

**A második generációs Eurocode 8-5
szabvány honosításának előkészítése**



**Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 143.**

A második generációs Eurocode 8-5 szabvány honosításának előkészítése

**MMK FAP azonosító:
2025/114-GYMS-GT**

Budapest, 2025. október

A sorozat szerkesztője:
WAGNER ERNŐ
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozata és a Győr-Moson-Sopron Vármegyei Területi Kamara gondozásában, a 2025. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

Szerzők:
Dr. Szilvágyi Zsolt

Lektorálta:
Dr. Bán Zoltán
Hübner Balázs
Dr. Móczár Balázs
Dr. Wolf Ákos

Kiadó:

Magyar Mérnöki Kamara
1118 Budapest, Budaörsi út 125/A.
info@mmk.hu, www.mmk.hu

TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló.....	6
2. Bevezetés	7
3. Földrengési hatások és szeizmikus tervezési paraméterek	10
3.1. 2005-ös szabvány előírásai	10
3.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások.....	11
4. Talajvizsgálat és talajjellemzők a szeizmikus tervezésben.....	15
4.1. 2005-ös szabvány előírásai	15
4.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások.....	16
5. Talaj-szerkezet kölcsönhatás (SSI)	24
5.1. 2005-ös szabvány előírásai	24
5.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások.....	25
6. Alapozási rendszerek szeizmikus tervezése	30
6.1. 2005-ös szabvány előírásai	30
6.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások.....	33
7. Megtámasztó szerkezetek (támfalak) és földkiemelések	39
7.1. 2005-ös szabvány előírásai	39
7.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások.....	41
8. Földalatti szerkezetek szeizmikus tervezése (új témakör)	47
8.1. 2005-ös szabvány előírásai (ill. hiányai)	47
8.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások.....	47
9. Összegzés	53
10. Irodalomjegyzék	54

1. Vezetői összefoglaló

Az első generációs Eurocode-szabványok kidolgozása óta végbement műszaki fejlődés és a jogszabályi változások, valamint a szabványok gyakorlati alkalmazásának tapasztalatai miatt szükségessé vált azok korszerűsítése. E folyamat új szakaszba ért, amikor az MSZT 2024. május 1-jén megjelentetett 20 új Eurocode-szabványt nemzeti szabványként. Az első generációs Eurocode-szabványokat az európai szabványügyi szervezet (CEN) 2002 és 2007 között adta ki, 2011. januári bevezetési határidővel. A (módosításokat nem számítva) 58 részből álló, mintegy 5000 oldal terjedelmű szabványcsalád adja meg Európa-szerte az építőmérnöki tervezések alapját. A második generációs szabványokat az EU-tagországoknak – így Magyarországnak is – 2027 októberéig kell teljeskörűen bevezetniük nemzeti szabványrendszerükbe és az első generációs Eurocode-szabványokat 2028 áprilisáig kell visszavonniuk.

Pályázatunk célja a geotechnika szakterületére vonatkozó, második generációs Eurocode 8-5 szabvány (**EN 1998-5: Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 5: Geotechnical aspects, foundations, retaining and underground structures**) honosítási folyamatának előkészítése. A kötet eredeti angol formájában összesen 119 oldal. Minden esetben a honosító ország feladata nemzeti mellékletek készítése, amelyekben rendelkezni kell a nemzeti hatáskörben eldönthető paraméterek értékéről és a szabványi keretek által megadott mértékben össze kell hangolni a javasolt számítási módszerek, metodikák alkalmazását a korábbi hazai gyakorlattal. Ehhez meg kell ismerni a változásokat, új tartalmi elemeket, és értékelni kell ezek hazai alkalmazhatóságának lehetőségeit. Pályázatunk tárgya az első- és második generációs Eurocode 8-5 szabványkötetben szereplő témakörök közötti eltérések kivonatos ismertetése, a bevezetni kívánt új számítási módszerek, szabályozó elvek kivonatos bemutatása.

2. Bevezetés

Az EN 1998-5 szabvány első kiadása (EN 1998-5:2004, Magyarországon bevezetve MSZ EN 1998-5:2005-ként) közel két évtizede jelent meg, így időszerűvé vált a felülvizsgálata. Az eltelt idő alatt a földrengésmérnöki és geotechnikai tudományterületen jelentős fejlődés történt, új kutatási eredmények születtek (pl. talajfolyósodás jobb megértése, korszerű számítási eszközök megjelenése), és az Eurocode szabványok második generációjának kidolgozásával cél az egyes részek következetességének javítása és a tervezési elvek egységesítése. A 2024-es új kiadás (FprEN 1998-5:2024) ennek a második generációnak a része, és számos jelentős újítást tartalmaz. Az új szabvány megalkotásának fő indokai között szerepel a műszaki fejlődés követése, a tervezési biztonság növelése és a korábbi verziók hiányosságainak pótlása.

A szabvány európai előszava felsorolja a leglényegesebb változtatásokat:

- **Szorosabb illeszkedés az Eurocode 7-hez:** Az új verzió javítja a konzisztenciát az EN 1997 Geotechnikai tervezés szabvánnyal, így a talajvizsgálatok, talajmodellezés és a parciális tényezők alkalmazása jobban összhangba kerül az abban foglaltakkal. Az FprEN 1998-5:2024 kiegészíti az időközben megjelent EN 1997-3-at (amely a geotechnikai szerkezetek tervezésével foglalkozik), míg a régi szabvány idején ilyen nem létezett.
- **Új terminológia – geotechnikai rendszerek és szerkezetek:** Bevezeti a „geotechnikai rendszerek” és „geotechnikai szerkezetek” fogalmának megkülönböztetését. Ez pontosabbá teszi a szabvány alkalmazási körét: a geotechnikai rendszer általában a talaj és a műtárgy együttes rendszerét jelenti (pl. egy épület alapozási rendszere talajjal együtt), míg a geotechnikai szerkezet konkrét létesítményt (pl. támfal, alaptest, alagút) takar. A korábbi kiadásban ez a különbségtétel még nem volt egyértelmű.
- **Tervezési alapelvek és teljesítményalapú szemlélet:** Az új szabvány a tervezés alapjait (Basis of Design) hozzáigazítja az EN 1998-1-1 új koncepcióihoz. Meghatározza a teljesítménykövetelményeket, bevezeti a következményosztályok (CC1, CC2, CC3) alkalmazását a geotechnikai tervezésben is, és határállapotokat rendel a szeizmikus hatásokhoz. Míg a 2005-ös szabvány elsősorban az egyetlen tervezési földrengés intenzitás esetére adott előírásokat (lényegében az „állékonysági” vagy teherbírési határállapotnak megfelelően), addig a 2024-es változat különbséget tesz például használhatósági (korlátozott károk követelménye) és teherbírési határállapot között is a geotechnikai szerkezeteknél. Ennek megfelelően új teljesítményalapú tervezési szemléletet vezet be: bizonyos szerkezeteknél

megenged kisebb károsodást vagy elmozdulást a tervezési földrengés hatására, ha ez a funkció szempontjából elfogadható, és ennek megfelelően módosítja a tervezési követelményeket (lásd később a χ_H tényezőt). A szabvány teljesítését szolgáló megfelelőségi kritériumok is megjelennek (pl. megengedett maradó elmozdulások mértéke különböző határállapotokban).

- **Földrengési hatás levezetése geotechnikai tervezéshez:** Az FprEN 1998-5:2024 külön tárgyalja, hogyan kell a földrengési hatást definiálni kifejezetten geotechnikai rendszerekre és szerkezetekre. Új összefüggéseket ad meg a tervezési talajgyorsulás számítására a felszín alatti mélység és a megengedett alakváltozások függvényében, amelyre a régi szabványban nem volt képlet.
- **Vízszintek és talajvíz figyelembevétele:** Az új szabvány előírja, hogy a szeizmikus tervezési helyzetben a talajvízszintet kvázi-állandó értéken kell figyelembe venni (az EN 1990:2023 definíciója szerint), ezzel biztosítva, hogy a tervezés konzervatív, de reális víznyomás-viszonyokkal történjen. A 2005-ös dokumentum erre nem tartalmazott külön előírást – a víz hatását általában az EN 1997 előírásai szerint vették figyelembe.
- **Kapacitástervezés az alapozásoknál:** A 2024-es változat megerősíti és részletezi a kapacitástervezés elvét az alapozásoknál. Ez azt jelenti, hogy a felépítmény várható túlméretezési (overstrength) kapacitásait figyelembe kell venni az alapozás méretezésénél, biztosítva, hogy a földrengés során a szerkezet képlékeny folyamatai a felépítményben menjenek végbe, míg az alapozás lehetőleg károsodásmentes maradjon. A régi szabvány is megkövetelte a kapacitástervezést a képlékeny viselkedésű (disszipatív) felépítmények alapozásainál, de az új verzió ezt tovább részletezi (pl. konkrét biztonsági tényezőket ad meg az alapozások túlméretezésére, lásd később).
- **Elmozdulás-alapú tervezési megközelítés:** Az új szabvány egyik kulcsfontosságú újítása az elmozdulás-alapú tervezés fejlesztése gyakorlatilag minden tárgyalt területen. Ez azt jelenti, hogy a tervező nem csak erőalapú módszerekkel dolgozhat, hanem figyelembe veheti a megengedhető alakváltozásokat, elmozdulásokat is. Például a megtámasztó szerkezeteknél vagy a rézsúknél engedélyezhet bizonyos mértékű elmozdulást, ami csökkentheti a tervezési földrengési erőket – ezt a szabvány χ_H tényezőkkel teszi lehetővé (ld. később). A 2005-ös EN 1998-5 inkább erőalapú szemléletű volt: az elmozdulások megengedhetőségét csak általános elvek szintjén említette (pl. támfalaknál elfogadható bizonyos elmozdulás a funkció fenntartása mellett), de azt a tervezési számításban közvetlenül nem parametrizálta.
- **Talaj-szerkezet kölcsönhatási modellek:** A második generációs szabvány jelentősen kibővíti a talaj és szerkezet dinamikus kölcsönhatásának (SSI)

figyelembevételét. Míg korábban csak néhány esetben, korlátozottan kellett ezzel számolni, az új dokumentum részletes modelleket és számítási módszereket ad meg mind az tehetetlenségi hatások (felépítmény visszahatása a talajra), mind a kinematikus hatások (talajdeformáció hatása az alapokra, pl. cölöpökre) kezelésére. Ennek megfelelően az SSI-tárgykör integrált része lett a szabványnak, saját fejezettel és mellékletekkel.

- **Cölöp-alapok és mélyalapozások újraszabályozása:** Az FprEN 1998-5:2024 külön figyelmet fordít a cölöpalapok tervezésére: új előírásokat tartalmaz a cölöpök analízisére és ellenőrzésére. Megjelennek például a minimális vasalási arányra vonatkozó követelmények a vasbeton cölöpökben (a duktilis viselkedés biztosítására), továbbá előírja a cölöpök teherbírásának ellenőrzését mind teherbírási, mind szerkezeti (anyag) szempontból. Újdonság, hogy a cölöpöknél is alkalmazni kell bizonyos túlméretezési (γ_{Ra}) tényezőt a talaj-teherbírásra (ajánlott érték 1,2), ami extra biztonsági tartalékot jelent. Ilyen konkrét előírás a korábbi szabványban nem szerepelt.
- **Új témakör – földalatti szerkezetek:** A 2024-es verzió egy teljesen új fejezetben foglalkozik a földalatti szerkezetek szeizmikus tervezésével (alagútok, nagy földalatti terek, átereszek, csővezetékek). Ez a téma a 2005-ös kiadásban gyakorlatilag nem jelent meg, így az új szabvány egy fontos hiányterületet fed le. Az új előírások kiterjednek a földalatti műtárgyakat érő szeizmikus hatások típusaira és azok számítására, valamint a tervezési követelményekre (ld. részletesen később).

A fenti fő változások azt eredményezik, hogy az új Eurocode 8-5 jóval összetettebb, de részletesebb útmutatást ad a tervezőknek. Az alábbi fejezetekben témakörönként tekintjük át a régi (2005-ös) és új (2024-es) szabványelőírásokat, kiemelve, hogy milyen előírások voltak korábban, mi változott vagy bővült az új verzióban, milyen új számítási módszerek vagy fogalmak jelentek meg, és mely témák szerepelnek először. Minden fejezet végén táblázatos formában összefoglaljuk a legfontosabb különbségeket a két szabvány között.

3. Földrengési hatások és szeizmikus tervezési paraméterek

3.1. 2005-ös szabvány előírásai

Az EN 1998-5:2004 a földrengési hatások meghatározását illetően erősen támaszkodott az EN 1998-1:2004 általános előírásaira. A 2. fejezet tartalmazta a szeizmikus hatás definícióját, de csak röviden: az EN 1998-1:2004 szerinti tervezési spektrum alkalmazását írta elő, illetve megemlítette, hogy a hatást időtörténet formájában is lehet alkalmazni (pl. gyorsulás-idő függvények használatával a dinamikus analízishez). A szabvány nem határozott meg önálló szeizmikus spektrumot geotechnikai célokra, hanem átvette a magasabb szintű előírásokban definiált a_g (tervezési talajgyorsulás), illetve spektrum alak jellemzőket.

A talajhatás figyelembevételéhez az EN 1998-5:2004 az altalajosztályok (A, B, C, D, S1, S2) rendszerét alkalmazta, amelyet az EN 1998-1:2004 definiált. A szabvány 4.2.2 pontja előírta a talajtípus meghatározását a szeizmikus hatás definiálásához – ez jellemzően a felső 30 m-es réteg átlagos nyíróhullám-sebessége (v_{s30}) vagy más paraméter alapján történt, és a kiválasztott talajosztályhoz tartozó spektrumszorzókat (S talajtényező, görbealak) kellett használni a tervezési spektrumhoz. Ezen kívül a régi szabvány A melléklete tartalmazott topográfiai növelő tényezőket, amelyekkel figyelembe lehetett venni a domborzat okozta helyi gyorsulás-növekedést. Ezek a tényezők egyszerű iránymutatást adtak pl. hegygerinceken elhelyezkedő építmények tervezői számára.

- **Horizontális és vertikális szeizmikus hatás:** Az EN 1998-5:2004 a földrengési hatást vízszintes és függőleges helyettesítő statikus erők formájában vette figyelembe a pszeudostatikus módszerekhez. A horizontális szeizmikus hatás rézsűkre és földmegtámasztó szerkezetekre az a_g tervezési talajgyorsulás és az S talajtényező függvényében az adott fejezetben leírt módon vehető fel. A vízszintes szeizmikus együttható (k_h) mellett egyidejűleg egy függőleges szeizmikus együtthatót (k_v) is figyelembe kell venni, amely felfelé vagy lefelé hat (amelyik kedvezőtlenebb). Alapértelmezett értéként $k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$ volt előírva nagy földrengés-intenzitásnál ($a_{vg}/a_g > 0,6$ esetén), illetve $\pm 0,33 \cdot k_h$ egyébként. A függőleges komponens ilyen konkrét kezelését a geotechnikai tervezésben főként rézsűk és súlytámfalak számításánál kellett alkalmazni, de az alapozásoknál is figyelembe vették, ha szükséges (pl. talajkölcsönhatás vizsgálatoknál).
- **Megengedett elmozdulások és szeizmikus terhelés csökkentése:** A korábbi szabvány már felismerte, hogy ha a szerkezet bizonyos elmozdulásokat megengedhet földrengés során, az csökkentheti a rá ható erőket. Ezt azonban

nem általános fogalomként, hanem eseti megállapítások formájában közölte. Például földmegtámasztó szerkezetek esetén leírta, hogy a szeizmikus erők nagysága függ az elfogadható maradó elmozdulásoktól. A pszeudostatikus számításban ezt a hatást egy r tényező alkalmazásával oldotta meg: a horizontális szeizmikus együtthatót $k_h = \alpha \cdot S/r$ alakban kellett felvenni, ahol $\alpha \cdot S$ a horizontális felszíni gyorsulás maximális értéke adott talajosztály esetén (az EN 1998-1:2004 alapján), r pedig az adott megtámasztó szerkezet típusától függő redukciós tényező volt. A szabvány 7.1-es táblázatában javasolt r értékeket különböző fal-típusokra (pl. $r = 1$ befogott falak esetén, $r > 1$ szabadon álló súlytámfalak esetén).

- **Időtörténeti (dinamikus) analízis:** Az EN 1998-5:2004 szabvány megengedte a dinamikus, időtörténeti számításokat is. A 2.2 pont utalt rá, hogy használhatók megfelelően kiválasztott földrengés-gyorsulás idősorok a szerkezetek és talaj dinamikus analíziséhez. Konkrét előírást azonban nem adott arra, hogyan válasszunk ki ilyen gyorsulásgörbéket geotechnikai számításokhoz – ezt az EN 1998-1:2004 általános elvei szerint kellett végezni. Összességében azonban az EN 1998-5:2004 szabvány a földrengési hatásokat főleg egyszerűsített, helyettesítő statikus terhek formájában kezelte a geotechnikai szerkezetek tervezésénél.

