



Пътница

Октомври 2026 г.
Брой 2

Посветен на
100-годишнината от
рождението на
проф. д-р инж. Ганю Щилиянов

Списание



Пътища

Брой 2
Октомври 2026 г.



Пътища



Издател

„Институт по транспортна
инфраструктура“ АД

<https://institute-tsi.com/>

ISSN 3134-2132



СЪДЪРЖАНИЕ

Въздействие на електрическите превозни средства върху пътната инфраструктура и безопасността на движението <i>инж. Христо Николов</i>	10
The Line (NEOM): Градът без пътища и автомобили	18
Интервю: Модерната градска мобилност и дигиталната трансформация - новите посоки за развитие на Варна <i>- г-н Благомир Коцев, кмет на гр. Варна</i>	22
Метро в малък град ? Мисията възможна	26
Интервю: Устойчивият град се изгражда с местни решения и национално партньорство <i>- г-н Даниел Панов, председател на УС на НСОРЕБ и кмет на община Велико Търново</i>	32
Оценка и моделиране на риска от хлоридно обусловена корозия в подземната транспортна инфраструктура <i>гл. ас. д-р инж. Борислав Борисов</i>	40
100-годишнина от рождението на проф. д-р инж. Ганю Щилиянов - Разказ за линиите, които не избледняват, и за мащаба, по който вървим и днес	47
Толсистемата - „пазител“ и на пътната настилка <i>Георги Харизанов</i>	54
Приложение на наблюдателния метод при свлачища <i>проф. д-р инж. Андрей Тоцев, гл. ас. д-р инж. Мария Петрова, инж. Мелани Ангелова</i>	56
Проектът „Чонгъечон“: Зеленото чудо на Сеул	66
Управление и оползотворяване на фрезован асфалт (RAP) в общинската пътна инфраструктура <i>инж. Росен Колелиев</i>	71
ОТ „АРХИВА“: Пътно-строителната наука и кадрите - важна сила при изграждането на пътищата в Н. Р. България <i>проф. д-р инж. Ганю Щилиянов</i>	78
100 години от построяването на Рилския водопровод	86





Уважаеми читатели,

С удоволствие Ви представяме втория брой на списание „Пътища“, посветен на 100-годишнината от рождението на проф. д-р инж. Ганю Щилиянов. Сто години след рождението му отдаваме заслужена почит на човек, за когото пътното инженерство не е било просто професия, а кауза и отговорност към поколенията след него.

Има личности, чието професионално наследство далеч надхвърля времето, в което са работили. Проф. Ганю Щилиянов е сред тях. Инженер, учен, преподавател и ръководител, той посвещава професионалния си път на развитието на пътното дело в Република България и на подготовката на поколения специалисти, които впоследствие продължават да изграждат транспортната инфраструктура на страната. Професионалната му биография съчетава науката, образованието и реалното управление на пътния сектор.

Но приносът на проф. Щилиянов не се измерва единствено с длъжностите, които е заемал, или с научните трудове, които е оставил. Той се открива и в професионалната школа, която създава, в инженерите, които обучава и вдъхновява, в принципите и знанията, които продължават да се предават между поколенията.

В центъра на този брой поставяме градския транспорт, метрото и ролята им за създаването на по-достъпни, свързани и удобни градове. Метрополитенът е не просто транспортно средство, а стратегически елемент от развитието на всяка голяма градска система. Той свързва квартали, създава нови възможности за хората и бизнеса, намалява натоварването на уличната мрежа и допринася за по-чиста градска среда.

Градовете днес са много повече от място за живеене и работа. Те са динамични системи, в които всяко решение за транспортната инфраструктура влияе пряко върху качеството на живот, времето, което прекарваме в движе-



ние, чистотата на въздуха, безопасността и възможностите за развитие. Именно затова планирането на модерната градска среда изисква дългосрочна визия, добра координация и смели, устойчиви решения.

Предизвикателството пред съвременния град не е просто да осигури повече пътища, а да създаде по-добра мобилност - такава, която поставя човека в центъра, насърчава устойчивите форми на придвижване и съчетава ефективността на транспорта с нуждата от по-спокойна, зелена и сигурна градска среда.

Стогодишнината от рождението на проф. Ганю Щилиянов е не просто повод да погледнем назад. Тя е възможност да си припомним хората, върху чийто труд е изградено съвременното българско пътно дело. В издание, в което говорим за градската среда, метрото, модерната транспортна инфраструктура и технологиите на бъдещето, обръщаме поглед и към основите, върху които днешният сектор продължава да се развива.

С този брой продължаваме мисията на списание „Пътища“ да бъде пространство за професионален разговор между експерти, институции, проектанти, строители, учени и всички, които работят за по-доброто бъдеще на инфраструктурата в Р. България.

Пожелавам Ви интересно, вдъхновяващо и ползотворно четене.

Грета Костова,
Главен редактор





Въздействие на електрическите превозни средства върху пътната инфраструктура и безопасността на движението

Автор: инж. Христо Николов, „Трансгео“ ЕООД, София, България, email: h.nikolov@transgeo-bg.com

Резюме

Нарастващото навлизане на електрическите превозни средства (ЕПС) поставя нови предизвикателства пред проектирането, експлоатацията и поддържането на пътната инфраструктура. Статията представя научно-приложен обзор на въздействието на по-голямата собствена маса на електрическите автомобили, автобуси и тежкотоварни превозни средства върху пътните настилки, съоръженията и системите за пасивна безопасност. Разгледани са механизмите на ускорено натрупване на повреди - пластични деформации, умора на настилките и концентрирано износване - с акцент върху уличните мрежи с електрифициран градски транспорт, при които съчетанието от висока маса, канализирано движение и системно спиране е най-неблагоприятно. Анализирани са несъответствието между изпитвателните параметри на ограничителните системи по БДС EN 1317 и действителните маси на съвременния автомобилен парк, като е направено сравнение между поведението на металните и бетоновите системи при променящите се експлоатационни условия. Обобщени са актуалните нормативни тенденции на европейско ниво и са формулирани препоръки за инженерната практика - диференциран избор на ограничителни системи според състава на трафика, актуализиране на оразмерителните методи и провеждане на целеви национални изследвания. Изводите показват, че адаптирането на пътната инфраструктура към променящия се автомобилен парк е неразделна част от прехода към електромобилност.

Ключови думи

осови натоварвания; пътни настилки; умора на настилките; ограничителни системи; БДС EN 1317; електрически автобуси.

1. Въведение

Електрификацията на автомобилния транспорт е сред най-значимите трансформации в сектора. Под натиска на европейската регулаторна рамка за емисиите на CO₂ делът на ЕПС в новите регистрации в ЕС нараства устойчиво, а след 2035 г. се предвижда преустановяване на продажбите на нови автомобили с двигатели с вътрешно горене - ДВГ (Регламент (ЕС) 2019/631).

Дискусията за електромобилността обичайно се съсредоточава върху зарядната инфраструктура и батериите, а значително по-малко внимание се отделя на въпроса как нарастващата маса на превозните средства се отразява върху самата пътна инфраструктура - настилките, съоръженията и системите за пасивна безопасност. Тези елементи са проектирани при предположения за трафика от епохата на конвенционалните автомобили. Ограничителните системи в частност се изпитват по методики, чиито параметри отразяват автомобилния парк от края на XX век. Настоящата статия разглежда доколко тези предположения остават валидни при масово навлизане на по-тежки ЕПС.

2. Теоретична рамка/Преглед на литература

2.1. Маса на електрическите превозни средства

Основната причина за по-голямата собствена маса на ЕПС е тяговата батерия: литиево-йонните батерии с капацитет 50-100 kWh имат маса 300-700 kg, която само частично се компенсира от отпадането на ДВГ, скоростната кутия и горивната уредба. Според актуални анализи средният електрически лек автомобил е с около 312 kg по-тежък от бензиновия си аналог (Highways Today, 2025). При отделни модели разликата е по-голяма - масата без товар на масов електрически седан от среден клас достига 1 779 kg, а технически допустимата максимална маса - до 2184 kg (Highways Magazine, 2023). За сравнение, изпитването TB32 по БДС EN 1317-2, определящо най-разпространеното ниво на задържане N2, се провежда с автомобил от 1 500 kg (БДС EN 1317-2, 2010). Тенденцията се подсилва от нарастващия дял на SUV моделите (FEHRL, 2025).

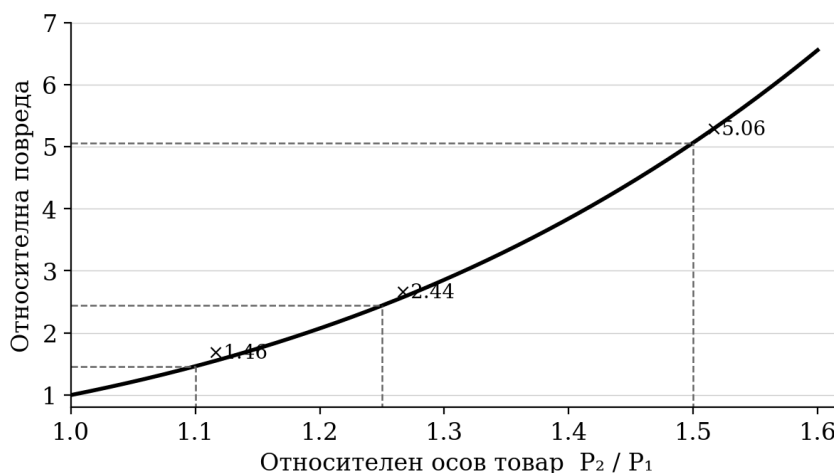
2.2. Електрически автобуси и тежкотоварни превозни средства

При тежкотоварния сегмент допълнителната маса се измерва в тонове. Тяговите батерии на 12-метров градски електробус имат маса 2-4 t и общата маса на превозното средство доближава 19-20 t. Електрификацията на градския транспорт изпреварва тази на товарния сектор (Platform for Electromobility, 2023), поради което ефектът върху общинската улична мрежа вече е настъпил. При тежкотоварните автомобили Директива 96/53/ЕО (изм. с Директива (ЕС) 2015/719 и Регламент (ЕС) 2019/1242) допуска до 2 t допълнителна маса за превозни средства с нулеви емисии, като в текущата ревизия се обсъжда до 4 t. Съществено е, че пределното натоварване на задвижващата ос остава непроменено - 11,5 t - и се достига по-бързо, т.е. допълнителната маса се концентрира върху най-натоварената ос (Platform for Electromobility, 2023). Механистично-емпирични анализи потвърждават ускорено натрупване на повреда в озъваемите настилки при батерийните тежкотоварни превозни средства (Zhou et al., 2024).

2.3. Основи на въздействието и нормативна рамка

Оразмеряването на настилките се основава на еквивалентни осови натоварвания, като зависимостта между осовия товар и повредата е силно нелинейна: съгласно AASHO Road Test повредата нараства приблизително с четвъртата степен на осовия товар (Highway Research Board, 1962), т.е. увеличение с 25 % води до близо 2,4 пъти по-голяма повреда (Фиг. № 1). Допълнителните стотици килограми на един лек автомобил остават малки спрямо тежкотоварния трафик, но кумулативният ефект е съществен по мрежите с преобладаващ лек трафик и по-леки конструкции - градски улици, общински пътища и паркинги.

Фиг. № 1 „Зависимост на относителната повреда на настилката от осовия товар (закон на четвъртата степен)“



Ограничителните системи в Европа се изпитват и класифицират съгласно серията БДС EN 1317 (българската версия на европейския стандарт EN 1317), която дефинира нивата на задържане, работната ширина и интензивността на удара - ASI (БДС EN 1317-2, 2010). Най-разпространеното ниво N2 се доказва чрез изпитванията TB11 (900 kg) и TB32 (1 500 kg), обобщени в Табл. № 1 (Fernández et al., 2019). Тези маси днес се надвишават от значителна част от електрическите леки автомобили още в ненатоварено състояние.

Табл. № 1 „Основни изпитвания по БДС EN 1317-2“ (извадка)

Изпитване	Превозно средство	Маса, kg	Скорост, км/ч	Ъгъл, °
ТВ11	Лек автомобил	900	100	20
ТВ32	Лек автомобил	1500	110	20
ТВ42	Товарен автомобил	10 000	70	15

3. Методология

Изследването е разработено като научно-приложен обзор, систематизиращ наличните научни резултати и нормативни тенденции; анализът е качествен, без собствени експериментални изпитвания. Прегледът обхваща рецензирани научни публикации, европейски нормативни актове и стандарти (серията БДС EN 1317, Директива 96/53/ЕО, Регламент (ЕС) 2019/631) и доклади на европейски изследователски организации в пътният сектор. Приложен е сравнителен подход в две направления: съпоставка между изпитвателните параметри на нормативната база и действителните характеристики на съвременните превозни средства и съпоставка между металните и бетоновите ограничителни системи. Въз основа на установените зависимости са формулирани препоръки, приложими към българската пътна мрежа.

4. Резултати

4.1. Въздействие върху настилките

Повишените натоварвания въздействат чрез няколко механизма: ускорено натрупване на пластични деформации (коловози), особено при високи температури и бавно движение; по-бързо изчерпване на умората при огъване с мрежовидни пукнатини; по-високи тангенциални усилия при потегляне и спиране поради високия въртящ момент на електрозадвижването; и „канализиране“ на трафика от системите за поддържане на лентата, което съсредоточава износването върху ограничена площ (FEHRL, 2025). Най-неблагоприятно е съчетанието по трасетата на градския електрически транспорт - висока маса, канализирано движение по обособени ленти и системно спиране на едни и същи места, поради което в зоните на спирките деформациите се развиват многократно по-бързо (Фиг. № 2).

Фиг. № 2 „Образуване на коловози по надлъжна следа в градска улица“



Източник: Washington Asphalt Pavement Association (asphaltwa.com)

При съоръженията носимоспособността на мостовете по правило не е застрашена от по-тежките леки ЕПС поради запасите в нормативните подвижни товари. Вниманието заслужават многоетажните паркинги по стари норми, при които равномерното запълване с тежки ЕПС може да доближи проектните резерви, както и умората на елементите при интензивен лек трафик.

4.2. Ограничителни системи и несъответствие на масите

Кинетичната енергия на удара нараства линейно с масата: електрически автомобил от 2 000 kg носи при същата скорост с една трета повече енергия от изпитвателния от 1 500 kg, което поставя въпроса дали системите от ниво N2 осигуряват проектното задържане и работна ширина. Загрижеността е достатъчно сериозна – националният пътен оператор на Обединеното кралство възложи специализирано изследване на поведението на предпазните огради при удар от ЕПС (Highways Magazine, 2023). Емпиричен анализ на реалните удари в Германия установява систематично изместване на действителните параметри спрямо изпитвателната програма на EN 1317 и обосновава преоценка, включително чрез числено моделиране

по метода на крайните елементи (Berg, 2024; Fernández et al., 2019). Освен по-голямата маса, ЕПС се отличават и с по-нисък център на тежестта поради батерията в пода, което променя характера на взаимодействието с оградата; отделен риск е механичното увреждане на батерията при силен страничен удар и последващо термично събитие.

4.3. Метални и бетонови ограничителни системи

Двете основни групи системи реагират принципно различно на нарастващата маса, тъй като се основават на противоположни механизми (Фиг. № 3): металните поглъщат кинетичната енергия чрез контролирана деформация, а бетоновите пренасочват превозното средство чрез геометрията на профила при минимална деформация. Основните им характеристики са съпоставени в Табл. № 2.

