

PENETRON®

INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

**A Penetron® integrált vízzáró rendszer előnyei,
különös tekintettel
a Penetron Admix tulajdonságaira**



www.penetron.hu

PENETRON®
A BETON INTEGRÁLT HAJSZÁLERES VÍZZÁRÓ RENDSZERE

Tartalom

1. Bevezetés	4
2. A beton hídpályák impregnálásával kapcsolatos problémák	4
2.1. Korrózió	5
2.2. Karbonizáció	6
2.3. Repedés	6
2.3.1. Képlékeny zsugorodási repedés	6
2.3.2. Száradási zsugorodás	7
2.3.3. Hőmérséklet okozta repedések	7
2.3.4 D-repedés	7
2.4. Alkáli-kovavasav reakció (ASR)	8
2.5. A fagyási-olvadási ciklusok okozta károsodás	9
2.6. A beton károsodása a vegyszerek hatására	10
2.7. Szulfáthatás	10
2.8. Tengeri környezetben használt betonhidak	11
3. Impregnálás a Penetron Admix-szel	11
3.1. Működési elv	11
3.2. A Penetron Admix tulajdonságai és előnyei	12
3.2.1. Állandó védelem a betonnak	12
3.2.2. Öngyógyító beton	13
3.2.3. A betonacél korrózióvédelme Penetron Admix-szel	15
3.2.4. Védelem a klorid beszivárgása ellen	16
3.2.5. Védelem a karbonizációval szemben	18
3.2.6. A Penetron repedéskitöltő képessége	18
3.2.7. A nyomószilárdság növekedése	20
3.2.8. Víznyomással szembeni ellenállás	21
3.2.9. Vegyszerállóság	23
3.2.10. Ellenállás a fagyási és olvadási ciklusokkal szemben	25
3.2.11. Kompatibilitás a gyakran alkalmazott betonkeverékekkel (Penetron Admix)	26
3.2.12. Az alkáli-kovavasav reakció (ASR) megelőzése	26
3.2.13. Korlátozások	26
4. Az előnyök áttekintése	28
5.1 A Penetron és a hidrofób pórustömítők összehasonlítása	31
6. Alkalmazási utasítások – Penetron Admix	32
6.1 Ismertető	32
6.2 Adagolási arány	32
6.3 Keverés	32
6.3.1 Keverőüzemben, szárazon keverve	32
6.3.2 Keverőüzemben, központi keveréssel	32
6.3.3 Előregyártott elemeket előállító keverőüzemben	33
6.3.4. Műszaki szaktanácsadás	34
6.4. Kötési idő és szilárdság	34
6.5. Korlátozások	34
7. Alkalmazási utasítások - Penetron	34
7.1. Ismertető	34
7.2. Kiadósság	34
7.2.1. Betonlapok	34
7.2.2. Munkahézagok	35
7.2.3. Aljzatbeton	35

7.3. A felület előkészítése	35
7.4. Keverés.....	35
7.5. Alkalmazás	35
7.5.1. Pépes állag esetén.....	35
7.5.2. Száraz por állag esetén (kizárólag vízszintes felületen).....	35
7.6. Utókezelés	35
8. Alkalmazási utasítások – Penetron Plus	36
8.1. Ismertető.....	36
8.2. Kiadósság	36
8.3. Alkalmazási eljárások	36
8.4. Értelés.....	37
8.5. Műszaki szolgáltatások	37
9. Kapcsolattartás és jogi nyilatkozat	37

Magyarországi képviselő:

CHEM-BETON 2000 KFT

8628 Nagycsepely Jónás major 1.

Tel.&Fax:+36 30 700 8522 & +36 84 367 594

E-mail:jonas@penetron.hu

www.penetron.hu; www.penetron.com



1. Bevezetés

A Penetron integrált hajszálcsöves vízzáró rendszert több mint három évtizede alkalmazzák a betonszerkezetek hatékony vízzárására és védelmére a világ minden táján. Ebben a dokumentumban ismertetjük a vízzel érintkező és különféle időjárási körülményeknek kitett betonnal kapcsolatban felmerülő leggyakoribb problémákat.

A leírás további részében bemutatjuk, hogyan lehet ezeket a problémákat megelőzni a beton tartósságát növelő és a szerkezetek hatékony védelmét lehetővé tevő Penetron® integrált hajszálcsöves impregnáló rendszerrel.

2. A beton impregnálásával kapcsolatos problémák

A beton a leggyakrabban alkalmazott mesterséges építőanyag a világon. Viszonylag jól ellenáll a víznek, és a szerkezeti betonelemek alakja és mérete elég könnyen alakítható. Tartóssága ellenére a beton (még a csúcsminőségű beton is) porózus anyag. A hidratálási fázisban elpárolgó felesleges víz helyén több milliónyi pórus és hajszálcső keletkezik a betonban. A határfelületi zóna (a betonnak az a része, amely a hidratált cementpép és a nagy töltőanyag-darabok között található) különösen hajlamos a zsugorodás, a hőmérsékleti hatások és a külső terhelések okozta repedésre a beton kötési fázisában. Ezek a határfelületi zónában található mikrorepedések általában nagyobbak a betonban lévő hajszálcsövek többségénél. A pórusok és a mikrorepedések fokozzák a betonmátrix porozitását (különösen akkor, ha összeérnek a betonban), és lehetővé teszik a levegő és a víz bejutását a megkötött betonba. A betonacél korrózióján kívül a vízben lévő sók és vegyszerek tovább károsítják a betont, és hozzájárulnak a beton szilárdságának csökkentéséhez, ezáltal jelentősen rontják az anyag tartósságát.

A víz (tengervíz, talajvíz, folyóvíz, tóvíz, hó, jég és pára) elsőrendű szerepet tölt be a beton létrehozásában – ugyanakkor a tönkremenetelében is, hiszen csaknem valamennyi betonhiba összefüggésbe hozható a vízzel. A helyszíni tapasztalatok szerint a beton tönkremenetelének okai (csökkenő fontossági sorrendben) a betonacél korróziója, a fagyási-olvadási ciklusok, az alkáli-kovasav reakció és a vegyszerek maró hatása.

Mind a négy ok mögött a betonba kerülő vagy ott lévő víz által okozott tágulások és repedések állnak.

A beton porozitása és repedése által okozott problémák még erősebben jelentkeznek a folyamatosan különböző terheléseknek, feszültségváltozásoknak és tektonikus vagy szeizmikus hatásoknak vannak kitéve – mint például a betonhidak.

A következő fejezetben áttekintjük a beton tönkremenetelének legfőbb okait:

2.1. Korrózió

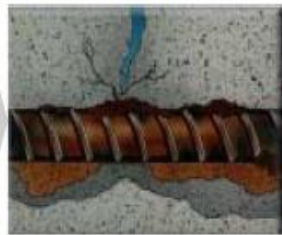
A beton meghiúsodásának legfőbb oka a betonacél korróziója, különösen akkor, ha a beton víz közelében vagy vízben található. Az acél korróziója egy elektrokémiai folyamat, amelynek során a fémes vas rozsdává alakul át, térfogat-növekedés kíséretében (ami bizonyos esetekben – az oxidáció állapotától függően – elérheti az eredeti acél méretének 600%-át is). A betonacél expanziója a beton tágulásához vezet, ami repedést majd lepattogzást okoz, és végül a teljes betonfedés megszűnését eredményezi. A folyamat végeredményeként meggyengül a szerkezet szilárdsága, ami az adott elem tönkremeneteléhez vezet.

A korrózió akkor is bekövetkezhet, ha két eltérő fém (pl. acélt és alumíniumot) ágyaznak a betonba, mivel mindegyik fém saját elektrokémiai potenciállal rendelkezik. A beton ilyenkor tulajdonképpen egy szárazelemként viselkedik. Amikor a fémek egy elektrolitban érintkezésbe kerülnek egymással, megindul a kevésbé aktív fém korróziója.

Ha csak egyféle acél van a betonban, a korróziót az oldott ionok (pl. lúgok és kloridok) eltérő koncentrációja is beindíthatja. Ezek az ionok a pórusokon és a mikrorepedéseken keresztül beszivárgó vízzel jutnak be a betonba.



Betonvas. A kloridionok és a lúgok a víz segítségével a repedéseken és a pórusokon keresztül bejutnak a betonba, és elérik a betonacélt.



A kloridok csökkentik a beton pH értékét (lúgosságát), és tönkreteszik a betonvas védőrétegét. Ez a betonvas tágulásához és további repedéshez vezet.



Az egyre erősebb korrózió lepattogzáshoz és további repedéshez vezet, növeli a beton átteresztő képességét, csökkenti a szilárdságát, és végül a szerkezet tönkremenetelét okozza.



Példa a korrózió okozta károsodásra

1. Ábra: A korrózió fázisai

A hidratált portland cement a lúgos kémhatás (12 feletti pH) fenntartása érdekében a pórusfolyadékban lúgot és megfelelő mennyiségű szilárd kalcium-hidroxidot tartalmaz. Lúgos (11,5-nél magasabb pH értékű) környezetben a normál acél és vas felszínén egy vékony, áthatolhatatlan és erősen tapadó vasoxid filmréteg jön létre, amely megvédi a fémeket a korróziótól. Mihelyst azonban a lúgok és a kalcium-hidroxid nagy része karbonizálódik vagy kilúgozódik, a vasat körülvevő beton pH értéke 11,5 alá csökken, ami megszünteti az acél passzivitását, és lehetővé teszi a korróziós folyamat elindulását.

A passzíváló filmréteg a kloridionok jelenlétében még 11,5-nél nagyobb pH esetén is megsemmisül. A klór elsősorban adalékanyagok, sóval szennyezett töltőanyagok, fagymentesítő sóoldatok és tengervíz útján jut be a betonba.

2.2. Karbonizáció

Karbonizáció akkor következik be, amikor a levegőben lévő szén-dioxid beszivárog a betonba, ahol a hidroxidokkal (pl. a kalcium-hidroxiddal) reakcióba lépve karbonátokat hoz létre.

Ez a reakció 8,5-re csökkenti a pórusfolyadék pH értékét, melynek következtében a betonacél passzív vasoxid-filmrétege elveszti stabilitását, és megindul a korrózió.

A karbonizáció erősen függ a beton relatív nedvességtartalmától. A legnagyobb mértékű karbonizáció 50 és 75% közötti relatív nedvességtartalom mellett következik be. 25%-os relatív nedvességtartalom alatt a karbonizáció mértéke elhanyagolható, 75%-os relatív nedvességtartalom felett pedig a pórusokban lévő nedvesség megakadályozza a CO₂ beszivárgását. A karbonizáció okozta korrózió rendszerint az olyan, esőnek kitett, tartósan árnyékos épülethomlokzatokon következik be, ahol a betonacél kevés fedéssel rendelkezik.

A beton karbonizációja ugyanakkor csökkenti a korróziót elősegítő kloridionok mennyiségét. A 12-13 közötti pH értékű friss betonban kb. 7000-8000 ppm klorid szükséges a betonacél korróziójának megindulásához. Ha azonban a pH 10-11 közé esik, a korrózió kloridküszöbe is jelentősen csökken: 100 ppm vagy annál is kevesebb klorid is elég a korrózió beindulásához. A kloridionokhoz hasonlóan a karbonizáció is tönkreteszi a betonacél passzív filmréteget, ugyanakkor nem befolyásolja a korrózió sebességét.

2.3. Repedés

A repedések általában növelik a beton porozitását, és lehetővé teszik a víz, és a vízben lévő sók és vegyszerek bejutását a betonba, ezáltal felgyorsítják a korróziót. A beton repedésének számos oka lehet. Ebben a dokumentumban csak a betonszerkezeteknél előforduló leggyakoribb repedéstípusokkal foglalkozunk.