3.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások

Az FprEN 1998-5:2024 a szeizmikus hatások kezelésében átfogóbb és pontosabb megközelítést vezet be. Az 5. fejezet tárgyalja a szeizmikus hatás definiálását kifejezetten geotechnikai rendszerekre és szerkezetekre. Az egyik legjelentősebb új elem egy képlet a tervezési vízszintes talajgyorsulás kiszámítására, amely figyelembe veszi a mélység szerinti változást és a megengedett talaj-szerkezet elmozdulásokat is:

- **Tervezési vízszintes talajgyorsulás képlete:** A szabvány bevezeti az $\alpha_H = (S_\alpha/F_A) \cdot (\beta_H/\chi_H) = (\beta_H/\chi_H) \cdot PGA_e$ összefüggést (5.1 képlet). Itt S_α és F_A az EN 1998-1-1:2024 szerint definiált spektrum paraméterek (S_α a 5%-os csillapítású rugalmas spektrum platójának gyorsulás-szintje, F_A pedig S_α és a nulla periódushoz tartozó gyorsulás aránya). A β_H egy új mélységi módosító tényező, amely a talajmozgás változását hivatott leírni a mélység függvényében. A χ_H pedig egy elmozdulásfüggő tényező, ami figyelembe veszi, hogy a talaj-szerkezet rendszer mennyi maradó elmozdulást képes elbírní az adott következmény-osztály és határállapot mellett.
- **Elmozdulásfüggő redukciós tényező (χ_H):** A két módosító tényező alkalmazásával a szabvány testre szabja a tervezési gyorsulás értékét: például, ha a szerkezet jelentős elmozdulást is elvisel, akkor χ_H -ra nagyobb

érték választható, ami csökkenti a számításba vett α_H -t; míg, ha minimális károsodás a cél, kisebb χ_H értéket kell alkalmazni, ami növeli az α_H -t, tehát konzervatívabb tervezést eredményez. A szabvány előírja, hogy különböző típusú geotechnikai rendszereknél és különböző határállapotokban milyen χ_H értékeket ajánlott használni (ezeket a vonatkozó fejezetek táblázatokban adják meg, pl. rézsűknél a 7.1 táblázat, alapozások csúszási ellenőrzésénél a 9.1 táblázat, földmegtámasztó szerkezeteknél a 10.1 táblázat). Példaként, a szabvány 10.1 táblázata a megtámasztó szerkezetekre vonatkozóan javasolt χ_H értékeket ad: súlytámfalaknál 1,5–2,5, befogott falaknál 1,0–2,0 tartományban, ahol a nagyobb χ_H a nagyobb megengedett elmozduláshoz (pl. near-collapse határállapot), a kisebb χ_H pedig a szigorúbb, kisebb elmozdulást engedő követelményhez (pl. korlátozott károk határállapota) tartozik. Összességében, a régi szabvány r-tényezős megközelítését az új szabvány a χ_H tényezőkkel általánosítja, és azokat formálisan beépíti a terhelésszámításba.

- **Mélységi csillapodás (β_H):** A β_H tényező a talajmozgás mélységgel való csökkenését reprezentálja. Például egy mélyalapozás vagy alagút esetén a talajfelszínnél mérthez képest kisebb lehet a talaj gyorsulása nagy mélységben a rövidebb periódusú mozgások szűrése miatt. Az FprEN 1998-5:2024 ezt a jelenséget figyelembe veszi: ha a tervező feltételezi, hogy a talajmozgás amplitúdója csökken a mélységgel, $\beta_H < 1$ értéket alkalmazhat. A régi szabványban hasonló logika jelent meg 5.2(2)P c) pontban, ahol egy p jelű csökkentési tényezőt engedélyezett a mélyalapozások szeizmikus terhelésének mérséklésére, melynek értéke nem lehetett kisebb, mint $p = 0,65$. Most az új szabvány ezt integráltan kezeli a β_H paraméterrel.
- **Elmozdulás- és erőalapú számítás:** Ahogy említettük, a χ_H tényező bevezetése lehetővé teszi, hogy a terhelést a megengedett károsodás függvényében állítsuk be. Például a szabvány kimondja, hogy elmozdulás-alapú tervezési megközelítés esetén $\chi_H = 1,0$ értéket kell venni, hiszen ilyenkor a tényleges elmozdulásokat számítással vesszük figyelembe, nem redukáljuk előre a terhelést. Ezzel szemben erőalapú számításnál, ha nem akarunk maradó elmozdulást, χ_H kisebb (1,0–1,5) értékre, ha pedig engedünk bizonyos alakváltozást, akkor nagyobb (1,5–2,5) értékre vehető. Ezeket az értékeket a szabvány táblázatok formájában összegzi különböző szerkezetekre.
- **Topográfiai hatások:** Érdemes megjegyezni, hogy míg az EN 1998-5:2004 szabvány mellékletben közölt egyszerű topográfiai korrekciós tényezőket, a 2024-es kiadásban ilyen tényezők már nem szerepelnek külön. Ennek oka, hogy időközben az FprEN 1998-1-1:2024 maga tartalmaz előírásokat a topográfiai hatások figyelembevételére, illetve az új FprEN 1998-5:2024 a részletes helyszíni vizsgálatok körében utal a domborzat miatti esetleges

különleges hullámjelenségekre (pl. meredek lejtőknél felszíni hullámok keletkezhetnek). Tehát a topográfiai hatás figyelembevétele immár integráltabb módon, az általános szabályok részeként jelenik meg.

Az alábbi táblázat összefoglalja a földrengési hatások kezelésének fő különbségeit a két szabványváltozat között:

Szempont	EN 1998-5:2004 (régi)	FprEN 1998-5:2024 (új)
Tervezési spektrum és tervezési gyorsulás	Az EN 1998-1:2004 szerinti spektrum használata; talajosztály (A–E, S1–S2) alapján spektrum módosítás. Külön geotechnikai spektrum nincs, a tervezési gyorsulás a talajfelszínen értendő.	Az EN 1998-1-1:2024 szerinti általános spektrum, de kiegészítve geotechnikai sajátosságokkal. Új képlet a tervezési gyorsulás (α_H) számítására (5.1 képlet) a PGA_e alapján, figyelembe véve a mélységi csillapodást (β_H) és az elfogadható alakváltozást (χ_H).
Vertikális szeizmikus komponens	Külön horizontális (k_h) és vertikális (k_v) szeizmikus együttható a pszeudostatikus módszerhez rézsúknél és megtámasztó szerkezeteknél ($k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$ ill. $\pm 0,33 \cdot k_h$).	Továbbra is figyelembe veendő (FprEN 1998-1-1:2024 szerint a vertikális spektrum adott). A pszeudostatikus egyenértékű erők meghatározásánál k_v hasonlóan kezelendő (felfelé-lefelé legkedvezőtlenebb). Konkrét módosítás nincs.
Elmozdulások hatása a terhelésre	Implicit módon jelenik meg: a pszeudostatikus szeizmikus együttható csökkenthető egy r tényezővel, ha a szerkezet elmozdulhat (típusfüggő, pl. $r > 1,0$ súlytámfalra). Nincs általános teljesítménykövetelmény, de elfogadható maradó elmozdulásokról tesz említést (pl. támfal 7.1(2) bekezdés).	Formális szabályozás: a szeizmikus hatás nagyságát a χ_H tényezőn keresztül lehet módosítani a megengedett elmozdulás függvényében. Konkrét táblázatok adják meg a χ_H javasolt értékeit pl. rézsúknél, támfalaknál stb. – ezek az értékek indikálják a várható maradó elmozdulás mértékét is.
Topográfiai amplifikáció	A melléklet (informatív) egyszerű tényezők a terep adottságainak függvényében (pl. gerincen növelő faktor).	Nincs külön melléklet; a topográfiai hatásokat a helyi sajátosságok részeként kell kezelni, szükség esetén speciális vizsgálattal. Az FprEN 1998-1-1:2024 tartalmaz erre vonatkozó irányelveket, ill. az új szabvány megjegyzi, hogy

Szempont	EN 1998-5:2004 (régi)	FprEN 1998-5:2024 (új)
		speciális esetekben (pl. topográfiai inhomogenitások) más hullámtípusok dominálhatnak.
Időtörténetes analízis	Engedélyezett, de nem részletezett; az EN 1998-5:2004 szabvány a dinamikus számítás paramétereit az EN 1998-1-re bízta. Mesterséges vagy illesztett gyorsulásrekordok használata elfogadott.	Javasolt a valós rekordok alkalmazása elmozdulás-számításokhoz (kihangsúlyozva, hogy a természetes rekordok pontosabb maradó elmozdulásokat adnak). A számításhoz alkalmas akcelerogramok kiválasztási szabályait az FprEN 1998-1-1:2024 adja meg; az FprEN 1998-5:2024 külön kiemeli a bázisvonal korrekció fontosságát, amikor abszolút elmozdulásokat integrálunk.

4. Talajvizsgálat és talajjellemzők a szeizmikus tervezésben

4.1. 2005-ös szabvány előírásai

Az EN 1998-5:2004 az altalaj megismerésének és jellemzésének fontosságát hangsúlyozta, de részleteiben a vonatkozó geotechnikai szabványra (EN 1997-1:2004) és az általános gyakorlatra támaszkodott. A 4.2 fejezetben foglalkozott a talajfeltárással és vizsgálatokkal. Fő pontjai:

- **Általános követelmények:** A 4.2.1 pont általános iránymutatást adott, miszerint a szeizmikus tervezéshez részletes talajfeltárássra és laborvizsgálatokra van szükség, különös tekintettel a talaj dinamikus tulajdonságaira. Követelmény volt a helyszín geológiai és szeizmotektonikai környezetének ismerete, és a talajkörnyezet kategorizálása a földrengési hatás meghatározása céljából.
- **Altalajosztály meghatározása a tervezési spektrumhoz:** A 4.2.2 szakasz előírta a tervezőnek, hogy határozza meg az altalajosztályt (A, B, C, D vagy különleges S osztályok) a szeizmikus spektrum kiválasztásához. Ehhez használható paraméterek a talajréteg felső 30 m vastag zónájának átlagos nyíróhullámterjedési sebessége (v_{s30}), az SPT szondázás N értékei vagy a talajrétegek jellege voltak (ezek definícióit az EN 1998-1:2004 adta meg). Például laza üledékes talaj magas víztartalommal az S2 kategóriába esett, amihez speciális vizsgálatokat írt elő a régi szabvány is (pl. folyósodási hajlam).
- **Talajmerevség és csillapítás a deformáció függvényében:** A 4.2.3 bekezdés elismerte, hogy a talaj merevsége (nyírási modulus G) és csillapítása erősen függ a deformáció nagyságától. Emiatt a tervezés során figyelembe kellett venni a talaj merevségének csökkenését a földrengés hatására (G csökkenése nagyobb nyírási alakváltozásnál) és a hozzá tartozó csillapítás növekedését. A szabvány néhány számértéket ugyan megadott, de a gyakorlatban tipikusan alkalmazott laboratóriumi vagy empirikus görbéket (pl. $G/G_{max} - \gamma$ és $D - \gamma$ görbéket) nem részletezte. Ez gyakorlatban azt jelentette, hogy a tervező a talaj dinamikus paramétereit (például kis alakváltozási tartományban érvényes nyírási modulus G_0) meghatározta, majd ezt a várható deformáció alapján csökkentette.
- **Talajfolyósodás vizsgálata:** A 4.1.4 és 4.2.1 pont külön kitért a talajfolyósodás veszélyére. Előírta, hogy amennyiben vízzel telített laza homokos talaj van a helyszínen, vizsgálni kell annak hajlamát a földrengés hatására történő megfolyósodásra. A szabvány normatív mellékletet (B melléklet) is tartalmazott a folyósodás egyszerűsített értékelésére: ebben empirikus, de

már kissé elavult összefüggések segítették a mérnököt abban, hogy a talaj adottságai (pl. szemcsés talajnál SPT-ütésszám és mélység) alapján megbecsülhesse, bekövetkezhets-e folyósodás a tervezési földrengés során.

- **Talajtömörödés és süllyedés:** A 4.1.5 pontban a szabvány kitért a ciklikus terhelés miatti talajtömörödésre és az ebből eredő süllyedésekre. Kimondta, hogy bizonyos talajok (pl. laza szemcsés talajok) a földrengés ismétlődő nyírási terhelése hatására tömörödhetnek, ami süllyedéseket okozhat. Továbbá nagyon lágy agyagok esetén a ciklikus nyírófeszültség szilárdságcsökkenést (degradációt) idézhet elő, ami szintén süllyedéshez vezet. A szabvány javasolta e jelenségek minőségi értékelését, és ha a becsült süllyedések a szerkezet stabilitását vagy használhatóságát veszélyeztetnék, akkor beavatkozást (pl. tömörítést, talajcserét, vagy a szerkezet más kialakítását) kellett fontolóra venni. Konkrét számítási módszer erre nem volt előírva, inkább mérnöki megítélésre hagyatkozott.
- **Parciális biztonsági tényezők alkalmazása:** Mivel a geotechnikai tervezésben az EN 1997-1:2004 már bevezette a parciális tényezők (pl. γ_M talajparaméterekre, γ_{Rd} a modellre) rendszerét, az EN 1998-5:2004 is utalt ezekre. Például 3.1 (3) pontban felsorolja a talajparaméterekre alkalmazandó parciális tényezőket ($\gamma_{\varphi'}$ a belső súrlódási szögre, γ_{cu} drénezetlen nyírószilárdságra stb.). A földrengési méretezésnél a szabvány megjegyezte, hogy a nemzeti melléklet ettől eltérő értékeket is megadhat, de ha nincs külön szabály, akkor ugyanazokat az értékeket kell használni, mint statikus esetben. Emellett az F mellékletben konkrétan megadott síkalapok szeizmikus teherbírásának egyszerűsített számításánál használható parciális tényezőket (γ_{Rd}) is. Összességében a régi szabvány a parciális tényezők rendszerét átvette az EN 1997-1:2004-ből, de a földrengési esetben bizonyos esetekben engedékenyebb ($\gamma = 1,0$) megközelítés is elfogadható volt a nemzeti előírások szerint, tekintettel arra, hogy a földrengés egy rendkívül ritka tervezési helyzet (ilyenkor a parciális tényezők némileg kisebbek lehetnek, pl. talaj ellenállásra gyakran $\gamma_R = 1,0$ -t javasoltak). A statikus tervezésben használatos tervezési módszerek (Design Approach) rendszerét e kötet ugyanakkor nem használta, ezzel némi bizonytalanságot hagyva a parciális tényezők alkalmazásában.

4.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások

Az FprEN 1998-5:2024 lényegesen kibővíti és konkretizálja a talajvizsgálatokra és talajjellemzőkre vonatkozó előírásokat, szoros összhangban az időközben frissült geotechnikai szabványokkal (EN 1997-1:2023 és az új EN 1997-2, EN 1997-3). A 6.

fejezet foglalkozik a talaj paramétereivel és vizsgálataival, míg a 7. fejezet kitér a helyszín szeizmikus viselkedésének értékelésére (ideértve a rézsúállékonyságot, folyósodást stb.). A legfontosabb újítások és módosítások:

- **Integráció az Eurocode 7 rendszerével:** Az új szabvány egyértelműen kimondja, hogy a talajfeltárást és vizsgálatokat az EN 1997 összes releváns része szerint kell elvégezni. A geotechnikai tervezésben bevett fogalmakat (mint talajmodell és geotechnikai tervezési modell) átveszi: a szeizmikus tervezéshez meghatározott származtatott talajparamétereket és reprezentatív értékeket ebben a keretben kell megadni. Például az új szabvány előírja, hogy a szeizmikus tervezéshez használt talajparaméterek (pl. nyíróhullámsebesség, szilárdsági jellemzők) származtatott értékeit dokumentálni kell a talajmodellben, majd ezekből a tervezési értékeket a geotechnikai modellben – hasonlóan a statikus tervezéshez, de kiegészítve a dinamikus sajátosságokkal.
- **Szeizmikus veszélyeztetettség szint szerinti vizsgálati mélység:** Az FprEN 1998-5:2024 figyelembe veszi a helyszín szeizmikus veszélyességének mértékét a vizsgálatok részletezettségének megkövetelésénél. Alacsony szeizmicitású területeken a szabvány lehetővé teszi, hogy a külön szeizmikus vizsgálatokat akár el is lehessen hagyni, vagy egyszerűsíteni lehessen azokat (ha a terület jól ismert). Mérsékelt szeizmicitású területeken megengedi, hogy közeli, hasonló geológiájú helyek adatait felhasználják, ha azok megfelelő talajvizsgálatokkal alá vannak támasztva. Magas szeizmicitású területeken azonban már megköveteli a helyspecifikus vizsgálatokat, például a nyíróhullámsebesség profil közvetlen mérését (ld. következő pont). Ezek az előírások azt a gyakorlatot tükrözik, hogy nem minden projektnél szükséges ugyanolyan részletességű szeizmikus talajfeltárás: kisebb földrengés-kockázatnál elegendő lehet a meglévő információk felhasználása, míg magas kockázatnál elengedhetetlen a részletes in-situ mérés.
- **Nyíróhullámsebesség (v_s) mérése:** Az új szabvány az előzőnél nagyobb hangsúlyt helyez a talaj kis alakváltozási tartományban érvényes nyírási modulusának vagy nyíróhullámsebességének meghatározására. Előírja, hogy ahol a szeizmikus hatás nem elhanyagolható (mérsékelt vagy magas), ott közvetlenül mérni kell a talaj v_s profilját (pl. geofizikai mérésekkel, mint SCPT, MASW, cross-hole stb.). Ez lényeges előrelépés, mert a régi szabvány idején sokszor becsülték a v_s értékeket indirekt módon. Most az FprEN 1998-5:2024 kimondja, hogy a megbízható szeizmikus tervezés feltétele a v_s mérése – különösen magas szeizmikus kategóriáknál. Amennyiben valamilyen okból a v_s közvetlen mérésére nincs mód, a szabvány megengedi empirikus korrelációk használatát (pl. SPT vagy CPT adatokból v_s becslése), ugyanakkor

felhívja a figyelmet a jelentős szórásra is: ilyen esetben legalább 0,3-as relatív szórással kell számolni a v_s értékeknél, azaz a bizonytalanságot be kell építeni a tervezésbe.