Фиг. № 3 „Принцип на действие на металните и бетоновите ограничителни системи (напречен разрез)“



Табл. № 2 „Сравнение между метални и бетонови ограничителни системи“

Характеристика	Метални (стоманени)	Бетонови
Принцип на действие	Поглъщане на енергията чрез деформация	Пренасочване чрез профила, минимална деформация
Нива на задържане	N1, N2, H1 (H2 при усилени)	H1 – H4b
Работна ширина	По-голяма (W4 – W6)	Минимална (W1 – W2)
Интензивност на удара (ASI)	По-ниска (клас A) – по-щадящи за леките автомобили	По-висока (клас B/C)
Удар от тежко ПС	Риск от изчерпване на капацитета	Съществени резерви по задържане

Поддръжка след удар	Подмяна на деформираните елементи	Обичайно не изисква ремонт
---------------------	-----------------------------------	----------------------------

При металните системи нарастващата маса директно ерозира резервите по задържане – по-големи деформации, по-голяма работна ширина и в краен случай пробив или прекачване. При бетоновите системи резервите са значителни и масата на леките ЕПС по правило не застрашава функцията, но критичен остава по-високият ASI за пътниците в леките автомобили. Примери за двата типа са показани на Фиг. № 4 и Фиг. № 5.

Фиг. № 4 „Метална еластична ограда (тип W-профил)“



Източник: Sino Steel (coatedsteelcoil.com)

Фиг. № 5 „Бетонова ограда с профил „Ню Джърси“ по разделителна ивица на автомагистрала“



Източник: fity.club

5. Обсъждане

Прегледът очертава последователна картина: заложените в нормативната база предположения за автомобилния парк се разминават с действителността и разминаването ще се задълбочава. Европейските изследователски организации препоръчват преглед на стандартите за ограничителни системи, така че бъдещите изисквания да отразяват съвременния и прогнозния парк (FEHRL, 2025), а в литературата се очертава консенсус за актуализация на изпитвателните маси по EN 1317, като численото моделиране се утвърждава като инструмент (Berg, 2024). В краткосрочен план ефектът върху настилките ще се прояви като съкращаване на междуремонтните срокове и по-високи разходи за поддържане, особено по общинската мрежа.

Въз основа на прегледа могат да се формулират следните препоръки за инженерната практика:

- при оразмеряване на настилки да се отчита прогнозният дял на ЕПС чрез актуализирани еквивалентни коефициенти, особено за улици и общински пътища;
- трасетата и спирките на електрифицирания градски транспорт да се третират като зони с повишено натоварване - с цименто-бетонни настилки или смеси с повишена устойчивост на пластични деформации;
- изборът между метални и бетонови ограничителни системи да се диферен-

цира според състава на трафика: бетонови за разделителни ивици, мостове и участъци с висок дял тежкотоварен и автобусен трафик; метални с резерви по задържане за крайпътни зони с преобладаващ лек трафик;

- да се инициира събиране на национални данни за реални удари в ограничителни системи като основа за бъдеща калибровка на правилата за приложение.

6. Заключение

По-голямата маса на електрическите автомобили ускорява натрупването на повреди в настилките – преди всичко по мрежите с лек трафик – и поставя под въпрос представителността на изпитвателните параметри на съществуващите ограничителни системи. Ефектът е най-концентриран по трасетата на електрифицирания градски транспорт и ще се засили с навлизането на батерийните тежкотоварни превозни средства. Наличните резултати не дават основание за извод, че инфраструктурата е неадекватна, но показват, че нормативните предположения се разминават с действителността. Своевременната реакция – актуализиране на оразмерителните методи, преоценка на критериите за ограничителните системи, диференциран избор между метални и бетонови системи и целенасочени национални изследвания – е значително по-ефективна от последващото компенсиране на ускорена деградация. Адаптирането на пътната инфраструктура следва да се разглежда като неразделна част от прехода към електромобилност.

Библиография

- [1] Berg, T. (2024). Safety barriers under changing operating conditions – An analysis of impact parameters in Germany. *Heliyon*, 10(19), e37989. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37989>
- [2] Fernández, M. A., García-Escudero, L. Á., & Molinero, A. (2019). Analysis of real crashes against metal roadside barriers. *PLoS ONE*, 14(2), e0211674. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211674>
- [3] FEHRL – Forum of European National Highway Research Laboratories. (2025). Road infrastructure and electric vehicles [Position paper]. FEHRL.
- [4] Highway Research Board. (1962). The AASHO Road Test (Special Reports 61A–61G). National Academy of Sciences – National Research Council.
- [5] Highways Magazine. (2023). National Highways commissions research over EV crash barrier concerns. *Highways Magazine*.
- [6] Highways Today. (2025). Can our road infrastructure handle heavier electric vehicles? *Highways Today*.
- [7] Platform for Electromobility. (2023). Weights & Dimensions Directive: The hidden milestone for e-trucks. Platform for Electromobility.
- [8] Zhou, Q., Ramakrishnan, A., Fakhreddine, M., Okte, E., & Al-Qadi, I. L. (2024). Impacts of heavy-duty electric trucks on flexible pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 25(1), 2361087. <https://doi.org/10.1080/10298436.2024.2361087>

[9] БДС EN 1317-2:2010. Пътни ограничителни системи. Част 2: Класове на характеристиките, критерии за приемане при изпитване на удар и методи за изпитване на предпазни огради. Български институт за стандартизация (БИС).

[10] Директива 96/53/ЕО на Съвета относно максимално допустимите размери и маси на някои пътни превозни средства, изм. с Директива (ЕС) 2015/719 и Регламент (ЕС) 2019/1242. Официален вестник на ЕС.

[11] Регламент (ЕС) 2019/631 на Европейския парламент и на Съвета за определяне на стандарти за емисиите на CO₂ от нови леки пътнически автомобили и нови леки търговски превозни средства. Официален вестник на ЕС.





The Line (NEOM): градът без пътища и автомобили

The Line е една от най-смелите градоустройствени концепции на XXI век. Част от проекта NEOM в северо-западна Саудитска Арабия, тя предлага град, в който улиците и личните автомобили не са основният организиращ принцип.

Представен през 2021 г., The Line е замислен като линейно градско развитие с дължина 170 км, ширина 200 м и височина до 500 м. Планът предвижда две успоредни огледални фасади, между които да бъдат разположени жилища, работни пространства, обществени услуги, зелени площи и транспортна инфраструктура. Първоначално обявеният капацитет е до 9 милиона жители, но това е дългосрочна проектна цел, а не настояща реалност.

За разлика от класическия град, който се разраства около булеварди, кръстовища и паркинзи, The Line използва изключително компактна линейна форма. Идеята е основните ежедневни услуги да бъдат на кратко пешеходно разстояние, а по-дългите придвижвания да се извършват чрез високоскоростен обществен транспорт.

Не липса на транспорт, а нова транспортна система

Определението „град без пътища и автомобили“ не означава, че в The Line няма да има транспорт. То означава, че личният автомобил не е предвиден като основен начин за придвижване и не определя градската структура.

В традиционните градове голяма част от общественото пространство е заета от автомобилна инфраструктура. Пътища, паркинзи, гаражи и кръстовища често разделят кварталите и ограничават пешеходното движение. В концепцията на The Line това пространство трябва да бъде освободено за жилищни, обществени и зелени функции.

Предвижда се ежедневните нужди на жителите да бъдат достъпни за около пет минути пеша. За придвижването по дължината на града е планирана бърза обществена транспортна система на отделно ниво. Така се прави опит да се отделят пешеходното движение, обществените функции, техническата инфраструктура и транспортът на дълги разстояния.

Принципът не е напълно нов. Градовете по света отдавна развиват пешеходни зони, метро, железопътни системи и квартали със смесени функции. Новото при The Line е мащабът, с който тези идеи се събират в една линейна, вертикално организирана структура.

Град, изграден на нива

The Line използва принципа на вертикалната урбанизация. Вместо жилищата, работните места, услугите и зелените пространства да бъдат разпръснати на голяма площ, те трябва да бъдат разположени едно над друго и близо едно до друго. Така се намалява нуждата от дълги ежедневни пътувания. Ако училищата, магазините, работните пространства и местата за отдих са в непосредствена близост, автомобилът става по-малко необходим. В този смисъл проектът е опит за град, в който удобството се измерва не с броя пътни ленти, а с времето за достъп до основните услуги.

Същевременно компактната форма поставя високи изисквания към инфраструктурата. Водоснабдяване, електрозахранване, ох-

лаждане, отпадъци, комуникации, доставки и аварийна безопасност трябва да функционират като свързана система. При структура с подобни размери надеждността на тези мрежи е също толкова важна, колкото архитектурният облик.

Особено сложен е въпросът за логистиката. Град без автомобили на повърхността все пак трябва да осигурява ежедневни доставки на храни, лекарства, оборудване и материали, както и ~~от~~ извозване на отпадъци. Затова автомобилното движение не изчезва напълно, а се прехвърля към специализирани сервизни и логистични трасета извън зоните за пешеходци.

Устойчивостта не е само въпрос на енергия

NEOM представя The Line като проект, който ще разчита на възобновяема енергия и ще търси по-добра връзка с околната пустинна, планинска и крайбрежна среда. Това е съществена част от неговата идентичност.

При толкова голяма строителна инициатива обаче устойчивостта зависи не само от бъдещото потребление на енергия. От значение са и материалите, производството на бетон и стомана, изкопните работи, транспортът на строителни материали и изграждането на инфраструктурата. Затова реалната екологична оценка ще зависи от целия жизнен цикъл на проекта, а не само от начина, по който градът би функционирал след завършването си.

Поетапно развитие вместо незабавно изграждане

Към момента The Line следва да се разглежда като проект в развитие. Официалната страница на NEOM определя инициативата като многофазно развитие, което ще се осъществява според търсенето.

Публикации на Reuters от 2024 и 2025 г. съобщават за ограничаване на непосредствения строителен фокус до първоначален участък от приблизително 2.4 км. Според информацията този етап е свързан и с планиран стадион за Световното първенство по футбол през 2034 г. Така първоначалната мегавизия преминава към по-прагматичен модел, при който следващите етапи ще зависят от финансирането, строителния напредък и реалната изпълнимост.

The Line няма да премахне пътищата от съвременния свят, но поставя важен въпрос пред градовете, които вече страдат от задръствания, шум и недостиг на обществено пространство: трябва ли градът да бъде проектиран около автомобилите, или автомобилите трябва да заемат по-малко място в града?

Независимо от крайния му вид, The Line остава мащабен експеримент в градоустройството. Той показва, че бъдещето на мобилността не е само въпрос на нови превозни средства, а и на по-близки услуги, качествен обществен транспорт и по-добре организирана градска среда.







Интервю



Модерната градска мобилност и дигиталната трансформация – новите посоки за развитие на Варна

Интервю с г-н Благомир Коцев, кмет на гр. Варна

Г-н Коцев, този брой на списание „Пътища“ е с нов фокус - изцяло върху градовете и съвременната градска среда. Каква е Вашата водеща визия за превръщането на големите български центрове и в частност на Варна в по-модерни, зелени и удобни за живеене места?

Модерният град не е градът с най-много стъклени сгради, автомобили или скъпи технологии. Модерният град е озеленен, чист и спокоен.

Варна има потенциал, но и натрупани проблеми: изоставаща спрямо нуждите транспортна инфраструктура, натоварен трафик, недостиг на паркоместа, слаба свързаност между кварталите, центъра, летището, пристанището и индустриалните зони.

Гледаме на града като на система, не като на сбор от отделни проекти и ремонти. Затова разработваме План за устойчива градска мобилност – документ, който трябва да покаже картината на движението в града и последователността на инвестициите.

Той се разработва като ключово стратегическо изискване за модернизация на градския транспорт и инфраструктура и е заложен като задължителна дейност по проекта за

подобряване на транспортната свързаност и градската мобилност във Варна. Крайната цел е намаляване на трафика, подобряване на достъпа до курортните комплекси и вилните зони и развитие на екологични транспортни алтернативи.

В Европа има примери за по-малки морски и регионални центрове – като френския град Рен, който е с по-малко население от Варна – които успешно развиха подземно и наземно леко метро. Как виждате потенциала и реализацията на проекта за изграждане на леко метро или скоростен екологичен релсов транспорт във Варна, който да свърже летището, индустриалните зони и курортните комплекси?

Варна има специфична структура – летище, пристанище, индустриални зони, централна градска част, жилищни квартали, курортни комплекси. Това означава реална необходимост от бързи връзки между основните генератори на движение.

Първата стъпка е Планът за устойчива градска мобилност. Той трябва да покаже реалните транспортни потоци, най-големите натоварвания и коя система е технически и икономически най-подходяща за Варна.

Не изключвам нито една технология – леко метро, трамвай, скоростен релсов транспорт или комбинация от решения. Но трябва да изберем най-доброто за Варна, а не най-модерното на вид.

Градската мобилност е сред най-чувствителните теми за всеки голям център. Какви стратегически стъпки предприема Община Варна и какви алтернативни методи за придвижване трябва да се развиват у нас, за да се отпуши трафикът в пренаселените градски ядра?

Работим в няколко посоки едновременно.

В контекста на бъдещото разширяване на бул. „Цар Освободител“ работим по проект за основен ремонт на ул. „Вяра“, както и по редица ключови за Община Варна инфраструктурни проекти, които ще улеснят трафика на входовете и изходите на града, подстъпите към кварталите и курортните комплекси.

Община Варна се стреми да предвижда възможности за провеждане на велоинфраструктура при бъдещите основни ремонти на улици. Във всеки от петте района на града има изградена велоинфраструктура, но целта ни е тя да бъде разширена и подобрена, да осигури непрекъсваемост и безопасност за велосипедистите и водачите на индивидуалните електрически превозни средства. Тече процес на проектиране на четири нови велоалеи.

Предстои и възстановяването на стария панорамен път Варна – Златни пясъци.

В световен мащаб изкуственият интелект навлиза в контролните зали – например системи, които регулират светофарите в реално време. Има ли потенциал в България за реално внедряване на такива умни системи за управление на трафика и кога светофарите у нас ще започнат да „мислят“ в милисекунди според гъстотата на автомобилите?

Варна вече има инфраструктура за наблюдение на транспорта, GPS информация за обществен транспорт и системи за информация в реално време. Следващата стъпка е тези данни да се интегрират и да се използват по-активно.

Изкуственият интелект може да анализира трафика, да разпознава модели и да подпомага оптимизирането на светофарните режими. Но това трябва да стане поетапно – с качествени данни, свързани системи и ясни критерии за ефекта.

Целта е проста: по-малко чакане, по-малко задръствания, по-малко вредни емисии.

Много от големите ни градове са подложени на силен сезонен или ежедневен миграционен натиск – туризъм, работещи от съседни региони. Как се управляват ресурсите на една община и какви мерки предвиждате, така че инфраструктурата да издържа на това огромно натоварване, а градът да остане приветлив както за туристите, така и за постоянно живеещите?

Варна има две лица – градът, в който живеят варненци през цялата година, и туристическият център, който през лятото приема хиляди гости. Не можем да решаваме тези два въпроса поотделно.

Летният сезон натоварва транспорта, паркирането, почистването, водоснабдяването, обществения ред. Подготовката за сезона трябва да започва много преди първите туристи – тази година Община Варна проведе заседание на Консултативния съвет по туризма още през март, на което обсъдихме транспорта, чистотата, сигурността и подготовката на курортите.