2.3.1. Képlékeny zsugorodási repedés

A képlékeny zsugorodási repedés meg nem kötött beton felületének gyors vízvesztesége miatt alakul ki. Erre akkor kerül sor, amikor a friss beton felületén lévő nedvesség párolgási sebessége nagyobb annál, mint amennyit a virágzás következtében a felszínre kerülő víz pótolni tud. A gyenge, képlékeny betonban a száradó felületi réteg alatti beton visszatartó hatása miatt húzófeszültségek alakulnak ki. A képlékeny zsugorodási repedések általában nem túl mélyek, és nem érintik a betonelem kerületét. Ugyanakkor – mint minden repedés – lehetővé teszik a víz és a vegyszerek bejutását a beton szerkezetébe, és emiatt kiindulópontjai lehetnek a beton tönkremenetelének.

2.3.2. Száradási zsugorodás

Mivel csaknem minden betonkeverék több vizet tartalmaz, mint amennyi a cement hidratálásához szükséges, a felesleges vízmennyiség elpárolog, ami a beton zsugorodását okozza. Ha az alépítmény, a betonvas, vagy a szerkezet valamely része korlátozza a zsugorodást, húzófeszültség alakul ki a megkötött betonban. A száradási zsugorodás korlátozása a leggyakoribb oka a betonban keletkező repedéseknek.

2.3.3. Hőmérséklet okozta repedések

A hőmérséklet okozta repedés akkor keletkezik, ha túlzott hőmérséklet-különbség lép fel a betonszerkezeten belül és annak környékén. Ez a hőmérséklet-különbség a beton hidegebb részét a melegebb rész felé húzza, ami akadályozza a beton összehúzódását. Ha a korlátozás következtében kialakuló húzófeszültség nagysága meghaladja a lerakott beton szakítószilárdságát, hőmérsékleti repedések alakulnak ki. Bizonyos klimatikus feltételek között a hőmérsékleti repedések a légköri hőmérséklet eltérései miatt is kialakulhatnak. A nappali magas hőmérséklet a beton felmelegedését és kitágulását okozza. Éjszaka, amikor a levegő jelentősen lehűl, a betonmassza összehúzódik, ez pedig repedéshez vezet. A hőingadozás miatti tágulás-összehúzódás okozta repedések az idő múlásával egyre szélesebbek lesznek.

2.3.4 D-repedés

A D-repedés a fagyási-olvadási ciklus okozta károsodás egyik formája, és általában betonjárdákon (többnyire az illesztések mentén) figyelhető meg. A betonalapban összegyűlő víz átítatja a töltőanyagot. A fagyási-olvadási ciklusok megjelenésekor a töltőanyag megreped, ami megrepeszti magát a betont is. Ez a folyamat rendszerint a betonlemez alsó részén indul, és folyamatosan halad a betonfelszín felé.



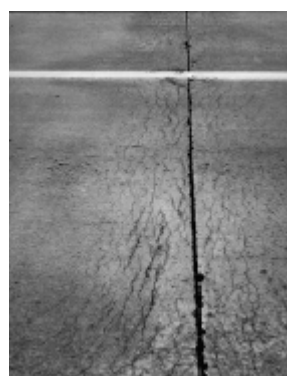
2. Ábra: Példa a képlékeny zsugorodási repedésre



3. Ábra: Példa a száradási zsugorodási repedésre



4. Ábra: Példa a nagy hőmérséklet ingadozás okozta repedésre

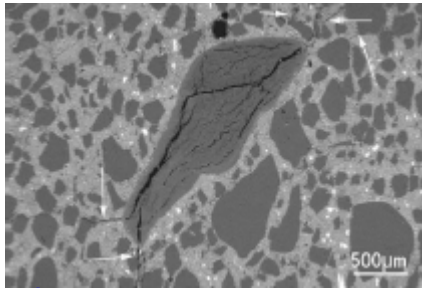


5. Ábra: Példa a D-repedésre

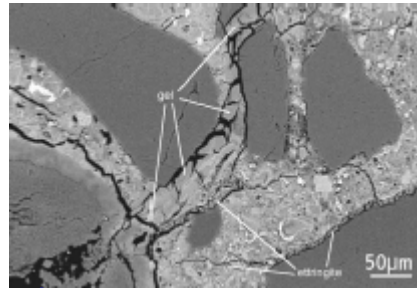
2.4. Alkáli-kovasav reakció (ASR)

Az alkáli- kovasav reakció (ASR) az alkáli-töltőanyag reakció (AAR) leggyakoribb formája (a kevésbé gyakori alkáli-karbonát reakció mellett), amely jelentős tágulást és repedéseket okozhat a betonban, ezáltal hozzájárul a komoly szerkezeti problémák kialakulásához és – néha – a beton tönkremeneteléhez. Az ASR-t a betonban lévő lúgos cement pórufolyadék hidroxil-ionjai és a töltőanyagban található reakcióképes kovasav (pl. csert, kvarcit, opál, szitált kvarckristályok) között létrejövő reakció indítja be. A folyamat során gél képződik, amelynek térfogata a víz felvétele miatt megnő, ezáltal nyomóerőt fejt ki a betonra, és annak tönkremenetelét okozza. Ez a gél a repedésekben, sőt a töltőanyag-részecskékben is megjelenik. Az ASR kialakulásának feltétele a cement kellően magas lúgtartalma (vagy más forrásból származó lúg), a reakcióképes töltőanyag (pl. csert vagy kvarcit) jelenléte, és a víz. Ha a betonban nincs víz, az ASR reakció nem indul el, ugyanis az alkáli-kovasav gél kialakulásához víz szükséges.

Az ASR megelőzésének leghatékonyabb módja a reakcióra képtelen töltőanyagok alkalmazása, ám ez nem mindig lehetséges. Ebben az esetben a betonkeverék tervezőjének ismernie kell a betonban felhasznált anyagok Na_2O -egyenértékét (%-ban). Ez azért fontos, mert a Na_2O -egyenérték értéke nem haladhatja meg a m^3 -enként megengedett mértéket (ami általában $3,5 \text{ kg/m}^3$).



6. Ábra: Csirt töltőanyag-részecske pásztázó elektronmikroszkópos képe, az ASR reakció miatt létrejött belső repedésekkel, amelyek továbbterjedtek a repedés körüli cementpépbe.



7. Ábra: Töltőanyag nagyított képe, amelyen jól látható a beton repedéseibe benyomult alkáli-kovász zselé. Néhány repedésben ettringit (cementbacillus) is látható.



8. Ábra: Példa az ASR reakció okozta károsodásra

2.5. A fagyási-olvadási ciklusok okozta károsodás

Hideg éghajlatú területeken a betonburkolatok, támfalak, hídpályák és korlátok javítását és karbantartását leggyakrabban a fagyási-olvadási ciklusok miatt bekövetkező károsodások teszik szükségessé. A vízmolekulák rendkívül kis méretüknek köszönhetően a beton legkisebb pórusaiba és hajszálcsöveibe is képesek beszivárogni. A hajszálcső-rendszerbe került víz a fagyás után kitér, és a keletkező hidraulikus nyomás kitéríti a beton pórusát vagy üregét. Ez a nyomás lassan (több cikluson keresztül) kiszélesíti a pórusokat és a hajszálereket. Amikor a pórusokban lévő víz újra felolvad, még mélyebben beszivárog a betonba, majd újra megfagy, és a folyamat tovább folytatódik. A fagyási-olvadási ciklusok a cementpép progresszív tágulása miatt többnyire a beton repedését vagy lepedését okozzák. A fagyási-olvadási hatást radikálisan fokozza az útszóró só jelenléte, amely a betonfelület teljes lepedését eredményezi. A beton lepedése és repedése következtében bejutó víz és klór a betonacél korrózióját okozza.



9. Ábra: Példa az útfelületek és híd pályák fagyási-olvadási ciklus okozta károsodására

2.6. A beton károsodása a vegyszerek hatására

A megfelelően hidratált cementpép nagyon lúgos (12,5-13,5 közötti pH értékű) közeget biztosít a betonban. A savas környezet és a beton érintkezése megzavarja ezt a lúgos közeget, és csökken a pH szint. A beton tönkremenetelének sebessége a vegyszer savasságától függően alakul. A vegyi hatásnak kitett betonban nő a porozitás, az áteresztő képesség, emiatt repedések, lepattogzások fordulnak elő, ami végső soron a szilárdság csökkenéséhez vezet. A fizikai károsodás és a folyamatos vegyi hatás kombinációja felgyorsítja a beton tönkremenetelét.

A vegyi hatások közé tartozik a savas oldatokkal való érintkezés, amelyek oldható kalcium sókat, oldhatatlan és nem expanszív kalcium sókat hoznak létre. A következő fejezetben az olyan vegyi hatásokkal foglalkozunk, amelyek expanszív termékeket hoznak létre. Ide tartozik a szulfátok hatása, a késleltetett ettringit képződés, az alkáli-töltőanyag reakció (AAR) és a korrózió.



10. Ábra: Példa a vegyszerek hatása által okozott betonkárosodásra

2.7. Szulfáthatás

A szulfátok a beton tágulását és repedését okozhatják, vagy a nyomószilárdság fokozatos csökkenését eredményezhetik.

A repedés és a lepattogzás fokozza a beton áteresztő képességét, ezáltal lehetővé teszi az agresszív és korróziót okozó (talaj)víz mélyebb beszivárgását, ami felgyorsítja a beton tönkremenetelét. Ezt a folyamatot külső szulfáthatásnak nevezzük.

A beton meggyengülését az is okozhatja, hogy a cementpép leválik a töltőanyagról (mint pl. a késleltetett ettringit képződés, más néven DEF esetén). Ezt a folyamatot belső szulfáthatásnak nevezzük, mert a betonban lévő szulfátionok vesznek részt benne (pl. a cement szokatlanul magas szulfáttartalma miatt). A DEF során a töltőanyag körül ettringit jön létre, ami tágulást okoz, ezáltal pedig repedés alakul ki a cementpépben és a töltőanyag-cement határfelületen. A DEF a beton késői életszakaszában jelenik meg, amikor az ettringit lebomlása miatt kibocsátott szulfátionokat felszívja a kalcium-szilikát hidrát. Amikor a szulfátionok deszorbeálódnak, az újra létrejövő ettringit miatt tágulás megy végbe, ami repedéshez vezet.

2.8. Tengeri környezetben használt betonhidak

A tengeri környezetben a beton számos károsító hatásnak van kitéve. Ezek között első helyen áll a tengervíz és a beton közötti vegyi reakció, a sók és kloridok bejutása a nedvesítés/száradás során, a fagyási-olvadási ciklusok (hideg éghajlat esetén), a betonacél korróziója, és a hullámzás okozta fizikai erózió. A hatások keveredése miatt a tengeri környezetben használt betonszerkezetek nagyobb kockázatnak vannak kitéve, ezért különös odafigyelést igényel a tartósságuk biztosítása.

3. Impregnálás a Penetron Admix-szel

A Penetron Admix egy harmadik generációs, kristályos, betonjavító keverék, amely tökéletes megoldást kínál a betonszerkezetek impregnálására. Az első és második generációs keverékekkel ellentétben ez az anyag nem csökkenti a beton nyomószilárdságát és nem késlelteti a kötési időt.

A Penetron Admix a mai építőiparban alkalmazott bármilyen betonkeverékhez használható. A jelenlegi ismeretek szerint bármilyen bedolgozás-javító keverékkel (pl. kötés-késleltetővel vagy szuperplasztifikátorokkal) együtt alkalmazható, és a kezelendő beton víz/cement arányára sem vonatkozik semmilyen korlátozás. Az akár 0,8%-os (cement tömegére vetített) arányban adagolható Penetron Admix egyike a leghatékonyabb és leggazdaságosabb impregnáló anyagoknak: összetételének hatékonyságát számos laboratóriumi vizsgálat és világszerte számtalan projekt igazolja.

A nem mérgező Penetron Admix ivóvízzel érintkező projekteknél is használható (rendelkezik az NSF 61 számú Európai Környezetvédelmi Engedéllyel). A Penetron Admix nem tartalmaz illékony szerves összetevőket (VOC), és LEED tanúsítási pontokat igénylő „zöld” projekteknél is alkalmazható.

