. A többszörösöket legjobban eltávolító terítési paraméterek azonban nem eredményezik feltétlenül egyúttal a legjobb jel/zaj viszonyt is. Ezt a mástípusú zajok



14. ábra. A C rendszer (11 15 19 23 27 31) geofonköz sorozattal jellemzett összegescator-nájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Fig. 14. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкратного отражений), характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (11 15 19 23 27 31) системы C при  $n = 30$  гц

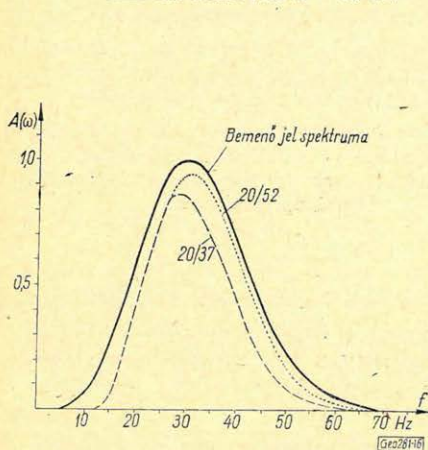
Fig. 14. Die Übertragungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstands-Serie: 11 15 19 23 27 31 des mit C-bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz



15. ábra. A C rendszer (12 16 20 24 28 32) geofonköz sorozattal jellemzett összegescator-nájának  $S(t_0, d)$  (kétszeres reflexió átviteli) függvénye  $n = 30$  Hz mellett

Fig. 15. Характеристика суммотрассы  $S(t_0, d)$  (для двухкратного отражения), характеризующейся серией шагов сейсмоприемников (12 16 20 24 28 32) системы C при  $n = 30$  гц

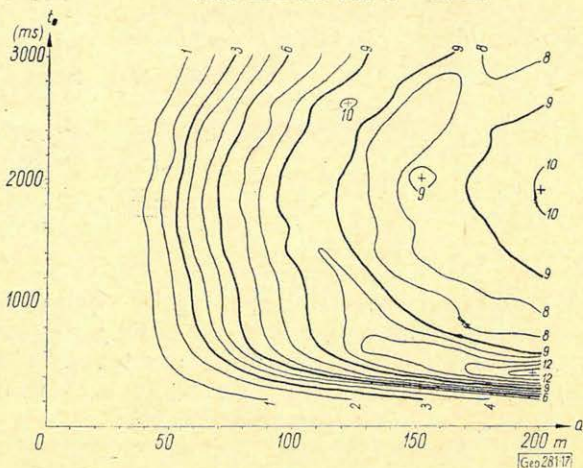
Fig. 15. Die Übertragungsfunktion  $S(t_0, d)$  (Zweifachreflexion) des Summenkanals, charakterisiert durch die Geophonabstands-Serie: 12 16 20 24 28 32 des mit C-bezeichneten Systems im Falle von  $n = 30$  Hz



16. ábra. A beérkezések spektruma a nyírségi mérési területen

Fig. 16. Спектр волн по площади работ района Ниршер

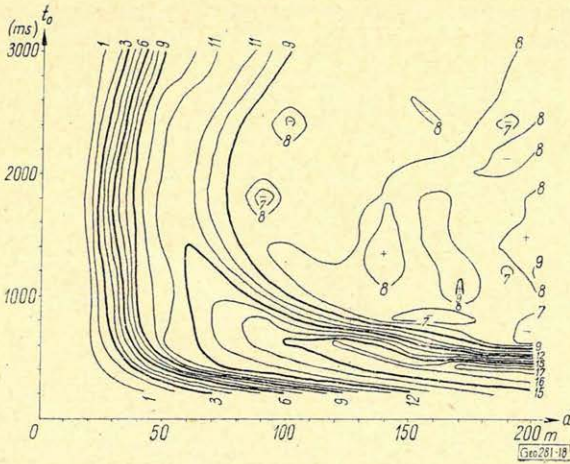
Fig. 16. Spektrum der Einsätze im Nyírség-Gebiet



17. ábra. Az A rendszer  $\Phi(t_0, d)$  függvénye — a többszörös csillapítás mértéke a regisztrálási idő és a geofontávolság függvényében

Fig. 17. Функция  $\Phi(t_0, d)$  системы A: зависимость степени подавления кратных волн от времени и от шага сейсмоприемников

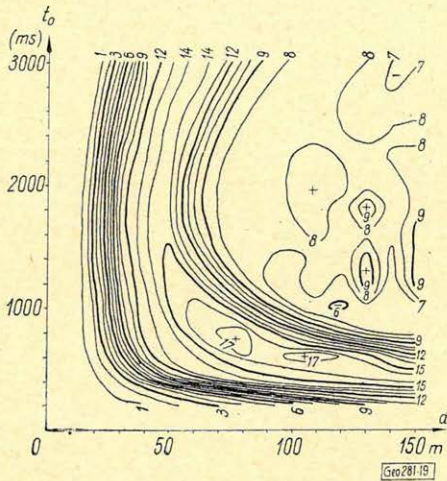
Fig. 17. Die  $\Phi(t_0, d)$ -Funktion des mit A-bezeichneten Systems-Mass der Mehrfachdämpfung in Abhängigkeit von der Registrierungszeit und dem Geophonabstand



18. ábra. A B rendszer  $\Phi(t_0, d)$  függvénye – a többszörös csillapítás mértéke a regisztrálási idő és a geofontávolság függvényében

Фиг. 18. Функция  $\Phi(t_0, d)$  системы B: зависимость степени подавления кратных волн от времени и от шага сейсмоприемников

Fig. 18. Die  $\Phi(t_0, d)$  – Funktion des mit B-bezeichneten Systems – Mass der Mehrfachdämpfung in Abhängigkeit von der Registrierungszeit und dem Geophonabstand



19. ábra. A C rendszer  $\Phi(t_0, d)$  függvénye a többszörös csillapítás mértéke a regisztrálási idő és a geofontávolság függvényében

Фиг. 19. Функция  $\Phi(t_0, d)$  системы C: зависимость степени подавления кратных волн от времени и от шага сейсмоприемников

Fig. 19. Die  $\Phi(t_0, d)$  – Funktion des mit C-bezeichneten Systems – Mass der Mehrfachdämpfung in Abhängigkeit von der Registrierungszeit und dem Geophonabstand

– elsősorban a rendezetlen zajok – jelenléte erősen befolyásolhatja. Ez mint konstans adódik hozzá a növekvő  $x$  távolsággal (offset- és geofontávolság) csökkenő jel energiához és ha az  $x$  távolság elég nagy, a jel teljesen belemosódhat a rendezetlen zajba mint ahogy ezt a rossz energiaviszonyokkal jellemzett Nyírségben nemegyszer tapasztaltuk.

A rendezetlen zajok szerepét tehát mérések tervezésekor nem lehet figyelmen kívül hagyni. A közölt számítások folytatásaként jelenleg folyamatban van a jel/zaj viszony alakulásának vizsgálata rendezetlen zajok jelenlétében.

#### IRODALOM

- Mayne, W. H.: Horizontal data stacking techniques. Geophysics, 1962. 6. II.  
 Gálfi J. et al.: Geofizikai kutatási módszerek I. Szeizmika. Tankönyvkiadó, 1967.  
 GSI kiadvány: Graphical aids for analysis and design of common depth point stack.