Дългосрочното решение е инфраструктурата да бъде проектирана така, че да поема сезонните пикове. Туризмът не трябва да бъде в конфликт с качеството на живот – добрата градска среда е едновременно туристически продукт и услуга за хората, които живеят тук.

Европейските морски градове често страдат от т.нар. „паразитен трафик“ – шофьори, обикалящи с часове за паркомясто. Какви дигитални решения и умни сензорни системи внедрявате или планирате за оптимизиране на Синята и Зелена зона, така че гражданите да виждат свободните места в реално време на телефоните си?

Регулираното паркиране вече е част от дигиталната среда на Варна – имаме мобилно плащане, а Зелената зона е интегрирана с приложение за виртуален паркинг метър.

Следващото ниво е информацията за паркирането да стане инструмент за управление на трафика, не само начин за плащане. Сензорните системи могат да дават данни за заетостта на паркоместата – за общината и за гражданите.

Тук трябва да сме внимателни с очакванията. Не всяко паркомясто трябва да е със сензор – възможни са камери, сензори, анализ на данни, интеграция със съществуващите системи. Целта е човек да не обикаля квартала в търсене на място. Това е загубено време, излишен трафик, излишни емисии.

Един от световните мегатрендове в урбанизма е концепцията за „15-минутни градове“ и суперблокове, където хората имат



пешеходен достъп до всичко важно. Приложим ли е този модел в големите български квартали и как инфраструктурата може да се пренастрои от „градове за автомобили“ към „градове за хора“?

Варна има добри предпоставки за това. В много квартали основните услуги – училища, детски градини, магазини, паркове, спортни обекти – са на близко разстояние. Проблемът е, че между тях често липсва добра пешеходна връзка.

15-минутният град не бива да остане мечта. Той означава човек да може реално да стигне пеша или с велосипед до основните услуги, без да пресича опасни пространства или да се движи по разбити тротоари. В проекта „Отваряне на града към морето“ предвиждаме по-добри условия за пешеходно и велосипедно придвижване и споделени пространства.

Не става дума за война срещу автомобилисте. Автомобилният транспорт ще остане важна част от градския живот – въпросът е да не бъде единствената възможност.

Дигиталните близнаци на градове като Сингапур и Ротердам позволяват да се симулира трафикът, ефектите от климатичните промени и строителството още преди изливането на бетона. Има ли Варна готови концепции или планове за по-сериозно интегриране на подобни AI платформи за градско планиране?

Това ще стане неизбежно за големите градове. Но не бих започнал с технологията, а с данните. За истински дигитален близнак на Варна трябва да съберем информация за транспорта, инфраструктурата, сградния фонд, зелената система, енергията, околната среда и градските услуги. Това е нещо, по което се работи в този мандат. Партнираме си с други градове в страната и с гържавата, за да компилираме и използваме тази информация в дигитални модели за оптимизиране на градската среда.

В перспектива искам Варна да може да тества решение виртуално преди да го приложи: какво ще стане с трафика, ако променим този или онзи булевард, как ще се промени достъпът до даден квартал, какво ще бъде натоварването през август. Това е по-добър начин да управляваме град с размерите на Варна.

Шумът и замърсяването на въздуха в големите градове са сериозен екологичен проблем. Когато се проектират и рехабилитират големите градски булеварди, залага ли се вече на иновации от ново поколение като „тихия асфалт“ или фотокаталитични покрития?

Когато инвестираме в инфраструктура, трябва да мислим не само как изглежда една улица в деня на откриването, а как ще се отразява на хората през следващите десетилетия.

Варна има Стратегическа карта за шум, актуализирана през 2024 г., която включва транспортното и индустриалното натоварване и постоянен мониторинг на въздуха чрез автоматични станции. Тези данни трябва да участват в инвестиционните решения.

При всеки голям инфраструктурен проект гледаме цялостно – настилки, отводняване, озеленяване, шум, безопасност, осветление. Конкретни технологии като фотокаталитичните покрития трябва да се оценяват според реалната им ефективност, цена и приложимост в нашия климат. Иновацията има смисъл, когато решава конкретни проблеми, а не просто да я има.

В контекста на сътрудничеството с бизнеса и научните среди: Готова ли е Община Варна да се превърне в „жива лаборатория“ (Living Lab), където млади български инженери, академичната общност и технологични компании да тестват своите иновации за умна градска среда директно на терен?

Варна има добри предпоставки за това – университети, технически и икономически кадри, IT компании, морски бизнес, туристически сектор и град, който може да бъде реална среда за тестване.

Тук виждам една от големите възможности на Варна – да не бъдем само потребител на технологии, разработени другаде, а място, в което се създават и тестват решения за градовете на бъдещето: интелигентно управление на трафика, паркиране, енергийна ефективност, отпадъци, осветление, качество на въздуха, зелена инфраструктура.

В управленската ни програма дигитализацията е заложена именно като инструмент за подобряване на общинските услуги – от транспорта и осветлението до озеленяването и контрола. Варна обаче трябва да бъде разглеждана като „жива лаборатория“ единствено в контекста на една по-голяма, национална стратегия за повишаване на конкурентоспособността посредством технологии с добавена стойност.

Поглед напред в хоризонт до 2030 година: Кои според Вас ще бъдат трите основни технологични или инфраструктурни постижения, които ще дефинират модерния български град и с кои от тях Варна ще се гордее най-много?

Бих посочил три.

Интелигентната мобилност – не просто нови автобуси или улици, а интегрирана транспортна система, която използва данни в реално време. Обществен транспорт, паркиране, светофари, пешеходно и велосипедно движение трябва да заработят като една система.

Зелената градска инфраструктура – градът на бъдещето ще бъде по-зелен не защото има повече дървета, а защото е проектиран да използва по-малко енергия, да задържа повече вода и да създава по-малко емисии. Морето, Морската градина, зелените клинове и парковете са част от идентичността на Варна – трябва да ги свързваме, не да ги пазим като отделни острови.

Дигиталното управление на града – до 2030 г. гражданите ще очакват повече услуги да се случват дигитално и повече решения да се вземат на база реални данни. Варна има потенциала да бъде сред първите градове, които правят тази промяна.

Но ако трябва да избира едно нещо, с което искам Варна да се гордее, не е конкретна технология или сграда. Искам да се гордеем с това, че сме променили начина, по който градът функционира – по-свързан, по-чист, по-зелен, по-достъпен за хората.

Инфраструктурата не е само асфалт, релси, светофари и сензори. Тя е начинът, по който градът дава възможност на хората да живеят, работят, учат и да се развиват. А Варна има предпоставките да бъде естественият икономически, логистичен, технологичен и културен център на Североизточна България и Черноморския регион.





Метро в малък град?
Мисията възможна!

Когато говорим за метро, обикновено си представяме мегаполиси като Токио, Ню Йорк или Лондон. Изграждането на подземна железница обаче се оказва изключително успешна стратегия и за много по-малки населени места. Чрез използването на „леко метро“ (light metro) или автоматизирани мини-системи по-малките градове трансформират икономиката си, решават географски предизвикателства и подобряват качеството на живот.

Метро в малки градове

Лозана, Швейцария (население около 140 000 души):

Това е най-малкият град в света с пълноценна система за метро. Градът разполага с две линии (M1 и M2). Линията M2 е напълно автоматизирана (без машинист) и е уникална с това, че преодолява над 300 метра денивелация, справяйки се със стръмния планински релеф на града. Годишно системата превозва над 25 милиона пътници.





Рен, Франция (население около 220 000 души):
До 2008 г. Рен държи рекорда за най-малък град с метро. Днес той има изградени две изцяло автоматизирани линии с общо 28 стан-

ции. Проектът е пример за това как малък, но оживен университетски център може да интегрира високотехнологичен транспорт.



Бреша, Италия (население около 200 000 души):
Градът разполага с една автоматизирана линия с дължина близо 14 км, която свързва

северните и югоизточните предградия с историческия център, облекчавайки драстично трафика на повърхността.



Зерфаус, Австрия (население около 1 100 души): Това е най-необичайният пример – малко алпийско село, което има своя собствена подземна железница (U-Bahn Serfaus). Метрото е с дължина едва 1,3 km, движи се на въздушни

възглавници (подземно въжено влакче) и има 4 станции. Създадено е с цел изцяло да елиминира автомобилния трафик от ски туристи през зимния сезон.



Примерите от Европа показват, че метрото не е лукс, запазен само за милионните градове. Правилно оразмерените леки и автоматизирани системи помагат на по-малките населени места да се развиват устойчиво, запазвайки своя чар и чиста околна среда. **Какво обаче показват цифрите и какви са реалните резултати?**



Лозана, Швейцария

Линия М2 е проектирана за 16 милиона пътници годишно, но на практика надминава очакванията и днес превозва над 36 милиона пътници годишно.

Около 15% от пътниците в метрото не са ползвали градски транспорт преди това.

Ползването на автобусни и трамвайни линии в града се е увеличило с 10–15% след пускането на метрото.

Изграждането на линията М2 възлиза на около 590 милиона швейцарски франка. Тъй като линията превозва над 36 милиона души годишно при първоначално планирани 16 милиона, **приходите от билети напълно покриват и надхвърлят текущите оперативни разходи** на линията.

Рен, Франция

С пускането на втората напълно автоматизирана линия (Линия В) през 2022 г., Рен постига уникални резултати:

Още в първите дни двете линии на метрото отчитат общо 275 000 пътувания дневно, като за град с такова население това означава, че на практика по-голяма част от жителите използват метрото ежедневно.

Около 10% от пътниците се прекачват директно между двете линии, което намалява необходимостта от транзитни автобуси в историческия център на града.

Използваната система Siemens Cityval позволява минимален интервал между влаковете от едва 60 секунди в пиков час.

Втората им линия (Линия В), завършена през 2022 г., е реализирана за 1,34 милиарда евро при дължина на трасето 13,4 км. Това прави малко над **97 милиона евро на километър**. За сравнение, тежкото класическо метро в Западна Европа струва средно между 250 и 400 милиона евро на километър. Чрез използването на по-малки автоматизирани моториси, градът спестява огромни средства още при строителството. Благодарение на автоматизацията, **оперативните разходи за поддръжка през целия жизнен цикъл на линията са намалени с близо 20%**.

Бреша, Италия

Първоначалните прогнози са за около 13 милиона пътници годишно в дългосрочен план. Реалността обаче надминава очакванията и през 2023 г. метрото в Бреша е превозило рекордните **17,04 милиона пътници** (около 46 700 души дневно).

Системата е 100% автоматизирана. Липсата на разходи за заплати на машинисти намалява постоянните разходи с близо 25–30% в сравнение с класическите влакове и прави цената на билета достъпна - 1,70 евро.

Пускането на метрото изтегля от улиците на Бреша над 10 000 автомобила дневно.

Примерът с италианския град **Бреша** е един от най-цитираните в Европа за това как инвестицията в автоматизирано леко метро се отплаща финансово, макар градът да е далеч от мащабите на Рим или Милано. Когато метрото в Бреша отваря врати през 2013 г., много скептици го наричат „икономическо самоубийство“ заради цената от около 900 милиона евро за изграждането му. Днес официалните финансови отчети на общинския оператор показват точно обратното. Финансовият успех на метрото в Бреша е толкова категоричен, че градът решава да използва същия модел за надграждане на мрежата. В момента общината инвестира **426 милиона евро** в изграждането на две допълнителни модерни трамвайни линии (Т2 и Т3), които ще се свързват с метростанциите като единна и печеливша транспортна екосистема.

Зерфаус, Австрия

Изцяло обновеното през 2019 г. подземно влакче на въздушни възглавници превозва до 3 350 души на час и средно 833 000 пътници годишно.

Преди изграждането му задръстванията от туристи са ежедневие. Днес селото е 100% зона, свободна от автомобили.

Превозът за всички туристи и жители на селото е напълно безплатен, той се издържа от приходите от лифтовете и местния бизнес, които процъфтяват в резултат от перфектната логистика.

Малкото алпийско село инвестира 26 милиона евро през 2017–2019 г., за да обнови изцяло своето подземно влакче на въздушни възглавници, което се използва напълно безплатно и на пръв поглед изглежда като чиста загуба. В действителност това е най-добрата бизнес инвестиция. Чрез премахването на автомобилния трафик и шума, Зерфаус получава статут на „Premium“ еко-курорт, което позволява на местните хотели и бизнеси да повишат цените на нощувките и услугите с над 30% спрямо съседните региони. Инвестицията от 26 милиона евро се изплаща индиректно само за няколко години чрез **увеличението в приходите от туристически данъци и корпоративни данъци** от местния бизнес, които се връщат директно в бюджета на общината.

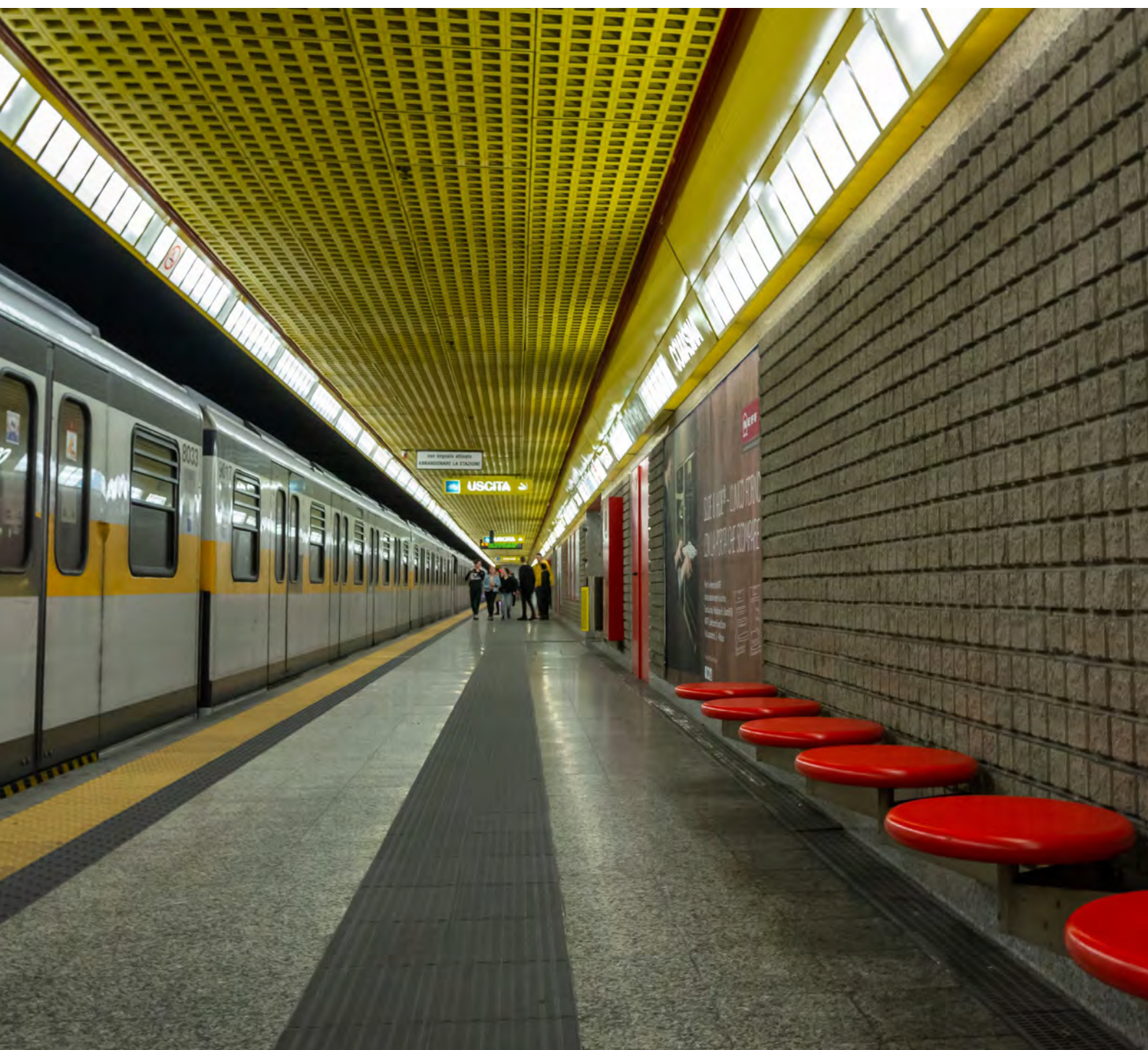
Къде е България? Пропуснатият шанс за българските градове