A betonhoz adagolt Penetron Admix a betonban lévő hidratálatlan cementrészecskék katalizátoraként segíti a hidratálási folyamatot. Ez már a cementreakció korai fázisaiban megtörténik, ezáltal elősegíti a belső szilárdság növekedését - ami bizonyos mértékig kompenzálja a zsugorodási repedések kialakulását - valamint növeli a beton nyomószilárdságát. Ezzel egyidejűleg a friss beton hosszabb ideig bedolgozható marad.

3.1. Működési elv

A Penetron Admixet a keverés időpontjában kell a betonhoz adagolni 0,8-1 tömeg % közötti arányban (a Penetron Admix a betonkeverő járműbe is adagolható, a beton kiöntése előtt). A Penetron Admix aktiváló vegyszerei reakcióba lépnek a betonban lévő vízzel, kalcium-hidroxiddal, alumíniummal és egyéb fém-oxidokkal, és oldhatatlan kristályokból álló hálót hoznak létre. Ezek a kristályok a beton teljes élettartama során tömítik az összes meglévő (maximum 0,4 mm-es) hajszálcsövet, mikrorepedést és üreget. A kialakult kristályok megakadályozzák a víz, a vízben lévő sók és a vegyszerek betonba történő bejutását és áthatolását, ezáltal tartós védelmet nyújtanak a betonnak. A kristályok ugyanakkor átengedik a levegőt, így a beton lélegzése biztosított, ezáltal a gőznyomás kialakulása elkerülhető.

A Penetron Admix tehát javítja a beton tulajdonságait, növeli nyomószilárdságát és csökkenti a zsugorodási repedéseket.

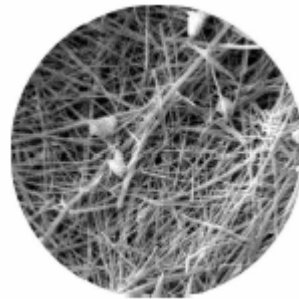
A Penetron Admix ráadásul „öngyógyítóvá” teszi a betont. Nedvesség hiányában az aktiváló vegyszerek akár évekig rejtve maradnak a betonban, ám a nedvesség megjelenésekor a Penetron Admix összetevői aktiválódnak, melynek eredményeként a kémiai reakció automatikusan beindul, és a képződő kristályok gyakorlatilag „önmaguktól begyógyítják” az új repedést, ezáltal tökéletesen tömítik a beton felületét.



3.2. A Penetron Admix tulajdonságai és előnyei

3.2.1. Állandó védelem a betonnak

A Penetron Admix állandó védelmet nyújt. Oldhatatlan kristályokat képez a beton (maximum 0,4 mm-es) hajsálcsőveiben, mikrorepedéseiben és pórusaiban, ezáltal a beton szerves részévé válik. A betonmátrixban kialakult kristályok a beton teljes élettartama során az anyagban maradnak, ezáltal megakadályozzák a víz bejutását. A membránokkal és a cementszerű bevonatokkal ellentétben a Penetronnal kezelt beton a felület sérülése esetén is megőrzi impregnáló tulajdonságát és védelmét. A Penetron Admixet nem szükséges újra felvinni.

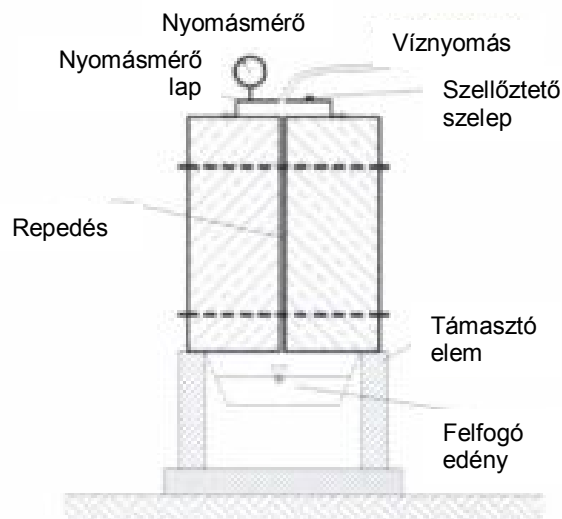


12. Ábra: A Penetron kristályok pásztázó elektronmikroszkópos képe

3.2.2. Öngyógyító beton

A Penetron Admix egy olyan aktív impregnáló keverék, amely öngyógyító tulajdonságot biztosít a betonnak. A hidrofil tulajdonságokkal rendelkező Penetron Admix a nedvességgel reakcióba lépve kristályokat hoz létre a beton repedéseiben és üregeiben. Ha friss víz jelenik meg a betonszerkezet új repedéseiben (akár évekkel a betonozás után) a Penetron Admix kémiai reakciója beindul: a létrejövő kristályok véglegesen eltömítik az új repedéseket.

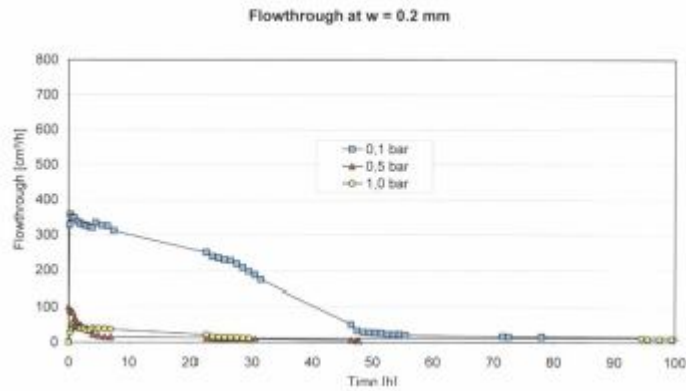
A lipcsei MFPA intézetben végzett vizsgálat¹ során megvizsgálták a Penetron Admix-szel kezelt beton öngyógyító képességét. Az öngyógyító hatás szimulálására repedéseket tartalmazó betonkockákat készítettek úgy, hogy az új, Admix-szel kezelt betont a már érlelt betonra helyezték. Érlelés után a két fél kockát ékkel szétfeszítették, és 0,2 mm-es és 0,25 mm-es hézagokat hoztak létre. Mindkét hézagba 0,1 bar (1 m vízoszlopnak megfelelő) nyomással vizet juttattak, és megmérték a víz áramlását a hézagon keresztül (lásd: 13. Ábra). Megfigyelték, hogy a hézagokon átjutó vízárám az idő során folyamatosan csökkent. Amikor a vízárám értéke elérte az 5 m³/órát, a nyomást 0,5 bár-ra emelték, és ismét megmérték a hézagon átjutó víz mennyiségét. Miután a vízárám értéke 5 m³/óra alá csökkent, a nyomást 1 bár-ra növelték. Mindkét esetben a hézagok tömítettségét tapasztalták.



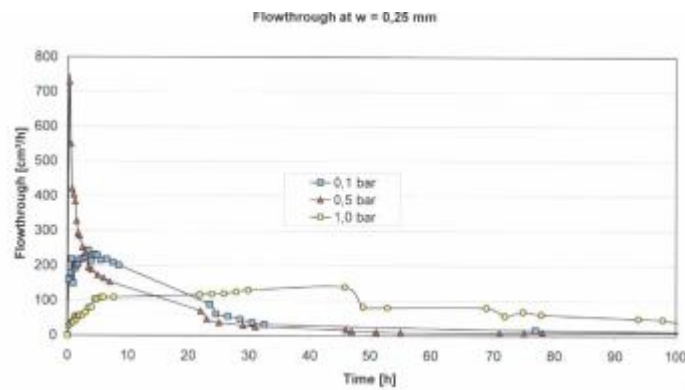
13. Ábra: Vizsgálati elrendezés, MFPA Lipcse, Németország, 2006

¹ MFPA Leipzig GmbH, Németország – Szerkezettani Tanszék: "Alkalmazástechnikai vizsgálatok betonmintákon a Penetron Admix tömítőanyag használatával és anélkül (2007. május 31.)"

A következő grafikonokon a repedéseken átjutó vízáram látható különböző víznyomás mellett (0,1 bar, 0,5 bar, 1,0 bar).



14. Ábra: Vízáramlás a 0,2 mm-es repedésen 0,1, 0,5 és 1,0 bar víznyomás mellett



14. Ábra: Vízáramlás a 0,25 mm-es repedésen 0,1, 0,5 és 1,0 bar víznyomás mellett

A Penetron Admix-szel kezelt beton öngyógyító tulajdonsága megakadályozza a víz, a vegyszerek és egyéb korrozív anyagok bejutását a betonba a szerkezet késői életciklusában létrejövő repedéseken keresztül is.

3.2.3. A betonacél korrózióvédelme Penetron Admix-szel

A Penetron Admix oldhatatlan kristályok segítségével tömíti a beton hajszálcsöveit, pórusait és mikrorepedéseit, ezáltal csökkenti a beton áteresztő képességét, és megakadályozza a víz és a korrozív vegyszerek bejutását a beton szerkezetébe. A vízben lévő sók, kloridok és egyéb vegyszerek nem tudják elérni a betonacélt, és nem bontják meg a beton lúgos környezetét és a betonvas körüli védő bevonatot, így a korrózió nem indul meg.

A neves ENCO laboratórium által elvégzett vizsgálat² egyértelműen bizonyítja, hogy a kontrollmintához képest jelentősen csökkent a Penetron Admix-szel kezelt beton áteresztő képessége.

A vizsgálat második sorozatában 1% Penetron Admix tartalmú betonmintákat 10 napon keresztül vízben érleltek. Ezután a mintákat 9 bar víznyomásnak tették ki (a 0,65-ös víz/cement arányú mintákat 10 napig, a 0,43 víz/cement arányú mintákat 20 napig). A mintákat ezután további 10-20 napig vízbe helyezték, majd elkezdték a vízáteresztő vizsgálatot 5 bar víznyomás mellett.

A Penetron Admix-szel kezelt minták (víz/cement=0,65) a kontrollmintákhoz képest sokkal kedvezőbb vízáteresztő képességet mutattak. A részletes eredmények az alábbi táblázatban láthatók.

² A Penetron Admix és Penetron adalékok hatékonyságának vizsgálata porózus és repedt betonban (második vizsgálati sorozat); ENCO Laboratory, Olaszország, 2006

A) Rc és vízáteresztő-képesség mérési sorozatok 50 napig vízben érlelt vizsgálati kockákon, légköri nyomáson

Mix no.	w/c	Cement	Additive	Permeability H2O UNI EN 12390/8 (max/mean mm)			ΔP_{mean} %	R_c (N/mm ²)	ΔR_c %
				Test pc1	Test pc 2	Mean			
595	0.65	CEM III/A-LL 32.5R Barbetti	Control	>100	>100	>100	\	18.2	\
600			1% Admix	55/25	50/22	53/24	-76	24.0	31.9
598	0.43	CEM IV/A 42.5R Holcim	Control	36/12	38/14	37/13	\	58.4	\
601			1% Admix	11/11	11/10	11/11	-15	63.2	8.3

B) Rc és vízáteresztő-képesség mérési sorozatok 10 napig vízben érlelt vizsgálati kockákon, amelyeket érlelés után 9 bar víznyomásnak tettek ki (kb. 10 napig a 0,65 illetve 20 napig a 0,45 víz/cement arány esetén), majd ismét 10-20 napra vízbe helyeztek, végül elvégezték az Rc és vízáteresztő-képességi vizsgálatokat 5 bar nyomáson

Mix no.	w/c	Cement	Additive	Permeability H2O UNI EN 12390/8 (max/mean mm)			ΔP_{mean} %	R_c (N/mm ²)	ΔR_c %
				Test pc1	Test pc 2	Mean			
595	0.65	CEM III/A-LL 32.5R Barbetti	Control	>100	>100	>100	\	17.9	\
600			1% Admix	45/20	48//23	47/22	-78	24.4	36.3
598	0.43	CEM IV/A 42.5R Holcim	Control	25/10	23/8	24/9	\	59.9	\
601			1% Admix	10/5	11/4	11/5	-44	63.4	5.8

Rc és vízáteresztő-képesség mérési sorozatok 10 napig vízben érlelt vizsgálati kockákon, amelyeket érlelés után megrepszerttek, majd 40-50 napra újra vízbe helyeztek, végül elvégezték az Rc és vízáteresztő-képességi vizsgálatokat 5 bar nyomáson: VF

16. Ábra: A Penetron Admix-szel kezelt beton vízáteresztő képessége a kontrollmintához képest (ENCO, 2006)

A Penetron hatásosan elszigeteli a betonacélt a külső környezettől, és 11 körüli lúgos pH értékének köszönhetően megakadályozza az acél korrózióját. Ráadásul az oldható lúgos sók víz által történő kilúgozásának megakadályozásával és a betonmátrix sűrítésével (ezáltal a CO₂-gáz diffúzió csökkentésével) a Penetron elősegíti betonacél védelméhez szükséges lúgos közeg fenntartását.