- **Kiegészítő vizsgálatok:** A szabvány javasolja, hogy a v_s profil mellett végezzenek a helyszínen vagy laborban egyéb kiegészítő vizsgálatokat is. Két példát említ: a) helyszíni SPT/CPT vizsgálatok (sok esetben amúgy is készül CPT, mely akár dinamikus vizsgálattal is kiegészíthető (SCPT), b) ciklikus és dinamikus laboratóriumi vizsgálatok (pl. rezonanciás vizsgálat (resonant column), ciklikus triaxiális vizsgálat). Ezek az EN 1997-2:2023-ban leírt vizsgálatokhoz illeszkednek. A régi szabvány nem ment bele ilyen részletekbe; az új ezzel is jelzi, hogy a részletes talajdinamikai jellemzés a korszerű szeizmikus tervezés része kell legyen.
- **Talajvízszint – kvázi-állandó érték:** Az FprEN 1998-5:2024 egyik fontos egyértelműsítése, hogy a szeizmikus számításoknál a talajvízszintet a kvázi-állandó (azaz hosszútávon jellemző) értékén kell figyelembe venni. Ezt az EN 1990:2023 definíciójával összhangban adja meg. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy a tervező nem a legkedvezőtlenebb (legmagasabb) vízszinttel számol, de nem is hagyhatja figyelmen kívül a vizet: a kvázi-állandó érték valószínűleg a hosszú távú átlagos talajvízállást jelenti. Az EN 1997-1:2004 szabványban ilyen konkrét utalás nem volt – ennek ellenére általában a tervezők konzervatív módon a megfigyelt legmagasabb talajvizet vették figyelembe. Az új előírás ezt egységesen szabályozza, megelőzve a túlzott konzervativizmust (ami pl. az állékonysági biztonság vagy a talajfolyósodással szembeni ellenállás számításánál adódhatna).
- **Szilárdsági paraméterek – lecsökkent értékek:** A 6.3 szakasz kimondja, hogy a földrengés hatására a vízzel telített talajokat általában drénezetlen állapotúnak kell tekinteni (mert a gyors terhelés alatt a víznek nincs ideje távozni). Ez megegyezik az eddigi geotechnikai gyakorlattal: tehát pl. egy telített agyag nyírószilárdságát a dinamikus terhelésnél a drénezetlen nyírószilárdság (c_u) paraméterével kell figyelembe venni. Továbbá, az új szabvány meghatározza azt is, mely talaj tekinthető drénezett módon viselkedőnek földrengés alatt: csak a nagyon kavicsos, nagy áteresztőképességű talajok ($k > 5 \times 10^{-3}$ m/s) vehetők teljesen drénezettnek, minden más esetben a drénezetlen megközelítés használandó. A régi szabvány ezt nem mondta ki, de hasonló elvet feltételezett a statikus EN 1997-1:2004 alapján. Továbbá az új szabvány lehetővé teszi, hogy a drénezetlen viselkedést vagy teljes feszültségek módszerével (ezzel összhangban mért c_u értékekkel), vagy hatékony feszültségekkel (pórusvíznyomás figyelembevételével) vizsgáljuk. Ez rugalmasságot ad a tervezőnek; a

választott módszer függhet attól, milyen adatok állnak rendelkezésre (pl. van-e megbízható c_u).

- **Talajfolyósodás részletes értékelése:** A legjelentősebb előrelépés a talajfolyósodás tárgyalásában történt. Az új szabvány 7.3 pontja kifejezetten a „Potenciálisan folyósodó talajok” vizsgálatáról szól, és alrészekre bontva ismerteti, hogyan kell értékelni ezt a jelenséget. Meghatározza a ciklikus ellenállási arányt (CRR) és a ciklikus feszültségarányt (CSR), és előírja ezek számítását. Az FprEN 1998-5:2024 a modern nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a Seed-féle módszertanra épít: a CRR a talaj folyósodással szembeni kapacitása adott körülmények között, a CSR pedig a földrengés által indukált igénybevétel. A szabvány a 7.3.3 és 7.3.4 alfejezetekben részletes képleteket és eljárásokat ad e két mennyiség meghatározására – a CRR kiszámítására in-situ (SPT/CPT) vagy labor adatokból (de a CPT alapú számítás a javasolt), a CSR meghatározására pedig a tervezési földrengés paramétereiből. Ezen felül a 7.3.5 pont definiálja a folyósodás bekövetkezésének kritériumát (pl. ha $CSR > CRR$, akkor folyósodás várható) és a 7.3.6 pont kitér a folyósodás elleni védekezés lehetőségeire (pl. talajjavítás) a tervezésben. Mindezt a B melléklet (informatív) is támogatja, amely egy részletes eljárást közöl a folyósodás számításához, beleértve: a folyósodási hajlam megítélését átmeneti talajoknál (B.4), a CRR helyszíni meghatározását (B.5 SPT/CPT alapján), a feszültségcsökkentő tényező (r_d) számítását mélység szerint, és a folyósodási index kiszámítását (B.7). Összehasonlítva a régi szabvány egyetlen nomogramjával, az új dokumentum nagyságrendekkel részletesebb és következetesebb módszert ad a folyósodás mérnöki becslésére, közel az amerikai NFER vagy Eurocode-alapon fejlesztett új módszerekhez.
- **Rézsűk és lejtők állékonysága:** A 7.2 fejezet foglalkozik a rézsű-stabilitással szeizmikus esetben. Az új szabvány részletesebben kifejti a megengedett elmozdulások hatását a számított állékonysági biztonságra és kiemeli, hogy rézsűk esetén a χ_H értéke a különböző határállapotokban eltérő lehet (DL, SD, NC). Például a 7.1 táblázat megadja, hogy a kis károsodás (DL) esetére $\chi_H = 2,5$ (azaz alacsonyabb terhelés – minimális csúszás), míg összeomlás közeli állapotra (NC) $\chi_H = 1,5$ (megengedőbb – lehet némi csúszás) javasolt. Ez formálisan bevezeti, hogy a rézsűn keletkező maradó elmozdulás mennyiségét a tervezés során ellenőrizni kell, és ha pl. a near-collapse esetben túl nagy csúszás jönne ki, akkor a tervezés (vagy a talajjavítás) nem megfelelő. A 2005-ös szabvány ismerte ugyan a Newmark-féle módszert (B melléklet), de nem követelte meg a határállapotok szerinti külön vizsgálatot.

- **Talajtömörödés és süllyedés számítása:** Az FprEN 1998-5:2024 újdonsága, hogy külön mellékletet szentel a földrengés során bekövetkező tömörödés becslésének. Az C melléklet (informatív) címe: „Durva szemcséjű talajok süllyedésének értékelése”. Ebben lépésről lépésre bemutat számítási eljárásokat talajfolyósodást követő tömörödés hatására (C.4), illetve száraz homok tömörödése által létrejövő süllyedés meghatározására (C.5). Számítási módszert ad az épület alatti süllyedés becslésére is (C.6), valamint kitér a folyósodás hatására bekövetkező oldalirányú szétterjedésre (lateral spreading) is (C.7). Ez a melléklet lényegében olyan empirikus összefüggéseket ad meg (pl. Ishihara-féle görbék), amelyekkel a geotechnikus ki tudja számítani, hogy pl. 10 ciklusnyi nyírási terhelés hatására egy laza homok hány százalék relatív tömörödést szenved, amiből hány cm süllyedés keletkezik. A régi szabványban e jelenségre csak figyelmeztetés volt, de kvantitatív becslési módszer nem – most már van útmutatás. Fontos kiemelni, hogy a C melléklet informatív, tehát nem kötelező, de a tervezőnek nagy segítségül szolgálhat.
- **Parciális tényezők és biztonság filozófia:** A korábbi szabványokban a tervezési módszerek rendszerében nem volt összhang (EN 1997 és EN 1998 között). Az új szabvány a geotechnikai parciális tényezőket az EN 1997-1 új kiadásához igazítja. Ez azt jelenti, hogy a talajparaméterek γ_M értékei és a talajellenállás γ_R értékei a nemzeti mellékletben megadott módon alkalmazandók a szeizmikus esetben is, de a szabvány meghagyja a lehetőséget a nemzeteknek, hogy a földrengési kombinációban esetleg alacsonyabb tényezőket írjanak elő (hisz a földrengés ritka esemény). Például az FprEN 1998-5:2024 rámutat, hogy a χ_H táblázatokban adott értékek a javasolt parciális tényezők mellett lettek kalibrálva, és ha a nemzeti előírás más γ értéket használ, akkor a χ_H értékek is változhatnak. Ez fontos pont: a régi szabvány idején a földrengési esetekre gyakran $\gamma_M = 1,0$ -t alkalmaztak (pl. talaj súrlódási szögére), míg az újnál valószínűbb, hogy ugyanúgy $\gamma_M = 1,25$ (vagy amit a nemzeti melléklet mond) marad, de ezt ellentételezheti a χ_H megválasztása. Azaz a biztonság most egy komplexebb módon kerül be a tervezésbe.

Az alábbi táblázat összefoglalja a talajvizsgálat és talajjellemzők kezelésének fő különbségeit a két szabványban:

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
Talajfeltárás mértéke	Eurocode 7 általános elveit követi. Nincs szeizmikus specifikus differenciálás: minden szeizmikus tervezésnél javasolt a részletes feltárás.	Különbséget tesz a szeizmikus hatás szintje szerint. Alacsony veszély esetén elegendő lehet a meglévő adatok használata, magas veszély

Szempon	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
		esetén helyspecifikus vizsgálatok kötelezőek (kiterjedt feltárás, laborvizsgálat).
Nyíróhullámsebesség (v_s)	Nem követeli meg a v_s mérését; gyakran indirekt módon, talajosztály alapján került figyelembevételre.	Előírja a v_s profil direkt meghatározását mérsékelt és erős szeizmicitásnál. Empirikus becslés csak kisebb projektnél elfogadható, akkor is nagy szórással számolva. A v_s a szeizmikus tervezés kulcsparamétere lett a talajmerevségre.
Kapcsolat az EC7-tel	Parciális tényezőket átvette (pl. γ_M , γ_{Rd} említve), de a talajmodellezés/értékelés terminológiája nincs összhangban az EN 1997 tervezési módszereivel.	Közvetlen utalás az EC7-re: talajmodell, geotechnikai tervezési modell alkalmazása, EN 1997-2 szerinti vizsgálatok (pl. SPT, CPT, laborkísérletek) javasoltak. Az EC7-3 kiegészítő előírásait figyelembe veszi.
Talajvíz figyelembevétele	Nincs külön szabályozás; általában konzervatíván a legkedvezőtlenebb vízszinttel számoltak.	Kvázi-állandó vízszint alkalmazandó a szeizmikus tervezési helyzetben, összhangban az EN 1990-nel. Ez egységesíti a pórusvíznyomás figyelembevételét.
Folyósodási hajlam	Megköveteli a vizsgálatot, ha indokolt (telített laza homokok). Egyszerűsített nomogramok és táblázatok a B mellékletben (SPT alapú becslés részletezve a CRR-re). Nincs formalizált eljárás, mérnöki megítélésre hagyatkozik.	Részletes folyamatelemzés: külön pontokban tárgyalja a CRR és CSR számítását, labor/helyszíni módszerekkel. A B melléklet informatív módon lépésről lépésre ad útmutatót (folyósodási potenciál, CRR meghatározás SPT/CPT alapján, feszültségcsökkentő tényező r_d , stb.).

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
		Követelmény , hogy folyósodás ne lépjen fel a tervezési földrengésnél, vagy ha igen, tervezzenek ellene (pl. talajjavítás, víztelenítés).
Rézsűk állékonysága	Általános előírás: Csupán javasolja, hogy a pszeudostatikus számításnál a horizontális szeizmikus együttthatót a megengedhető elmozdulás függvényében válasszuk meg (r faktor). Nincs határállapot szerinti ellenőrzés.	Határállapotok szerinti ellenőrzés: Mérlegelni kell, hogy mely határállapotra végzünk számítást, (DL, SD, NC), és a χ_H értékeket ennek megfelelően kell megválasztani (7.1 táblázat). Előírja a maradó elmozdulások értékelését is (pl. Newmark-módszer alkalmazásával, ha szükséges).
Talaj süllyedések (tömörödés)	Felismeri a problémát és figyelmeztet rá, de nem ad rá konkrét számítási eszközt. A tervező feladata kvalitatívan megítélni, szükség van-e beavatkozásra.	Empirikus számítási útmutató: A C melléklet lépésenkénti módszert kínál a ciklikus tömörödés miatti süllyedések becslésére (térfogati alakváltozás $\rightarrow$ süllyedés) durva szemcséjű talajokra. Kitér az oldalirányú mozgásokra is folyósodás hatására. Ez segíti a mérnököt kvantitatív ellenőrzésben.
Parciális tényezők (γ)	Átvéve az EC7-ből, de szeizmikus kombinációban a nemzeti melléklet gyakran $\gamma = 1,0$ -t engedett (pl. talajteherbírás) és a tervezési módszerekkel nincs összhangban. A szabvány javasolt értékeket ad anyagi tényezőkre (pl. $\gamma_{\varphi} = 1,25$), modell tényezőkre pedig mellékletekben.	Következetes alkalmazás: a parciális tényezők ugyanúgy érvényesek a szeizmikus állapotra, mint statikusra, kivéve, ha a nemzeti melléklet másként rendelkezik. A szabvány figyelmeztet, hogy a χ_H értékek a javasolt γ -khoz vannak hangolva, tehát a biztonsági tényezők és a megengedett mozgások összhangban maradnak.

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
		Gyakorlatilag a tervezési biztonság komplexebb, de egyértelműbb (EC7 kompatibilis) módon jelenik meg.

5. Talaj-szerkezet kölcsönhatás (SSI)

5.1. 2005-ös szabvány előírásai

A régi EN 1998-5 (2005) viszonylag röviden foglalkozott a talaj és szerkezet dinamikus kölcsönhatásának kérdésével a 6. fejezetben. Az ottani előírások lényege:

- **Figyelembevétel feltételei:** A 6.1 (1)P bekezdés felsorolta, hogy milyen esetekben kötelező figyelembe venni a dinamikus SSI hatásokat:
 - Ha a szerkezetnél másodrendű (P- Δ) hatások jelentősek – tipikusan magas karcsú épületeknél, ahol a talaj rugalmassága miatt további elmozdulás és tehernövekedés léphet fel.
 - Ha a szerkezet masszív vagy mélyen alapozott – pl. nagy tömegű merev alap (hídpillérek, kikötői partfalak, silók alapozása), mert ezeknél a talaj rugalmassága jelentősen módosíthatja a rendszert.
 - Karcsú, magas szerkezetek (tornyok, kémények – utóbbiakra külön is utalt, EN 1998-6) – ezeknél a talaj rugalmassága megnöveli a lengési sajátperiódust, ami kritikus lehet.
 - Nagyon puha talajon álló szerkezetek – konkrétan, ha a talaj átlagos v_s sebessége <100 m/s (S1 talajosztály), mert ott a talaj extrém módon deformálódhat, befolyásolva a szerkezet viselkedését.

Ha ezen feltételek valamelyike fennállt, kötelező volt figyelembe venni a talaj és szerkezet dinamikus kölcsönhatását a tervezésben. Más esetekben (normál épület merev alapon, nem túl puha talajon) a kölcsönhatás figyelmen kívül hagyható volt, ami egyszerűsítette a tervezést.

- **Cölöpalapozás:** A cölöpalapokat a felszerkezetből származó tehetetlenségi erőkre és a környező talaj deformációiból származó kinematikus erőkre kellett méretezni. A kinematikus kölcsönhatást ugyanakkor csak D, S1 vagy S2 talajosztály, mérsékelt vagy erősen szeizmikus zónákban ($a_g \cdot S > 0.10g$) III. és IV. fontossági osztályú szerkezet esetén kellett vizsgálni, amennyiben a felsorolt feltételek mindegyike teljesül.
- **D Melléklet – tájékoztató jelleg:** A szabvány utalást tett egy informatív mellékletre (D Melléklet) a SSI hatások általános értékelésére. Ez a melléklet kvalitatívan leírta a dinamikus kölcsönhatás két fő hatását:
 - A tehetetlenségi kölcsönhatást, mely a felszerkezet méretezését is érinti (a talaj rugalmassága megnöveli a rendszer periódusidejét, és bevezet plusz csillapítást).

- A kinematikus kölcsönhatást, mely a talaj deformációinak hatását vizsgálja a merev alapozási szerkezetre (pl. az alaplemez egy része alatti talaj kicsit máshogyan mozog, mint a szabad talajfelszín, mert az alapozás merevíti a környezetét).
- A melléklet azt taglalta, ezek a jelenségek tipikusan milyen hatással vannak a szerkezetre (pl. magas épületnél a tehetetlenségi hatás jellemző, cölöpöknél a kinematikus hajlítás).
- Gyakorlati számítás: A 2005-ös szabvány a tervezőre bízta, hogyan számolja a kölcsönhatást, nem adott támpontokat a számítási módszerekre.

Összefoglalva, a 2005-ös szabvány a SSI figyelembevételét nagyon röviden tárgyalta, a tervezőnek kellett eldönteni (a megadott kevés kritérium alapján), hogy számol-e vele., a felsorolt eseteken kívül alapvetően kedvezőnek ítélte a dinamikus SSI hatását, mert annak figyelembevétele a felsorolt eseteken kívül a periódusidő növekedésével az igénybevételek csökkenéséhez vezet. A szabvány nem ad konkrét eljárást a dinamikus SSI figyelembevételére abban azokra az esetekre sem, amikor azt figyelembe kell venni, annak módszerét a tervezőre bízta.