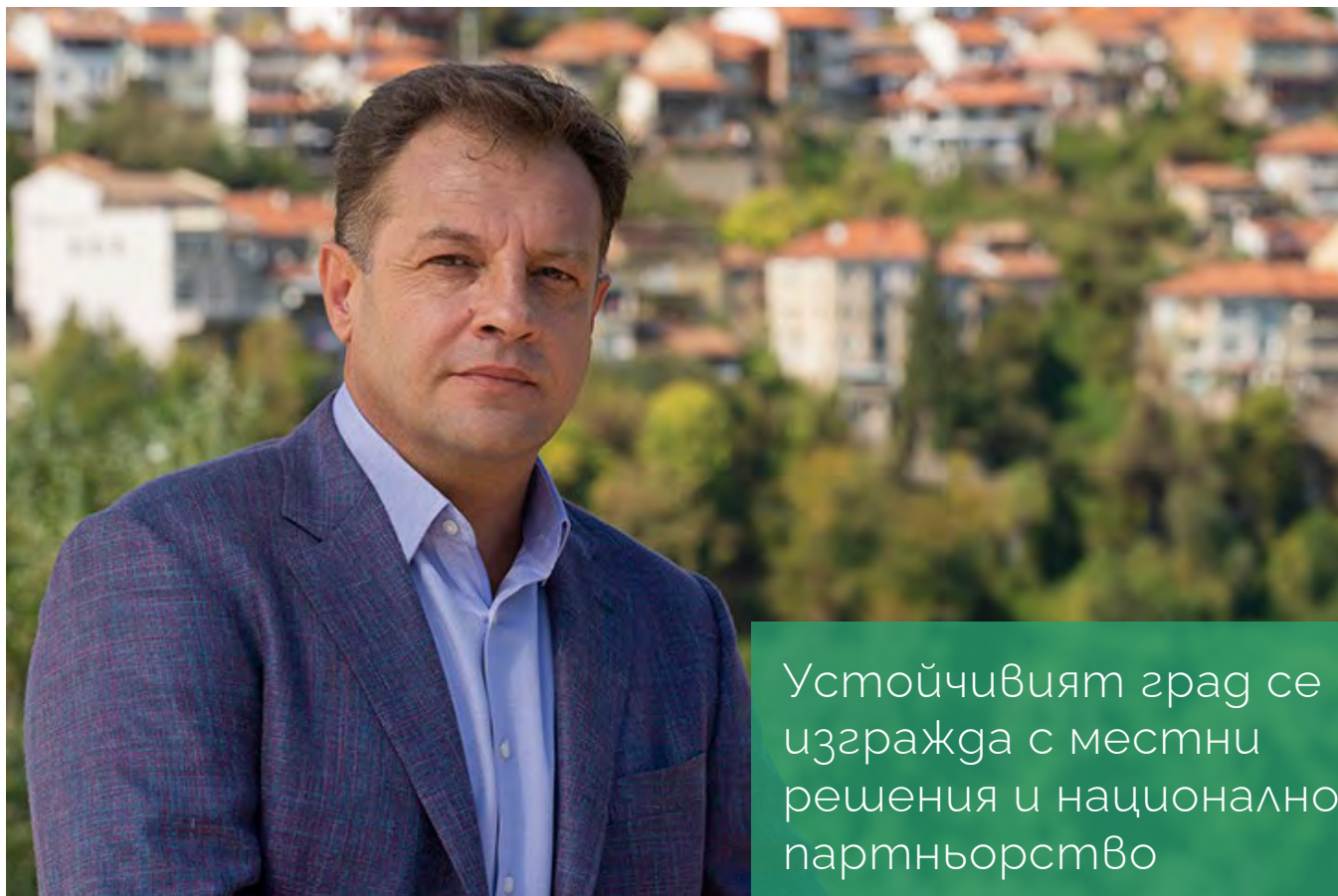
Официалната статистика на Националния статистически институт (НСИ) за населението на големите български градове (по настоящ адрес) показва следното:

- **Пловдив (около 350 000 жители)** – вторият по големина град в България има почти два пъти по-голямо население от Лозана и е значително по-голям от Рен и Бреша.
- **Варна (около 330 000 души)** – морската ни столица има население, което през летния туристически сезон нараства до над 500 000 души. Това поставя Варна в сходна позиция с курортни зони като Зерфаус или Лозана.

- **Бургас (около 200 000 жители)** – градът е с абсолютно идентичен мащаб като италианския град Бреша (около 200 000 души).

Докато градове в Европа с население под 200 000 души, като Лозана, Бреша и Рен, управляват печеливши и високотехнологични подземни железници, в България София остава единственият град с метро. Големите икономически и културни центрове в страната продължават да разчитат изцяло на наземен транспорт (автобуси и тролейбуси), въпреки че населението им отдавна е достигнало критичната точка, в която лекото метро би било напълно финансово и логистично оправдано.





Устойчивият град се изгражда с местни решения и национално партньорство

Интервю с д-р инж. Даниел Панов, председател на УС на НСОРБ и кмет на община Велико Търново

Г-н Панов, този втори брой на списание „Пътища“ излиза от тясно профилираната тема за републиканските пътища и поставя силен фокус върху градовете. Какви са най-спешните предизвикателства пред българските общини по отношение на градската среда в момента?

Днес пред общините стоят комплексни задачи за управление на цялата територия, а не на отделни обекти. Улицата, градският транспорт, училището, индустриалната зона, зелените пространства и дигиталните услуги не могат да се планират като несвързани проекти. Те трябва да следват обща визия и да дават измерим резултат за хората.

Българските общини натрупаха сериозен опит в подготовката и реализацията на инвестиции. Следващата крачка е да поставим по-силен акцент върху качеството, поддръжката и жизнения цикъл на вече изграденото. Демографските процеси, климатичните рискове и нови-

те очаквания към публичните услуги налагат да планираме с по-дълъг хоризонт и да избираме решения, които са устойчиви във времето.

Общините познават най-добре местните потребности и могат да свързват инвестициите с реалния живот на общността. За да разгърнат този потенциал, са им необходими по-ясни правомощия, предвидими финансови инструменти и национално партньорство по темите, които надхвърлят границите на една община.

Инфраструктурата на един съвременен град отдавна надхвърля темата за асфалта. Как се променя философията на българските кметове по посока на концепцията за „умните градове“ (Smart Cities) и интегрираното управление на градските системи?

Все повече кметове гледат на технологиите не като на самостоятелна цел, а

като на инструмент за решаване на конкретни проблеми. Истински „умен“ е градът, който управлява свързано транспорта, публичните пространства, енергията, водния цикъл, отпадъците, сигурността и административните услуги.

Тази промяна вече се вижда в българските общини. Интегрираните системи за обществен транспорт и управление на трафика, електронното таксуване, интелигентното улично осветление, мониторингът на качеството на въздуха, географските информационни системи и електронните услуги вече са част от ежедневно управление на редица градове.

Следващата стъпка е отделните системи да започнат да „разговарят“ помежду си. Данните за трафика например трябва да помагат за планирането на градския транспорт, уличната мрежа и инвестициите в безопасност. Общи-

ните трябва да могат да надграждат според местните си приоритети върху съвместима цифрова основа. Общият стандарт не означава еднакви местни решения.

До каква степен общините в България успяват да използват данни (Data-driven решения) и изкуствен интелект за ежедневно управление на процеси като трафика, уличното осветление, сметосъбирането и поддръжката на зелени-те системи?

Общините вече работят с голям обем данни - географски информационни системи, електронни регистри, данни за трафика, енергийното потребление, сметосъбирането и състоянието на публичните активи. Различните общини са на различен етап, но посоката е ясна: от реакция при възникнал проблем към по-ранно откриване на рисковете и по-добро планиране.





Изкуственият интелект може да помага при анализа на трафичните потоци, оптимизирането на маршрути, управлението на енергийното потребление и подготовката на инвестиционни решения. Но не бива да прескачаме основата. За да се прилагат такива решения отговорно, са нужни качествени и актуални данни, ясни правила за тяхното използване и свързаност между системите.

Важна е и организационната промяна в самата община: данните да не остават затворени в отделни звена, а да се използват при общото планиране. Технологиите не отменят професионалната преценка, местното знание и отговорността на администрацията. Тя трябва да дава по-добра основа за решенията, а не да ги взема вместо хората.

В чужбина все по-активно се говори за предиктивна поддръжка (Predictive Maintenance) - софтуер, който предрича къде ще се появи дефект в настилката, преди да е станал видим. Доколко нашите общини използват Big Data и съвременни технологии за интелигентно управление на своите активи?

Най-добрият ремонт не е най-бързият, а навременният. Общините управляват огромен публичен ресурс - улици, мосто-

ве, сгради, паркове, инженерна инфраструктура и улично осветление. Истинската стойност на една инвестиция не се изчерпва с въвеждането ѝ в експлоатация. Важно е колко дълго ще служи, как ще бъде поддържана и каква ще бъде цената за целия ѝ жизнен цикъл.

Предиктивната поддръжка започва с добро познаване на активите. Необходими са актуални регистри, данни за изграждането и ремонтите, периодична оценка на състоянието, информация за натоварването и климатичните въздействия. Когато тази история се натрупва системно, общината може да приоритизира намесите според риска и реалното състояние, а не само когато повредата вече е видима.

В България сме по-скоро в началото на този преход, но общините могат да напредват още сега - чрез инвентаризация, единен подход към данните и планове за поддръжка, основани на жизнения цикъл. Общите методики и стандарти биха намалили разходите и биха направили по-лесно прилагането на добрите решения и от по-малките общини.

Финансовата децентрализация остава стратегическа цел и ключова тема

за местната власт. Има ли реален напредък в диалога с централната власт, който да даде на градовете по-голяма автономност и средства при реализирането на мащабни проекти?

Диалогът между държавата и местната власт е по-активен, но все още не можем да говорим за структурен напредък. Финансовата децентрализация не е еднократно осигуряване на допълнителен ресурс, а реформа на баланса между отговорностите на общините и финансовите инструменти, с които те разполагат.

Инвестиционната програма за общински проекти показва колко голяма е потребността от инвестиции в местната инфраструктура и даде възможност за реализацията на стотици обекти. Този механизъм е важен, но не замества собствените и предвидими приходи. Общините трябва да могат да планират не от бюджет до бюджет, а с хоризонт от пет, десет и повече години - както за новите обекти, така и за поддръжката на съществуващата инфраструктура.

Затова НСОРЕБ последователно поставя въпроса за разширяване на собствената приходна база и за споделяне на част от националните данъчни приходи с местната власт. Повечето финансово самостоятелност върви с повече отговорност и по-пряка връзка между местните приходи, местните политики и оценката на гражданите. Общините вече са доказали, че могат да носят тази отговорност.

Настоящият програмен период залага силно на Интегрираните териториални инвестиции (ИТИ). Виждате ли вече работещи примери за партньорство между съседни общини, които обединяват сили, за да решат общи инфраструктурни, транспортни или екологични проблеми?

ИТИ е правилната посока, защото реалният живот не следва административните граници. Хората ежедневно пътуват до работа или училище в съседна община, използват обща транспортна, здравна и образователна инфраструктура, а водните, екологичните и икономическите предизвикателства рядко могат да бъдат решени от една община.





Настоящият програмен период даде важен импулс на общините да погледнат отвъд собствената си територия и да търсят общи решения. Но трябва да бъдем предпазливи в оценката на резултатите. Тежките административни процедури, многото етапи на съгласуване и сложните правила затрудниха изграждането на партньорствата и забавиха практическото изпълнение на проектите. Партньорството не се създава с един формуляр - то изисква доверие, време и ясно споделена цел.

По този път ще продължим и през следващия програмен период, но трябва да извлечем уроците от настоящото прилагане. Необходими са по-прости и предвидими процедури, по-голяма гъвкавост при съчетаването на ресурси и най-вече по-голяма регионална собственост върху създаването на концепциите и изпълнението на проектите. Националната рамка трябва да гарантира прозрачност и равнопоставеност, а регионите да имат реална роля при определянето и управлението на своите приоритети.

Как НСОРБ подпомага по-малките общини, за да не се допусне „дигитална пропаст“ между големите областни центрове и по-малките населени места по отношение на въвеждането на умни технологии и електронни услуги за гражданите?

За по-малките общини дигитализацията не е лукс, а възможност да преодолеят ограниченията на малките администрации, недостига на специалисти и отдалечеността на населените места. Електронното обслужване, дистанционните услуги и споделените решения могат да приближат администрацията до хората.

Ролята на НСОРБ е най-напред да гарантира, че при създаването на национални цифрови политики и системи се чува гласът на всички общини. Едно решение не е истински национално, ако може да бъде прилагано само от администрации със значителен експертен и финансов ресурс. Затова поставяме проблемите на малките общини в диалога с държавата, участваме в обсъждането и тестването на нови решения и настояваме те да бъдат приложими при различен мащаб и капацитет.

Втората ни задача е знанието да се споделя. Чрез обучения, работни формати, консултативна подкрепа и обмен между общините работещите практики могат да достигат много по-бързо до по-малките администрации. Не всяка община трябва да започва от нула. Целта е да създаваме възможности за споделени решения и експертен капацитет, така че мястото, в което живее човек, да не определя качеството на публичната услуга, която получава.

Въвеждането на цифрови стандарти като BIM (Building Information Modeling) и GIS системи става норма в Европа. Имат ли българските общини необходимия административен капацитет и подготвени кадри в своите отдели, за да проектират и управляват такива изцяло дигитални строителни обекти?

При GIS вече имаме натрупан общински опит. Тези системи се използват в устройственото планиране, управлението на общинската собственост, пространствените данни и подготовката на инвестиционни проекти. При BIM сме на по-ранен етап. Там предизвикателството не е само да осигурим софтуер, а да променим целия начин, по който се създава, обменя и използва информацията за един обект.

Общините имат много важна роля като възложители, одобряващи органи и собственици на публични активи. Затова е важно те да бъдат включени още при създаването и тестването на национал-

ния BIM модел, шаблоните, процедурите и изискванията към обществените поръчки. Така правилата ще бъдат еднакво приложими за големи и малки администрации.

Най-големият проблем остава недостигът на хора. Общините все по-трудно привличат инженери, архитекти и специалисти по инвестиционно проектиране, а новите цифрови стандарти изискват допълнителни компетентности. Решението е в системно обучение, партньорство с университетите и професионалните организации и в модели за споделен експертен капацитет. Не е необходимо всяка община да поддържа всички редки специалности самостоятелно, но всяка трябва да има достъп до такава експертиза.

