

PRAN (Добавка за намаляване на пропускливостта при нехидростатични условия) **срещу**

PRAH (Добавка за намаляване на пропускливостта при хидростатични условия)

Разликата Penetron

Според доклада ACI 212.3R-10 за химични добавки за бетон

Докладът „Report on Chemical Admixtures for Concrete“ („Доклад за химични добавки за бетон“), публикуван от Американския институт по бетон (ACI 212.3R-10 / януари 2011), включва глава за добавки за намаляване на пропускливостта (Permeability-Reducing Admixtures – Добавки за намаляване на водопрпускливостта, накратко PRA). Тези добавки обхващат широка гама продукти, които могат да се използват за намаляване на пропускливостта на бетона. По-точно, описват се два вида PRA:

- ▶ Permeability-Reducing Admixture for Non-hydrostatic conditions (PRAN – Добавка за намаляване на пропускливостта при нехидростатични условия) – по-рано наричана „damp proofing admixture“ („добавка за защита от влага“), при която устойчивостта на вода под налягане е силно ограничена и не е подходяща за бетон, изложен на вода под налягане.
- ▶ Permeability-Reducing Admixture for Hydrostatic conditions (PRAH – Добавка за намаляване на пропускливостта при хидростатични условия) – или „waterproofing admixture“ („хидроизолационна добавка“), която е достатъчно стабилна, за да устои на вода под налягане и се използва за водонепропускливи конструкции като резервоари, фундаменти и съоръжения за съхранение.

В общ план ефективността на една добавка за намаляване на пропускливостта зависи от това дали е PRAN или PRAH.

PRAN добавките включват хидрофобни или водоотблъскващи химикали (сапуни и производни на мастни киселини, растителни и петролни масла), финодисперсни твърди вещества (талк, бентонит, силициеви прахове, глина, въглеродородни смоли и каменовъглени смоли) или химически активни пълнители (вар, силикати и колоиден силициев диоксид). Те се използват най-често за защита от влага при нехидростатични условия.

PRAH добавките включват финодисперсни твърди вещества (като *colloidal silica* – колоиден силициев диоксид), хидрофобни блокатори на порите и кристализиращи добавки. Въпреки това, финодисперсните твърди вещества, включително колоидния силициев диоксид, обикновено се използват при нехидростатични условия и само някои полимерни материали могат да се класифицират като PRAH. Хидрофобните блокатори на порите се използват единствено при нехидростатични условия. *Crystalline hydrophilic polymers* (кристални хидрофилни полимери – латекс, водоразтворими или течни полимери) се използват само при хидростатични условия.

Кристализиращите добавки устояват на проникването на вода под хидростатично налягане и са доказали, че са най-ефективните PRAH продукти с ясни предимства пред хидрофобните материали, базирани на други механизми (*polymer coalescence* – полимерна коалесценция), или пред пълнителите по отношение на запечатване на пукнатини, дълготрайна ефективност и повишена издръжливост на бетонната конструкция. Освен това, те могат да запечатват

пукнатини, предизвикани от термични или механични напрежения.

Само crystalline admixtures (кристализиращи добавки) могат да бъдат класифицирани като истински PRAH продукти. Както е описано в таблицата на стр. 2 от документа ACI 212.3R-10 „Admixtures, their characteristics & usage“ („Добавки, техните характеристики и употреба“), единствено crystalline hydrophilic polymers (кристални хидрофилни полимери – латекс, водоразтворими или течни полимери) могат да се използват при хидростатични условия.

Предимства на PRAH (Добавка за намаляване на пропускливостта при хидростатични условия)

Собствените активни съставки в кристалните PRAH реагират с водата и частиците цимент в бетона, като увеличават плътността на *calcium silicate hydrate (CSH – калциев силикат хидрат)* и/или образуват кристални отлагания, които запълват съществуващите микропукнатини и капилляри и предотвратяват проникването на вода. Когато през експлоатационния живот на бетона се образуват косъмни пукнатини, кристалните добавки продължават да се активират в присъствието на влага и запечатват допълнителните отвори.