5.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások

Az FprEN 1998-5:2024 a talaj-szerkezet kölcsönhatást teljesen átdolgozott formában tárgyalja a 8. fejezetben. Itt a legfőbb újítások:

- **Kétféle SSI hatás szétválasztása:** Az új szabvány didaktikusan külön kezeli az tehetetlenségi SSI és a kinematikus SSI jelenségeket:
 - A 8.2 pont a tehetetlenségi hatások analízisét írja le. Az (5) bekezdés meghatározza, hogy milyen feltételek teljesülése esetén kell azt figyelembe venni. A vizsgálat kitér annak számítására, hogy a talaj rugalmassága miatt megnőhet a szerkezet sajátperiódusideje, vagy csökkenhetnek a talpreakciók.
 - A 8.3 pont a kinematikus hatások modellezési lehetőségeit tárgyalja. Ebben az esetben a földrengési hullámok okozta talajdeformációkból eredő igénybevételeket kell meghatározni az alapozási szerkezetben.
 - A 8.4 és 8.5 pontok a két hatás kombinációjáról szólnak:
 - 8.4: Hogyan kombináljuk a tehetetlenségi és kinematikus hatások eredményeit, ha külön számoltuk.
 - 8.5: Hogyan modellezzük együttesen a kettőt, ha pl. teljes dinamikus analízist végzünk, illetve a vizsgálat során milyen

feltételeket kell szabni a modellperemekre, elemméretekre, alkalmazott szeizmikus hatásokra.

- **Számítási módszerek:**

- Különválasztott módszer: Ekkor az altalaj rugalmassága miatt módosítjuk a felépítmény sajátperiódusát, kiszámítjuk a reakcióerőket (tehetetlenségi hatás), majd utólag az alapozásra ható igénybevételeket növeljük a talajdeformáció miatti többletígyenbevételek figyelembevételére (kinematikus hatás).

Íránymutatást ad a hatások kombinációjának módjára (ha a domináns SSI frekvencia ~15%-kal eltér az altalaj alapfrekvenciájától, a hatások négyzetösszegek négyzetgyökét (SRSS), egyéb esetben az igénybevételek abszolút értékének összegét kell venni.

- Együttes módszer: geotechnikai dinamikai numerikus modell (véges elem, véges differencia, rugómódszer) a szerkezet és a talaj modellezésével. Ilyenkor utólag nem kell a hatásokat kombinálni, mert a modellezés mindkét hatást figyelembe vette. A szabvány iránymutatást ad a numerikus modellek alapvető beállításaira (peremfeltételek, elemméretek, csillapítás).

- **Impedancia (dinamikus rugómerevség) értékek a mellékletekben:** Az új mellékletek részletesen tárgyalják az alábbi témákat:

- Annex D (informatív) – a síkalapok és mély alapok impedanciája. Itt szerepelnek képletek pl. egy síklemez merevségére (függőleges, vízszintes, rotációs) homogén féltérben (D.4). Szerepelnek képletek egyedi cölöpök merevségére homogén és inhomogén talajrétegek esetén (D.5 és D.6) valamint a cölöpcsoportthatás figyelembevételére (D.7).
- Annex F (informatív): Korrekciót ad a szeizmikus hatásokból keletkező a vízszintes földnyomásra a falmerevség függvényében (F.4)
- Annex I (informatív) – a földalatti (alagút) szerkezetek impedanciája, de adaptálható pl. pince dobozra is.

- **Feltételek listája aktualizálva:** A 8.1. (3), (4) és (5) pontja részletezi, mely esetekben elhagyható, ill. mely esetekben kötelező az SSI figyelembevétele:

- elhagyható a következő esetekben:
 - alacsony szeizmicitású zónákban,
 - 800 m/s-nál nagyobb nyíróhullám terjedési sebességgel jellemezhető altalajra kerülő alapozások esetén

- kötelező vizsgálni, ha bármelyik feltétel teljesül az alábbiak közül:
 - ha az SSI hatások miatt megváltozó periódusidő nagyobb spektrális gyorsulásokhoz vezet,
 - ha a szerkezet elmozdulásai vezérlik a tervezést épületek közötti dilatáció vagy más elmozdulási kritérium miatt,
 - nagyon puha altalaj esetén, ha az alapszélesség háromszorosa mélységében átlagolt v_s 250 m/s alatti
 - ha a geometriai nemlinearitás vagy másodrendű hatások (P-Δ) jelentős

Összességében, a 2024-es szabvány a talaj-szerkezet kölcsönhatást kötelező érvényű tervezési feladattá tette a releváns esetekben, és ehhez számítási eszközöket is nyújt. Míg 2005-ben ez inkább haladó mérnöki fejezet volt kevés iránymutatással, addig most a szabvány:

- Részletesen leírja a jelenséget (megkülönböztet tehetetlenségi és kinematikus hatást),
- Ad kritériumokat a figyelembevételre,
- Ad módszertant (külön vagy együtt analízis, kombinációs szabály),
- Ad segédinformációt (mellékletek rugómerevségekre), - Külön kitér a cölöpökre (ahogy eddig is, de még részletesebben), illetve a numerikus modellezés módszertanára

Az alábbi táblázat összefoglalja az SSI tárgykör fő különbségeit a két szabvány között:

Szempon	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
Figyelembevétel feltételei	Konkrét esetekben kötelező: magas karcsú szerk., nehéz mélyalap, nagyon puha talaj ($v_s < 100$ m/s). Egyébként elhagyható egyszerűsítésként.	Az eddigi kritériumok mellett megadja, mikor hagyható el, mikor kötelező, a meghatározás általánosabban alkalmazható.
SSI hatások kezelése	Nem választja külön formálisan a tehetetlenségi és kinematikus hatást, de tárgyalja mindkettőt. Tervező feladata, hogy mindkettőt szem előtt tartsa (pl. cölöp	Külön tárgyalja a tehetetlenségi (8.2) és kinematikus (8.3) hatást. Leírja mindkettő jellegét: tehetetlenségi – periódusidő és csillapítás változás; kinematikus – talaj mozgás deformálja az alapot/cölöpöt. Ad lehetőséget külön-külön számítani és kombinálni (8.4) vagy együtt

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
Számítási módszer	nyomatékok figyelembevétele). Tipikus módszer: rugós modell (cölöprugók csak statikus esetre), Nem ad meg képletet a periódus növelésre. Kinematikus hatás számítására nem ad képletet.	számítani (8.5). Ez sokkal strukturáltabb megközelítés. Módszertan: megengedi a kétlépcsős analízist (előbb fix megtámasztású modellt számítunk, majd utólag módosítjuk az erőket/periódust), vagy teljes dinamikai modellt alkalmazunk.
Számítási módszerek a mellékletekben – rugómerevség	Kevés konkrét adat: C Melléklet adott statikus cölöpmerevséget, de a dinamikus hatásokat nem kezeli, D Melléklet pedig csak elvi útmutató. A tervezők külső forrásból kellett tervezzenek.	Részletes merevségszámítási javaslatok: Annex D (inform.) képleteket ad felszíni síkalap és cölöp impedanciákra (függőleges, vízszintes, elfordulási merevségek) különböző talajfeltételek mellett. Annex I (inform.) az alagutakra, de pl. egy dobozalapra is használható (transzverzális/longitudinális merevségek). Ezek segítik a rugókkal megtámasztott modellek paraméterezését.
Cölöpök SSI kezelése	Bizonyos feltételek esetén vizsgálándó, de nem mondja meg részletesen hogyan. Gyakorlat: p-y analízis vagy egyszerű nyíróerő becslés (adott cölöp-rezgés).	Részletesen kezeli: Megadja, hogy cölöpöknél tehetetlenségi analízisből a cölöpfej erőket és elmozdulásokat kell meghatározni, kinematikus vizsgálatból pedig a cölöpigénybevételeket (hajlító nyomaték változása mélységgel) – majd ezeket kombinálni kell. Az Annex D megad merevséget cölöpalapokra, az Annex F.4 pedig pl. ad korrekciót merev fal-támasz csatlakozásra. Összességében a cölöp-SSI integrált része a tervezésnek.
Periódus és csillapítás módosulás	Ismert jelenség, de nem szabályozza. A mérnök becsülhette: pl. alaplemez süllyedés miatt T nő 10%-kal. Nemzeti melléklet adhatott rá útmutatót. Csillapításnál csak tájékoztató: SSI ad csillapítás többletet, de	Megadja, hogy mely esetekben kell foglalkozni vele: 8.1 (6) szerint és a korábban részletesebb vizsgálati módszereket ad.

Szempon	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
Jelenség szemléltetés, figyelem	hagyományosan fix 5% maradt. D Melléklet szövegesen röviden ismerteti a kölcsönhatást, de a főszövegben kevés hangsúly, nincsenek kritériumok, képletek.	Sokkal nagyobb hangsúlyt kap: külön fejezet, részletes magyarázatokkal, kritériumokkal. Kiemeli, hogy pl. SSI hatására a szerkezet periódusa nő, gyakran csökkenti a rá ható erőt, de növelheti a deformációt, ill., hogy a kinematikus hatás extra igénybevételt jelent a mélyalapozásban. Ezzel a tervezők tudatosabban kezelik ezt a bonyolult területet, ugyanakkor kevés képletet ad konkrét esetekre.

6. Alapozási rendszerek szeizmikus tervezése

6.1. 2005-ös szabvány előírásai

Az EN 1998-5:2004 5. fejezete foglalkozik az alapozásokkal. Ebben általános előírások és konkrét típusonkénti (síkalapok, lemezalapok, doboz-alapok, cölöpök) követelmények szerepeltek:

- **Alapozás kiválasztása és koncepcionális elvek:** A szabvány kikötötte, hogy kevert alapozási típusokat (például részben síkalap, részben cölöp) csak akkor szabad alkalmazni, ha külön tanulmány igazolja annak megfelelőségét. Különálló szerkezeti egységekben lehetett vegyes alapozás (pl. épület egyik dilatációs részében sávalap, másokban cölöp, ha nincs dinamikus kölcsönhatás). Ezenkívül előírta, hogy az alapozásnak megfelelően merevnek kell lennie, hogy a felépítményi – koncentrált jellegű – terheket egyenletesen átadja a talajnak. Figyelembe kellett venni a különböző pillérek közti relatív vízszintes elmozdulásokat is: ha az alapozás nem eléggé összemerevített, a felépítményben másodrendű hatások (P- Δ hatás) léphetnek fel. Emellett a 5.2 (2)P c) pont tartalmazott egy fontos előírást: ha feltételezik, hogy a talajmozgás csökken a mélységgel, ezt tanulmánnyal kellett igazolni, és semmiképp nem lehetett a felszínre érvényes csúcs gyorsulás egy bizonyos hányada (mely egy p szorzóval nyerhető) alá csökkenteni. A Nemzeti Melléklet javasolt értéke $p = 0,65$ volt. Ez már a korábban említett β_H előfutára volt.
- **Kapacitástervezés (disszipatív / nem disszipatív szerkezet):** Az EN 1998-5:2004 kifejezetten rögzítette, hogy ha a felépítmény képlékeny energianyelésre képes (disszipatív szerkezet), akkor az alapozási erőhatásokat kapacitástervezéssel, a túlméretezés figyelembevételével kell meghatározni. Ez azt jelentette, hogy az alapozás tervezési nyíróerejét, nyomatékát stb. nem a lineárisan rugalmas számítás eredményéből vették, hanem fel kellett növelni a felépítmény túlméretezési tényezőivel (pl. q_α), hogy biztosítsák: az alapozás akkor se sérüljön, ha a felépítményben a valóságban nagyobb hajlítónyomatékok keletkeznek a képlékeny teherbírás miatt. Konkrétan hivatkozott az EN 1998-1:2004 4.4.2.6(2)P pontjára, ami előírja: az alapozást a szerkezet képlékeny csomópontjainak túlméretezett nyomatékaira kell méretezni. Ha a felépítmény nem disszipatív (tehát gyakorlatilag teljesen rugalmas, $q = 1$ viselkedési tényezővel), akkor nincs szükség ilyen túlméretezésre, az alapozási erőhatásokat egyszerűen a lineáris elemzésből lehet venni. Ez a kapacitástervezési követelmény fontos védelmet nyújtott: biztosította, hogy pl. egy képlékeny csuklós pillér alatt az alaptest ne

roncsolódjon szét, hanem bírja a pillér teljes kifejlődő nyírószilárdságát (így a képlékeny csukló a pillérben keletkezik, nem az alap-talaj síkban). A régi szabvány azonban nem adott konkrét számértékeket (mint pl. vegyük 1,3-szorosát a pillér nyomatékának) – ezeket a nemzeti melléklet vagy a szerkezeti szabvány (EN 1998-1) határozta meg.

- **Teherátadás a talajra:** Az 5.3.2 szakasz részletezte, miként adja át az alapozás a vízszintes és függőleges terheket a talajnak. Rögzítette, hogy a vízszintes erőt (V_{Ed}) több mechanizmus kombinációjával lehet felvenni: (a) alaplemez-talaj súrlódással az alap alján, (b) alap függőleges palástjának nyírási ellenállásával, (c) passzív földnyomással az alapoldalak mentén, bizonyos korlátokkal. Korlátként megszabta, hogy a számításnál max. 30% arányban lehet figyelembe venni a teljesen mobilizált passzív földnyomásból származó ellenállást a súrlódással kombinálva. Ez a szabály a túlzott optimizmus elkerülését szolgálta (hiszen egyszerre ritkán mozgósul teljesen a talaj minden ellenállási mechanizmusa). A függőleges erők és nyomatékok átvitelénél a szabvány kimondta, hogy ezt is különböző mechanizmusok kombinációjával kell megoldani, pl.: (a) az alap alján lévő támaszreakciókkal (nyomófeszültség a talajon), (b) az alap függőleges oldalán kifejlődő hajlító-ellenállással (mélyalapok esetén), (c) az alap függőleges oldalán fellépő nyíróerővel (pl. palástsúrlódás a cölöpök oldalán). Ezek gyakorlatilag a klasszikus mélyalapozási erőátadási módok (talpellenállás, köpenymenti ellenállás).
- **Síkalapok ellenőrzése (5.4.1.1):** Az EN 1998-5:2004 előírta, hogy a síkalapokat (pl. pontalapok, sávalapok) ellenőrizni kell elcsúszással és talajtöréssel szemben a földrengés hatására. A csúszási tönkremenetel ellen megadott egy egyenletet (5.1 képlet) a tervezési csúszó súrlódási ellenállás kiszámítására, mely lényegében megegyezett a statikus súrlódási ellenállással, de a földrengésre jellemző volt, hogy csökken a normálerő (pl. felfelé történő mozgáskor), illetve nő a csúsztató erő a tehetetlenségi erők miatt – a tervezőnek ezt kellett figyelembe vennie. Ha az alap a talajvízszint alatt volt, akkor az (4)P pont szerint a drénezetlen nyírásószilárdságot kellett figyelembe venni csúszás ellen (kohéziós talaj esetén). Az alap oldala mentén ébredő passzív földnyomás is beszámítható volt a csúszási ellenállásba, de a 5.3.2(3)P szerinti 30%-os korláttal és feltétellel: csak akkor, ha megfelelő intézkedéseket tesznek (pl. visszatöltés tömörítése az alap körül, vb. lábazat építése). Ezt az 5.4.1.1(5) rögzítette.
- **Alapozási szerkezetek összekötése:** A 2005-ös szabvány 5.4.1.2 pontja foglalkozott az alapozások összemerevítésével. Megkövetelte, hogy az alapozásnál bekövetkező vízszintes relatív elmozdulások miatt a

szerkezetben ébredő többlet-igénybevételeket értékelni kell, s azokat a megfelelő tervezési módszerekkel figyelembe kell venni, ugyanakkor azt nem tárgyalja, hogyan kell meghatározni a relatív elmozdulásokat. A megfelelő tervezési módszereket sem fejti ki a szabvány, s csak arra hívja föl a figyelmet, hogy a relatív mozgások hatásait az alapozás vízszintes merevségének megválasztásakor figyelembe kell venni (5.2.2c. pont). Az előbbi követelményeket teljesítettnek tekintti, ha összekötő gerendákat, vagy alaplemezt alkalmazunk a sáv- és pontalapok vagy a cölöpfejek szintjén. Az alapozási elemek összekötését a kapacitástervezés keretében is megkövetelték: a képlékeny felépítmény esetén ezeknek az összekötő gerendáknak el kell bírniuk azokat a többleterőket, amelyek a felépítmény kapacitásából adódnak (pl. ha az egyik pillérben képlékeny csukló alakul ki, a kapcsoló gerenda nem engedheti el a pillért).

- **Lemez- és doboz-alapok:** A 2005-ös dokumentum kitért a lemezalapokra (raft) és a doboz alapokra (box foundation) is. Ezek merevebb alapozási formák, amelyeknél figyelembe lehet venni az alaptest saját merevségét. A 5.4.1.3 és 5.4.1.4 pontok foglalkoztak ezekkel. Előírás volt például, hogy a lemezalap nyírási és hajlítási teherbírását ellenőrizni kell a szeizmikus erőkre, hasonlóan egy felmenő szerkezet földeméhez vagy falához – hiszen a lemez szélső részein felléphetnek jelentős nyíróerők a tehetetlenségből, amiket bírnia kell. A doboz-alap (pl. pince + alaplemez kombináció) esetén a doboz oldalán fellépő földnyomás jelent meg plusz hatásként, amelyet a doboz (pincefalak) szerkezetének el kell viselnie. A régi szabvány nem ment bele részletekbe, csak annyit mondott, hogy a 5.4.1.3 és 5.4.1.4 alatti mechanizmusokat figyelembe kell venni (pl. passzív nyomás az oldalakon).
- **Cölöp- és cölöpcsoport (5.4.2):** A 2005-ös szabvány a cölöpökről viszonylag tömören rendelkezett. Előírta, hogy a cölöpöknél is figyelembe kell venni a talaj-szerkezet kölcsönhatást, és a tervezésnél két fő hatást kell ellenőrizni: a tehetetlenségi hatást (amikor a felépítmény kilengése terheli a cölöpfejet) és a kinematikus hatást (amikor a talaj rezgés okozta elmozdulása hajlítja a cölöpöt). Utóbbi hatást csak bizonyos feltételek együttes fennállása esetén kellett figyelembe venni ((6)P). A (2)P pont kimondta, hogy a cölöp és talaj kölcsönhatásait minden esetben vizsgálni kell az Eurocode 7 vonatkozó fejezetét figyelembe véve. A régi szabvány nem határozott meg konkrét számítási módszert (ez mérnöki feladat maradt: vagy egy p-y görbe módszerrel való modellezés, vagy egyszerűsített statikus számítás segítségével). Mindazonáltal mellékletben (C Melléklet) adott táblázatos értékeket cölöpfej rugalmasságra (pl. egy cölöp felső pontján értelmezhető rugóállandó), amit a tervezők használhattak a cölöpcsoport

süllyedésének/elhajlásának becslésére. Ezek az értékek azonban statikus merevségek voltak, nem kifejezetten dinamikus impedanciák.