Климатичните промени налагат бързо преосмисляне на градската среда (екстремни горещини, локални пороци). Готови ли са българските градове с превантивни мерки и как местните власти могат да зложат на устойчиви и „зелени“ строителни материали?

Най-важната промяна е климатичната устойчивост да се превърне в изискване към всяка публична инвестиция. Общините вече прилагат конкретни мерки - зелена и синя инфраструктура, запазване и увеличаване на дървесната растителност, засенчване на публичните пространства, водопропускливи настилки и системи за задържане и контролирано отвеждане на дъждовните води. Това



са мерки за сигурността на хората и за опазването на публичната инфраструктура, а не само „зелен“ акцент.

Местната власт може да залага изисквания за устойчивост чрез градоустройственото планиране, проектирането, обществените поръчки и поддръжката. При строителните материали това означава да се оценява не само първоначалната цена, а трайността, ремонтпригодността, възможността за повторна употреба и разходът през целия жизнен цикъл. Рециклираните материали, включително оползотворяването на фрезован асфалт, имат място в общинската пътна инфраструктура, когато са приложени при ясни технически изисквания и контрол на качеството.

Най-голямата промяна обаче трябва да бъде в логиката на финансирането - от разходи след бедствието към инвестиции в превенция. Един водосбор, река или свлачищен процес не следват общинските граници. Затова местните мерки трябва да са свързани с обща политика за управление на климатичния риск и с дългосрочен ресурс за защита и адаптация.

Каква е Вашата дългосрочна визия за българските общини след 10 години - как технологичният скок и новата вълна от иновации ще променят ежедневно ни усещане за градски живот?

През тази година НСОРБ отбелязва 30 години от своето създаване. За три де-

сетилетия общините изградиха капацитет, реализираха хиляди инфраструктурни проекти и доказаха, че могат да бъдат двигател на развитието. Следващото десетилетие трябва да бъде времето, в което този опит се превръща в по-голяма самостоятелност, по-дългосрочно планиране и по-ясна отговорност за резултатите.

След десет години искаме гражданинът да усеща промяната не в броя на приложенията и сензорите, а в това, че градът работи по-добре за него. Услугите ще са достъпни без излишно ходене до гише. Транспортът ще се планира според реалните потоци. Дефектите по улиците и мрежите ще се откриват преди да се превърнат в криза. Инвестициите ще се оценяват по това какъв резултат дават за общността и колко устойчиви са във времето.

Това бъдеще не може да бъде изградено нито само от държавата, нито само от общините. Националното ниво трябва да осигурява стандартите, свързаността на системите и предвидимата среда, а местната власт да избира и носи отговорност за решенията, които са най-добри за хората. Устойчивият град се изгражда именно така - с местни решения и национално партньорство.



0700 20 404



WWW.INGCONSULT.BIZ



ИНЖКОНСУЛТ
КОНСУЛТИРАНЕ ПРОДАЖБИ ОБСЛУЖВАНЕ

**ОТ АСФАЛТИРАНЕТО ДО ЗИМНОТО ПОЧИСТВАНЕ!
ВАШЕТО ДОВЕРЕНО ПАРТНЬОРСТВО ЗА БЕЗУПРЕЧНИ
ПЪТИЩА ПРЕЗ ВСЕКИ СЕЗОН.**



**ПРИКАЧНИ УСТРОЙСТВА PRONAR
ХИДРАВЛИЧНО РАМО PRONAR
МИНИ ЧЕЛНИ ТОВАРАЧИ
АСФАЛТОПОЛАГАЧИ СМ
ТРАКТОРИ LOVOL
МУЛЧЕРИ TDI**



Оценка и моделиране на риска от хлоридно обусловена корозия в подземната транспортна инфраструктура

Автор: гл. ас. д-р инж. **Борислав Борисов**, Катедра „Подземно строителство“, Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, София

Резюме

Статията представя методика за проектиране на експлоатационния срок на подземни стоманобетонни съоръжения, която обединява оценка на въздействията на средата, нормативен анализ, вероятно моделиране на проникването на хлориди по три модела (fib Bulletin 34, Life-365 и модел по методиката на GHD) и експериментална проверка чрез пробни бетонови състави. Референтният обект е тунелно съоръжение в тежка хлоридна и сулфатна среда. По Life-365 и DuraCon избраният състав удовлетворява 80-годишните критерии, а най-консервативният сценарий на модела по методиката на GHD дава 75 години до напукване на защитния слой, затова окончателното решение се основава на съвместната им оценка, многослойната защита и инженерната преценка. Пробните замеси постигат коефициенти на миграция по NT Build 492 от $0,22-0,77 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, което потвърждава високата хлоридна устойчивост на съставите. Изведени са границите на числената съпоставимост между трите модела, а за българските условия са дефинирани типология на хлоридните сценарии, необходимите доказателства при приемане на клас на въздействие и преносимите и непреносимите елементи на методиката. Статията има методически характер и очертава стъпките за бъдещо калибриране за български условия.

Ключови думи

хлоридно обусловена корозия; подземна транспортна инфраструктура; експлоатационен срок; вероятно моделиране; хлоридна миграция; класове на въздействие.

1. Въведение

Подземните транспортни съоръжения, включително метротунели и метростанции, пътни и железопътни тунели и свързаните с тях колектори, работят в постоянен или променлив контакт с подземни води, при ограничен достъп за ремонт и при проектни срокове, които все по-често надхвърлят 100 години. Дълготрайността тук е основен проектен критерий [1]. Хлоридно обусловената корозия заема особено място сред механизмите на увреждане: за разлика от карбонизацията хлоридите разрушават локално пасивния слой на арматурата дори при висока алкалност и предизвикват питингова (точкова) корозия с концентрирана загуба на сечение, трудна за откриване на ранен етап [1, 2]. Източници за подземните съоръжения са минерализираните и засолените подземни води, морската вода в крайбрежните райони, а в градска среда и водите, които отвеждат противообледенителните соли от зимното поддържане на пътищата [3].

Нормативният подход, при който дълготрайността се осигурява чрез предписани



изисквания за състава на бетона и защитния слой, е утвърден и лесен за прилагане, но не отговаря количествено на въпроса с каква вероятност съоръжението ще изпълни функцията си в дългите проектни срокове, затова световната тенденция е към проектиране по измерими показатели и вероятностна проверка [4]. Статията има три основни цели: да представи методика за проектиране на експлоатационния срок, приложена към реален обект в тежка хлоридна среда [3], да съпостави трите използвани модела с изводите и границите на числената им съпоставимост, и да формулира критериите, по които хлоридното въздействие се приема като определящо за конкретна зона на подземно съоръжение в България.

2. Механизъм и съвременни тенденции

Класическият модел на Tuutti разделя развитието на корозията на период на инициране, през който хлоридите проникват през защитния слой до критично съдържание при армировката, и период на разпространение с активна корозия и напукване [2]. Проникването протича чрез дифузия, доминираща при водонаситен бетон, чрез капиларно засмукване при цикли на намокряне и изсъхване, чрез конвекция при дефектни хидроизолации и чрез електромиграция при блуждаещи токове [1]. Дифузионният профил се описва по втория закон на Fick с привиден коефициент на дифузия, намаляващ с възрастта, особено при състави с активни минерални добавки. Критичното съдържание е величина с голямо разсейване и се третира вероятностно [5].

Методическата основа на вероятностната проверка е положена в бюлетин 34 на Международната федерация по конструктивен бетон (fib Bulletin 34) с четирите му нива на проверка [4]. Важна нормативна стъпка са класовете на устойчивост на експозиция (ERC) в БДС EN 1992-1-1:2024 (EN 1992-1-1:2023) [6], при които устойчивостта се измерва пряко чрез стандартизирано изпитване, тъй като при нисковъглеродните свързващи вещества косвените показатели губят надеждната си връзка с дълготрайността. Измеримите показатели са два вида: коефициент на дифузия от хлоридни профили (NT Build 443, БДС EN 12390-11) и коефициент на миграция в неустановен режим (NT Build 492 [7], БДС EN 12390-18). Електрическата индикация по ASTM C1202 измерва преминал заряд и не е коефициент на дифузия [8].

3. Методология

3.1. Методика и референтен обект

Използваната методика [3] обхваща последователно: определяне на механизмите на увреждане и класовете на въздействие, нормативен преглед и извеждане на изисквания-

та, вероятностно моделиране по няколко модела, прецизиране на изискванията според резултатите, пробни замеси с лабораторна проверка на постижимостта и план за контрол на качеството. За механизмите без широко приети прогнозни модели, включително сулфатната и киселинната атака, алкално-силициевата реакция [9] и абразията, се прилагат съответните изисквания на действащата нормативна и проектна рамка.

Методиката е приложена към тунелни съоръжения в района на гр. Месаиуд, Катар (програма IDRIS, лот LIS-3) [10, 11]. Конструкцията е от стоманобетонни крепежни елементи за тунели с проектен срок 80 години без възможност за ремонт. Средата съчетава изключително високи хлориди и сулфати, висока температура и зона на колебание на водното ниво и отговаря на най-тежкия клас на експозиция 4 по QCS 2014 [10]. Защитата е многослойна: плътен бетон с ниска пропускливост, защитен слой 50 mm, външно епоксидно покритие, вътрешна облицовка и инжектиране на контакта с масива. Обектът е използван за разработване и проверка на общата методика, а не като източник на преносими експозиционни стойности.

3.2. Три модела на проникването на хлориди

Проникването е моделирано по три начина. Първият модел е вероятностен, разработен за конкретния проект по методиката на австралийската инженерингова компания GHD: инициране и развитие до напукване на защитния слой, прагове 0,2, 0,4 и 0,6 % хлориди спрямо масата на свързващото вещество, скорост на корозия 10-12 $\mu\text{m}/\text{година}$ в зоната на колебание и целеви индекс на надеждност $\beta = 1,65$ [3]. Вторият е северноамериканската методика Life-365 (версия 2.2.3.1) със седем представителни състава, фиксиран 6-годишен период на разпространение и възрастов фактор до 30-ата година [12]. Третият е вероятностният модел на fib Bulletin 34, стъпващ на европейския проект DuraCrete [4], приложен със софтуера DuraCon 2.3 чрез Монте Карло симулация при четири нива на коефициента на дифузия и допустима вероятност за отказ 0,5 % за 80 години.

В проекта е прието целево ниво на транспортния показател $1,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ като средна стойност на 56-ия ден [3, 10]. Статията го третира като референтно проектно ниво, тъй като входните данни за транспортния показател при Life-365 и DuraCon се задават към 28-дневна възраст. Трите модела се различават и по гранично състояние, концентрационна база, възрастов ефект и целева надеждност ($\beta = 1,65$ при GHD срещу $P_f \leq 0,5 \%$, т.е. $\beta \approx 2,6$, при DuraCon), както е съпоставено в табл. 1. Затова съгласуваността на изводите им означава съвпадение на проектната посока, а не строга числена еквивалентност.

Табл. 1 Параметри на трите модела, приложени към референтния обект (по [3])

Параметър	GHD (модел за конкретния проект)	Life-365 v2.2.3.1	fib Bulletin 34 / DuraCon 2.3
Моделиран обхват и гранично състояние	иницииране и разпространение до напукване на защитния слой	иницииране + фиксиран 6-годишен период на разпространение	иницииране (депасивиране, SLS)
Транспортен показател	$D_{app} = 1,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$; диапазон $(1,05 \text{ до } 1,95) \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	D28 по състава, намаляващ с възрастта	$D_{coef} = 1; 1,5; 2; 3 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ ($\sigma = 0,12 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)
Референтна възраст	целева стойност, зададена в проекта на 56-ия ден	28 дни (D28)	$t_0 = 28$ дни
Повърхностна концентрация	0,8 % от масата на бетона (0,6-1,0)	до 0,8 % от масата на бетона за 30 г. (COV 30 %)	0,80 % от масата на цимента ($\sigma = 0,10$ п.п.)
Критично съдържание	0,2 / 0,4 / 0,6 % от свързващото вещество	0,05 % от масата на бетона (COV 20 %)	0,35 % от масата на цимента ($\sigma = 0,04$ п.п.)
Възрастов ефект	$m = 0,4$, изчерпан след 30-ата година	m по състава, зададен до 30-ата година	$n = 0,47$ ($\sigma = 0,05$, безразмерен)
Защитен слой	$50 \pm 5 \text{ mm}$	50 mm (COV 8 %)	50 mm ($\sigma = 5 \text{ mm}$)
Целева надеждност	$\beta = 1,65$ ($\approx 5 \%$)	съпоставка на оценения срок с проектния	$P_f \leq 0,5 \%$ ($\beta \approx 2,6$)
Температура	отчетена в приетите параметри	месечен температурен цикъл за Катар	приет в проекта температурен режим с горна стойност 44°C и разглеждан диапазон $23\text{-}44^\circ\text{C}$ [3]

Бележка към табл. 1: COV е коефициент на вариация, а SLS е експлоатационно гранично състояние.

3.3. Експериментална програма

Постижимостта е проверена чрез данни от 24 пробни състава на високоекостни бетони от три лаборатории [3]. Съставите са трикомпонентни, с портландцимент и активни минерални добавки, и варират по съдържание на свързващи вещества ($400\text{-}440 \text{ kg/m}^3$), дял на доменната шлака (0-65 %) и на микросилициев прах (5-8 %) и водосвързващо отношение (В/Св, 0,29-0,33). Изпитани са якост на натиск, дълбочина на проникване на вода, водопоглъщане, коефициент на миграция по NT Build 492 [7] и електрическа индукция по ASTM C1202 [8] на 7-ия, 28-ия и 56-ия ден. В проектната документация целевата стойност е зададена по NT Build 492 [3, 10], а стойностите от пробните замеси са определени по същия метод и са пряко съпоставими с нея.

4. Резултати

4.1. Прецизирани изисквания и модел за конкретния проект

Вероятностното моделиране позволи изискванията да бъдат прецизирани в две посоки: облекчаване там, където нормативната граница е по-строга от необходимото за целевата надеждност, и завишаване там, където моделирането показва определящо влияние. Въз основа на съвместната оценка на трите подхода в проекта е прието референтно ниво на транспортния показател $1,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ на 56-ия ден вместо първоначалното $1,0 \cdot 10^{-12}$. Едновременно с това В/Св е

ограничено до 0,30, а съставът на свързващите вещества е фиксиран на 30 % портландцимент, 65 % доменна шлака и 5 % микросилициев прах. Понижението на класа по якост от C60/75 на C55/65 е допустимо единствено при удовлетворено конструктивно оразмеряване. По модела на GHD при праговете 0,4 и 0,6 % напукването се достига след повече от 80 години, а при най-консервативния праг 0,2 % оцененият срок е 75 години. Проектното съответствие в [3] е обосновано с ограниченото развитие на корозията към края на срока и с многослойната защита, като тази интерпретация е инженерна оценка, а не резултат на самия модел.

4.2. Life-365 и fib Bulletin 34 / DuraCon

По Life-365 изискването за 80 години се удовлетворява от съставите с В/Св до 0,30 и високо съдържание на доменна шлака, със срокове от 89 до над 106 години. Съставите с В/Св от 0,31 до 0,33 остават под целевия срок (72,5-78,6 години), а съставът само с портландцимент и 5 % микросилициев прах получава едва 23,8 години. Този резултат разкрива границите на методиката: Life-365 определя възрастовия фактор m само от дела на летящата пепел и шлаката и му придава определящо значение. Точно този състав показва отлична измерена миграция под $1 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, но приетата стойност $m = 0,20$ доведе до рязко понижаване на оценения експлоатационен срок. Изводът е, че калибрирането на транспортния коефициент и на възрастовия показател трябва да върви заедно [3, 12].