Както е отбелязано в доклада на ACI: *“To resist hydrostatic pressure, PRAHs employ a pore-blocking mechanism from crystalline growth, polymer coalescence, or other filler, although the ability to withstand hydrostatic pressure will depend on how completely the pores are blocked and the stability of the deposits under pressure. The distinction should be made based on the admixture’s demonstrated ability to reduce water penetration under the expected service conditions.”*

(„За да устоят на хидростатично налягане, PRAH използват механизъм на блокиране на порите чрез кристален растеж, полимерна коалесценция или други пълнители, макар че способността за противодействие на налягането зависи от това доколко напълно са блокирани порите и колко стабилни са образуваните отлагания при натиск. Разликата трябва да се прави въз основа на доказаната способност на добавката да намалява проникването на вода при очакваните условия на експлоатация.“)

Механизмът на блокиране на порите е основан на специални активни химикали, смесени с цимент и пясък.

Тъй като PRAH на основата на полимерна коалесценция или други пълнители не могат да издържат високо хидростатично налягане, те не могат да бъдат считани за „истински“ PRAH добавки. Механизмът на кристалните PRAH е базиран на активни химикали, смесени с цимент и пясък, които реагират трайно и пълноценно на влагата и промените дори когато бетонът е изложен на високо хидростатично налягане.

За разлика от хидрофобните материали – като PRAH продуктите, разгледани по-горе – кристалните добавки са хидрофилни. Кристалните образувания се развиват навсякъде в бетонната маса и стават постоянна част от бетона при контакт с вода. PRAH правят външните хидроизолационни мембрани излишни, дори при бетон подложен на високо хидростатично налягане.

Технологията PENETRON PRAH: Изпитване при високи хидростатични условия

Подобно на общия процес, описан по-горе за кристалните PRAH добавки, активните съставки в **PENETRON ADMIX**[®] реагират с продуктите от хидратацията на цимента в присъствието на вода в пресни и втвърдени бетонни конструкции. Тези реакции удължават процеса на хидратация и образуват допълнителни молекули *calcium silicate hydrate* (*CSH – калциев силикат хидрат*) заедно с неразтворими кристали, които се разпространяват из цялата бетонна структура. Тези неразтворими образувания се отлагат в естествените пори и капиляри на бетонната смес и драстично намаляват нейната пропускливост.

Когато **PENETRON ADMIX**[®] се добави към бетона по време на приготвянето му, получената кристална решетка също така трайно запечатва косъмните пукнатини, които се образуват през експлоатационния живот на бетона.

Продуктите PENETRON са подложени на обширни лабораторни изпитвания при високи хидростатични условия, включително:

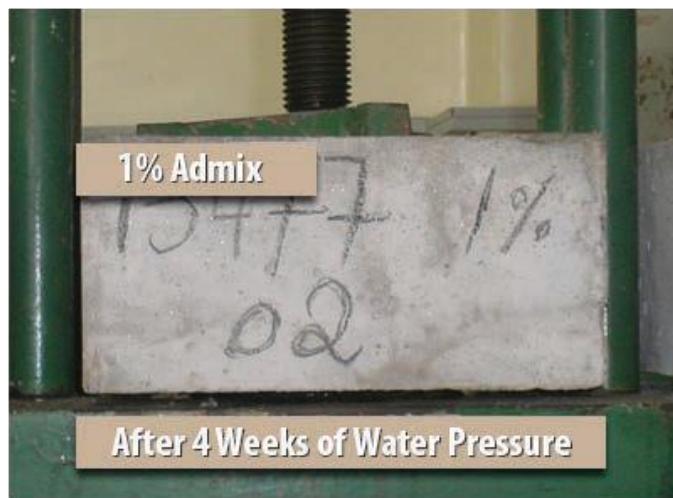
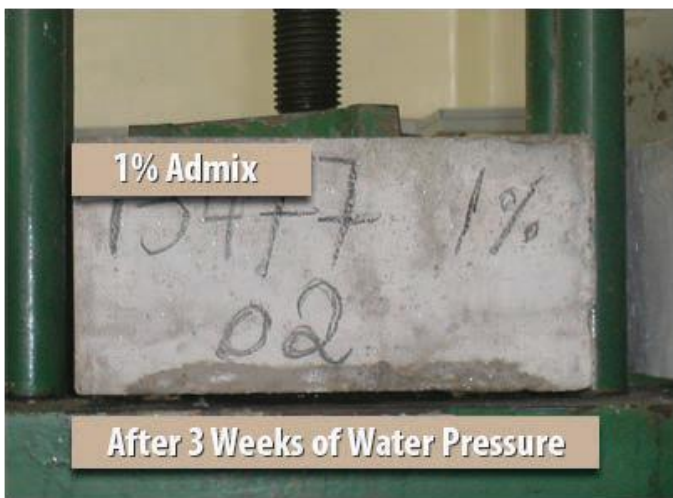
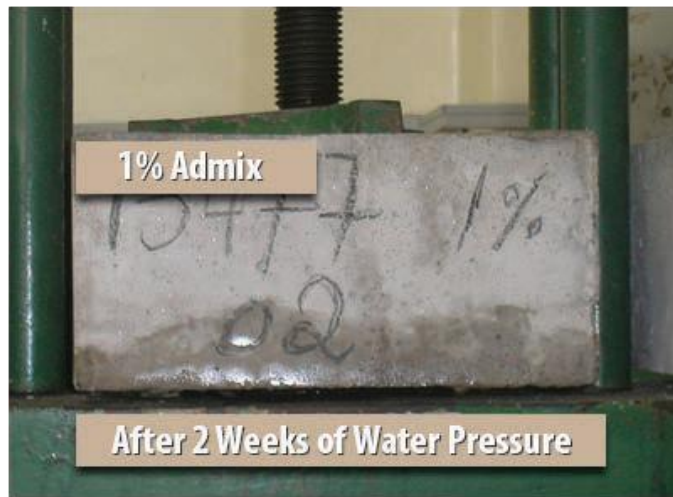
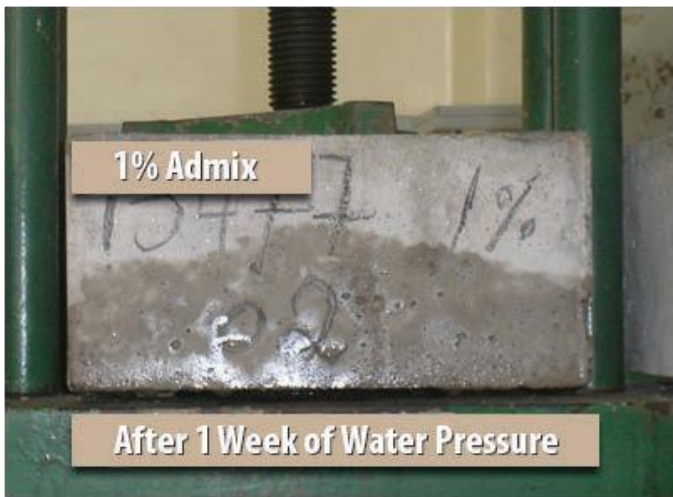
- *ASTM D5084* (Стандартен метод за определяне на водопрпускливост),
- *NBR 10.787/94* (Бразилия – стандарт за водопрпускливост на бетон),
- *USAE CRD C48* (Стандарт на Инженерния корпус на САЩ),
- *BS EN 12390-8* (Европейски стандарт за определяне дълбочината на проникване на вода под налягане),
- *DIN 1048-5* (Немски стандарт за водопрпускливост на бетон).

В тези тестове получената кристална решетка ефективно намалява пропускливостта на бетонните проби в сравнение с контролните проби; течове в обработения бетон са напълно елиминирани, дори когато е подложен на високи хидростатични условия на изпитване.