6.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások

Az FprEN 1998-5:2024 9. fejezete tárgyalja új rendszerben az alapozási rendszereket. A fő újdonságok:

- **Általános követelmények és kapacitástervezés megerősítése:** Az új szabvány is fenntartja, hogy minden alapozásnak olyan merevnek kell lennie, hogy a felépítmény terheit egyenletesen átadja, és figyelembe kell venni a vegyes alapozások sajátosságait. Lényeges újítás viszont, hogy részletesebben szabályozza a kapacitástervezést. A 9.2 pont alatt szerepel, hogy a tervezési határállapotokhoz tartozó alapozási igénybevételeket a felépítmény túlméretezésével kell számolni. Például kimondja, hogy ha a felépítmény képlékeny, akkor az alapozási erőhatásokat a felépítményben lejátszódó képlékeny folyamatok figyelembevételével (overstrength) kell növelni. Új elemként a szabvány konkrét értékeket is ad: pl. $\gamma_{Rd} = 1,2$ túlméretezési tényezőt javasol bizonyos esetekben (ez pl. cölöpöknél jelenik meg, lásd alább). Így, ha egy pillér képlékeny csuklója 1000 kN nyíróerőt bír, akkor az alapozást 1200 kN-ra kell tervezni, hogy maradjon tartalék. Megjelenik továbbá, hogy a csomópontok (pl. pillér és alap kapcsolat) megfelelő vasalását is biztosítani kell: pl. a szabvány előírja, hogy a pillér hosszvasakat az alaptestbe be kell hajlítani és horgonyozni a megfelelő hosszban, nehogy a csatlakozásnál törjenek el. Ezek a követelmények a 2005-ös szabványban ilyen kifejezetten nem szerepeltek, de logikusan következtek a kapacitástervezésből – most azonban konkrét előírásokká váltak.
- **Alapok összekötése és merevítés:** Az FprEN 1998-5:2024 fenntartja a korábban megfogalmazottakat az alapozásnál bekövetkező vízszintes relatív elmozdulásokkal kapcsolatban. Iránymutatást ad az elmozdulás különbségekre is, a (4) pont megadja, hogy 10 m-nél kisebb távolság esetén milyen képlettel lehet számolni az elmozdulás különbséget, s megjegyzésben szerepel, hogy 10 m-nél nagyobb távolság esetén pedig esetén pedig az elmozdulások tekintetében az EN1998-1-et kell követni. Részletesebb előírásokat tartalmaz az összekötő gerendákkal való merevítésre vonatkozóan is (horizontal ties), amelyekkel a követelmény szintén teljesíthető. Meghatározza a minimális vasalási és lehorgonyzási követelményeket ezekre a kapcsolatokra, előírja, hogy a kötőgerenda hosszvasalását teljes hosszban be kell kötni a csatlakozó alaptestekbe, ezáltal

a kapcsolat valóban monolitikus legyen. A régi szabvány ezt nem mondta ki ennyire konkrétan.

- **Elcsúszás és felborulás ellenőrzések fejlesztése:** Az új szabvány a síkalapok csúszásvizsgálatához figyelembe veszi a korábbi megközelítést, de bevezeti a χ_H tényezőt itt is. A 9.4.2.1.2 pont definiálja, hogy az elcsúszás ellenőrzését mely χ_H értékkel kell végezni a megengedett maradó alakváltozás függvényében, és a 9.1 táblázatban javasolja is ezeket az értékeket (pl. DL: 1,75; SD: 1,5; NC: 1,25). Ha a tervező a megadott értékek közötti elmozdulást akar megengedni, alkalmazhat köztes értéket is interpolációval. Az is szerepel, hogy elmozdulás-alapú megközelítésnél (amikor ténylegesen számítja az elcsúszást, pl. Newmark-féle integrációval) $\chi_H = 1,0$ -t kell venni. Tehát a csúszási ellenállást meghatározó képletek hasonlóak (súrlódás + passzív nyomás kombinációja), de a terhelés mértékének meghatározása kifinomultabb, figyelembe véve a határállapotokat. A felborulás ellenőrzéséhez (pl. nyomaték ellenállás) az új szabvány is megköveteli, hogy a talajnyomás megfelelő megoszlását vegyükh, és – akárcsak a régi – ellenőrizzük, hogy a nyomaték ne billentse ki az alapot (azaz maradjon nyomott zóna az alapsík alatt). Továbbá, ha a földrengési együttható $\alpha_H < 0,5$, akkor a talaj tehetetlenségi hatását figyelmen kívül lehet hagyni a teherbírás számításánál, s az EN 1997-3 5.5.2. pontjában megadottak szerint lehet eljárni.
- **Síkalapok szerkezeti tervezése:** A 9.4.3 szakasz egy új elem: meghatározza a szerkezeti (vasbeton) tervezési szempontokat a földrengésálló alapokhoz. Kimondja, hogy az alapozást a szerkezetről átadódó erőkre kell méretezni, a kapacitástervezés szerinti túlterhelést figyelembe véve. Előírja, hogy a felszerkezet vasalását az alapozási szerkezetben le kell horgonyozni, ennek a részletnek szerkesztési szabályait is megadja.
- **Cölöpök tervezése (9.5 pont):** Itt látjuk talán a legtöbb újdonságot. Az új szabvány alfejezetekre bontva tárgyalja a cölöpöket:
 - Általános tervezési követelmények (9.5.2): meghatározza, hogy a cölöpöknek ellenállniuk kell mind a felépítményi (tehetetlenségi) erőknek, mind a talaj mozgása által rájuk kényszerített (kinematikus) hatásoknak. Utóbbiak ellenőrzésének kötelezővé tételére más követelményt támaszt, mint a korábbi Eurocode. Előírja, hogy kerülni kell a rideg tönkremenetelt cölöpöknél, azaz a cölöp ne nyíródjon el vagy törjön el, hanem ha túlterhelés van, inkább képlékeny alakváltozással vegye fel a terheket.
 - Analízis módszerei (9.5.3): Az FprEN 1998-5:2024 – 8.4. fejezete – kétféle számítási módszert enged:

(a) Különálló tehetetlenségi és kinematikai analízis: Ilyenkor először a felépítmény-cölöp rendszer válaszát számítjuk (mintha merev talajon állna, de rugókkal modellezve a cölöp alátámasztást – ez adja a cölöpfejben ébredő erőket), majd külön a talaj deformáció (pl. rétegelmozdulás profil) által a cölöpben indukált hajlítást határozzuk meg, és a kettőt kombináljuk bizonyos szabály szerint. A szabvány megadja, hogyan kombináljuk (például vektoriálisan vagy egyszerű összeadással, esetleg négyzetösszeggyökkel – a pontos szabály az 8.4.1(1) bekezdésben van).

(b) Együttes modellezés: Ilyenkor a teljes talaj-cölöp-felépítmény rendszert egyben, pl. végeselemes dinamikus analízissel modellezzük (8.5 pont). Ez bonyolult, de a legpontosabb. A régi szabvány ehhez képest nem adott konkrét metodikát; most már megkülönbözteti a p-y módszert (első eset), illetve a teljes dinamikus modellt (második eset). Az új előírás a modelleket illetően számos irányelvet, elvárást fogalmaz meg mindkét előbb bemutatott esetre vonatkozóan.

- Tervezési ellenőrzések (9.5.4): Az új szabvány felsorolja, mit kell ellenőrizni a cölöpöknél: pl. a talaj-cölöp rendszer tengelyirányú teherbírását (hogy a cölöp ne süllyedjen túlzottan), a cölöp hajlítómerevségét és -szilárdságát minden kritikus mélységben, a cölöp-csoport viselkedését stb. Fontos új követelmény, hogy a cölöp geotechnikai ellenállásának a – szeizmikus kombinációból kiadódó – igénybevétel 1,2-szeresénél nagyobbnak kell lennie. Azaz a cölöp teherbírását 20% tartalékkal kell venni – mintegy utalva a kapacitástervezésre (ha a cölöp anyagilag bírja, a talaj se merüljön ki). Emellett a cölöpök esetén a talaj és cölöp kölcsönhatásának hatását külön is figyelembe kell venni: pl. ha a talajrétegek eltérő mozgásokat végeznek (mondjuk felül csúszás, alul meg nem), a cölöp azon szakaszán keletkező nyíróerőt is bírnia kell.
- Szerkesztési szabályok (9.5.5): Ez teljesen új rész: előírja, hogy a cölöpök vasalását a tehetetlenségi és kinematikai igénybevételekre kell méretezni, megadja a hajlított vasbeton cölöpök minimális hosszvas és kengyel arányait, a csomópontok erősítését stb. Konkrét előírásokat ad: minimális vashányad 0,0016 (0,16%) körüli a keresztmetszetre vonatkozóan, minimális zárt kengyelezés a felső x méteren, hogy a cölöpfej ne törjön le stb. Továbbá kimondja, hogy ha a cölöpfejet duktilis módon akarjuk kialakítani, a vasalást a pillér vasalásához igazodva kell sűríteni (ez összhangban a 1,2-szeres erővel: ha a pillér eléri a folyást, a cölöp fej is kerülhet képlékeny állapotba, de ne törjön el). Itt hangzik el, hogy cölöpöknél is alkalmazni kell a $\gamma_{Rd} = 1,2$ tényezőt a talaj

ellenállásra, ezzel biztosítva, hogy inkább a felépítmény vagy a cölöp anyaga megy képlékeny állapotba, ne a talaj tönkremenetele történjen hamarabb.

- **Vegyes alapozások és speciális esetek:** Az új szabvány fenntartja, hogy ha vegyes alapozás van (pl. szerkezet egy része alatt cölöp, máshol lemez), azt kerülni kell, kivéve, ha nagyon indokolt.

Az alábbi táblázat összegzi az alapozások tervezésével kapcsolatos főbb eltéréseket a két szabvány között:

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
Kapacitástervezés az alapozásnál	Disszipatív felszerkezet esetén az alapot a felépítmény túlméretezett kapacitására kellett méretezni (hivatkozással EN 1998-1-re). Konkrét szorzók nem a szabványban, hanem NA-ban/EN 1998-1-ben. Nem disszipatív esetben lineáris számítás alapján.	Részletesebb és konkrétabb: mindig figyelembe veendő a felszerkezet túlkapacitása. Javasolt $\gamma_{Ra} = 1,2$ túlméretezési tényező pl. cölöpöknél és horgonyoknál. Előírja a csomópontok (pillér-alap) duktilis kiképzését is (hosszvas behorgonyozás, nyírási vasalás) a képlékeny viselkedés biztosítására.
Alapok összekötése	Megkövetelte az alapozásnál bekövetkező relatív elmozdulások hatásának vizsgálatát, de nem adott módszert rá. A különálló alaptestek összekötése vízszintes merev gerendákkal történhet a síkbeli merevség érdekében, de részletek nélkül.	Változatlan elv, részletesebb kivitel: Fenntartja az eddigieket a relatív mozgások vizsgálatára vonatkozóan, iránymutatást ad az elmozdulás különbségek meghatározására is. Részletesebb előírásokat tartalmaz az összekötő gerendákkal való merevítésre vonatkozóan is (horizontal ties), amelyekkel a követelmény szintén teljesíthető.
Elcsúszás elleni méretezés	Súrlódás + passzív ellenállás kombinációja (max 30% passzív). Képlet megadva a súrlódási ellenállásra, δ súrlódási szöggel. Nincs utalás határállapotra; indirekt módon r tényezővel csökkenthető terhelés, ha elmozdulás megengedhető.	Határállapot-függő ellenőrzés: χ_H tényezők alkalmazása a csúszási vizsgálatban (9.1 táblázat – DL:1,75; NC:1,25). Pontosítja a passzív földnyomás figyelembevételét is (ugyanúgy limitálja, de a χ_H figyelembe veszi, mennyi passzív ellenállás mobilizálódik maradó elmozdulással). Ha elmozdulás-vezérelt számítást végzünk, $\chi_H=1,0$.

Szempon	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
Felborulás és talajnyomás eloszlás	Általános elv: az alap ne billenjen fel, a talajnyomás maradjon az alap alatt (erre nem volt külön kritérium, a mérnök ellenőrizte, hogy a súlypont a talpfelületen belül van).	A felborulást egyértelműen a határállapot részeként kell ellenőrizni, pl. Near Collapse-nál megenged-e talajleválást vagy sem (NA döntheti el).
Síkalap vasalás és nyírási teherbírás	Nem tárgyalja külön; a vasalást az EC2 szerint kellett méretezni a számított igénybevételekre.	Új előírások: A 9.4.3 pont konkrétan kitér a szerkezeti méretezésre. Az EN 1998-1-re hivatkozik, ahol a felszerkezet és az alapozás kapcsolata kerül részletezésre. Külön előírásokat ad síkalapba való bekötésre, ha peremhez közel kerül a bekötés. Síkalap előírásai az EN 1998-1-ben.
Vegyes alapozások	Csak külön tanulmány után elfogadható.	Változatlanul nem ajánlott, csak külön vizsgálattal (9.1). Az új szabvány sem preferálja, de annyit hozzátesz, hogy ha mégis, akkor a merevségarányokra figyelni kell, hogy a terhek megoszlása jól modellezett legyen.
Cölöpök – általános	Minden szerkezetnél figyelembe kell venni az SSI hatást a cölöpökre. Külön tehetetlenségi és kinematikus hatások elve ismert, de nem formalizált. Cölöp méretezés: statikus teherbírás + némi dinamikus többlet. Minimális vasalás: EC2 szerinti általános.	Cölöpök – részletes szabályok: Két módszer: különválasztott vagy együttes dinamikus analízis. Előírja a cölöp teherbírás 1,2-szeresét (talajoldali) a biztonság miatt. Megköveteli a cölöpök vizsgálatát mind hajlításra, mind nyomásra, mind kihajlásra. A 9.5.5 pontban konkrét vasalási előírás: min. vas %, kengyelek sűrítése a cölöpfejben és talpnál, stb. Rideg törés tilalma: pl. betoncölöp esetén elegendő kengyel, hogy ne hasadjon szét. Összességében a cölöpök szeizmikus tervezése sokkal kidolgozottabb.
Cölöpök – SSI hatás	Ismert, de nem részletezett. D Melléklet informatív jelleggel	Kiemelt fontosságú: A 8.3 és 8.4 pontok külön kezelik a kinematikus hatást (talajréteg

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
	magyarítja a dinamikus SSI hatás jelentőségét. Cölöp merevségi adatok C Mellékletben csak statikus.	elmozdulása a cölöp mentén) és a tehetetlenségi hatást (cölöpfej erők). Javasol kombinációs szabályokat (pl. négyzetösszeggyök kombináció) a két hatás eredőjére. Az Annex D immár konkrét képleteket ad a cölöpök dinamikus impedanciájára (lateral stiffness) különféle talajmodellekre, illetve az Annex I a földalatti szerkezetek kapcsán is ad hasonló adatokat. Tehát a tervező kap számadatokat a cölöpök rugómodellezéséhez.
Héjalap/doboz alap	Említi, hogy a felszín alatti dobozalapnál a földnyomást figyelembe kell venni, drénezés biztosítandó stb. (7.2(3)-(6)P).	Az új ezt a részt átcsoportosította: a föld alatti szerkezetek közé került (alagút-szerű dobozok 11. fejezet). A hagyományos pince dobozalap viszont kezelhető úgy, mint merev lemez + falak; a 10.3.3 és 10.3.9 pontok utalnak rá (pl. nem elmozduló megtámasztás). Nincs külön szakasz rá az alapozás fejezetben, de a terhelések számításánál figyelembe kell venni (víznyomás, földnyomás).