Резултатите по fib Bulletin 34 / DuraCon за 80-годишния период са в табл. 2. При коефициент на дифузия 1,0 и $1,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ вероятността за отказ остава под целевите 0,5 %, а при 2 и $3 \cdot 10^{-12}$ критерият не е удовлетворен. В постановката на DuraCon нивото $1,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ е най-високото от разгледаните, при което Pf = 0,454 % остава под целевите 0,5 %.

Заедно с оценката по модела на GHD резултатът подкрепя общата проектна посока на трите модела, без да представлява пряко числено потвърждение на 56-дневния миграционен критерий. Pf е директният резултат от симулацията, IR е спомагателен софтуерен резултат и критерият се проверява по Pf.

Табл. 2 Резултати по fib Bulletin 34 / DuraCon за 80-годишен период (по [3])

Коефициент на дифузия Dcoef [$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$]	Вероятност за отказ Pf [%]	Индекс IR (отчетен от DuraCon)	Критерий Pf ≤ 0,5 %
1,0	0,036	3,78	удовлетворен
1,5	0,454	2,75	удовлетворен
2,0	2,68	2,02	неудовлетворен
3,0	15,136	1,02	неудовлетворен

4.3. Пробни замеси

Изпитаните серии удовлетворяват квалификационните граници на клас на експозиция 4 по QCS 2014 със значителен запас (табл. 3). Якостите на натиск на 28-ия ден са приблизително 41-73 МПа, като по-ниските стойности принадлежат на съставите с най-много шлага, които продължават да набират якост и след 28-ия ден. Целевата стойност $1,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ на 56-ия ден е оценена в [3] като постижима в производствени условия. Тук

постижимостта е документирана на нивото на пробните замеси. Трикомпонентната комбинация с В/СВ до 0,30, доменна шлага около 65 % и микросилициев прах 5 % е оптималното решение между транспортните показатели, якостното развитие, технологичността и разходите. Всички серии попадат в категорията „много ниска“ електрическа индукция по ASTM C1202 (100-1000 C) [8]. При съвременните състави диференцирането между рецептурите изисква по-чувствителните миграционни и дифузионни изпитвания.

Табл. 3 Диапазони на резултатите от пробните замеси на 56-ия ден спрямо граничните изисквания (по [3])

Показател	Метод	Гранично изискване (56-и ден)	Получени резултати (диапазон по серии)
Дълбочина на проникване на вода	BS EN 12390-8	≤ 10 mm	2-3 mm
Водопоглъщане	BS 1881-122	≤ 1,6 %	0,5-0,9 %
Коефициент на миграция на хлориди	NT Build 492 [7]	≤ $3 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	$0,22-0,77 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
Преминал заряд	ASTM C1202 [8]	≤ 1000 C	136-261 C

5. Приложимост към българските условия

5.1. Нормативна основа и типология на хлоридните сценарии

По-старите български документи, БДС 9075 и нормите за проектиране на защитата от корозия от 1980 г., запазват терминологична стойност, но меродавни за новото проектиране са БДС EN 206:2013+A2:2021 с националното приложение [13] и Еврокод 2 [14]. С въвеждането на БДС EN 1992-1-1:2024 [6] започна преходът към класовете на устойчивост на експозиция, при който представеният подход е пряко използваем.

Хлоридното въздействие се оценява

конкретно за всяко съоръжение и зона, тъй като рискът е локален, сезонен и свързан с определени източници и пътища на пренос. На фиг. 1 са показани четири сценария за българските условия. Първият е черноморската крайбрежна и пристанищна среда: клас XS при доказан морски произход, с определяща зона на колебание на водното ниво. Вторият са засолените и минерализираните подземни води: клас XD, дифузия при ограничен кислород, при която достигането на критично съдържание се разграничава от скоростта на последващата корозия. Третият е локалното въздействие от соли от зимното поддържане върху портали, рампи, входиове на метростанции и дренажни пътища (XD1-XD3 по зони) чрез пръски, стичане и капилярно засмукване.

Четвъртият са съоръженията без доказан хлориден източник: класове ХС и ХА, като хлориден сценарий не се приема без доказан източник, а клас ХА се определя винаги отделно по химичния анализ. За София и дълбоките участъци на метрото не следва да се приема общ хлориден сценарий; необходимостта се доказва локално за зоните, до които водите от зимното поддържане достигат по пътищата на оттичане [3].

Фиг. 1 Типология на хлоридните сценарии за подземната транспортна инфраструктура в България



5.2. Необходими доказателства и приложимост на методиката

Приемането на клас на въздействие и решението дали количественото моделиране е оправдано стъпват на последователно събрани доказателства (фиг. 2): данни за зимното поддържане, оглед на пътищата на оттичане, химичен анализ на води и почви по дълбочина, хлоридни профили от съществуващи съоръжения, оценка на температурно-влажностния режим и проверка на действителния защитен слой. Моделирането е оправдано при доказан източник, установен път на пренос и поне ориентировъчни местни данни за ключовите параметри, преди всичко за отговорни съоръжения с дълъг експлоатационен срок в агресивна околна и експлоатационна среда. В противен случай обоснованото консервативно решение е прилагането на действащите нормативни изисквания с възможност за последващо калибриране. Четирите нива на проверка по fib Bulletin 34 [4] дават основата на това степенуване.

Фиг. 2 Последователност на решението за приемане на хлориден сценарий и избор на ниво на проверка



Пряко преносими към българските условия са логическата последователност на методиката, принципите на съставите с ниско В/Св и активни минерални добавки, системата от измерими показатели и работата с повече от един модел. Непреносими без ново определяне са всички експозиционни параметри: повърхностната концентрация, температурният режим, честотата на намокряне и статистическите разпределения. Температурният режим се определя за конкретното съоръжение и се въвежда като местен входен параметър при моделирането. Основната предпоставка за калибриране е наличието на системни хлоридни профили от съществуващи съоръжения: целенасочена програма за пробовземане от крайбрежната инфраструктура, тунелите в минерализирани води и зоните, изложени на соли от зимното поддържане, съчетана с хидрохимични анализи, би позволила обратно определяне на повърхностните концентрации и привидните коефициенти на дифузия [4]. За обработката на такива масиви от данни са приложими съвременни регресионни и невронни модели, каквито успешно се прилагат при прогнозиране на геоложки и други показатели [15, 16].

6. Обсъждане и ограничения

При съответните им предпоставки трите модела водят до съвместима проектна посока, но не до числено еквивалентни резултати. Life-365 придава определящо значение на състава чрез възрастовия фактор, моделът на GHD извежда на преден план защитния слой и праговото съдържание, а fib Bulletin 34 третира най-последователно неопределеността, но спира на инициирането. Затова за отговорни съоръжения разумната практика е паралелно моделиране по повече от един модел с анализ на чувствителността. Ранният миграционен коефициент не определя самостоятелно дългосрочната прогноза, устойчивостта на материала и защитният слой не са взаимозаменяеми, а при пукнатини, течове и дефектни фути транспортът престава да бъде дифузионен. Полевата проверка

е неделима част от проектирането за дълготрайност [3].

Ограниченията следва да се очертаят ясно. Експозиционните данни на референтния обект не са представителни за България и числените резултати не бива да се пренасят механично. Моделът на GHD е представен според публикуваното му описание в [3, 11]. Лабораторните показатели характеризират материала, а не изграденото съоръжение. При прегледа на литературата не бяха установени публикувани системни хлоридни профили за български съоръжения, затова подходът има методически характер: той дефинира въпросите, доказателствата и последователността на решенията.

7. Заключение

1. Използваната последователност свързва в проверима верига оценката на експозицията, нормативния анализ, вероятностното моделиране, материалните показатели и контрола на изпълнението и превръща дълготрайността от декларативно изискване в проектна величина.

2. Трите модела показват обща посока на проектните решения. Строгата им числена съпоставимост изисква уеднаквяване на граничните състояния, концентрационните бази, референтните възрасти и целевите надеждности.

3. По Life-365 и DuraCon избраният състав с В/Св до 0,30, доменна шлака около 65 %, микросилициев прах 5 % и защитен слой 50 mm удовлетворява 80-годишните критерии. Най-консервативният сценарий по методиката на GHD дава 75 години, затова окончателното решение се основава на съвместната оценка, многослойната защита и инженерната преценка.

4. Лабораторните показатели характеризират материала. Поведението на съоръжението зависи и от защитния слой, пукнатините, фугите и изпълнението, затова полевият контрол е неделима част от осигуряването на дълготрайността.

5. За българската подземна инфраструктура хлоридният риск е зонален и се доказва чрез източник, път на пренос, температурно-влажностен режим и местни данни. Предложената типология и последователност дават работната основа за това.

6. Количественото калибриране за български условия изисква системни хлоридни профили, хидрохимични данни и наблюдение на съществуващи съоръжения. То е необходимата следваща стъпка при прехода към новото поколение европейски норми за дълготрайност.

Литература

- [1] Bertolini, L., Elsener, B., Pedersen, P., Redaelli, E., Polder, R. (2013). Corrosion of Steel in Concrete: Prevention, Diagnosis, Repair (2nd ed.). Wiley-VCH, Weinheim.
- [2] Tuutti, K. (1982). Corrosion of steel in concrete. CBI Research Report 4:82, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm.
- [3] Борисов, Б. (2025). Избор на бетонови състави при изграждането на подземни съоръжения в сложни инженерно-геоложки условия. Дисертационен труд, МГУ „Св. Иван Рилски“, София.
- [4] fib (2006). Model Code for Service Life Design. fib Bulletin 34. Fédération internationale du béton, Lausanne.
- [5] Angst, U., Elsener, B., Larsen, C. K., Vennesland, Ø. (2009). Critical chloride content in reinforced concrete: A review. Cement and Concrete Research, 39(12), 1122-1138.
- [6] БДС EN 1992-1-1:2024. Еврокод 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции. Част 1-1: Общи правила и правила за сгради, мостове и строителни съоръжения (EN 1992-1-1:2023). БИС, София.
- [7] NT BUILD 492 (1999). Concrete, mortar and cement-based repair materials: Chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments. NORDTEST, Espoo.
- [8] ASTM C1202-19. Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration. ASTM International, West Conshohocken (актуално издание: ASTM C1202-25).
- [9] Борисов, Б. (2024). Влошаване на качествата на стоманобетонните конструкции вследствие на алкало-силициева реакция. 67-ма Международна научна конференция на МГУ „Св. Иван Рилски“, секция „Добив и преработка на минерални суровини“, с. 16-21. ISSN 2738-8816.
- [10] QCS 2014. Qatar Construction Specification. State of Qatar, Doha.
- [11] IDRIS LIS-03 Durability Assessment Report, LIS03-HDI-GEN-DES-RPT-00003-00, Rev. 00, January 2016, Doha, Qatar.
- [12] Life-365 Consortium III. Life-365 Service Life Prediction Model, User's Manual, version 2.2.3. The Silica Fume Association, <https://life-365.org>. Достъп: юли 2026 г.

[13] БДС EN 206:2013+A2:2021. Бетон. Спецификация, свойства, производство и съответствие; БДС EN 206:2013+A2:2021/NA:2021. Национално приложение. БИС, София.

[14] БДС EN 1992-1-1:2005. Еврокод 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции. Част 1-1: Общи правила и правила за сгради; БДС EN 1992-1-1:2005/NA:2012. Национално приложение. БИС, София.

[15] Arsova-Borisova, K. (2022). Comparative analysis of different regression methods for predicting field exploration data from a lead-zinc deposit. Annual of the University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski“, Vol. 65, 95-98. ISSN 2738-8816.

[16] Arsova-Borisova, K., Hristov, V. (2021). Deep neural networks applications in the study of a geological indicator. Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials, Vol. 2. <https://doi.org/10.58903/b15171913>





Млад инженер



проф. Щилиянов получава отличие
от ТУ Дрезден

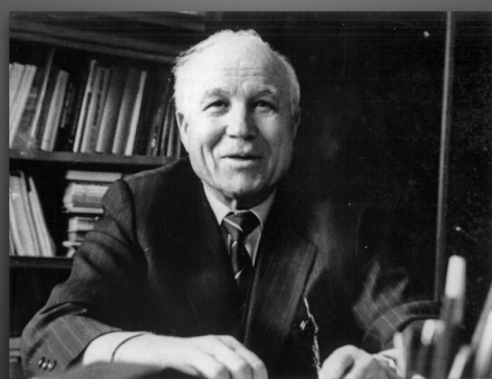


проф. Щилиянов и ректора
на ТУ Дрезден

Здравата инженерна логика и
смелият визионерски поглед -
проф. **д-р инж. Ганю Щилиянов**,
който материализира утрешния
ден, докато просто върши
работата си в настоящето.



проф. Щилиянов със съпругата си Елена



проф. Ганю Щилиянов

(1926 - 2003)

Снимките са от личния архив на проф. Щилиянов, от архива на ПГАСГ „Лубор Байер“, Стара Загора, в. "Строителна смяна", издаван от ВИАС от 1968 г. до 1988г.



Надлез на Дървенишко шосе, София, 1968 г.



Откриване на спортно-техническата база на Веринско – 1987г.

Разказ за линиите, които не изbledняват, и за мащаба, по който вървим и днес.

„Историята на човечеството е самата история на строителството - от сгради, пътища, пирамиди, дворци, укрепления преди хиляди години - до съвременното строителство и инфраструктура. За съжаление, много от създаденото е разрушено и построявано отново.“

Проф. Ганю Щилиянов, алманах „55 години Техникум по строителство“, Стара Загора, 1998 г.

Проф. Ганю Щилиянов не е фантаст или футурист, който мечтае за далечното бъдеще. Той е прагматик, здраво стъпил на земята, който решава конкретни проблеми тук и сега - строи път, укрепва писта, проектира улица, строи важни промишлени предприятия, сгради и язовири, които функционират и днес.

Той не лети в облаците - неговата наука е свързана със земята, с пръстта, с асфалта, с основата, върху която стъпваме. Неговият професионален строителен път има географско и историческо измерение - от Стара Загора до Маракеш, от следвоенната разруха до модерната инфраструктура.

Огромна чест и пионерски дух

През ноември 1943 г., в разгара на Втората световна война, седемнадесетгодишният Гани (това е името му, дадено от майка му Стана и баща му Щилиян, записано в регистъра на родното с. Радево, Новогагорско), пре-

крачва прага на новосъздадения Строителен техникум в Стара Загора.

Училището е създадено с Указ № 30 на XXV Народно събрание като Държавно средно техническо училище „Георги Бенковски“ (днес ПГАСГ „Лубор Байер“). Да си в първия випуск означава да си пионер - тези ученици нямат по-големи съученици, от които да взимат пример; те сами създават традициите и духа на училището, което по-късно ще се превърне в едно от най-авторитетните в страната. Четирима възпитаници на техникума са избирани през годините за ректори на УАСГ, сред тях е и Ганю Щилиянов.

Първият учебен ден е на 18 ноември 1943 г., а занятията започват в сградата на бившето еврейско училище в Стара Загора, под ръководството на първия директор инж. Велислав Николаев. Учителите на Гани Щилиянов са млади инженери от София и бежанци от закрития техникум в Ксанти. Точно тук, сред чертежите на ръка и миризмата на мастило, се ражда страстта му към пътищата и мащабното мислене.