3.2.4. Védelem a klorid beszivárgása ellen

A klorid a betonban végbemenő korrózió legfontosabb tényezője, amely főként a hajszálcső-rendszeren át jut be a betonba.

Független vizsgálatok megmutatták, hogy a Penetron Admix rendkívül alacsony klórtartalommal rendelkezik (<0,10% töltőanyag³), és impregnáló hatásai nem kapcsolódnak a kloridokhoz. A Penetronnal kezelt beton ellenáll a 3 és 11 közötti pH-jú savas és a lúgos körülményeknek⁴.

³ A PENETRON ADMIX betonadalek elektrokémiai elemzése a DIN V 18998 [1] szabvány szerint, MFPA Stuttgart, Németország, 2008

⁴ A Penetron impregnáló anyagok vegyszerállóságának vizsgálata; Shimel and Sor Testing Laboratories Inc., Report No. 93-3981, 1993

Nemzetközi vizsgálatok bebizonyították, hogy a Penetron Admix-szel kezelt betonban jelentősen csökkent a kloridionok beszivárgása. A 2005-ben elvégzett AASHTO-T-277 szerinti vizsgálatban⁵ a Penetron Admix-szel kezelt betonban több mint 80%-kal csökkent a klorid penetrációja a kontrollmintához képest.

Gyors klorid áteresztő képesség

Betonkeverék azonosító	Átmenő töltés (Coulomb)	Klorid áteresztőképesség
1. Kontrollminta	4130	Magas
2. Penetronnal kezelt minta	750	Nagyon alacsony

- A vizsgálati eredmények duplikált minták átlagából származnak.
- Az eredmények_AASHTO-T-277 szerinti értelmezését lásd a függelékben.

17. Ábra: A Penetron Admix klorid-áteresztő képessége (AASHTO-T-277: Shimel and Sor, USA, 2005)

Egy másik vizsgálatban⁶ a Penetron Admix-szel kezelt beton gyors kloridpenetrációját (RCPT) vizsgálták az ASTM C1202 szabvány szerint. Az alábbi eredmények egyértelműen bizonyítják, hogy a Penetron Admix minta kloridpenetrációja több mint 45%-kal csökkent a kontrollmintához képest.

Minta	Áthaladó töltés (Coulomb)
Kontroll	1425,6
Penetron Admix (0,8%)	777,6

18. Ábra: Gyors kloridpenetrációs vizsgálat, Sardar Patel, India, 2009

A fenti vizsgálati eredmények szerint a Penetron jelentősen csökkenti a kloridionok penetrációját, mivel megakadályozza a sóoldatok bejutását, ezáltal megelőzi a kloridionok átjutását a betonszerkezeten (diffúzió).

Az olyan, ciklikus nedvesítésnek és szárításnak kitett szerkezetek (pl. a tengeri szerkezetek, hidak, pillérek, partvédő falak, stb.), ahol a sós közeg közvetlen vagy közvetett érintkezésbe kerül a betonnal, különösen érzékenyek a kloridionok bejutására. A Penetron Admix elősegítik ezeknek a szerkezeteknek a hatékony védelmét a kloridok penetrációjával és a víz bejutásával szemben.



19. Ábra: Penetron Admix-szel kezelt partvédő fal, Portocel, Aracruz, Brazília



20. Ábra: Capri, Miami-öböl, USA. Penetron Admix-szel kezelt alapszerkezet.

⁵ Betonhoz kevert Penetron Admix laboratóriumi vizsgálata, Sor Testing Laboratories, Inc., USA Report No. 05-4070A, 2005

⁶ Kristályos alapú impregnáló termékek teljesítményének vizsgálata; Sardar Patel College of Engineering, Mumbai, India, 2009

3.2.5. Védelem a karbonizációval szemben

A korrózió másik lényeges előidéző tényezője a karbonizáció.

A gyakorlatban a légköri közeg lassan beszivárog a beton felületébe. Ez a karbonizációs folyamat fokozatosan csökkenti a pórusfolyadék pH értékét az érintett területen. Ahol a karbonizáció elegendően mélyen eljut a betonba, és eléri a betonacélt, elindul az acél korróziója.

A karbonizációs folyamat sebessége számos tényezőtől függ, befolyásolja például a beton nedvessége, a kitettség körülményei, a beton minősége és szilárdsága, a tömörség, az érlelés, valamint a betonkeverék víz/cement aránya.

A víz/cement arány különösen fontos: ha 0,45-ről 0,60-ra emelik az arányszámot, a nagyobb porozitás miatt megduplázódik a karbonizáció terjedése. Jó minőségű betonban a karbonizáció sebessége elhanyagolható, míg a rossz minőségű betonban akár 1 mm/év is lehet.

A Penetron a beton porozitásának csökkentésével és a hajszálcsövek szűkítésével radikálisan csökkenti a karbonizációt. Az erősebb és sűrűbb beton megakadályozza a szén-dioxid diffúzióját, és a kristálynövekedés „eltorlaszolja” és feltölti a hajszálcsöveket, ezáltal csökken a betonba jutó gáz mennyisége. A legfrissebb tanulmányok rámutattak arra, hogy a kristálynövekedés ellenére a betonszerkezet lélegzése fennmarad, a szén-dioxid gáz diffúziója 42%-ra csökkent a referenciamintához viszonyítva.

3.2.6. A Penetron repedéskitöltő képessége

A repedés az érlelési folyamat elkerülhetetlen következménye, mely fokozza a beton vízáteresztő képességét. Minél nagyobb a repedés, annál sérülékenyebbé válik a beton a víz és a korróziót okozó anyagok bejutására.

A Penetron hatékonyan tömíti a legfeljebb 0,4 mm-es zsugorodási repedéseket, pórusokat és hajszálcsöveket, ezáltal elzárja az utat a beton belsejébe, megvédi a korróziótól és megelőzi az anyag károsodását. A Penetron termékek - öngyógyító képességüknek köszönhetően – automatikusan kijavítják a később keletkező repedéseket is..



21. Ábra: A repedésben létrejövő Penetron kristályok visszaszórt elektronfelvétele (BEI)⁷



22. Ábra: A Penetron túszerű, megnyúlt alakzatai a repedésekben

A Penetron repedéstömítő képességének szemléltetése érdekében az olaszországi ENCO Laboratórium vizsgálatokat végzett.

A tesztek 10x10x10 cm-es kockákon végezték, 0,55-nél alacsonyabb víz/cement arányú betonnal:

- érlelés 5 napig 20°C-on és >95%-os relatív páratartalom mellett;
- repedés létrehozása ún. közvetett brazil szakítópróbával, majd egy 15x15x15 cm-es tesztkocka készítése nagy teljesítményű, „betoncino” cementből készült előkevert betonból;
- érlelés 5 napig 20°C-on és >95%-os relatív páratartalom mellett;
- csiszolás, majd a repedések tömítése víz/Penetron iszappal: 0,45 kg/m²-es mennyiséggel a repedés mentén, majd 1 kg/m²-es koncentrációban a vízszivárgásnak kitett teljes felület mentén;
- érlelés 2 napig 20°C-on és >95%-os relatív páratartalom mellett, majd 20°C-on, vízben, 60 napig.

A 60 nap elteltével a Penetronnal kezelt, megrepesztett próbatesteket és az ugyanolyan betonból készített, de repedés nélküli referenciamintákat vízhatlansági vizsgálatnak vetették alá az UNI EN 12390-8 szabvány szerint (3 napig, 5 atm. nyomáson).

A vizsgálatok eredményeit az alábbi táblázat mutatja.

⁷ A Changi repülőtér 3. termináljánál található támfalból vett betonmag mikroszkópos elemzése; SETSCO Services Pte Ltd., Szingapúr, 2002

⁸ A Penetron Admix és a Penetron adalékanyagok hatékonyságának vizsgálata porózus és repedt betonban (első vizsgálati sorozat) C) A penetronos kezelés hatása az alacsony porozitású, repedt beton felületén; ENCO Laboratory, Olaszország, 2005

4. Táblázat: A C sorozatú keverékek összetétele és teljesítménye

Mix No.	binder		Gravel* kg/m ³	Fine gravel* kg/m ³	Sand** kg/m ³	Water kg/m ³	Additive			M _v kg/m ³	air %	Slump (cm) at 20°C after:		Comments
	CEM Kg/m ³	Type					type	% in weight	w/c			0°	40°	
586	334	CEM IV/A 42.5R Duracem	\	920	924	180	Premium RM10	0.4	0.54	2360	\	12	\	\

*Canzian Quarry

Mix no.	Compression resistance (N/mm ²) 60 days (with permeability test)	Density (Kg/m ³) 60 days (with permeability test)
601	30.3	2350

Mix no.	Permeability H2O UNI EN 12390/8 on 15x15 test pcs at 60 days			
586 (undamaged not treated)	40/35	45/30	45/30	44/32
586 cracked+Penetron superp.*	55/30	55/30	15/6	41/22

23. Ábra: A Penetronnal kezelt repedt betonminták átérésztési vizsgálatának eredményei

A repesztett minta Penetronos felületkezelése teljes mértékben visszaállította a próbatest vízhatlanságát, sőt, a kezeletlen és sértetlen kontrollmintához képest még javította is a beton teljesítményét.

3.2.7. A nyomószilárdság növekedése

A Penetron (különösen a Penetron Admix) alkalmazásakor a hajszalcsöveket és üregeket oldhatatlan kristályok töltik ki, ezáltal sűrűbb betonmassza érhető el. Ez rendszerint növeli a kezelt beton nyomószilárdságát.

Az ausztráliai New South Wales egyetem vizsgálatai szerint az 1 tömeg %-os koncentrációjú Penetron Admix-szel kezelt minták nyomószilárdsága jelentősen megnőtt a kontrollmintákhoz képest.

Az alábbiakban bemutatjuk az AS 1012.9 ausztrál szabvány szerint végzett vizsgálatsorozat részletes eredményeit.

Beton kora (nap)	Nyomószilárdság (MPa)		A P-keverék és a C-keverék aránya
	P-keverék (Penetron Admix)	C-keverék (kontrollminta)	
3	23,0	16,7	1,37
7	31,4	24,2	1,30
28	42,5	33,2	1,28
91	46,8	38,2	1,22

⁹ A New South Wales egyetem Építőipari Innovációs Központja által végzett vizsgálat: „A Penetron Admix-szel kezelt, GP típusú cementből készített beton tulajdonságai”; ACCI Ref.No. 58324, 2002

A P-keverék nyomószilárdsága 1,22 – 1,37-szerese volt a C kontrollmintának a beton 3-91 napos korában, annak ellenére, hogy a P-keverék roskadása (130 mm) jóval magasabb volt a C-keverékénél (80 mm). Nyilvánvaló, hogy a Penetron Admix használata számottevően javította a beton szilárdságát. A nyomószilárdság növekedése a beton 3-7 napos korában arányosan magasabb volt. A korai szilárdság gyors növekedése azért fontos, mert lehetővé teszi a zsaluzás korai lebontását, és a kivitelezési folyamat felgyorsítását.

A nyomószilárdság növekedése jelentős mértékben függ a beton porozitásától. Porózusabb betonban a nyomószilárdság általában nagyobb mértékben nő, mint a sűrűbb betonkeverékben. Ennek következtében a nyomószilárdság eltérő mértékben változik az egyes betontípusok esetében. A Penetron termékek egyik esetben sem befolyásolják kedvezőtlenül a beton nyomószilárdságát.