7. Megtámasztó szerkezetek (támfalak) és földkiemelések

7.1. 2005-ös szabvány előírásai

Az EN 1998-5:2004 7. fejezete foglalkozott a földmegtámasztó szerkezetek szeizmikus tervezésével. A fő előírások:

- **Általános követelmény:** A 7.1 (1)P kimondta, hogy a megtámasztó szerkezeteknek földrengés alatt és után is el kell látniuk a feladatukat, azaz nem omolhatnak össze, és nem szenvedhetnek olyan sérülést, ami a megtámasztott földtest megcsúszását okozná. Ugyanakkor a (2) bekezdés megengedte, hogy bizonyos maradó elmozdulások (elcsúszás és dőlés kombinációja) elfogadhatók, ha azok összeegyeztethetők a funkcionális és esztétikai követelményekkel. Tehát a szabvány már itt jelezte, hogy nem szükséges teljesen rugalmas viselkedés – támfal elmozdulhat egy kicsit, ha nem dől össze és a mögötte lévő föld is tolerálja a mozgást. Ez a gondolat az új szabványban kap majd további hangsúlyt.
- **Tervezési megfontolások:** A 7.2 pont szerint a támfal típusát a szokványos (statikus) tervezési elvek alapján kell kiválasztani, de figyelembe véve a földrengési követelményeket is. Például lehet, hogy egy adott földmegtámasztási feladatra statikusan megfelelne egy súlytámfal, de földrengés hatásra túl nagy mozgást engedne, ezért inkább egy merevebb, horgonyzott falat kell választani – ezt a tervezőnek mérlegelnie kell. Kötelező, hogy a fal mögötti töltés jól tömörített és száraz/drénezett legyen, minimalizálva a szeizmikus hatás alatt fellépő talajproblémákat (pl. ne legyen többlet-pórusnyomás). Külön előírták, hogy a megtámasztott talajban a talajfolyósodás ellen tartalékokat kell biztosítani (pl. ha a megtámasztott talaj vízzel telített homok, talajjavítással vagy más módon csökkenteni kell a folyósodási hajlamot).
- **Analízis módszerek – általános / egyszerűsített:** A 7.3.1 pont kimondta, hogy bármilyen megalapozott dinamikus számítási módszer használható a támfalak méretezésére (pl. véges elemes dinamikus analízis), feltéve, hogy kellően igazolt és tapasztalat van mögötte. Ugyanakkor a tervezés egyszerűsítésére a 7.3.2 pont bevezette a pszeudostatikus analízis keretrendszerét:
 - Alapmodell (7.3.2.1): A pszeudostatikus számítás során feltételezni kell egy aktív állapotú éket a fal mögött (ha a fal elég hajlékony), ami a szeizmikus erők hatására kialakul. Kellően rugalmas falnál tehát az aktív földnyomás feltételezhető; merev falnál viszont tudni kell, hogy nem

alakul ki teljes aktív állapot, hanem nyugalmi nyomás marad, mely nagyobb. A modell része volt még egy esetleges passzív ék a fal előtt (ha pl. van föld a fal lábánál, ami mozgósít passzív ellenállást). Fontos kitétel volt, hogy aktív állapot csak akkor alakul ki, ha a fal megfelelően el tud mozdulni (rugalmasan hajlik vagy elcsúszik). Ezért, ha a szerkezet túl merev vagy fix (pl. sziklára alapozott súlytámfal, vagy horgonyzott fal), akkor a nyugalmi földnyomásnál nagyobb nyomás is felléphet – erre figyelmeztetett a szabvány, és utalt is rá, hogy ilyenkor a tervező konzervatívan nyugalmi (vagy annál is nagyobb) nyomást vegyen figyelembe.

- Szeizmikus erők modellezése (7.3.2.2): A pszeudostatikus számításban a földrengést egy vízszintes (k_h) és egy függőleges (k_v) együtthatóval rendelkező erőrendszerként kellett figyelembe venni, mely a tömegezőkre hat. A függőleges komponens esetén mindkét irányt (lefelé, felfelé) vizsgálni kell, s a kedvezőtlenebbet kell figyelembe venni. Az intenzitásukat a már korábban említett képletek adták ($k_h = \alpha \cdot S \cdot r$, k_v pedig $\pm 0,5 k_h$ vagy $\pm 0,33 k_h$). A (3) bekezdés itt is leírta, hogy k_h függ az elfogadható elmozdulástól. Ha nagy elmozdulás megengedhető (pl. szabadvégű súlytámfal), egy kisebb r (és ezzel kisebb k_h) is elegendő (így kisebb szeizmikus földnyomást számolunk); ha nem engedhető meg elmozdulás (pl. merev pincefal), akkor $r = 1$ (vagyis teljes k_h). A szabvány (4)P bekezdése megadta k_h és k_v alapértékeit r figyelembevételével, és utalt a 7.1. táblázatra, amely r értékeket sorolt fel különböző fal-típusokra. Általános érv volt, hogy 10 m-nél nem magasabb falaknál k_h -t állandónak lehet venni a magasság mentén (a képlet nem változik a fal tövéhez képest). Magasabb falaknál esetleg a fal mentén változó hatást is lehetne venni (de ezt a régi szabvány nem részletezte – az újban lesz erről Annex A).
- Szeizmikus földnyomások: A pszeudostatikus analízis lényege, hogy a statikus aktív és passzív földnyomásokat korrigáljuk a k_h és k_v hatására. A szabvány maga nem ad képletet a szeizmikus aktív földnyomás koefficiensre (K_{ae}) – ehelyett a tervezők a klasszikus Mononobe-Okabe képletet használták, ami a Coulomb-féle földék-egyensúly analízis kiterjesztése k_h , k_v -re. A mellékelt Annex E (normatív) tartalmazott is ilyen összefüggéseket és ábrákat (pl. E.6-E.10), amelyek segítették K_{ae} és K_{pe} (aktív ill. passzív szeizmikus földnyomás tényező) meghatározását különböző δ , φ' , β paraméterek mellett. Például merev falra (ami nem mozdul) a szabvány javasolta, hogy nyugalmi nyomást (K_0) vegyünk, vagy ha horgonyzott és nem mozdul, akkor is legalább nyugalmi nyomást. Hogy mennyi mozgás kell az aktív állapothoz, arra utalt az EN

1997-1:2004 9.5.3, de a 7.3.2.1 (2) is kikötötte, hogy megfelelő mértékű mozgás szükséges aktív állapothoz. A 7.3.2.3 és 7.3.2.4 pontok foglalkoztak a tervezési földnyomások számításával: - 7.3.2.3: Az aktív és passzív földnyomás kiszámítását taglalta, utalva a mellékletre és a Mononobe-Okabe képletre. - 7.3.2.4: A hidrodinamikusan nyomást a fal külső oldalán (pl. víznyomás a megtámasztott talajvízben, vagy ha a fal külső oldalán víz van) adta meg. Alapvetően előírta, hogy a fal külső (szabad) oldalán lévő víztömeg is mozgásba jön, és extra nyomást fejt ki a falra, amit Westergaard formulával lehet becsülni.

- **Ellenőrzések és méretezés:** A 7.4 pont meghatározta, mit kell ellenőrizni egy támfalnál:
 - Stabilitás (7.4.1): Ne csússzon el, ne forduljon ki az alap. Ezt a korábban ismertetett módon az elcsúszás és felborulás vizsgálattal kell ellenőrizni, a megfelelő szeizmikus erőkkkel (k_h stb.). Külön kihangsúlyozta a talajtörés (alap alatti) elkerülését is.
 - Horgonyok (7.4.2): Ha a fal horgonyzott, ellenőrizni kell a horgonyok teherbírását. Fontos, hogy a horgonyok is biztonsággal tartsanak (ne csússzanak ki, ne szakadjanak el).
 - Szerkezeti szilárdság (7.4.3): A fal szerkezeti elemeit (pl. vb. faltest, horgonyfej stb.) méretezni kell a szeizmikus erőkből számított nyomatékokra és nyírásokra. Az EN 1998-5:2004 nem adott itt extra követelményt – pl. vasbeton fal esetén az EC2 szerint, de a plusz dinamikus igénybevételekkel kombinálva kell méretezni.

Összességében a 2005-ös szabvány a támfalakra a Mononobe-Okabe pszeudostatikus tervezési módszert javasolta, figyelembe véve a fal mozgási képességét. A nem-lineáris (elmozdulás alapú) megközelítés csírái ott voltak (r tényező, megengedett elmozdulás), de nem volt formalizálva, hogy pl. x cm elmozdulás esetén $r = 0,5$.

7.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások

Az FprEN 1998-5:2024 a megtámasztó szerkezetek témakörét teljesen újrastrukturálta, jelentős mértékben bővítette. A 10. fejezet címe: „Földmegtámasztó szerkezetek”. A fő változások:

- **Típus-specifikus szabályok:** Az új szabvány külön alfejezetekben tárgyalja a megtámasztó falak altípusait, felismerve, hogy nem mindegyik viselkedik egyformán. A 10.3.5–10.3.10 pontok a speciális szabályokat sorolják fel:

- „Elmozduló” (displacing) falak – ezek tipikusan hajlékony konzolos falak, melyek a földrengés hatására némileg elmozdulhatnak/hajolhatnak.
- Súlytámfalak (gravity walls) (10.3.6) – pl. beton támfalak, melyek önsúlyukkal támasztják meg a háttöltést.
- Cölöpalapozású falak (10.3.7) – pl. gerendarács cölöpalapozással, vagy egy pillérsor, ami fal-szerűen tartja a földet.
- Horgonyzott falak (10.3.8) – talajhorgonyokkal megtámasztott résfalak vagy más támfalak.
- „Nem elmozduló” (non-displacing) támfalak (10.3.9) – tipikusan merev pincefalak, doboz-szerkezetek, melyek gyakorlatilag nem engednek mozgást (vagy csak minimálisat).
- Hídfők (10.3.10) – speciális eset, ahol a támfal együttműködik a híddal (a feltöltést tartja a hídfő, ami a felszerkezethez kapcsolódik).

Ez a részletes felosztás teljesen új: a 2005-ös szabvány csak flexibilis/merev megkülönböztetést tett néhány mondatban, míg most minden fontos altípus figyelmet kapott. Ennek azért van jelentősége, mert pl. egy horgonyzott falnál más nyomáseloszlás alakul ki, mint egy szabadon álló súlytámfalnál – ezt az új szabvány külön kezeli.

- **Szeizmikus földnyomások meghatározása fejlettebb módon:** A 10.3.2 pont adja meg, hogyan számítsuk a földrengés hatására keletkező földnyomást. Az új szabvány részletesebb iránymutatást ad a földnyomásszámításra, s konkrét képleteket is megfogalmaz.
- **Új melléklet is támogatja a földnyomás számítást:** az Annex F egy egyszerűsített módszert ad a földnyomás csúcsértékeinek számítására (F.3 pont Mononobe-Okabe koeficiensekhez; F.4 pedig a fal hajlékonysági tényező figyelembevételére nyújt egy rugalmassági együtthatót, ami a merev falra ható földnyomást csökkentheti). Ez lényegében formalizálja, amit a régi szabvány lazán említett: merev falnál nagyobb nyomás, hajlékony falnál kisebb nyomás – most adott rá egy képlet.
- **Az új szabvány a hidrodinamikus nyomást is figyelembe veszi:** a 10.3.3 pontban képlet adja meg, hogyan számítsuk a földrengéskori víznyomást a falra (Westergaard képlet analógiája).
- **Teljesítményalapú szemlélet és maradó elmozdulások:** A legnagyobb különbség, hogy a 2024-es szabvány tudatosan tervez maradó elmozdulásokkal bizonyos határállapotokban. A szabvány előírja, hogy külön kell vizsgálni az aktív határállapotot (ha a fal elmozdul) és a nyugalmi/passzív állapotot (ha nem mozdul). Ehhez a 10.1 táblázat numerikus segítséget is

nyújt: megadja a χ_H értékeket súlytámfal/befogott fal esetére (pl. súlytámfalnál 1,5–2,5; befogott falnál 1,0–2,0, lásd korábban). Ezek az értékek arra utalnak, hogy súlytámfal esetén a near-collapse határállapotban (nagy elmozdulás megengedve) $\chi_H = 1,5$, míg damage limitation esetén (kis elmozdulás) 2,5. Beágyazott/horgonyzott falnál near-collapse-nál $\chi_H = 1,0$ (teljesen mobilizált passzív nyomást is figyelembe vehet, mert valószínű, hogy enged annyit), míg korlátozott károk követelményénél 2,0 (óvatosabb megközelítés szükséges, mert nem enged mozgást, így nyugalmi nyomás feletti erőket is figyelembe kell venni). Ezek a χ_H értékek integrálódnak a képletekbe a földnyomás számításnál.

- A 10.3.5 pontban pedig kifejti a különbséget **elmozduló/nem elmozduló falaknál**: elmozduló falak esetén megcélozható az aktív állapot (kisebb erők, de maradó elmozdulás), nem elmozdulóknál a nyugalmi állapot várható (nagyobb erők, cserébe a fal helyben marad). A választott viselkedésről a tervezőnek már a koncepcionális tervezés során döntenie kell.
- **Horgonyzott falak és horgonyok**: Fontos újdonság a horgonyzott falaknál, hogy a szabvány kapacitástervezési előírást ad: a 10.3.8 (5) kimondja, hogy a horgonyrúd szakítószilárdsága lehet kisebb, mint a talajban való lehorgonyzás kihúzó ellenállása, de a lehorgonyzásnak legalább 1,2-szer erősebbnek kell lennie, mint a rúd (a horgony inkább a rúdban szakadjon, semmint kicsússzon a földből). Ez egy tipikus kapacitástervezési elv: túltartalék a talaj-horgony kapcsolatban. Így, ha túlterhelés van, a horgony acélja adja meg magát nyúlással (észrevehető, javítható), nem pedig a rejtett talajbeli tönkremenetel várható (cölöp, injektált test körüli elnyíródás).

Ezen kívül a horgonyzott falaknál is figyelembe kell venni, hogy kevés mozgást engednek: a horgonyzott (beágyazott) falnál χ_H 1,0 (NC eset – megengedett mozgás, mobilizált passzív nyomás), DL esetén 2,0 (nem engedünk mozgást, nagy erők ébrednek).

- **Hídfők**: Teljesen új, hogy a hídfők külön meg vannak említve (10.3.10). A hídfők speciális támfalak, mert összekapcsolódnak a híddal (és a híd háttöltése, annak földrengési mozgásai hatnak rá). Az új szabvány kimondja, hogy a hídfő mögötti töltés és a híd közötti kölcsönhatást figyelembe kell venni. Ezt a korábbi szabvány nem tárgyalta.
- **Ellenőrzések és méretezés (teljesítmény alapján)**: Az új szabvány megközelítése, hogy nem csak azt vizsgálja, hogy a fal ne csússzon el és ne boruljon fel, hanem azt is, hogy milyen mértékű maradó elmozdulás lép fel az adott határállapotban, és ez elfogadható-e.

- **Dinamikus számítás lehetősége:** Természetesen az új szabvány is megengedi a fejlettebb módszereket: pl. időtörténeti vizsgálat.

Összefoglalva, a 2024-es szabvány nagy előrelépés a támfalaknál: a tervezési követelményeket a fal típusától és a kívánt teljesítménytől függően adja meg, míg a 2005-ös az egyszerű Mononobe-Okabe képletére hagyatkozott.

Az alábbi táblázat összefoglalja a főbb különbségeket a megtámasztó szerkezetek terén:

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
Tervezési módszer	Pszeudostatikus (Mononobe-Okabe képlet) aktív/passzív földékkal. Teljes dinamikus számítást is megenged, de nem részletezi.	Teljesítményalapú pszeudostatikus módszer: megtartja a Mononobe-Okabe alapelvet, de kiegészíti χ_H tényezőkkel a határállapotokhoz igazítva. Emellett javasolja a fejlett dinamikus analízist (időtörténeti vizsgálat) különösen kritikus műtárgyaknál, a maradó elmozdulások pontos becslésére.
Fal típusok megkülönböztetése	Csak informálisan: flexibilis (aktív nyomás) / merev (nyugalmi nyomás), ill. horgonyzott fal, ha nem mozdul, nyugalmat ajánl felvenni. Nincs dedikált alfejezet típusonként.	Részletes típus-specifikus előírások: Külön szabályok a súlytámfal/hajlékony falakra, a merev/dúcolt falakra, horgonyzott falakra, a cölöpalapozású támfalakra és a hídfőkre . Mindegyiknél figyelembe veszi az adott rendszer sajátosságait (pl. horgony kapacitástervezése, hídfő-töltés interakció).
Földnyomás számítása	Mononobe-Okabe képletek (E Melléklet normatív). k_h , k_v meghatározása r tényező függvényében a fal típusától függően (7.1 Táblázat). Nem ad K_{ae} képletet a főszövegben, csak mellékletben.	χ_H módosító tényező alkalmazása a földnyomás számításnál, faltípus szerint. A 10.3.2 pont meghatározza a hatékony k_h -t (α_H függvényében). Az Annex F informatív módon segít a K_{ae} , K_{pe} számításában és bevezeti a fal <i>rugalmassági együtthatóját</i> a nyomáseloszlás korrekciójára. Ezzel a merevség hatása is figyelembevehető.
Hidrodinamikus nyomás	Figyelembe veszi: a fal külső oldalán lévő víz	Változatlan elv: a 10.3.3 pontban képlet adja meg a víznyomás

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
	szeizmikus többletnyomását be kell számítani. Westergaard-képlet alapján.	dinamikus növekményét. A különbség az, hogy itt a χ_H nem kerül alkalmazásra, mert a víz mozgása nem csökken a fal elmozdulásától (ezt jelezi az Annex A is, amely a falmagasság és hullámhossz hatását tárgyalja).
Megengedett elmozdulások	Enged némi elmozdulást: "elfogadható, ha kompatibilis a funkcióval" (7.1(2)). r-tényező csökkenthető, de nem adott iránymutatást, mekkora elmozdulás felel meg mely r-nek.	Teljesítménycélok: DL, SD, NC határállapotokra külön-külön megcélzott viselkedés. A maradó elmozdulás közvetetten szabályozva van a választott χ_H által – a szabvány táblázatosan összeköti a χ_H értéket egy "indikativ" maradó elmozdulástartománnyal. Pl. súlytámfalnál $\chi_H=1,5 \sim$ pár cm-es csúszás, $\chi_H=2,5 \sim \sim 0$ cm. Ezáltal a tervező előre tudja, mire számítson és mit engedhet meg.
Horgonyzott falak	A horgonyzott fal, ha nem enged mozgást, nyugalmi vagy afeletti nyomással méretezendő. A horgony erőket a pszeudostatikus nyomásból számoljuk, általában $r=1$ mivel nem mozdul. Nincs kapacitástervezés külön.	Részletes szabályok: A horgonyzott falra külön pont (10.3.8). Meghatározza a horgonyerők számítását és megköveteli a kapacitástervezést: a horgony geotechnikai ellenállása 20%-kal erősebb legyen, mint a rúd , hogy előbb a rúd folyjon/szakadjon, semmint horgony kihúzódjon. Ez új biztonsági elem. Emellett a horgonyzott fal is bekerül a χ_H rendszerbe: DL-nél $\chi_H=2,0$ (nyugalmi), NC-nél $\chi_H=1,0$ (mobilizált passzív).
Cölöpalapozású támfalak	Nem tárgyalja külön; ilyen esetben a tervező általában merev megtámasztásként kezelte nyugalmi nyomással.	Külön pont (10.3.7): Cölöpalapozású falaknál figyelembe veszi, hogy a fal alja nem mozdul el – külön nyomáseloszlást javasol (mint Broms-féle passzív ék figyelembevételével). A χ_H értékeket (ha nem mozdul el) a befogott fal táblázata adja (1,0–2,0). Valamint utal a

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
		talajkölcsonhatásra (Annex F.4 ad rugalmassági tényezőt (<i>flexibility coefficient</i>) a nem elmozduló falakra).
Hídfők	Nem említi külön. A hídfő tervezést integrálták a híd vagy támfal tervezésbe (Eurocode 8-2 ill. 8-5 szerint).	Új alfejezet (10.3.10): Külön kitér a hídfőkre. Előírja, hogy a hídfő-háttöltés-híd interakciót figyelembe kell venni (pl. a töltés mozgása ne rombolja a hídfőt). Ez egy új téma, ami eddig hiányzott.
Ellenőrzések, állékonyság	Csúszás, felborulás, talajtörés, horgony kihúzódás, szerkezeti feszültségek ellenőrzése a számított erőkkel. Ha a fal elmozdul, maradó mozgást a tervező becsüli (B Melléklet ad rá útmutatót).	Határállapot szerinti ellenőrzések: Mindhárom LS-re ellenőrizni kell: NC-nél nem omlik össze (de lehet mozgás), SD-nél javítható károk, DL-nél szinte rugalmas maradjon. Ehhez az elcsúszást, billenést stb. χ_H -vel módosított terhekkel kell vizsgálni. A szerkezeti elemeket (fal, horgony) a kapacitástervezett erőkre kell méretezni (pl. horgonyfej vasalása bírja a rúd folyási erejét * 1,2). Maradó elmozdulásokat – ha szükséges – az Annex G és H segítségével lehet becsülni.