Златна професионална възможност

След края на войната и последвалите политически промени първият випуск се оказва в епицентъра на мащабното следвоенно строителство. Възпитаниците от 1943 г. се превръщат в хората, които проектират и изграждат съвременна България - пътища, язовири, заводи и емблематични жилищни и архитектурни обекти. Техният труд материализира градоустройствения устрем, завещан от учителите им. По това време България има крещяща нужда от техническа интелигенция. Приетите през 1943 г. момчета получават невероятния шанс да овладеят професия, която гарантира сигурна реализация. Когато завършват през юни 1946 г., те се дипломират като първите правоспособни строителни техници и земемери, обучени в региона.

След като отбива военната си служба като кавалерист във Втора батарея на Народната школа за запасни офицери „Христо Ботев“, Ганю Щилиянов участва в строителството на яз. „Копринка“ край Казанлък и жп линии.

1956-та – годината, която поставя началото на един забележителен професионален път, изпълнен със създаване, високи отговорности и мащабни проекти.

Това е моментът, в който младият инженер Ганю Щилиянов завършва Държавната политехника, специалност „Строителство на железопътни пътища и пътища“, и прекрачва прага на голямото строителство, за да посвети следващите десетилетия на модернизирването на българската инфраструктура и изграждането на поколения академични кадри. Неговият път остава пример за дълг, визия и създаване.

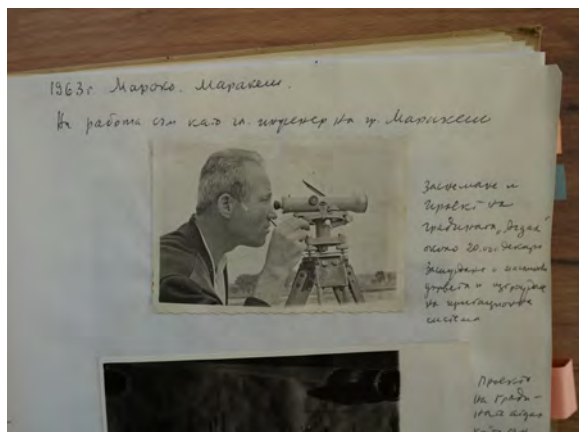
Веднага след дипломирането си става главен инженер на строителството на „Медодобивен завод“, Пирдоп. Година по-късно (1957 г.) инж. Щилиянов, заедно със съпругата

си Елена и двете прекрасни дъщери Юлия и Здравка, се връща в родния си край, но като първия началник „Строителство“ на комплекс ТЕЦ „Марица Изток“ 1, „Защитен строежи“.

Пионер в „Кръвоносната система“ на България

Пътното строителство е кръвоносната система на всяка държава, но то е в ума и сърцето на Ганю Щилиянов. През 1960 г. става асистент, за да се превърне в един от фундаменталните авторитети в катедра „Пътища“ на инженерно-строителния институт в София, автор на учебници, ръководства и статии за строителството на автомобилни пътища. Първата специализация за младия учен не закъснява. През 1961 г., владеещият френски език, инж. Щилиянов специализира автомагистрални системи в „Laboratoire central des ponts et chaussées“ (LCPC), Париж. През 1967 г. става доцент и ръководител на катедра „Пътища“, защитава **дисертационен труд на тема: „Автомагистралната система на България – икономически, научни и технически аспекти“**. Няколко години по-късно с Указ на Министерския съвет на Народна Република България се приема Концепцията за магистралния пръстен, изготвена от колектив с ръководител инж. Щилиянов. И това никак не е случайно. В периода 1968–1975 г. той вече е професор и става **началник на ГУП (Главно управление на пътищата, гн. АПИ)**. Първата копка на автомагистрала „Тракия“ е на **19.05.1973 г.**, а на АМ „Хемус“ на **04.10.1974 г.** Професорът участва като консултант в разработването на транспортната схема на София. Проф. Щилиянов е заместник-министър в Министерството на транспорта и Министерството на строителството и архитектурата, избран в структурите на Международния конгрес по пътища AIPCR и Международната федерация на автомобилистите FIA (Париж).

Малцина знаят, че проф. Щилиянов е **гену-тат в Шестото Народно събрание** (1971 г.) от Софийски окръг. Избран е за член на Комисията по опазване на природната среда.



проф. Щилиянов в Маракеш



Улична мрежа и инфраструктура на гр. Маракеш, Кралство Мароко, 1963 г.

Интересен епизод от професионалния път на инж. Щилиянов е работата му в Мароко. В продължение на три години (1963–1966 г.) той е главен инженер на „Червения град“ – Маракеш. Неговият екип работи по уличната и пътната мрежа, която свързва града с останалата част от страната. Той е ръководил трасирането и модернизацията на булеварди от новата част на града, като булевард „Мохамед V“ (Avenue Mohammed V). Макар и проектиран по-рано, през втората половина на XX век този централен гръбнак на новия град претърпява мащабни реконструкции, подмяна на подземната инфраструктура, канализацията и настилките.

Като главен инженер на града, проф. Щилиянов е отговарял именно за тези тежки регулационни и рехабилитационни планове на основните градски артерии. Той е управлявал местни екипи, общувал е с мароканската администрация и въпреки културните различия е успял да изгради изключително висок авторитет на българската инженерна школа в Северна Африка. Мароканският период е неговата „школа на терен“, която го превръща от български специалист в инженер без граници.

„Материалните бази на висшите училища – предпоставка за подобряване на учебния процес“ (проф. Г. Щилиянов)

През 1976 г. проф. Щилиянов е назначен за заместник-председател на Съвета за висше образование, ръководи инвестиционната политика в изграждането на материалната база на висшите училища, ръководи строителството на корпусите на ВМЕИ, „Универсиада 77“ и други, увеличава броя на студентските общежития. Мащабът на строителната дейност го подготвя за ръководната му позиция като ректор на ВИАС.

Епохата „Ректор на ВИАС“ – проф. Ганю Щилиянов управлява висшето училище в два последователни мандата (1979–1987 г.)

Това е кулминацията на неговото дело. Той застава начело на Висшия институт по архитектура и строителство (дн. УАСГ) в период на огромен строителен бум в България (строителството на НДК, магистралните пръстени, разширението на градовете). Като ректор той ръководи институцията, която създава кадрите за тези мегапроекти. Под негово ръководство ВИАС се утвърждава като международен бранд, а през 1987 г. се обособява и дългоочакваният **Факултет по транспортно строителство (ФТС)**. Проф. Щилиянов установява сътрудничество с технически университети – Дрезден, МИСИ и МАДИ в Москва, в Будапеща, Варшава, Алжир, Дамаск, Солун...

Университетът остава в центъра на София, като последователно се изграждат **Корпус 1 и 2 на ВИАС, зала „Аула Максима“**, студентският стол, лаборатории, електронно-изчислителен център, бази за отгих в Семково, Веринско, на българското Черноморие, къща за гости във Варна. Първото официално събитие в зала „Аула Максима“ е откриването на учебната 1984/1985 година на 17.09.1984 г.

Скритият триумф: аеродрумното строителство

В кариерата на проф. Щилиянов има една много специфична ниша – той е сред пионерите и водещ автор по **„Аеродрумно строителство“** (проектиране и изграждане на летища и писти). През 60-те, 70-те и 80-те години България модернизира цивилните си летища (София, Варна, Бургас) и изгражда военни летища. Научният принос на проф. Щилиянов в тази високотехнологична за времето си сфера е огромен.

Признанието

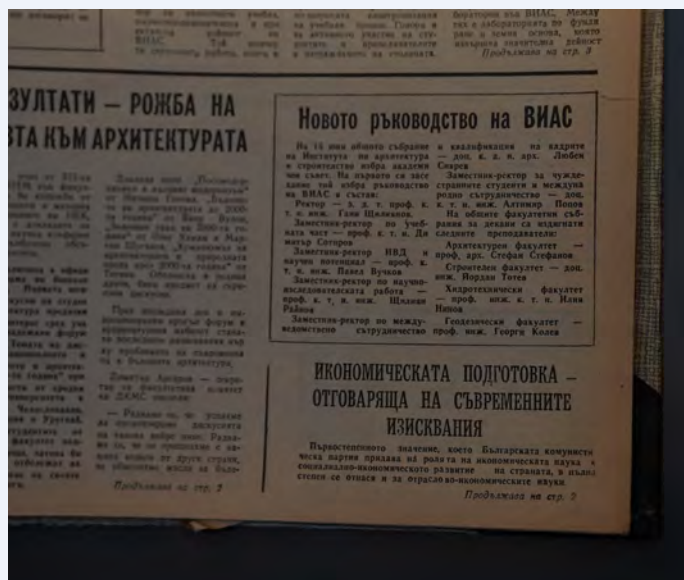
Най-голямото признание за делото на проф. Щилиянов са плеядата пътни специалисти, които той създава. От 1966 г., когато става ръководител на Катедра „Пътища“, до 1991 г. той обучава младите инженери. Аудиториите са пълни, когато той изнася лекции, работи по различни проекти със студенти, като те са част от екипите, подхожда с уважение и респект към младите хора – той е техен мотиватор, учител и приятел.

Академичната общност на Техническия университет в Дрезден го удостоява със званието „Доктор Хонорис Кауза“ (1987 г.). Носител е на орден „Георги Димитров“ (1986 г.), както и на орден „Кирил и Методий“, първа степен (1968 г.). Аудитория в УАСГ носи неговото име.

Построеното от проф. Щилиянов не се бори с времето. Виждаме го и днес – в инфраструктурата, в сградите, в пътищата и връзките, които продължават да служат на хората. И когато минаваме покрай тях, често без да се замисляме, всъщност срещаме не просто инженерни решения, а знанието, далновидността и отговорността на един смел и решителен човек, който е материализирал утрешния ден, докато е работил в настоящето.



East road Marakech



Ново ръководство на ВИАС



ГКПП между България и Турция



Пазар в Маракеш



Курсистите на Първия учебен ден - 18.11.1943



Първа копка на последния етап от строителството на ВИАС, 1984 г.



Откриване на стола на ВИАС, 1984 г.



1979 - 1987 г. Като Ректор на ВИАС спомага за създаването на съвременно висше строително и архитектурно образование;



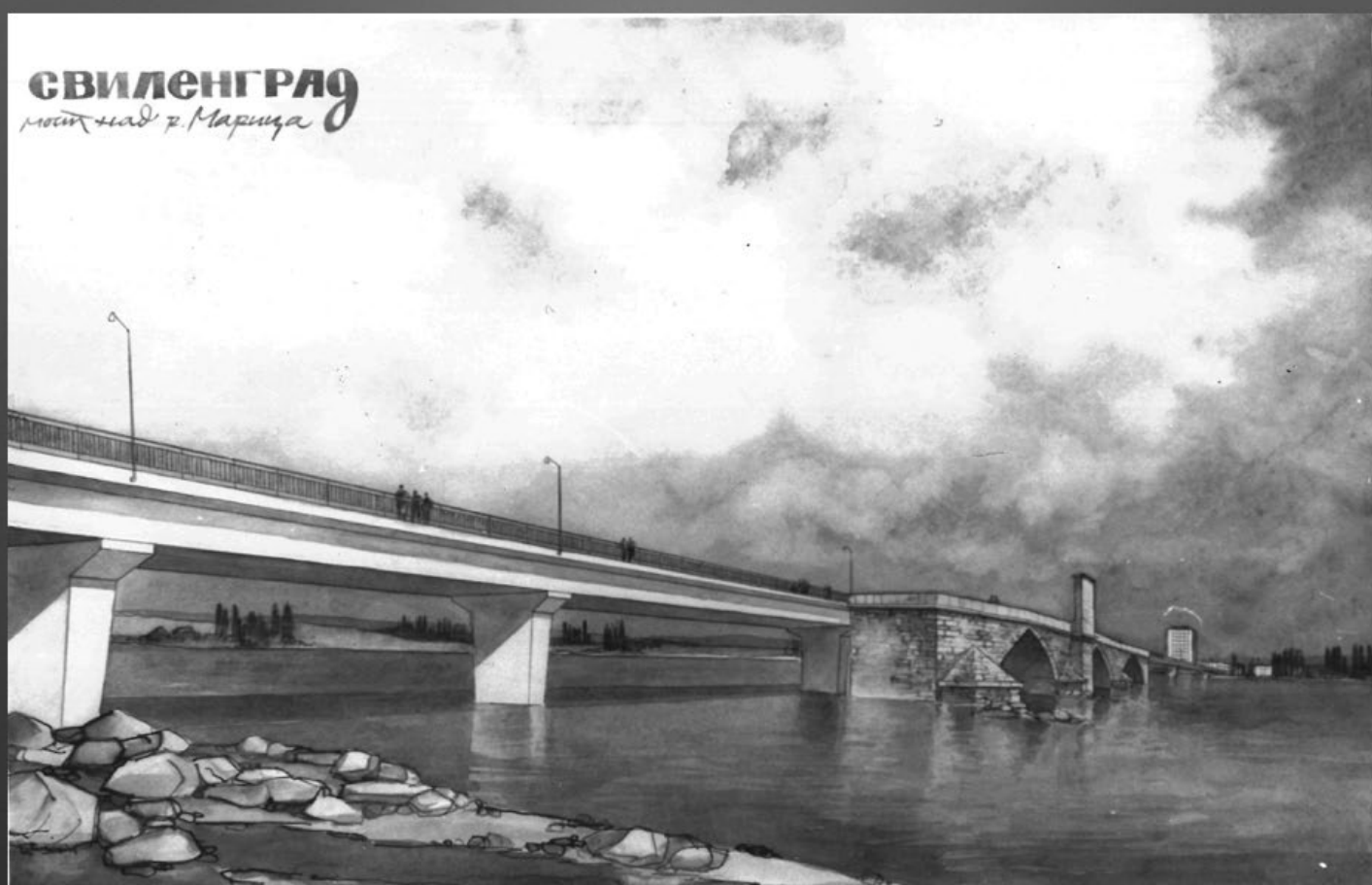
Откриване на новите сгради на ВИАС, 1984 г.



Откриване на Електронно - изчислителен център на ВИАС, 1986 г.



Надлез на Дървенишко шосе, София, 1968 г.



Мост над р. Марица в Свиленград, 1965 г.

Отговорността е обща. Когато на пътя са нашите деца.



В Химколор вярваме, че пътната безопасност е отговорност на всички нас. Затова влагаме експертиза, старание и внимание към всеки детайл в боите, които произвеждаме. Стремим се всеки ден да ставаме по-добри в работата си, защото чрез нея можем да направим по-добра и средата около нас.

С кампанията „Безопасен път към училище“ превръщаме това убеждение в конкретни действия. Даряваме боя на общини за обновяване на пешеходните пътеки около училища и детски градини. Подкрепяме грижата за децата с това, което умеем и създаваме всеки ден.

НАД 10

ОБЩИНИ С ПОЛУЧЕНИ ДАРЕНИЯ

НАД 20

УЧИЛИЩА, ОБХВАНАТИ ОТ ИНИЦИАТИВАТА

Даренията продължават. Защото зад всяка обновена пешеходна пътека стои нещо по-важно от боята — децата ни и пътят, по който вървят.



Толсистемата - „пазител“ и на пътната настилка

Автор: Георги Харизанов, Член на борда на директорите на International Road Federation

Неведнъж е ставало дума за огромните възможности на толсистемата и широкия набор от функции, които техническият ѝ капацитет позволява. Много от тях, след съпротива и забавяне, бяха въведени и днес вече са факт. Такъв пример е правилото за средна скорост, чието въвеждане доведе до видима промяна в манталитета и поведението на водачите, особено по магистралите.