3.2.8. Víznyomással szembeni ellenállás

A Penetron termékek hatékonyan tömítik a beton pórusait, hajszálcsöveit és mikrorepedéseit, valamint áthatolhatatlanná teszik a betont a vízzel és a vegyszerek hatásaival szemben. A Penetron védelmet nyújt a szélsőséges körülmények között használt betonszerkezeteknek, és a nagy hidrosztatikai nyomással terhelt betonnak is vízzáró tulajdonságokat biztosít.

Az IPT laboratóriumban (Sao Paulo, Brazília¹⁰) elvégzett vizsgálatokkal elemezték a Penetron Admix-szel kezelt, nyomás alatt lévő, porózus betonminták vízáteresztő képességét (paraméterek: 20MPa, víz/cement=0.54, 1% Penetron Admix a cement tömegéhez képest). A vizsgálatokat az NBR 10.787/94 brazil szabvány szerint végezték.

A betonmintákat az öntés után 28 napig vízben érlelték.

Az egyhetes időszak során az alábbi víznyomás-értékeket alkalmazták:

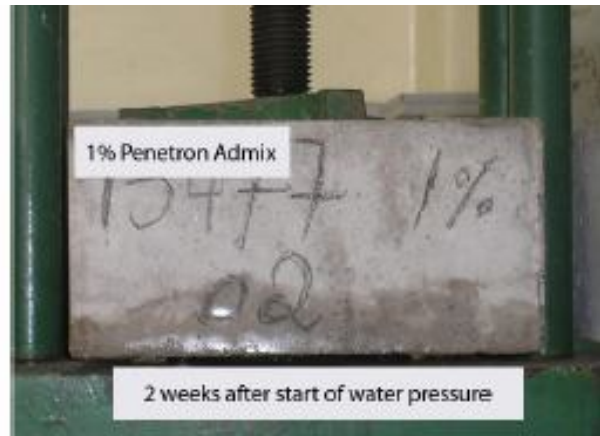
1-2. nap:	0,1 MPa (1 bar)
3. nap:	0,3 MPa (3 bar)
4-7. nap:	0,7 MPa (7 bar)

Az első hét után megvizsgálták a víz behatolását a mintába, amelyet ezután kiszárítottak, és megismételték a vizsgálatot a második, harmadik és negyedik héten. A 7 baros nyomás alkalmazását követő négy hét múlva a Penetron Admix minden mikrorepedést, pórust és kapillárist eltömített, és a víz már nem tudott behatolni a mintába.

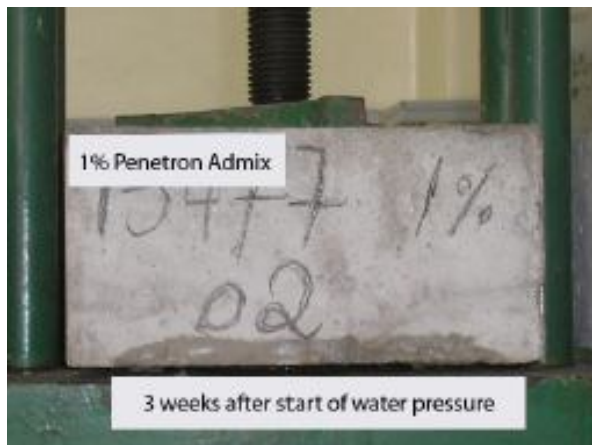
¹⁰ Víz behatolása nyomás alatt; Instituto de Pesquisas Tecnologicas (IPT), Sao Paulo, Brazília, 2007



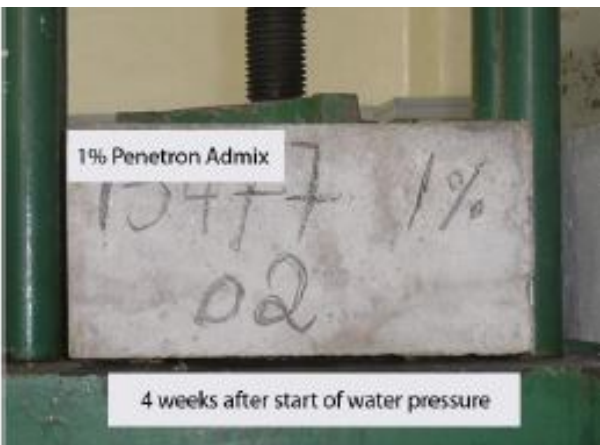
A víznyomás kezdetét követő egy hét elteltével kb. 75%-os penetráció figyelhető meg. Ez azért lehetséges, mert a kristályok még nem fejlődtek ki a mintában. A hajsálcsövekben lévő víz hatására a kristályok tovább növekednek.



Két héttel később, a kristályok képződésével párhuzamosan a víz penetrációja jelentősen csökkent.



A harmadik hét elteltével a víz penetrációja az egy héttel korábbi eredményekhez képest csaknem 50%-kal tovább csökkent.



A víznyomás kezdetét követő negyedik hét után a víz már nem képes behatolni a Penetron Admix-szel kezelt beton hajsálcsöveibe. A kristályok immár teljesen kialakultak, és eltömítették a betont, ami így ellenáll a víz nyomásának.

A fenti vizsgálati eredmények bizonyítják, hogy a Penetron Admix-szel kezelt beton 7 bar hidrosztatikai nyomás alatt is képes volt teljes mértékben kiszáradni. A Bolognai Egyetemen 2005-ben végzett vizsgálatok¹¹ során 20 bar (2000 kPa) nyomásnak tették ki a Penetron Admix-os betonmintákat. A Penetronnal kezelt minta penetrációja a kontrollmintához képest jelentősen csökkent.

¹¹ A víz felszívódásának vizsgálata légtörési nyomáson és túlnyomáson, összesen 42 hengeres betonmintán a bolognai Laboratorio del Consorzio Cave földtani laboratóriumában; Bolognai Egyetem – Földtani, Geológiai és Környezetvédelmi Tanszék, Olaszország, 2005

Víz felszívódása túlnyomás alatt: a táblázatban a víz felszívódásával kapcsolatos vizsgálat eredményei láthatók, mm-ben kifejezve 700 és 2000 kPa nyomás alatt.

MINTA	„B” beton FEHÉR beton		„PA” beton PENETRON ADMIX-szel kezelt beton	
	kPa=700 mm	kPa=2000 mm	kPa=700 mm	kPa=2000 mm
1	13	23	4,5	7,1
2	18	23	4,2	7,5
3	15	22	5,7	8,1
ÁTLAG	15,3	22,7	4,8	7,6

24. Ábra: A Penetron Admix vizsgálati eredményei 20 bar nyomás alatt, Bolognai Egyetem, Olaszország, 2005

A nagy hidrosztatikai nyomással szembeni ellenállásnak köszönhetően a Penetron Admix hatékony megoldást kínál a különféle betonszerkezetek, pl. vízerőmű-gátak, nagy víztartályok, partfalak, alagutak, stb. védelmére.

3.2.9. Vegyszerállóság

A Penetron nem csak hatékonyan impregnálja a betonszerkezeteket, hanem megvédi a betont a különféle (3-11 közötti pH értékű) vegyszerek hatásaival szemben.

Az olaszországi Bolognai Egyetemen¹² a megfelelő vizsgálatok során a Penetron Admix-szel kezelt betonmintákat különféle vegyi oldatok, köztük hidrogén-klorid (HClold), oldott kénsav (H₂SO₄old), a kettő kombinációja, kalcium-klorid (CaCl₂) és nátrium-hidroxid (NaOH) hatásának tették ki.

A 2005. április 4.-én elvégzett vizsgálatok során tíz db. hengeres beton próbatestet két (egyenként 5-5 darabos) adagra osztottak.

Az első adagot („B” beton) fehér betonnak nevezték el, mert ezeket a próbatesteket nem kezelték Penetron Admix-szel.

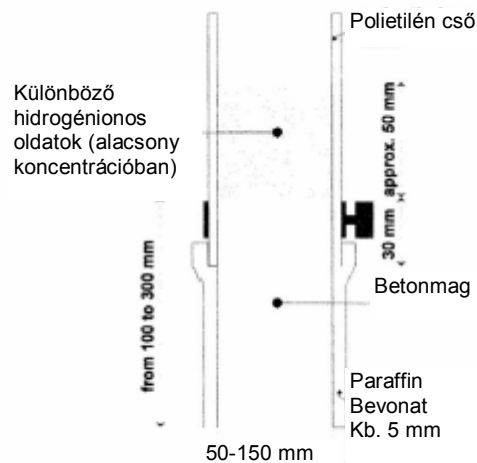
A második adagot („PA” beton) 2 tömeg % Penetron Admix adalékkal kezelték.

A víz/cement arány a vizsgált minták és a kontrollminták esetén egyaránt 0,45 volt.

¹² A vegyi hatással szembeni ellenállás vizsgálata tíz hengeres beton próbatesten a bolognai Laboratorio del Consorzio Cave földtani laboratóriumban; Bolognai Egyetem – Földtani, Geológiai és Környezetvédelmi Tanszék, Olaszország, 2005

A vizsgálandó betont a bolognai Laboratorio del Consorzio Cave földtani laboratóriumban készítették el, és 28 napon keresztül klimatikus vizsgálati kamrában érlelték $20 \pm 2^\circ\text{C}$ -on, 95% $\pm 3\%$ relatív páratartalom mellett. Ezután a betonmintákat 65% $\pm 3\%$ -os relatív páratartalmú levegőn ellenőrizték, $20 \pm 2^\circ\text{C}$ -os hőmérsékleten, amíg el nem érték a beton állandó sűrűségét. A vizsgálat során 24 órás intervallumokban 2 mérési ciklust végeztek, és a sűrűség különbsége 0,1%-nál kisebb volt.

A laboratórium szerette volna leellenőrizni a minták vegyszerállóságát, ezért különböző hidrogénionokat tartalmazó oldatoknak tette ki a mintákat az UNI 7928 és 8019 szabványok előírásainak megfelelően. A mintákat az oldatokkal való érintkezést követő 7 és 28 nap múlva ellenőrizték.



25. Ábra: Bolognai Egyetem, vegyszerállósági vizsgálat, vizsgálati berendezés

A vegyszerállóság szemrevételezéses meghatározása az UNI EN ISO 10545-13/7 „Vegyszerállóság meghatározása mázolatlan csempékkel” c. szabvány szerint történt.

Ahogy az alábbi táblázatban látható, a Penetron Admix-szel kezelt beton felületébe nem tudott beszivárogni a vizsgáló oldat. A minták megfelelő ellenállást mutattak valamennyi (3 és 11 közötti pH értékű) oldattal szemben, és a Penetron Admix javította a hidrogén-kloriddal (HCl), oldott kénsavval (H₂SO₄), a hidrogén-klorid oldat és a kénsav-oldat kombinációjával érintkező minták állapotát, míg a kontrollminták esetén a felület átítatódása volt megfigyelhető.

Vizsgáló oldat		„B” FEHÉR beton		„PA” beton + Penetron Admix	
Oldat típusa	Oldat pH értéke	megfigyelés 7 nap elteltével	megfigyelés 28 nap elteltével	megfigyelés 7 nap elteltével	megfigyelés 28 nap elteltével
HCl	3	UHC	UHC	UHA	UHB
H ₂ SO ₄	3	UHB	UHC	UHA	UHA
HCl+H ₂ SO ₄	4	UHC	UHC	UHA	UHB
CaCl ₂	7	UA	UA	UA	UA
NaOH	11	ULA	ULA	ULA	ULA

OSZTÁLYOZÁS – Jelmagyarázat	
U = fényezetlen munkafelület	
G = fényezett munkafelület	
L = kis koncentrációjú vegyi termékek	
H = nagy koncentrációjú vegyi termékek	
A kategória	Nincs látható hatás
B kategória	A hatás a vágott éleken látható
C kategória	A hatás a vágott éleken látható és beszivárgás a felületbe

26. Ábra: Bolognai Egyetem: Vegyszerállósági vizsgálat - eredmények

Vegyszerálló tulajdonságainak köszönhetően a Penetron hatékony védelmet kínál a szennyezet víznek kitett betonszerkezetek (pl. szennyvízkezelők, vegyszertartályok) számára, a világ bármely táján.