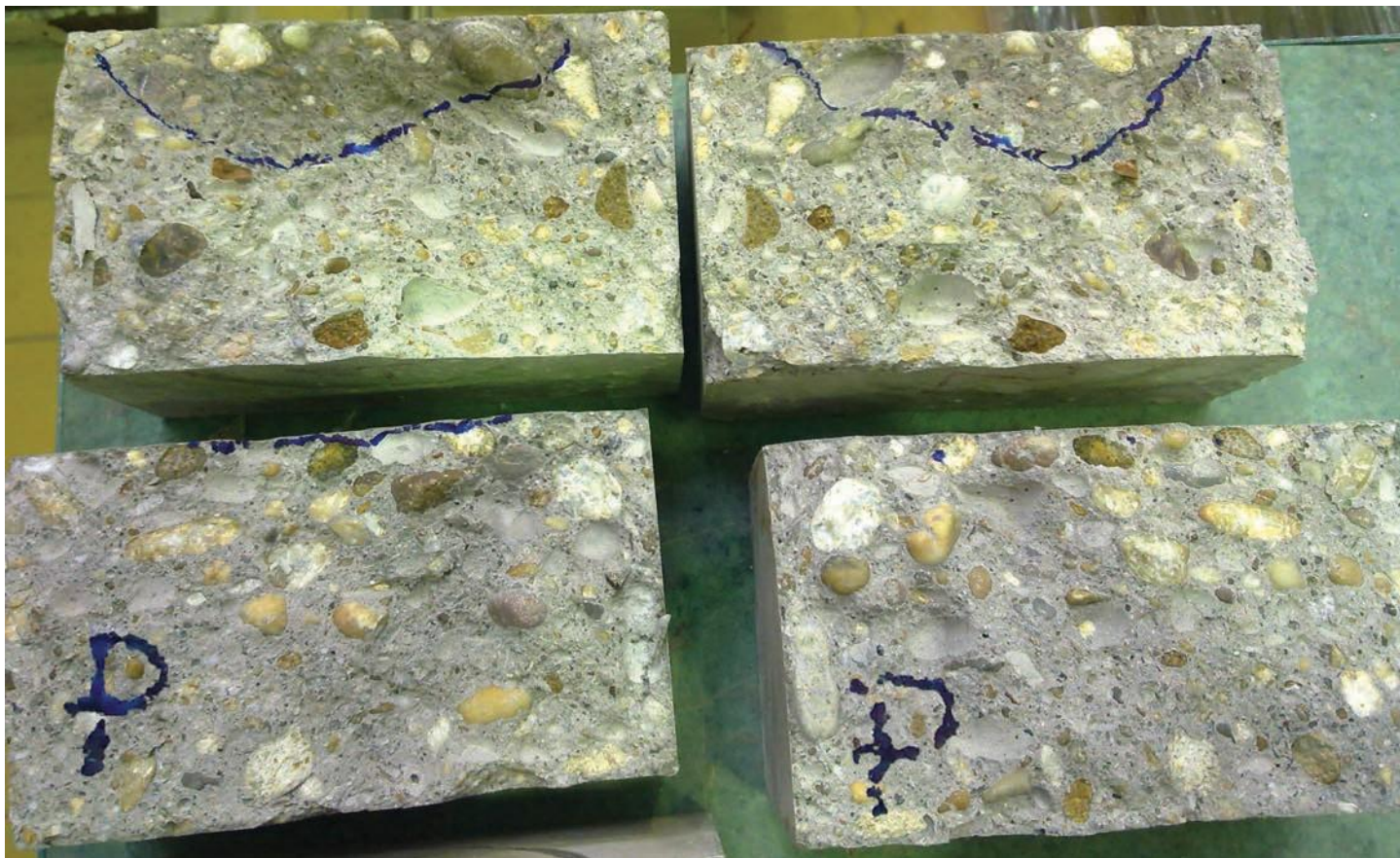
Следните примери показват подобренията, получени от реакциите за намаляване на водопрпускливостта при използване на **PENETRON ADMIX**[®] под високо хидростатично налягане

Изпитване на проникването на вода под налягане - NBR 10.787/94

Налягане на водния стълб: 101.5 psi (≈ 234.1 ft ≈ 71.4 m воден стълб)



След излагане на налягане от 101.5 psi (234.1 ft воден стълб) в продължение на четири седмици, кристалната реакция на PENETRON почти напълно намали пропускливостта на бетона и елиминира всички течове.



Проби, третираны с PENETRON ADMIX® (отбелязани с „P“), заедно с две контролни проби, са показани. Всички проби бяха изложени на налягане от 72.5 psi за 72 часа. Снимката е направена непосредствено след разцепването на пробите на две, за да се измери дълбочината на проникване на вода. Пробите с PENETRON ADMIX® показаха 94.4% намаляване на проникването на вода в сравнение с контролните проби.