8. Földalatti szerkezetek szeizmikus tervezése (új témakör)

8.1. 2005-ös szabvány előírásai (ill. hiányai)

Az EN 1998-5:2004 gyakorlatilag nem foglalkozott a földalatti műtárgyak (alagutak, földalatti terek) földrengésálló tervezésével. A címében is csak "Foundations, retaining structures and geotechnical aspects" szerepelt, a földalatti szerkezetek nem voltak név szerint említve. Ebből következően:

- Alagutak: Az alagutakra vonatkozóan nem adott külön útmutatást. Az Eurocode rendszerben eddig hiányzott a téma, az Eurocode 8 nem tartalmazott dedikált részt alagutaknak. A tervezők kénytelenek voltak nemzetközi ajánlások (pl. UIT (International Tunnelling Association) vagy amerikai FEMA/ASCE kézikönyvek) alapján dolgozni, illetve a talajmechanikai szakirodalomból (OVAL, Penzien-féle képletek) meríteni.
- Pince jellegű szerkezetek: A földbe süllyesztett szerkezetek, mint mélygarázs, aluljáró, stb., részben a támfalak (földmegtámasztások) vagy a merev doboz-szerkezetek kategóriájába tartoztak. Így közvetve a 2005-ös szabvány valamennyire foglalkozott ilyennel: pl. a merev támfal eset, nyugalmi nyomás, doboz alapozás, ugyanakkor nem részletezte, hogy föld alatti vasbeton dobozszerkezetek földrengésre hogyan méretezendők.
- Földalatti közművek (vezetékek): Az Eurocode 8 első generációja a csővezetékeket (mint nyomóvezeték, gázvezeték) az EN 1998-4 (Tartályok, csövek, silók, kémények) kötetben tárgyalta. Ott voltak előírások, pl. eltemetett csövekre, de az is meglehetősen kevés iránymutatást adott (hosszú, rugalmas vezeték méretezése maradó alakváltozásokra). A geotechnikai rész (EN 1998-5) ezekkel nem foglalkozott.

Összefoglalva: a 2005-ös szabványban a földalatti szerkezetek konkrét tervezési kérdései szabályozatlanul maradtak. Ez a terület mindeddig kimaradt a szabályozásból, vélhetően a kevés rendelkezésre álló nemzetközileg elfogadott számítási módszer miatt, valamint esetleg abból a megfontolásból, hogy a mélyben futó alagutak viszonylag védettek a földrengés közvetlen hatásaitól (hiszen a talajjal együtt képesek deformálódni és a mélyben kisebb a mozgás, mint a felszínen). A felszín közeli alagutak és egyéb földalatti szerkezetek méretezése miatt ugyanakkor szükségessé vált e témakör szabályozása is.

8.2. Új (2024-es) szabvány előírásai és változások

A FprEN 1998-5:2024 egyik jelentős újdonsága egy külön 11. fejezet, amely a „Földalatti szerkezetek” szeizmikus hatásokból eredő terheinek meghatározásával

foglalkozik. Ez a fejezet első alkalommal integrálja a szabványba az alagutak és más földalatti létesítmények tervezési irányelveit. A fő pontjai:

- **Tárgy és hatókör:** Az 11.1 pont lefekteti, hogy a fejezet a talajban lévő szerkezetekre (pl. közlekedési alagutak, metróállomások, nagy földalatti terek, csatorna-alagutak, alagút-szerű alapozások, és bizonyos tekintetben a földbe süllyesztett tartályok) vonatkozik. A „nagy földalatti tér” külön kiemelése (11.4) jelzi, hogy pl. földalatti csarnokok vagy metróállomások is ide tartoznak, nem csak a hosszú alagutak. A fejezet kizárólag a szeizmikus hatások meghatározásával foglalkozik, a talaj-szerkezet kölcsönhatása tekintetében pedig a 8. fejezetre hivatkozik.
- **Szeizmikus hatások típusai:** A 11.2 pont taglalja, hogy egy földalatti szerkezetet kétféle szeizmikus hatás érhet:
 - Átmeneti talajrezgés (ground shaking) – ez a földrengés által keltett talajmozgás, ami deformálja az alagutat. A 11.2.2 pont definiálja a szükséges talajmozgási paramétereket. Megkülönbözteti az alacsony és a mérsékelt, illetve magas szeizmicitású területeken alkalmazható paramétereket (pl. maximum talajgyorsulás (PGA), sebesség vagy elmozdulás, spektrum a föld alatt, stb.). A paramétereket a mélység függvényében kell figyelembe venni. Alagutak és egyéb vonalas szerkezetek, közművek hossza mentén a hosszirányú hatásokhoz a látszólagos sebességet kell figyelembe venni ($V_{app}=1000\text{m/s}$) specifikus vizsgálat hiányában. Annex G összefüggéseket javasol az alacsony szeizmicitású zónákban a szeizmikus hatások meghatározására PGA alapján.
 - Maradó elmozdulások (permanent ground displacements) – a 11.2.3 pont foglalkozik vele. Ez pl. felszíni vetődés (fault displacement), talajfolyósodás miatti süllyedés vagy oldalirányú elcsúszás, nagy földcsuszamlás, stb.. Ezek ritkábbak, de ha előfordulnak, komoly károkat okozhatnak földalatti szerkezetekben.

A régi szabványban ez utóbbit sehol nem említették, az újban benne van, hogy a tervezőnek meg kell vizsgálnia: van-e vető a nyomvonalon, talajfolyósodás veszélye fennáll-e (7. fejezet), földcsuszamlásveszélyes-e a terület. Amennyiben bármelyik eset fennáll, a várható elmozdulások mértékét számszerűsíteni szükséges.

- **Tervezési módszerek:** A 11.3 pont az analízis módszereit írja le:
 - **A szerkezetre ható erők formájában** (pl. pszeudostatikus vizsgálat alapján) a 10.3 fejezetben foglaltak szerint a sekély alagutak, átereszek,

aluljárók, nyitott építési mód mellett megépített sekély földalatti szerkezetek esetén,

- **Altalaj várható alakváltozásait számszerűsítve** a kereszt- és hosszmetset mentén vonalas műtárgyak, mély alagutak és nagy kiterjedésű földalatti terek esetén (11.3.2.2):

- Az elemzést a szeizmikus hatás okozta várható deformáció alakja alapján kell elvégezni, melynek meghatározása érdekében általános esetben analitikus megoldások vagy numerikus módszerek is alkalmazhatók.

- kör vagy patkó alakú szerkezetek esetében az ovális deformálódás,
- téglalap alakú szerkezetek esetében a nyírási deformáció és billenés,
- A számítások elvégezhetők az SSI hatások figyelembevételével, ekkor a féltér nyírási alakváltozásait kell működtetni, egyéb esetben a talaj-szerkezet kapcsolata megfelelő szabadságfokú rugókkal, vagy a talaj és a szerkezet merevségének aránya alapján vehető figyelembe.

- Az új szabvány kimondja, hogy magas szeizmicitás esetén alagutakra végezzenek nemlineáris dinamikus analízist, általános esetben pedig megad egy egyszerűsített módszert (a mellékletekben).

- **A maradó alakváltozások hatását** az elmozdulás mértékével kell számszerűsíteni (11.3.3): Az alagutakra és földalatti szerkezetekre vonatkozó legnagyobb kockázat a vető, talajfolyósodás vagy rézsűcsúszás miatti nagy maradó alakváltozás veszélye, ezért kerülni kell az ezekkel érintett területeket. Ha a potenciális veszélyforrás elkerülése nem lehetséges, azt mérnöki megoldásokkal kell kezelni (pl. talajstabilizáció, talajcsere, tömörítés, drénezés, stb.). Amennyiben a területi adottságok nem javíthatók mérnöki beavatkozásokkal, a szerkezeteket a várható alakváltozásokra kell méretezni.
- **Magas szeizmicitás esetén** (high seismic action class) numerikus eljárásokat kell alkalmazni a maradó elmozdulás

számszerűsítésére. Egyszerűbb esetekben analitikus eljárások is alkalmazhatók.

- **A 11.4 pont a nagy földalatti terek szeizmikus terheit tárgyalja:**
 - 11.4.1: a talajrezgés nagyméretű üregre (pl. egy nagy alagút csarnok) gyakorolt hatását a talaj és a szerkezet együttes vizsgálatával, a SSI figyelembevételével kell meghatározni. Pszeudostatikus vizsgálat csak korlátozásokkal alkalmazható, amennyiben a statikus + dinamikus feszültségek eloszlása megfelel a 10.3.2-ben foglaltaknak, illetve a vizsgált szerkezet sekély mélységben van, egyéb esetben dinamikus vizsgálatok szükségesek.
 - 11.4.2: Maradó alakváltozásokra vonatkozóan a szabvány a potenciálisan veszélyes helyek kerülését javasolja. Nagyon merev, aktív törésvonalakat keresztező szerkezetek esetében a 7.1.2 fejezet szerint kell eljárni.
 - A nagy terekre plusz dinamikus tényezőket vegyünk figyelembe, mert a föld alatti szerkezetben rezonancia jöhet létre.
- **A 11.5 pont külön foglalkozik a kis földalatti szerkezetekkel, pl. átvezetőkkel (culverts).** Ezek kvázi merev dobozok sekély mélységben. Méret alapján megkülönbözteti az analízis módszerét, 2m, vagy az alatti nyílásközü szerkezetek esetén a tranziens hatások elhanyagolhatók, egyébként az alakjuk szerint az alagutakra vonatkozó előírások szerint kell meghatározni a szeizmikus hatásokat.
- **Mellékletek:** Az új szabvány informatív mellékletet is szentel a földalatti szerkezetekre vonatkozó számításoknak:
 - Annex G – „Egyszerűsített földrengéshatás becslése földalatti szerkezetek esetén”. Szeizmikus veszélyeztetettség (seismic action class) függvényében képleteket ad meg a talajrétegek maximum deformációjának becslésére, (peak ground strain, PGS) a felszíni PGA, v_s alapján.
 - Annex H – „Egyszerűsített analitikus módszerek alagutak szeizmikus tervezéséhez”. Kör és négyszög keresztmetszetű alagutak keresztirányú és hosszirányú viselkedésére ad közelítő képleteket.
 - Annex I – impedanciákat ad meg alagútra: pl. I.3/I.4 effektív rugókat határoz meg a keresztirányú és hosszirányú viselkedésre.

Összességében, az FprEN 1998-5:2024 egy teljesen új fejezetben hatalmas úrt pótol a szabványosításban. A tervezők végre kapnak:

- Irányelveket a földalatti szerkezetekkel kapcsolatban (mi a tervezési cél, mire figyeljenek),
- Számítási módszereket (analitikus képletek, egyszerűsített számítási módokat, vagy kritérium és javaslat végeselemes analízisre)
- Megfelelőségi követelményeket (pl. max. deformációk, határállapotí teljesítmények),

Az alábbi táblázat összefoglalja a földalatti szerkezetek tervezésének előírásait.

Szempont	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
Témakör lefedettsége	Egyáltalán nem szerepel külön fejezet vagy utalás alagutakra, földalatti építményekre. A tervezőknek más forrásokra kellett hagyatkozni.	Teljes új fejezet (11. rész) szól a földalatti műtárgyakról. Kiterjed az alagutakra, földalatti állomásokra, mélygarázsokra, átereszekre és egyéb földalatti szerkezetekre. Ezzel az Eurocode történetében először szabványosítja e létesítmények szeizmikus tervezését.
Szeizmikus hatások	Nincs megkülönböztetés. (ha vető keresztezi az alagutat, nyilván problémás, de nem volt rá szabály.)	Két hatást külön kezel: (a) <i>talajrezgés</i> (tranziens hullámok) – meghatározza a szükséges paramétereket (pl. talaj nyírási alakváltozása); (b) <i>állandó elmozdulások</i> (vetőmozgás, talajfolyósodás, csuszamlás miatt) – előírja ezek figyelembevételét a nyomvonal tervezésénél és a szerkezet méretezésénél.
Tervezési módszer	Nincs szabályozva. A gyakorlatban analitikus módszereket (Penzien-féle képletek) vagy numerikus modellt használtak, de ezt szabvány nem írta elő.	Analitikus és numerikus módszerek megengedettek: 11.3 pont írja, hogy lehet egyszerűsített módszerrel számítani (pl. pszeudostatikus alakváltozás meghatározás) vagy dinamikus analízissel . Az Annex H konkrét képleteket ad kör és négyyszög keresztmetszetű alagutakra, kereszt- illetve a hosszirányú hatásokra. Ezek segítenek a gyors tervezésben. Emellett javasolja, hogy kritikus esetekben végezzenek talaj-szerkezet kölcsönhatást vizsgáló dinamikus numerikus számítást (pl. 2D FEM).
Vető és földmozgás	Nem tárgyalták. (Legfeljebb annyi, hogy a geotechnikusnak javasolt	Konkrét utasítás: ha vetőmozgás várható (11.2.3), azt figyelembe kell venni a tervezésnél. Az Annex H.5 ad képletet a hosszirányú deformációra: pl. Δ/L arányra milyen feszültség

Szempon	EN 1998-5:2005	FprEN 1998-5:2024
	kerülni vetőzónát nyomvonal-választásnál.)	keletkezik a csőben. Így a tervező tudja méretezni a falazatot vető miatti deformációkra, vagy tervezhet <i>flexibilis szelvényt</i> (pl. csuklót) a vetőn áthaladásnál.
Nagy üregek, állomások	Nem említi. (Ezeket sima épületként vagy támfalként kezelték eddig, ha egyáltalán.)	Külön alfejezet (11.4): foglalkozik a „nagy földalatti terekkel”. Előírja, hogy pl. egy metróállomás dobozát érő horizontális és vertikális talajrezgést is figyelembe kell venni, és esetleg a belső oszlopokra ható többlet-terheket. Ezzel ezek a bonyolult szerkezetek is kaptak tervezési keretet.
Átereszek, kisebb műtárgyak	Nem említi külön. (Esetleg épület alapként kezelték.)	Külön pont (11.5): kimondja, hogy a merev átereszeket hogyan vizsgáljuk (pl. a fölöttük lévő talaj gyorsulása hat rájuk).
Mellékletek	Nem említi.	Több melléklet segíti a tervezést: Annex G a talajalakváltozás becsléshez (max. nyírási alakváltozás, nyírófeszültség,); Annex H analitikus képletek kör és téglalap alakú alagutak alakváltozásához (oválosodáshoz, síkbeli hajláshoz), tengelyirányú erőkhöz alagútban; Annex I impedanciák (dinamikus merevségek, ha pl. dinamikus kölcsönhatás vizsgálatához rugalmasan ágyazott keretmodellt építünk alagútnál, segít a merevségeket meghatározni).

9. Összegzés

Az EN 1998-5 szabvány 2005-ös és 2024-es kiadásának összehasonlítása jól mutatja a Eurocode második generációjának előrelépéseit. A változások hátterében egyrészt az áll, hogy a szabványkészítők beépítették az elmúlt ~20 év tudományos és gyakorlati tapasztalatait, másrészt az a törekvés, hogy a Eurocode rendszeren belül az egyes részek (szerkezet-tervezés, geotechnika, földrengés) jobban összehangoltan, egységes fogalomrendszerrel működjenek.

A 2024-es (FprEN 1998-5) változat jóval részletesebb, komplexebb dokumentum lett – terjedelmében is (44 oldal helyett 113 oldal alapidokumentum + kiterjedt mellékletek). Ez tükrözi, hogy számos új témát és módszert integráltak. Ugyanakkor a részletesebb szabályozás nagyobb tervezési biztonságot ad: a szabvány konkrét ajánlásokat ad pl. a folyósodás vizsgálatára vagy egy alagút tervezésére.