27. Ábra: Milánói szennyvíztisztító telep, Olaszország

28. Ábra: SABESP szennyvízkezelő üzem, Brazília

3.2.10. Ellenállás a fagyási és oladási ciklusokkal szemben

Hideg éghajlaton a külső hatásnak kitett betonszerkezetek (pl. betonhidak, utak, stb.) tönkremenetelének egyik fő oka a beton folyamatos fagyása és olvadása. A fagyási-oladási ciklusok idővel fokozzák a beton áteresztő képességét, és lehetővé teszik a korróziót okozó anyagok behatolását, ami korróziós károkat okoz, és a szerkezet tönkremeneteléhez vezet. A fagyási-oladási ciklusok közvetlenül rontják a beton tartósságát.

A Sor Testing Laboratories által elvégzett független vizsgálatok¹³ bebizonyították, hogy a Penetron Admix-szel kezelt beton súlyvesztése jóval kisebb volt a kontrollmintához képest.

A kezelt beton 16% pernyét tartalmazott, és a Penetron Admixet a cementszerű anyagok (cement és pernye) 1 tömeg %-os koncentrációban adagolták a betonhoz. A kontrollminta tiszta betonból készült, Penetron Admix hozzáadása nélkül.

¹³ Betonba adagolt Penetron Admix laboratóriumi vizsgálata, Sor Testing Laboratories, Inc., USA Report No. 05-4070A, 200

A mintákat ezután 3%-os nátrium-klorid oldatban 25 fagyási-olvasási ciklusnak tették ki (a New York Department of Transportation Method 502-3P előírásai szerint).

Keverék azonosítója	Átlagos tömegvesztés (%)
1. (kontroll)	4,97
2. (Penetronnal kezelt minta)	0,74
(*) <i>duplikált minták átlaga</i>	

3.2.11. Kompatibilitás a gyakran alkalmazott betonkeverékekkel (Penetron Admix)

A Penetron Admix adalékanyagot már számos betonkeverékben alkalmazták a világ minden táján. A Penetron Admix a mai építőiparban alkalmazott bármilyen betonkeverékhez használható. A jelenlegi ismeretek szerint bármilyen bedolgozás-javító keverékkel (pl. kötési-kezelővel vagy szuperplasztifikátorokkal) együtt alkalmazható, és a kezelendő beton víz/cement arányára sem vonatkozik semmilyen korlátozás.

A Penetron Admix-szel kezelt beton tartalmazhat portland cementhelyettesítőket, pl. puccolánt, pernyét, salakot, kvarcport és hasonló anyagokat. A kristályos reakció ezekben a betonokban is végbemegy, mivel a portlandcement-alapú Penetron Admix tartalmazza azokat az összetevőket, amelyek a mikrorepedésekben és hajszálcsövekben szükséges kristálynövekedéshez kellene.

3.2.12. Az alkáli-kovászreakció (ASR) megelőzése

A 2.4 fejezetben leírtak szerint, az alkáli-kovászreakció (ASR) jelentősen csökkentheti a beton tartósságát és szilárdságát. A betontervezők a megfelelő típusú cement és reakcióképtelen töltőanyagok kiválasztásával korlátozhatják a betonkeverék lúgtartalmát.

Az ASR okozta kockázat csökkentésének egyszerűbb módja egy jól bevált kristályos adalékanyag, például a Penetron Admix adagolása a betonkeverékbe. Ezzel garantálható a beton mély vízzárósága, és megakadályozható az ASR reakcióhoz szükséges víz bejutása a betonba. A MFPA-Leipzig által elvégzett vizsgálat¹⁴ bebizonyította, hogy a Penetron Admix-szel kezelt betonban a repedések önmaguktól begyógyulnak víz jelenlétében. Számos egyéb vizsgálat bebizonyította továbbá, hogy a Penetron kristályok képesek a beton belsejében lévő hajszálcső-rendszer vízzárására. Ráadásul a Penetron Admix rendelkezik az MPA Stuttgart (Németország) tanúsítványával¹⁵, miszerint az anyag teljesíti a DIN V 18998 előírásait, és nem károsítja a betonacélt.

3.2.13. Korlátozások

A kristályos vízzáró rendszerek számos előnye mellett figyelembe kell venni a rendszer néhány korlátját:

Nem megfelelő felület-előkészítés (bevonatképzés)

Amikor a Penetront bevonatként viszik fel a betonra, rendkívül fontos a felület alapos előkészítése (a 0,4 mm-nél nagyobb repedések és a betonhibák, pl. a kavicsfészkek, zsalu-áttörések, stb. kijavítása) és tisztítása (vagyis a felület nedvesítése és érdesítése a nyílt hajszálcsöves rendszer kialakítása érdekében). Ezek a műveletek alapvető szerepet töltenek be az ecsettel vagy permetezéssel felvitt kristályos impregnáló rendszer sikeres alkalmazásában.

¹⁴ MFPA Leipzig GmbH, Németország – Szerkezettani Tanszék: "Alkalmazástechnikai vizsgálatok betonmintákon a Penetron Admix töltőanyag használatával és anélkül (2007. május 31.)"

¹⁵ MPA Stuttgart Otto-Graf Intézet, Stuttgarter Egyetem, Németország: "A Penetron Admix betonadalék elektrokémiai vizsgálata a DIN V 18998: 2002-11 szerint", 2007

3.2.13.1. Munkahézagok

A munkahézagok tulajdonképpen mesterséges repedéseknek tekinthetők. A munkahézagokban lévő üregek szélessége meghaladhatja a szokásos hajszálcsovek vagy mikrorepedések méretét, ezért ezeket külön-külön egyenként kristályos helyreállító rendszerrel (Penetronnal, Penecrete Mortarral) vagy Penebar SW vízzáró anyaggal kell kezelni.

3.2.13.2. Aktív szivárgások

A repedéseken keresztüli aktív szivárgásokat az alkalmazás megkezdése előtt meg kell állítani, és ki kell javítani a Penetron helyreállító rendszerrel (Peneplug, Penecrete, Penetron Inject).

3.2.13.3. Betonhibák

A betonhibák (mint például a kavicsfészkek, zsalu áttörések, stb.) olyan üregek kialakulását okozzák a betonban, amelyek mérete meghaladja a szokásos hajszálcsovek vagy mikrorepedések méretét, ezért ezeket külön-külön egyenként a Penetron helyreállító rendszerrel kell kezelni.

3.2.13.4. Szerkezeti repedések

A szerkezeti repedések olyan repedések, amelyek szélessége meghaladja a 0,4 mm-t, ezért a Penetron, mint bevonatképző anyag felvitele előtt vagy a Penetron Admix alkalmazása után ki kell javítani őket, amennyiben 4-6 hét megfigyelési időszakot követően sem kerül sor automatikus tömítődésükre.

3.2.13.5. Látszóbeton-szerkezetek (hőmérséklet okozta repedések)

A Penetron anyagot nem tanácsos drasztikus mértékű és gyorsaságú hőmérsékletváltozásnak közvetlenül kitett és ebből adódóan repedezett betonszerkezetek kizárólagos kezelésére alkalmazni. A hőmérséklet változás okozta repedések a nagy és hirtelen hőmérséklet-különbségekből adódnak (pl. a beton a nappali felmelegedés miatt kitágul, az éjszakai hideg miatt pedig összehúzódik). Ez az ingadozás a repedések mozgását eredményezheti, és a repedések akár 2 mm-nél nagyobb méretűre is kitágulhatnak. A Penetron kristályok merevek, ezért nem alkalmasak az ilyen mértékű gyors repedésmozgások kompenzálására.

4.1 Az előnyök áttekintése

Rendszerelőnyök	Előnyök a tulajdonosok/kivitelezők számára
<ul style="list-style-type: none"> • Fokozza a beton tartósságát • Életre szóló védelmet kínál • „Öngyógyító” betont hoz létre (automatikusan eltömíti a legfeljebb 0,4 mm-es repedéseket) • Nagy (20 bar) hidrosztatikai nyomásnak képes ellenállni • Növeli a nyomószilárdságot • Vegyszerálló (pH 3-11) • Csökkenti a kloridok beszivárgását és a karbonizációt • Megelőzi az alkáli-kovavas reakciót (ASR) • Megakadályozza a betonvas korrózióját • Nem mérgező (ivóvízzel is érintkezhet) • Környezetbarát (nem tartalmaz VOC-t) • Bármilyen gyakori betonkeverékkel használható (nem jelent korlátozást a víz/cement arányra és a cementtartalomra nézve) • Kis mennyiségben adagolható (akár a cement 0,8 tömeg %-ában) • Könnyen/sokoldalúan alkalmazható • A védelem a felület sérülése esetén is megmarad • Nem igényel más impregnálást vagy egyéb védelmet • Lehetővé teszi a beton „lélegzését” • Mélyen beszivárog a betonba** • A pozitív és negatív oldalról egyaránt alkalmazható** • Nedves vagy zöld betonon is alkalmazható** • Kompatibilis a ragasztókkal és felületi bevonatokkal** • Nemzetközileg elismert impregnáló márka, számos referenciával (bevált rendszer) 	<ul style="list-style-type: none"> • Idő- és költségmegtakarítást jelent a projekt során • Költséghatékony • Állandó vízzáró rendszert alkot • Nem igényel karbantartást • Javítja a beton minőségét, szerkezeti jellemzőit és integritását • Növeli az infrastruktúra alkalmazhatóságát • Megszünteti az állásidőt, a karbantartási és javítási költségeket • Páratlan műszaki támogatás • Kevesebb alkalmazási hiba más rendszerekkel összehasonlítva • Javítja a beton önthetőségét és elhelyezhetőségét • Hozzájárul a LEED projektek kivitelezéséhez (zöld pontok)
<p>* Penetron Admix / ** Penetron/Penetron Plus</p>	