Проекти с PENETRON PRAH

Технологията на PENETRON за намаляване на пропускливостта се е доказала на обекти при тежки условия с високо хидростатично налягане, постигайки изключителен успех. Няколко скорошни проекта подчертават ефективността на добавките на PENETRON за намаляване на пропускливостта при работа във високи хидростатични условия:

- **South Cobb Tunnel Lift Station**, Атланта, САЩ – помпена станция за канализационен тунел
- **Tower Street Reservoir**, Харисънбърг, Вирджиния, САЩ – резервоар за съхранение на осем милиона галона вода
- **National Road Bikeway Tunnel**, Сейнт Клеърсвил, Охайо, САЩ – велосипеден тунел по националния път
- **Singapore Airport / Terminal 3**, Сингапур – терминал 3 на летище „Чанги“
- **Gardens by the Bay**, Marina Bay, Сингапур – парков комплекс и оранжерии „Градините край залива“
- **Corredor Duarte**, Санто Доминго, Доминиканска република – пътен тунел по магистралата „Дуарте“
- **Chennai International Airport**, Индия – международно летище „Ченай“



South Cobb Tunnel Lift Station - помпена станция

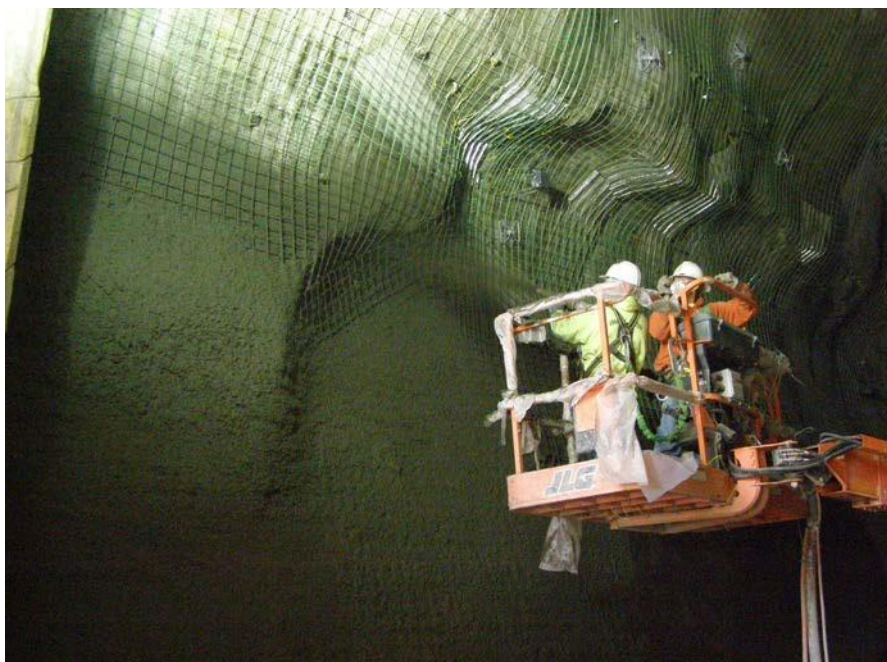
Съоръжението представлява шахта с дълбочина 212 фута (около 65 м), която издига отпадъчни води от над 32 000 линейни фута (≈ 9.7 км) тунели в окръг Коб, щата Джорджия. При тези изключителни дълбочини проектното решение – „мокър кладенец“ в рамките на „сух кладенец“ – изискваше пропускливостта на бетона да бъде изключително ниска, за да се елиминира всякакъв риск от преминаване на отпадъчни води от мокрия към сухия кладенец (който се използва от обслужващия персонал). Подпочвеното налягане на дълбочина 212 фута и разпокъсаните, нестабилни скални пластове представляваха

сериозно предизвикателство за хидроизолацията. За този проект **PENETRON ADMIX®** беше посочен като PRAH; обработени и успешно хидроизолирани бяха над 20 000 кубически ярда ($\approx 15\,300\text{ m}^3$) бетон.