Az új szabvány bevezet olyan korszerű fogalmakat, mint a teljesítményalapú tervezés, vagy a talaj-szerkezet kölcsönhatás numerikus kezelése, amelyek gyakorló mérnökök számára is új szemléletet kívánnak. Ezek megértését a szabványban található magyarázó megjegyzések (NOTE-ok) segítik, ugyanakkor a számos új elv megértéséhez szükséges lesz a legújabb szakirodalmak tanulmányozása.

Az új szabvány alkalmazása magasabb elvárásokat támaszt a tervezőkkel szemben: több adat (pl. v_s mérések), részletesebb számítások, fejlettebb modellezési eszközök használata válik szükségessé. Ugyanakkor mindez a földrengésbiztonság növelését szolgálja – jobban megtervezett alapozások, támfalak, alagutak kisebb eséllyel szenvednek súlyos károkat egy esetleges földrengés során.

10. Irodalomjegyzék

- [1] MSZ EN 1998-5 Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre – 5. rész: Alapozások, megtámasztószerkezetek és geotechnikai szempontok. 2009 október.
- [2] FprEN 1998-5 Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Geotechnical aspects, foundations, retaining and underground structures. April 2024.

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.

1.	NÉMETH András, MILÁVECZ Richárd	Iparban használatos vízminőségek
2.	DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István	Mérések a gáziparban
3.	DR. BARNÁ Lajos, EÖRDÖGHNÉ DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTÓ Zoltán, DR. BALLA József	A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4.	BORBÁS Lajos Dr.	Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5.	BERENCSI Miklós, BERECZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFFY Krisztina	Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6.	TÜDŐS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András	A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7.	DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András	Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8.	KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó	A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

2018.

9.	BLAZSOVSZKY László	A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10.	CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter	Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11.	NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza	A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és utügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12.	DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta	Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13.	DR. SZILÁGYI Zsombor	Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14.	S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté	Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15.	DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÚRÖK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin	Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16.	DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor	Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17.	TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila	Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató
18.	FENYVESI Zsolt	Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása

- | | | |
|-----|--|---|
| 19. | GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás | Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet) |
| 20. | DR. DIVÓS Ferenc | Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek |
| 21. | DR. KARÁCSONYI Zsolt | Faanyagok tartós szilárdsága |
| 22. | BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula | Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez |
| 23. | ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András | Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye |
| 24. | JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső | Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján |
| 25. | DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László | Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal |
| 26. | DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos | Korszerű támszerkezetek tervezése |
| 27. | HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán | Különböző funkciójú épületek klímatechnikája II. |
| 28. | KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint | Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata |
| 29. | GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz | Hőteljesítménymérési tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében |
| 30. | GARBAI László Dr., SÁNTA Róber Dr., JASPER Andor Dr. | A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés |
| 31. | LADÁNYI Gábor Dr. | Diagnosztika a karbantartásban |
| 32. | MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András | KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018) |

2019.

- | | | |
|-----|---|---|
| 33. | BLAZSOVSZKY László | Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése |
| 34. | DR. SZILÁGYI Zsombor | A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon |
| 35. | FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj. | Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechnológia terén |
| 36. | VARRÓ Beáta, DR. KIS András | Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával |
| 37. | MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György | Munkatér határoló szerkezetek |
| 38. | KORSÓS András, RÁDULY Zsolt | A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei |
| 39. | GERGELY Edit, DR. BEZEGH András | Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására |

- | | | |
|-----|---|---|
| 40. | DR. BEZEGH András, BITE Pálné Dr.,
GERGELY Edit | Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok) |
| 41. | GÓDOR Balázs, DR. KÁSA László,
SZÉKELY Bence | Híddaruk méretezési segédlete (2019.) |
| 42. | FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY
András, NAGY Attila Balázs, CSOTT
Róbert | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló
szituációkban |
| 43. | DR. KARÁCSONYI Zsolt | Faanyagok tartós szilárdsága
Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében |
| 44. | DR. BALIKÓ Sándor, ORBÁN Tibor,
VARGA Péter, DR. ZSEBIK Albin | Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek
egyszerű energetikai és gazdasági számításai |
| 45. | PRIMUSZ Péter, PhD. | Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése
talajstabilizációk figyelembevételével |
| 46. | NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor,
KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért | Különböző funkciójú épületek klimatechnikája III.
Segédlet ipari épületek lég- és klimatechnikai
rendszereinek tervezése |
| 47. | JANCSÓ Béla, KAVECZKI Gergely,
KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás,
KNOLMÁR Marcell, RAUM László | Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei
Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető rendszereket |
| 48. | DOHÁNY Máté, SCHVANNER
Norbert | Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás
csomópontokban |
| 49. | JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit | Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi
utakon |
| 50. | DR. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel | Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok
projektlapjai |
| 51. | DR. MÓGA István | Beruházási projektek szabályozási és szabvány
környezete, Tervezési követelmények meghatározása |
| 52. | DR. GÁBORI László, DR.
BEINSCHRÓTH József, NÓGRÁDI
Gábor, RÁTKAY Tamás | Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere
(Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök Kamarai
működési rendbe és rendszerekbe)
I. kötet: Konceptió és modell
II. kötet: Modell illesztése
III. kötet: Tudástár |
| 53. | VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán,
SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI
Attila | Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész értelmezése
a szakmai gyakorlatban
Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I. |

2020.

- | | | |
|-----|------------------------------|--|
| 54. | DR. KISS Jenő, CSERMEY Gábor | JAVASLAT az egyszerű bejelentésű lakóépület
megvalósításának – tervezés építés – módszerére |
|-----|------------------------------|--|

- | | | |
|-----|---|---|
| 55. | DR. SZILÁGYI Zsombor | A hidrogén a környezetbarát energiahordozó, Hidrogén az energetikában |
| 56. | VARGA Tamás, DR. SZEDENIK Norbert, DR. KOVÁCS Károly, KRUPPA Attila, KULCSÁR Lajos, KAPITOR György, TURI Ádám | A nem norma szerinti villámvédelem egységes műszaki követelményrendszerének kialakítása és javaslat a teljes villámvédelmi szabályrendszer jövőbeli egységesítésére |
| 57. | KÁDI Ottó | A gyalogsközlekedés közúti keresztezései |
| 58. | MOLNÁR Szabolcs | „Hulladékból konnektorba” A települési szilárd hulladék energetikai hasznosításának lehetőségei |
| 59. | VÁRDAI Attila | Segédlet szabadidős létesítmények tartószerkezeti tervezéséhez |
| 60. | DR. BEJÓ László | Szénlábnym-elemzés készítése a faiparban |
| 61. | JANCSÓ Béla, NÉMETH Gábor, SZIMANDEL Dezső | Szakmai útmutató vízellátási-művelési tervezők számára a 2020 január 1-én hatályba lépett „VIZEK keretrendszer” használatához |
| 62. | FELLEGI Zsóka, KARAFI Balázs, KOCH Edina, KOVÁCS Gábor, MURINKÓ Gergő, TÓTH Gergely József | Munkagödrök és földművek víztelenítése |
| 63. | HOLÉCZY Ernő, OLÁH Róbert, DR. SIKI Zoltán, DR. TAKÁCS Bence, DR. TÓTH Zoltán, VARGA Tibor | Módszertani útmutató az elavult ingatlan-nyilvántartási térképek korszerű technológiákkal végzett felújításához |
| 64. | DR. GÁBORI László, DR. MOLNÁR Bálint, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás | Az Informatikai Tervező tervezési segédlete |
| 65. | NÁDASDY Tamás, TOMASCHEK Tamás, PALÁSTY István, SZECSŐ Dániel Géza | Dinamikus forgalomirányítás tervezői segédlete gyorsforgalmi úthálózat esetén |
| 66. | LENGYEL István | Szakmai útmutató szolgalmi jogok alapításához (mérnöki segédlet) |
| 67. | NÉMETH Balázs, SZLOVÁK Krisztián, VÍGH Gellért | Épületgépészeti tervezéshez praktikus, gyakorlati adatbázis |
| 68. | FÜRJES Andor Tamás, BORSINÉ Arató Éva, NAGY Attila Balázs, ILLYÉS László, BORSI Gergely | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban (példatár) |
| 69. | DR. BORBÁS Lajos, GONDA Zoltán | Optikai feszültségvizsgálat – Kísérleti eljárás a konstrukció fejlesztésére, szerkezetek anyagfelhasználásának és teherviselésének optimalizálására |

2021.

- | | | |
|-----|---|---|
| 70. | BLAZSOVSZKY László | A gázipar és a kéményseprő-ipar határterületeinek szabályozási anomáliái a szakmagyakorlók és a felhasználók szemszögéből |
| 71. | FORGÁCS Lajos Dr., NAGY Gábor, RÉV Zoltán | Kórháztervezés új szempontjai a 21. században - Korszerű kórházak infrastrukturális egységei |
| 72. | HOLÉCZY Ernő, KISS Albert Miklós, KOVÁCS István, Dr. TAKÁCS Bence Géza, Dr. TÓTH Zoltán | M.2.-2021. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet |
| 73. | Dr. BEJÓ László | Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei a faipar területén |

- | | | |
|-----|---|--|
| 74. | BORBÉLY Dániel, HUDACSEK Péter, KARNER Balázs, KOVÁCS László, SÁNDOR Csaba | Monitoring, a geotechnikai kockázatkezelés eszköze |
| 75. | FELFÖLDI Krisztina, JÁMBOR András, TÓTH Sándor, BŰKI Gábor, GÓDOR Balázs | Emelőgépek időszakos vizsgálatának eljárásrendje |
| 76. | GYURKOVICS Zoltán, RÉBAY Lajos, NAGY Bernát | Szakmai útmutató az épületgépész felelős műszaki vezetők és műszaki ellenőrök számára |
| 77. | Dr. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel, PAPP Ábrahám | Hulladék hő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása
Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák bemutatása |
| 78. | CZINE Ferenc, HIRKÓ György | Elektromos meghajtású mikromobilitási eszközök -
Jellemző paraméterek |
| 79. | KALMÁR Tamás, dr. LÁNYI Péter, HÓZ Erzsébet | Kerékpárút hálózatok vizsgálata a fejlesztések és
úthasználók tapasztalatai alapján |
| 80. | VARGA Tamás, FARKAS Péter János, Dr. TOKODY Dániel, ZSARNOVSZKI Attila, MÉSZÁROS Tamás, VERESS Árpád | Építményvillamossági tervezés robbanásveszélyes
környezetben |
| 81. | Dr. VONA Márton, Dr. BALATONYI László, TÉCSŐY István | Dombvidéki víz visszatartás, kisvízfolyások szabályozása
természet közeli megoldásokkal
Kisléptékű vízvisszatartás, kistelepülés-léptékű
vízmegtartó megoldások |
| 82. | ZANATHY Valéria, BUZÁS Györgyi, TÓTH László | Acélszerkezetek korrózió elleni védelme – Acélszerkezetek
korrózió elleni védelmére vonatkozó szabványok,
előírások, szakmai tapasztalatok összefoglalása |
| 83. | JÓZSA Bálint, DOHÁNY Máté | DDI avagy a fordított gyémánt csomópontok vizsgálata és
magyarországi alkalmazhatósága |
| 84. | SZÉPSZÓ Gabriella, ALLAGA-ZSEBEHÁZI Gabriella, LAKATOS Mónika, SZENTES Olivér, TAKSZ Lilla, SELMECZI János Pál, Dr. CZIRA Tamás, CSÓKA Gergely, BAKA György | Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt
megalapozó adatbázisok alkalmazása |
| 85. | ZSIGMONDI András, MARIÁN Gábor, WÉBER László | A műszaki egyenértékűség és helyettesítő termék
egyenértékűségének megállapítási módjai |
| 86. | NAGY János, HORVÁTH Rita, KAPITOR György, MERTLI Ferenc, PAPP Ábrahám, SITKU György, Dr. ZSEBIK Albin | Világítástechnika - segédlet az EKR dokumentáció
készítéséhez – Alapismeretek és mintapéldák |
| 87. | CSENDES János, VELLER Tamás | Épületautomatika – Összefüggésben az
Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszerrel |

2022.

- | | | |
|-----|--|---|
| 88. | FÖLDI László József Dr., BERENCSEI Bence | Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai
szabályozás tükrében |
| 89. | SZILÁGYI Zsombor Dr., VADÁSZI Marianna Dr. | Irányelv új földgáz- és villamos energia szerződéskötéshez |
| 90. | MÓCZÁR Balázs Dr., CSORBA Gábor, GRITSCH Ákos, KRISTON Gábor, MIHUCZ Tibor, SZENDEFY János Dr., SZILÁGYI Katalin | Segédlet ipari padlók geotechnikai és statikai tervezéséhez,
kivitelezéséhez |

91.	FELFÖLDI Krisztina, GÓDOR Balázs, NAGY Pál, RADVÁNYI G. Levente	G-D-36 Tanúsítvány kiadásához kompetencia-követelmények kidolgozása
92.	BUZÁS Zoltán, KÁLMÁN Miklós, BÖLSEI Tamás, LUKÁCS Tamás	A tervdokumentációk tartalmi és formai követelményeinek átdolgozása, különös tekintettel a Hír-Közmű bevezetésére. A Tervezés, Engedélyezés, Kivitelezés segédlet módosítása (92./1-2-3.)
93.	SIKI Zoltán Dr., CSEMNICZKY László, HOLÉCZYNÉ KAJTÁR Dóra, LEHOCZKY Máté, RÉPÁS Zoltán, TÓTH István	Szakmai útmutató digitális tervezési alaptérképek készítéséhez. A minőségi mérnöki munka segítése, a jó gyakorlat bemutatása, javaslat a térképek rétegszerkezetére és az alkalmazandó jelkulcsokra
94.	CSERMELY Gábor, TÓTH Péter	Szakmai útmutató a magasépítési kivitelezési munkák minőségellenőrzésére
95.	MARIÁN Gábor, ZSIGMONDI András	Az építési beruházások műszaki átadás-átvételi eljárása – Szakmai ajánlás az építési beruházások műszaki átadás-átvételi eljárására
96.	BARNA Sándor, MOLNÁR Tibor Dr.	Segédlet az AERMOD view szoftver használatához a légszennyező anyagok terjedési modellezéséhez
97.	BAKA György	A talajnak, mint természeti erőforrásnak a védelme a beruházások megvalósítása során
98.	BLAZSOVSZKY László	A gázipari szakmagyakorlók megváltozott felelőssége, hatásköre és a mindennapok gyakorlatának anomáliái a megváltozott jogszabályi környezetben
99.	FÜRJES Andor Tamás	Elektroakusztika elméleti és gyakorlati áttekintés
100.	RÁCZ Tibor, KUN Csaba, BALATONYI László Dr.	ITVT Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv tervezési segédlet
2023.		
101.	SZILÁGYI Zsombor Dr.,	Az energiahordozók jövője
102.	BLAZSOVSZKY László	Szakmai útmutató felhasználási helyek gázellátását biztosító elosztóvezeték leágazásának létesítéséhez
103.	ÁKOSHEGYI György Dr., BORBÉLY Tibor, DIÓS András, EÖRDÖGH Zsolt	Medencés fürdők vízgépészeti tereinek tervezési szempontjai
104.	KISS Jenő dr., METZING Ferenc dr., CSERMELY Gábor, dr. HEGYI Dezső, KÖNCZÖL Gyula, DEZSŐ Zsigmond	Szakmai Útmutató az épületek, épületszerkezetek bontásához
105.	MÓGA István Dr.	Atomerőművi alapok
106.	BAK Edina, FEJES Gábor, HONTI Imre, HUDACSEK Péter, SCHELL Péter	Talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok, azok megtervezése és eredményeinek felhasználása a geotechnikai tervezői gyakorlatban
107.	EGRI Sándor, BUZÁS Zoltán	AutoCAD alapon készített tervdokumentációkból EHO szerinti XML fájl készítése (objektumsablon készítése)
108.	BONDOR Gabriella, CSORDÁS Szilveszter, KANOSIK Ilona, PÓLYA Endre, VARJÚ József	Szakmai ismeretek a jogosultsági vizsgára
109.	KAKUK Ilona	Az Informatikai Tervező Szakmai Útmutatója (109./1-2-3.)
110.	GIORIS Nikolaos, MENYHÁRT István Zsolt, OLÁH Róbert, TAKÁCS Bence dr., VASS Imre	Digitális mellékletek készítése az M.2 (2021.) mérnökgeodéziai tervezési segédlethez

- | | | |
|------|---|---|
| 111. | ZSIDAI László Dr., SARANKÓ Ádám Dr., SZABÓ Péter | Az additív technológiák terméktervezési és technológiai sajátosságai |
| 112. | REINIGER Róbert, BARNA Sándor, BITE PÁLNÉ DR. PÁLFFY Mária, MIHICS Dalma, PINTÉR István | A Li-ion alapú akkumulátor, illetve akkumulátor részegység gyártás környezetvédelmi hatósági engedélyezésének környezetvédelmi alapkövetelményei - Szakmai segédlet környezetvédelmi szakértők, illetve hatósági eljárási szereplők részére |
| 113. | TOKODY Dániel Dr., SCHOTTNER Károly, HADDAD Richárd, ADY László, ÁGOSTON Gergő, DRABIK Gergő, HAN Xiaoping, CSAPÓ Dániel, SZÚCS Marcell, FELHŐS Dávid Dr. | Napelemes rendszerekkel együttműködő energiatárolók létesítése |
| 114. | GYIMESI András Dr., BOHÁCS Gábor Dr., SÜLLE Miklós, GÓDOR Balázs | Építőgépész mesteriskola tantárgyi felépítés és a hozzá kapcsolódó tematika kidolgozása |
| 115. | BOROS János | Az atomerőművi rendszerek és rendszerelemek tervezésénél figyelembe vett elvek összefoglalása |