4.2 A Penetron® termékek összehasonlítása egyéb vízzáró rendszerekkel

	Penetron Penetron Plus	Penetron Admix	Membránok (pozitív oldal)	Egyéb, felületen alkalmazott termékek
Leírás	Betonfelületen alkalmazott cementáló anyag túszerű kristályok bejuttatásához a beton tömegébe	A friss betonhoz adott cementáló anyag túszerű kristályok kialakításához a beton tömegében	Folyadék vagy lemezes kialakításban alkalmazott bitumenek és polimerek a beton felületének erősítéséhez	A beton felületén alkalmazott anyagok, amelyek főleg víztaszítót és -szigetelőanyagokat tartalmaznak.
Ellenállás a hidrosztatikai nyomással szemben	<ul style="list-style-type: none"> • Idővel fejlődik • Az ellenállás meghaladja 150m vízoszlop nyomását • 3Mpa ellenállás az áteresztőképességi vizsgálatokban 	<ul style="list-style-type: none"> • Idővel fejlődik • Folyamatos öngyógyító képesség • Serkenti a teljes hidratációt 	<ul style="list-style-type: none"> • A védelmet bármilyen kisméretű lyuk vagy repedés áttöri • Szivárgás esetén csere szükséges 	<ul style="list-style-type: none"> • Csökkenti a kezdeti abszorpciót, de idővel kopik • A korlátozott behatolás rossz hidrosztatikai nyomás elleni ellenálláshoz vezet
Betonacél védelem	<ul style="list-style-type: none"> • A betonacél korrózióvédelme a víz- és kloridbejutás megakadályozásával 	<ul style="list-style-type: none"> • Állandó védelem • Megelőzi a víz vagy a kloridok bejutását 	<ul style="list-style-type: none"> • Nincs negatív oldali védelem • Könnyű beszivárgás a kötéseknél és repedéseknél 	<ul style="list-style-type: none"> • Nincs negatív oldali védelem • Korlátozott védelem, mivel csak lassítja a víz bejutását repedésmentes területeken
Repedés öngyógyító képesség	<ul style="list-style-type: none"> • Nedvesség jelenlétében még évek múlva is újraaktiválódik, és tömíti az új repedéseket 	<ul style="list-style-type: none"> • Nedvesség jelenlétében még évek múlva is újraaktiválódik, és tömíti az új repedéseket 	<ul style="list-style-type: none"> • Nincs öngyógyító képesség 	<ul style="list-style-type: none"> • Nincs öngyógyító képesség
Repedési ellenállás	<ul style="list-style-type: none"> • Rideg anyag, nem visel el erős alakítást, azonban a kisebb repedések (0,4 mm-ig) esetén öngyógyító 	<ul style="list-style-type: none"> • Csökkenti a repedéseket a képlékeny és a kötési állapotban • Nedvesség jelenlétében öngyógyítás kisebb repedések (0,4 mm-ig) esetén 	<ul style="list-style-type: none"> • Elviseli az erős alakítást • Korlátozott idejű védelem a meglévő repedések helyén 	<ul style="list-style-type: none"> • Nincs repedés ellenállás • Átmenetileg kitölti a meglévő repedéseket
Fagyás-olvadás állóság	<ul style="list-style-type: none"> • Javítja a tartósságot, mert eltávolítja a vizet a betonból • Megszünteti a vízbehatolást a repedéseknél 	<ul style="list-style-type: none"> • Javítja a tartósságot, mert eltávolítja a vizet a betonból • Megszünteti a vízbehatolást a repedéseknél 	<ul style="list-style-type: none"> • Alacsony kezdeti kopási jellemzők 	<ul style="list-style-type: none"> • Alacsony kezdeti kopási jellemzők • Nem tartós a repedések helyén
Javítási szükséglet	<ul style="list-style-type: none"> • Állandó vízállóság védelem, nem igényel javítást 	<ul style="list-style-type: none"> • Könnyen javítható a pozitív vagy negatív oldalról • Lehetőségek széles köre áll rendelkezésre • Alacsony javítási költségek 	<ul style="list-style-type: none"> • Nehéz javítás • Nehéz a lyukak vagy gyenge kötések helyének meghatározása • Teljes eltávolítást és javítást igényel • Drága és néha lehetetlen a hozzáférhetőség miatt 	<ul style="list-style-type: none"> • A javítás az előző anyagok eltávolítását igényelheti

4.2 A Penetron® termékek összehasonlítása egyéb vízzáró rendszerekkel

	Penetron Penetron Plus	Penetron Admix	Membránok (pozitív oldal)	Egyéb, felületen alkalmazott termékek
Alkalmazás	<ul style="list-style-type: none"> • Ecseteléssel/ szórással alkalmazható a régi/új beton pozitív vagy negatív oldalán • Vagy: szárazon szórva alkalmazható a friss beton vízszintes felületén 	<ul style="list-style-type: none"> • Keverőberendezésben vagy az alkalmazás helyén keverve • Nincs szükség további alkalmazásra 	<ul style="list-style-type: none"> • Folyadékok: ecsetes alkalmazás • Lemezek: a betonfelületre ragasztva vagy hegesztve • A megfelelő kötések és repedések kritikusak a teljesítmény tekintetében 	<ul style="list-style-type: none"> • Kizárólag a pozitív oldalon alkalmazható • A hordozóprofil nagymértékben meghatározza a teljesítményt
Felület -előkészítés	<ul style="list-style-type: none"> • Durva, vízzel telített, tiszta felületet igényel az ecseteléshez vagy szóráshoz • Nem szükséges felület-előkészítés a száraz szóráshoz 	<ul style="list-style-type: none"> • Nem szükséges felület-előkészítés 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiszta felület • Száraz felület • Egyenletes felület 	<ul style="list-style-type: none"> • A termék előírásainak megfelelő felület-előkészítést igényel
A kivitelezés ütemezése	<ul style="list-style-type: none"> • A betonozás befejezése után vagy a későbbiekben bármikor alkalmazható 	<ul style="list-style-type: none"> • Keveréskor a friss betonhoz adva • 10-50% idő és kivitelezési költség megtakarítás 	<ul style="list-style-type: none"> • A szerkezeti munka végén kell alkalmazni • Védő cementhabarcs bevonatot igényel 	<ul style="list-style-type: none"> • Egyes termékek 28 napja megkötött betont igényelnek • A membránokhoz hasonló ütemezés
Hatékony terület-kihasználás	<ul style="list-style-type: none"> • A beton negatív oldalán a telekhatárhoz közeli szerkezeti határt tesz lehetővé 	<ul style="list-style-type: none"> • A telekhatárhoz közeli építést tesz lehetővé 	<ul style="list-style-type: none"> • Hely szükséges a telekhatár és a beton között a membrán kivitelezéséhez 	<ul style="list-style-type: none"> • Hely szükséges a telekhatár és a beton között a felületi alkalmazáshoz
Drénhálózat	<ul style="list-style-type: none"> • Nem szükséges 	<ul style="list-style-type: none"> • Nem szükséges 	<ul style="list-style-type: none"> • Magas hidrosztatikai nyomás esetén drénhálózat szükséges 	<ul style="list-style-type: none"> • Magas hidrosztatikai nyomás esetén drénhálózat szükséges
További bevonat	<ul style="list-style-type: none"> • Bevonattal, padlóburkolóval stb. burkolható 	<ul style="list-style-type: none"> • Nem befolyásolja a bevonatot • A kötés tökéletes bevonattal vagy padlóburkolóval is tökéletes 	<ul style="list-style-type: none"> • Védő cementhabarcs szükséges a felület befejezése előtt 	<ul style="list-style-type: none"> • Speciális kezelés lehet szükséges a felület befejezése előtt
Karbantartás	<ul style="list-style-type: none"> • Csak annyi, mint egy felületi befejezésnél • Nem szükséges karbantartás 	<ul style="list-style-type: none"> • Nem szükséges karbantartás a beton élettartama során 	<ul style="list-style-type: none"> • Általában költséges csere szükséges 	<ul style="list-style-type: none"> • A hidrosztatikai feltételek függvényében ismételt alkalmazás szükséges
Élettartam	<ul style="list-style-type: none"> • Állandó vagy az idővel javuló 	<ul style="list-style-type: none"> • A beton élettartamával megegyezik 	<ul style="list-style-type: none"> • Idővel rideggé válik, ami repedéseket és nyílásokat eredményez • A felületi sérülés megszünteti a védelmet 	<ul style="list-style-type: none"> • A legjobb az első alkalmazáskor • Idővel romlik • Felületi sérülésekkel sebezhető

5.1 A Penetron és a hidrofób pórustömítők összehasonlítása

Penetron	Pórustömítők
Lehetővé teszi a beton lélegzését és a pára kiáramlását a szerkezetből	Nem teszi lehetővé a beton lélegzését, a gőznyomás felhalmozódását eredményezi
Nagy teljesítményű vízzáró termék, amely akár 16 bar hidrosztatikai nyomásnak is ellenáll	Megfelelő a pára vagy fröccsenő víz ellen, de csak alacsony (max. 1,4 bar) hidrosztatikai nyomásig
Nem befolyásolja (inkább csak javítja) a beton hőállóságát	Bitumenes jellege miatt a használat előtt meg kell vizsgálni a beton hőállóságára gyakorolt hatását
Nincs káros hatással a beton hidratációs folyamatára	Teljesen megállítja a víz mozgását a betonban, belső kiszáradást okozhat, meggátolja a víz felszívódását Emiatt a cement egy része nem tud teljesen hidratálódni
A Penetron jelentősen növeli a beton öngyógyító képességét	Csökkentheti a beton öngyógyító képességét. Használat előtt vizsgálatot igényel.
Növeli a beton nyomószilárdságát	A termékeknek a beton kezdeti és végső szilárdságára gyakorolt hatását a használat előtt ellenőrizni kell
Nem befolyásolja a szükséges betonacél mennyiségét	Növelheti a szükséges betonacél mennyiségét.
Megfelelő mennyiségben alkalmazva nem befolyásolja a beton kötésejét.	A beton kötésejére gyakorolt hatását a használat előtt ellenőrizni kell
Védelmet biztosít a vegyszerekkel, a karbonizációval, a kloridokkal, stb. szemben	Vegyszerállóságát a használat előtt ellenőrizni kell
Nincs káros hatással a munkahézagok minőségére	A munkahézagokat speciális kezeléssel kell ellátni a vízzáráshoz (a termékek vízlepergető hatása)
Kis (a cementtartalom 0,8%-ának megfelelő) mennyiségben adagolva is hatásos.	A megfelelő hatás eléréséhez nagyon magas adagolási arány szükséges
Gazdaságos megoldás	Általában nagyon drága, részben a nagyon magas adagolási arány miatt
Kis szilárdságú betonon is nagyon hatékony	A megfelelő hatáshoz legalább 350 kg cement szükséges, és a gyártó által közzétett korlátozások betartásához a víz/cement arányt gondosan ellenőrizni kell
A beton teljes élettartama során magától meggyógyítja a 0,4 mm-es vagy nagyobb repedéseket	Passzívan tömíti a pórusokat, öngyógyító hatása nem ismert
Akár évekkel később is képes reakcióba lépni, és eltömíteni az új repedéseket	Később nem reakcióképes
A betonra gyakorolt hosszú távú hatásait 24 éves tapasztalat igazolja	A betonra gyakorolt hosszú távú hatásait a használat előtt meg kell vizsgálni

6. Alkalmazási utasítások – Penetron Admix

6.1 Ismertető

A Penetron Admix egy integrált kristályos impregnáló adalékanyag, amelyet a keverés időpontjában kell adagolni a betonhoz. A Penetron Admix portland cementet, nagyon finom kvarchomokot és különböző aktív, szabadalmaztatott vegyszereket tartalmaz. Ezek az aktív vegyszerek reakcióba lépnek a friss betonban lévő nedvességgel, a cement hidratálásának melléktermékei pedig katalitikus reakciót indítanak el, amely oldhatatlan kristályok kialakulását eredményezi a beton pórusaiban és hajszálcsöveiben. Ezáltal a beton állandó védelmet kap a víz vagy egyéb folyadékok behatolásával szemben, bármilyen irányból. A kezelés ezen kívül megvédi a betont a szélsőséges időjárási körülmények káros hatásaitól is.

Megjegyzés

A Penetron Admixet úgy fejlesztették ki, hogy megfeleljen a különböző projektek és hőmérsékleti előírások feltételeinek (lásd: Kötési idő és Szilárdság). Az Ön projektjéhez leginkább alkalmas Penetron Admix kiválasztása érdekében kérjük, forduljon a Penetron műszaki tanácsadóhoz.

6.2. Adagolási arány

Penetron Admix: legalább 0,8% a cementszerű anyagok tömegéhez képest. A megfelelő adagolási aránnyal, valamint a fokozott vegyszerállósággal, a beton optimális tulajdonságaival illetve az adott projekt speciális előírásainak teljesítésével kapcsolatos információkért forduljon a Penetron műszaki osztályához.

6.3. Keverés

A Penetron Admix-et a keverés során kell a betonhoz adagolni. Az adagolás sorrendje a keverőüzem és a berendezés típusától függően változik. Az alábbiakban bemutatunk néhány jellemző keverési eljárást.

6.3.1 Keverőüzemben, szárazon keverve

A Penetron Admixet por formájában kell a betonkeverő jármű dobjába önteni. Álljon a járművel a keverőmű alá, és adagolja bele a szükséges víz 60-70%-át 136-227 kg keverékkel együtt. 2-3 percig keverje az anyagokat, hogy az Admix egyenletesen elkeveredjen a vízzel. Adagolja a további anyagokat a betonkeverő jármű dobjába a szokásos keverési gyakorlatnak megfelelően.