Tower Street Reservoir - резервоар за питейна вода

Разположен в Харисънбърг, щата Вирджиния, този нов бетонен резервоар с вместимост осем милиона галона ($\approx 30\,300\text{ m}^3$) вода замени стария подземен резервоар с бетонна облицовка, който течеше. Новият резервоар, изграден от компанията **Crom Corporation**, включва предимствата на интегралната кристална технология за хидроизолация на **PENETRON** за намаляване на пропускливостта. По време на строителството бе приложена технологията **PENETRON ADMIX® Enhanced Shotcrete (PAES)** – обогатена торкретна смес, която защитава армировката, вградена в бетонната обвивка, и елиминира всички течове от съоръжението с височина над 70 фута (≈ 21 м). Способността на **PENETRON ADMIX®** да намалява пропускливостта на бетона при високи хидростатични условия подобри системата за водоснабдяване на Харисънбърг чрез премахване на загубите на вода.





National Road Bikeway Tunnel - велосипеден тунел

Над 100-годишният тунел по трасето на **National Road Bikeway** страдаше от инфилтрация на подпочвени води и сериозни повреди. Построен първоначално през 1902 г. в зона с тънкослойни, слабо порести и нестабилни шисти, характеризиращи се със значителни водни притокове, тунелът изискваше основно възстановяване. Основната цел на проекта за рехабилитация беше да се овладее проникването на вода и последващото натрупване на лед и свързаните с него увреждания. Способността на технологията

PENETRON да намали пропускливостта на новата торкретна облицовка, дори при високо хидростатично налягане, надмина очакванията на проектантския екип. Проблемите с проникването на вода и образуването на лед бяха напълно елиминирани.

Singapore Changi Airport / Terminal 3 - летище „Чанги“, Сингапур

Повече от транспортен възел, летище **Чанги** е символ на национална гордост и еталон за високо ниво на обслужване. **Терминал 3** включва иновативни пътнически удобства и модерна архитектура. За изграждането му бяха третирани **140 000 m³ бетон с PENETRON ADMIX®**, както и с покритие **PENETRON® slurry** и ремонтен разтвор **PENECRETE MORTAR™**.





Gardens by the Bay, Marina Bay - „Градините край залива“, Сингапур

Уникалните крайбрежни градини представляват целогодишно пространство за „образование чрез забавление“, архитектурна икона, градинарска атракция и демонстрация на устойчиви енергийни технологии – с големи климатизирани оранжерии, възпроизвеждащи специфични климатични условия за съхраняване на рядък набор от цветя и растения. Проектът представляваше сериозно предизвикателство по отношение на хидроизолацията, тъй като е изцяло изграден върху насипна земя и непосредствено до океана.

Общо **18 300 m³ бетон** бяха излети с добавка **PENETRON ADMIX®** в основната плоча и стените; **PENEBAR™ SW-55** беше използван в работните фуги, а **PENESEAL PRO®** – върху планинските стени.

Corredor Duarte Tunnel - пътен тунел, Санто Доминго, Доминиканска република

Corredor Duarte Tunnel, най-новият тунел в Доминиканската република, осигурява бърза връзка между Санто Доминго и останалата част от страната. С дължина около 1 200 m (4 000 ft), тунелът играе ключова роля за облекчаване на хроничното задръстване в столицата. Веднага след преминаването на тунелопробивната машина беше нанесен значително по-тънък слой торкрет-бетон, който създаде естествен носещ пръстен и минимизира деформациите в околните пластове скала.



За намаляване на пропускливостта на торкретните стени беше използван **PENETRON ADMIX®**, а за уплътняване на бетонните работни фуги – **PENEBAR™ SW-55**. Общо бяха вложени **45 тона PENETRON ADMIX®** и **2 300 m PENEBAR™ SW-55**.



*Chennai International Airport -
международно летище
„Ченай“, Индия*

За да отговори на увеличаващите се транспортни нужди, международното летище **Ченай** беше разширено и модернизирано: международният терминал бе обновен, добавен бе нов вътрешен пътнически терминал, многоетажен паркинг и успоредна писта, което увеличи капацитета до

16 милиона пътници годишно.

Разположено непосредствено до Бенгалския залив, летището е изложено на силно колебаещи се нива на подпочвените води – до -10 m през лятото и до -3 m през мусонния сезон. Това наложи цялостна хидроизолация на всички бетонни конструкции и работни фуги в подземната част на сградата (на дълбочина 10 m).

Общо **125 тона PENETRON ADMIX®** бяха използвани в основните плочи и подпорните стени, а **15 000 m** от водонабъбващите фугиращи профили **PENEVAR™ SW-45** – за предотвратяване на проникване на вода по бетонните фуги.