6.3.2 Keverőüzemben, központi keveréssel

Keverje el a Penetron Admixet vízzel, nagyon híg, pépes állagúra (pl. adjon 1 kg port 1,3 liter vízhez). Öntse a szükséges mennyiségű anyagot a betonkeverő jármű dobjába. A szokásos gyakorlat szerint keverje össze a kavicsot, a cementet és a vizet az üzemben

(vegye figyelembe a korábban már a betonkeverő jármű dobjába adagolt víz mennyiségét). Öntse a betont a jármű dobjába, és keverje legalább 5 percig, hogy a Penetron Admix egyenletesen el tudjon oszlani a betonban.

6.3.3 Előregyártott elemeket előállító keverőüzemben

Adjon Penetron Admixet a kavicsához és a homokhoz, majd keverje 2-3 percig, és csak ezután adja hozzá a cementet és vizet. Keverje meg a teljes betonmasszát a szokásos eljárásnak megfelelően.

Megjegyzés

Fontos, hogy a Penetron Admix homogén keveréket alkosson a betonnal. Ennek érdekében ne adagolja a száraz Admix port közvetlenül a nedves betonba, mivel ez csomósodást okoz, és megakadályozza a diszperziót. A Penetron Admix megfelelő használatával kapcsolatos további információkért kérjük, forduljon a Penetron műszaki tanácsadóhoz.

6.3.4. Műszaki szaktanácsadás

További utasításokért, alternatív alkalmazási módszerekért vagy a Penetron és más termékek/technológiák kompatibilitásával kapcsolatos információkért kérjük, forduljon az ICS Penetron International Ltd műszaki osztályához, illetve a Penetron helyi képviselőjéhez.

6.4. Kötési idő és szilárdság

A beton kötési idejét az alkotóelemek vegyi és fizikai összetétele, a beton hőmérséklete és az időjárási tényezők befolyásolják. A Penetron Admix használata késleltetheti a beton kötését. A késleltetés mértéke a betonkeverék összetételétől és az Admix adagolási arányától függ. Normál feltételek mellett az Admix a megszokott kötési időt biztosítja. A Penetron Admixet tartalmazó beton végső szilárdsága magasabb lehet a normál betonénál. Célszerű az adott alkalmazási feltételek között próbakeveréseket végezni, amelyekkel megállapítható a beton kötési ideje.

6.5. Korlátozások

A Penetron Admix használata esetén a beton hőmérséklete 4°C felett kell, hogy legyen.

7. Alkalmazási utasítások - Penetron

7.1. Ismertető

A Penetron egy felületen alkalmazható, integrált kristályos impregnáló anyag, amely vízzárást és mély védelmet biztosít a betonnak. A Penetron portland cementből, speciálisan kezelt kvarchomokból és aktív vegyszerek keverékéből áll. A Penetront a felvitel előtt mindössze vízzel kell felkeverni.

A Penetron alkalmazása során az aktív vegyszerek a beton hajsálcsöveiben lévő oltatlan mésszel és nedvességgel keveredve oldhatatlan kristályos szerkezetet hoznak létre. Ezek a kristályok kitöltik a pórusokat és a kisebb zsugorodási repedéseket, ezáltal megelőzik a további víz bejutását (akár nyomás alatt is). Ugyanakkor a Penetron lehetővé teszi a gőz átjutását a szerkezeten (tehát a beton képes lesz a „lélegzésre”). A szerkezet vízzárásán túl a Penetron védelmet nyújt a betonnak a tengervíz, a szennyvíz, az agresszív talajvíz és sok más agresszív vegyi oldat hatásával szemben. A Penetron ivóvízzel érintkező alkalmazásokban (pl. víztartályokban, víztározókban, vízkezelő üzemekben, stb.) is használható. A Penetron nem díszítőanyag.

7.2. Kiadósság

Víztartó szerkezetek, belső betonfal-felületek: két réteg Penetron 0.7-0.8 kg/m²/réteg, vagy egy rétegben 1.4-1.6 kg/m², ecsettel vagy permetezővel felhordva.

7.2.1. Betonlapok

Egy iszapos rétegben (1,1 kg/m²) kell felhordani a megkötött betonra, vagy száraz szórással és simítással a friss betonra, amikor az már elérte kezdeti szilárdságát.

7.2.2. Munkahézagok

A Penetront (1,7 kg/m²) pépes állagban vagy száraz por formájában kell felvinni, közvetlenül a következő betonréteg elhelyezése előtt. Szükség esetén Penebar SW típusú vízzáró anyag is alkalmazható.

7.2.3. Aljzatbeton

A Penetront (1,4 kg/m²) pépes állagban vagy száraz por formájában kell felvinni, közvetlenül a rá kerülő betonlap elhelyezése előtt

7.3. A felület előkészítése

A Penetron integrált kristályos impregnáló anyag felvitele előtt a betont meg kell tisztítani és a hajszálcsoveket meg kell nyitni. A cementtejet, koszt, zsírt, stb. nagy nyomású vízszugárral, nedves homokfúvással vagy drótkéfével el kell távolítani. A betonhibákat (pl. kavicsfészkeket, repedéseket, stb.) ki kell vágni, Penetronnal kell kezelni, majd Penecrete Mortar anyaggal síkra kell simítani. A Penetron felvitele előtt a felületeket megfelelően elő kell nedvesíteni. Az anyagot földnedves, tehát nem vizes felületre kell felvinni.

7.4. Keverés

A Penetront vízhez adagolva gépi keveréssel krémes állagúra (vagy sűrű olajra emlékeztető állagúra) kell keverni. A megfelelő keverési arány: 2 egység vízhez 5 egység Penetron por (térfogat szerint). Csak annyi anyagot kell előkészíteni, amennyi 20 perc alatt bedolgozható, és a keveréket gyakran fel kell keverni. Ha a keverék elkezdene megkötni, nem szabad több vizet adni hozzá, hanem egyszerű újrakeveréssel kell helyreállítani a bedolgozhatóságát.

7.5. Alkalmazás

7.5.1. Pépes állag esetén

A Penetront egy vagy két rétegben, kőműves ecsettel, vagy megfelelő gépi szóró berendezéssel kell felvinni az előírások szerint. A második réteget akkor kell felvinni, amikor az első réteg még „zöld”.

7.5.2. Száraz por állag esetén (kizárólag vízszintes felületen)

A megadott mennyiségű Penetront por formájában egy szitával egyenletesen el kell oszlatni a felületen, majd be kell simítani a frissen lerakott betonba, amikor a beton elérte kezdeti szilárdságát.

7.6. Utókezelés

A kezelt területeket öt napon keresztül nedvesen kell tartani, és a közvetlen napfénytől, szélről és fagytól való védelem érdekében be kell takarni polietilén fóliával, nedves zsákszövettel vagy hasonló anyaggal.

Megjegyzés

A Penetron fagypont körüli vagy fagypont alatti hőmérsékleten nem alkalmazható. A Penetron nem használható beton vagy vakolat adalékszereként (erre a célra a Penetron Admix alkalmas).

8. Alkalmazási utasítások – Penetron Plus

8.1. Ismertető

A Penetron Plus egy különleges, integrált kristályos vegyszer, amely betonfelületek impregnálására és védelmére használható. A száraz keverékes formában felvihető Penetron Plus olyan vízszintes betonfelületek kezelésére fejlesztették ki, ahol előírás a fokozott ütés- és kopásállóság. A száraz porkeverék formájában csomagolt Penetron Plus portlandcementet, különféle aktív, szabadalmazott vegyszereket és szintetikus töltőanyag-keményítőt tartalmaz. Ezeket az összetevőket a megfelelő őrlést követően a betonpadlókhöz szükséges szemcseméretűre osztályozták. A Penetron Plus a betonfelület szerves részévé válik, ezáltal kiküszöböli a bevonatokkal kapcsolatban felmerülő általános problémákat (pl. rétegleválás, porzás, lepattogzás). Az aktív vegyszerek reakcióba lépnek a friss beton nedvességtartalmával, melynek során oldhatatlan kristályok képződnek a beton pórusaiban és hajszálcsöveiben.

8.2. Kiadósság

Normál körülmények között a Penetron Plus kiadóssága (0,6 kg/m²) a kívánt kopásállóság függvényében alakul.

Megjegyzés

Különösen erős forgalom esetén, illetve ha még nagyobb kopásállóságra van szükség, forduljon a Penetron műszaki tanácsadóhoz, aki javaslatot tesz az adott projekt igényeinek megfelelő adagolásra.

8.3. Alkalmazási eljárások

1. Végezze el a betonozást, szintezze ki a betont.
2. Várjon, amíg a beton járható lesz, és a lépés 6-9 mm benyomódást hagy maga után. A betonon nem lehet kivirágzásból származó víz, és a betonnak el kell bírnia egy simítógép tömegét. Ezután simítsa le a betont a simítógéppel.
3. Közvetlenül a simítás után vigye fel a száraz keverék anyag egyik felét kézzel vagy kézi szóró berendezéssel egyenletesen a betonfelületre.
4. Amikor a száraz keverék felszívta a betonlemez nedvességét, simítsa be gép simítóval a felületbe.
5. Közvetlenül a simítás után vigye fel a száraz keverék anyag másik felét az első felvitelre merőleges irányban.
6. Engedje, hogy a száraz keverék felszívja a betonlemez nedvességét, simítsa be gép simítóval a felületbe.
7. Amikor a beton megkötött, alakítsa ki a végleges betonfelületet a simítógéppel.

8.4. Érlelés

Az érlelés rendkívül fontos lépés, amelyet közvetlenül a végleges kötés után, de a felület száradásának megkezdése előtt el kell kezdeni. A hagyományos nedves érlelési eljárások (mint pl. a vízpermet, a nedves zsákszövet vagy a műanyag fóliák) alkalmazása megfelelő. Az érlelést legalább 48 órán keresztül kell végezni. Forró, száraz nyári időjárás esetén forduljon a termék gyártójához. A nedves érlelés helyett az ASTM C-309 szabvány előírásainak megfelelő felületvédő réteg és érlelő keverékek is alkalmazhatók.

Megjegyzés

A betonlemez szélei általában hamarabb megkötnek, mint a fő betontest. Az ilyen szélső területek szórását és felületi kialakítását célszerű a fő betontest kezelése előtt kézi szerszámokkal elvégezni.

A legjobb eredmény elérése érdekében a száraz keverék felvitele során a beton levegőtartalma maximum 3% legyen (a nagyobb levegőtartalom megnehezíti az anyag felvitelét). Amennyiben az előírások nagy levegőtartalmú betont tartalmaznak (pl. a fagyási-olvadási ciklusoknak kitett szerkezetek esetén), további alkalmazástechnikai tanácsokért forduljon a Penetron International Ltd. műszaki osztályához.

Forró, száraz vagy szeles időjárási körülmények esetén ajánlatos a friss betonfelületet párolgáskésleltetővel kezelni, amellyel megelőzhető a betonlemez idő előtti kiszáradása. A mozgó repedéseket vagy hézagokat megfelelően rugalmas tömítőanyaggal kell kitölteni.

Bizonyos betonkeverékek esetén ajánlatos egy mintát készíteni, és megvizsgálni a minta simíthatóságát (pl. a nagy igénybevételnek kitett, alacsony víz/cement arányú betonkeverék alkalmazása vagy szuperképlékenyítő illetve kvarcpor használata csökkenti a felületi víz mennyiségét, ami megnehezíti a beton simítását).

8.5. Műszaki szolgáltatások

További utasításokért, alternatív alkalmazási módszerekért vagy a Penetron és más termékek/technológiák kompatibilitásával kapcsolatos információkért kérjük, forduljon az ICS Penetron International Ltd műszaki osztályához, illetve a Penetron helyi képviselőjéhez.

9. Kapcsolattartás és jogi nyilatkozat

A Penetron termékek kizárólagos gyártója az ICS Penetron International Limited, székhelye: 45 Research Way, Suite 203, East Setauket, NY 11733, USA.

A Penetron termékek forgalmazását és alkalmazását a hivatalos forgalmazókból és szakemberekből álló nemzetközi hálózat végzi. A Penetron termékek használata és felvitele előtt kérjük, forduljon a Penetron képviselőjéhez.

A jelen dokumentumban hivatkozott vizsgálatok részletes jelentéseit az ICS Penetron International Ltd kérésre rendelkezésre bocsátja.