Изградената през 2019 г. в България GNSS толсистема може много повече от това да монетизира трафика и да следи за моментна и/или средна скорост. Тя може да контролира теглото на товарните автомобили и да санкционира претоварените такива, тъй като те нанасят големи поражения върху пътната настилка.

В множество интервюта през последните месеци бяха изказани и редица „експертни“

мнения, сведени до твърдения от рода на „Чува се нещо за някакви сто кантара, ама ще видим“.

Сто датчика за измерване на тегло (индукционни кантари) са монтирани и предадени на държавата още през 2019 г. и са неразделна част от толсистемата. В момента данни от 20 от тях (индукционните кантари са сертифицирани) се използват за налагане на санкции, които към момента възлизат на над 1 млн. евро и са издадени на камиони с констатирано претоварване. Други 50 работят, но се нуждаят от рехабилитация и калибриране. Останалите 30 са с трайно увредени сензори вследствие на ремонтни дейности и/или увреждане на пътната настилка.

Толсистемата подава данни към МВР за скоростта и наличието на задължителна застраховка „Гражданска отговорност“, а в

момента тече и процес по синхронизиране с ИА „Автомобилна администрация“ за извършване на автоматична проверка за наличието или липсата на валиден ГТП. **Фокусът не е върху глобите - би било чудесно те да са нула, а върху спазването на правилата и превенцията.**

Защо сертификацията на кантари, идентични с тези, използвани от митническите органи по границите, отне толкова време, не е въпрос към Тол-управлението, а към БИМ, ДАМТН и съответните компетентни институции.

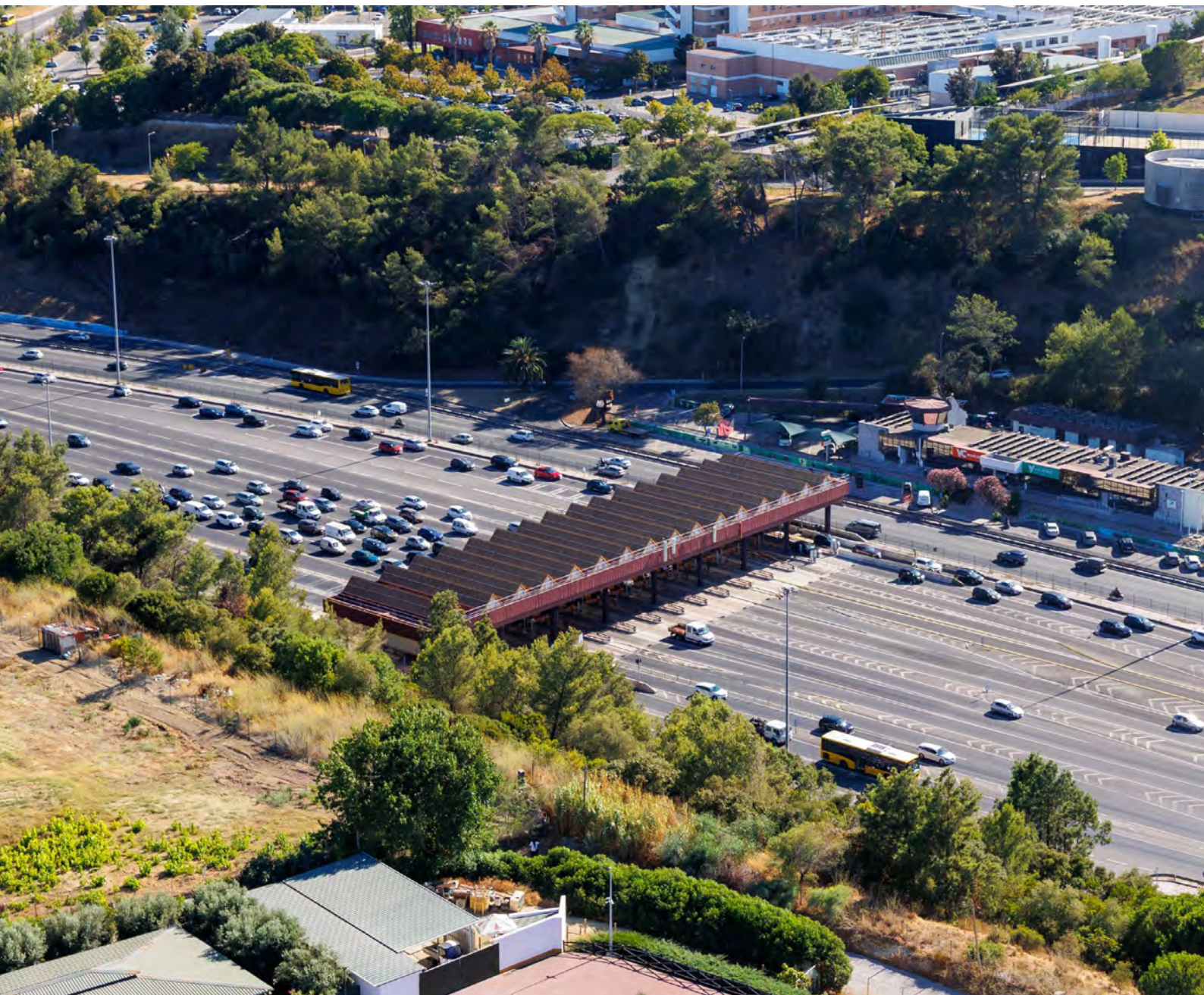
Процесът върви осма година, подпомаган - в добрия смисъл - от хиляди интервюта, статии, експертни становища и граждански натиск. И саботиран на всяка малка крачка от частни интереси, чии и на кое лоби - оставям на вас да прецените.

Колкото до увреждането на настилките от претоварени тежкотоварни камиони, особено при високи температури на асфалта - то

е в пъти по-голямо от нормалното износване и нараства в геометрична прогресия с всеки допълнителен тон товар. Коловозите и силно увредената дясна лента по магистралите казват достатъчно, дори и без човек да е експерт в инженерните науки. Сертифицирането на всички електронни везни, вградени в пътната настилка още през 2019 г., както и ремонтът на повредените единици и пускането в експлоатация на цялата доставена и платена от всички ни техника, са въпрос на неотложна спешност не само по отношение на пътната безопасност, но и на състоянието на пътната настилка и избягването на скъпи ремонти, затворени пътища и километрични опашки.

Предстои да видим колко години ще отнеме процесът по приемане на „джърситата“ (бетонните ограничителни системи) поне като законна алтернатива или допълнение на ламаринените мантинели.

Дано да са по-малко от осем.



Приложение на обсервационния метод при свлачища

Автор: проф. д-р инж. Андрей Тоцев[],
гл. ас. д-р инж. Мария Петрова[],
инж. Мелани Ангелова[],
УАСГ, София, бул. Христо Смирненски № 1,
email: atocev@gmail.com,
2 УАСГ, София, бул. Христо Смирненски № 1,
email: mariapetrovagy@gmail.com,
3 email: melanierick.angelova@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Статията прави обзор на съвременните методи за мониторинг на свлачища и показва приложението на част от тях, в отделните фази на проектиране и изпълнение. Представен е пример от фазата на предпроектните проучвания, за конкретен обект на територията на гр. София. Ролята на обсервационния метод в проектирането и контрола на поведението на геотехнически конструкции е от съществено значение с оглед реализацията на икономични и сигурни съоръжения. Съвременните тенденции за проектиране на свлачища предполага използване на метода MPP (most probable parameters), популяризиран последните години Сога, в комбинация с обсервационния метод на Пек. Мониторингът е нормиран в Еврокод 7 като един от определящите принципи на геотехническото проектиране. Представени са основни съвременни методи за повърхностен и дълбочинен мониторинг на свлачища. Когато в практиката се проследява поведението на съоръжения с голяма площ, наред с традиционните методи за повърхностен мониторинг се използват и технологии като HDS (High Definition Surveying). Характерен представител на този клас е технологията за наземно лазерно сканиране. Тази технология е в състояние да предоставя милиони детайлни точки с геодезическа точност. При **геодезически заснемания, предназначени за мониторинг на свлачища**, технологията значително намалява времето за измерване в сравнение с традиционните подходи, като същевременно осигурява възможност за анализ на почти **100% от площта на свлачището**, което допринася за по-пълното разбиране и оценка на неговото поведение.

Ключови думи: наземно лазерно сканиране, инклинометър, свлачища, мониторинг

1. Съвременни методи за мониторинг на свлачища

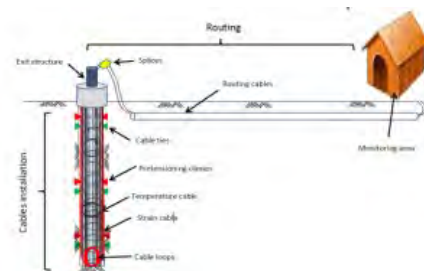
Свлачищата са гравитационни процеси, които се проявяват в наклонени терени, като част от масива се плъзга по една или няколко плъзгателни повърхнини, в зоната на които, тангенциалните напрежения превишават якостта на срязване. Съвременните методи за наблюдение и контрол на свлачищата са мощен инструмент свързан с превенцията, ранното предупреждение, проектирането и укрепването на свлачищни терени. През последните десетилетия, тенденциите за мониторинг на свлачища се развиват в няколко посоки др. От една страна това са всички съвременни геодезически методи за повърхностно наблюдение (SDMM - surface displacement monitoring methods), сред които GNSS, LIDAR, INSAR, DInSAR, GB Insar и др. Тези методи ни позволяват да следим в реално време поведението на теренната повърхност на свлачището, да определяме премествания, скорости и ускорения, да се направи цифрово моделиране на терена, като всички тези данни се използват за оценка на риска, калибриране на числения модел, индикиране на аномални стойности на скорости и ускорения, които да се използват за ранно предупреждение и др. Допълнително, макар и не еднозначно, тези данни ни позволяват, чрез векторите на преместване да определим потенциалните плъзгателни повърхнини.

Втората група методи за наблюдение са тези за дълбочинен мониторинг (SSMM - subsurface monitoring methods). Освен популярните в практиката инклинометри, през последните години навлязоха нови технологии, сред които Infrared sensors, Fiber optics, Shape array accelerometers, In-place inclinometers и др. Основно предимство на всички тези методи е наблюдението на поведението на свлачището в дълбочина, дефинирането на свлачищното тяло, плъзгателната повърхнина, формата на разрушение, скоростта и посоката на движение и др. Доколкото при класическите инклинометри отчитането на ре-

зултатите налага посещение на свлачището и направа на замерване през определени интервали от време (в най-добрия случай няколко месеца, като често с годините тези замервания на практика спират), при другите посочени методи, с помощта на съвременните технологии за пренос на данни в реално време (Dasenbrock, Lillesand), на практика се получава непрекъснат дългосрочен мониторинг, при който ако се въведат конкретни параметри за контрол, нивото на превенция, калибриране на моделите и контрол се повишават значително. Подробно отделните методи са описани в специализираната литература. Тук ще бъдат представени накратко някои от тях.

Оптични сензорни системи (Fiber Optic Sensing – FOS) - една от най-съвременните технологии за геотехнически мониторинг е измерването чрез оптични влакна (Govind, Soga). Чрез тази технология могат непрекъснато да бъдат измервани температура, деформации и вибрации по дължината на едно оптично влакно, при различни пространствени интервали – например през 5, 10 или 20 см. Дължината на оптичния кабел може да варира от няколко метра до няколко километра, което позволява събирането на големи масиви от измервателни данни. Проф. Soga (Soga & Luo, 2018) използва много подходящо сравнение, като определя оптичните кабели като „нервна система на гражданската инфраструктура“. Когато оптичен кабел е интегриран или прикрепен към геотехническа конструкция, той на практика осигурява хиляди измервателни точки, функциониращи подобно на тензодатчици, термодвойки или акселерометри. По този начин едно оптично влакно позволява разпределено наблюдение на деформациите, температурните изменения и вибрациите по цялата дължина на наблюдавания обект. Принципът на действие на оптичното влакно се основава на насочването на светлинния лъч по неговата ос чрез пълно вътрешно отражение. Енергията се предава по оптичния вълновод при определени дължини на вълната във видимата или инфрачервената област на електромагнитния спектър (Agrawal, 2006).

Фиг. 1 Приложение на FOS за мониторинг на анкери и пилоти. (Geo Monitoring, Berkeley, 2023).



Технологията, позволява измерването на деформации и/или температура по цялата дължина на оптичния кабел, който е свързан със спектрален анализатор. По този начин измененията в механичното напрежение или температурата могат да бъдат локализирани и количествено определени в различни точки по дължината на влакното. В геотехническата практика най-разпространеното приложение на оптичните сензорни системи (FOS) е за определяне на деформациите. Оптичните кабели могат да се използват за мониторинг на различни геотехнически конструкции и съоръжения, включително пилоти, тунели, анкери и укрепителни конструкции, както и за мониторинг на склонове и свлачища (фиг. 1.)

Shape Array Accelerometers (SAA) известни още като Shape Accel Array, представляват последователно свързани масиви от сензори (микропроцесори), предназначени основно за определяне на деформации и премествания (Johnson). Системата се състои от поредица от твърди сегменти с различна дължина – обикновено от 200 до 500 mm, и диаметър около 25 mm. Всеки сегмент съдържа три MEMS акселерометъра (Micro-Electro-Mechanical Systems), както е показано на фиг. 2. Отделните елементи са свързани помежду си посредством гъвкави връзки, които позво-

ляват движение в различни направления, като същевременно ограничават усукването. На всеки осем сегмента е разположен процесор, включващ и температурен сензор. Съвместно с микропроцесорите в масива той събира измервателните данни, които впоследствие се предават чрез кабелна връзка към системата за регистриране и обработка. Общата дължина на една SAA система може да достигне 100 m и повече (Bradley, 2022). Интересен пример за приложение на SAA при мониторинг на свлачище е представен от Dasenbrock (Dasenbrock, 2010). По време на наблюдението настъпва разрушаване и активизиране на едно от наблюдаваните свлачища, което позволява да бъде регистрирано поведението на земния масив в процеса на развитие на деформациите. Част от получените резултати са представени на фиг. 2. Този проект представлява едно от ранните приложения на SAA при мониторинг на свлачища. Един от основните изводи е, че в сравнение с традиционните инклинометрични системи, SAA осигурява значително по-детайлна информация за развитието на преместванията. Това се дължи основно на по-високата честота на измерване и гъвкавостта на системата, които позволяват по-пълно проследяване на развитието на деформационния процес.

Фиг. 2 Пример с използване на SAA при мониторинг на свлачище (Dasenbrock 2010)



Инфрочервена термография (Infrared Thermography – IRT) е сравнително нова технология, която може да намери приложение и при изследването и мониторинга на свлачища. Методът може да се използва и за картографиране на терена чрез идентифициране на различни зони и процеси, свързани с движенията на склона (Zekkos). IRT може да се прилага както от наземни, така и от въздушни платформи. Обикновено инфрочервената термография се използва съвместно с други методи, като наземно лазерно сканиране (Terrestrial Laser Scanning – TLS) и GPS/GNSS, за наблюдение на поведението както на нововъзникнали, така и на вече съществуващи свлачища. Принципът на действие на IRT се основава на факта, че всички тела с температура, по-висока от абсолютната нула, из-

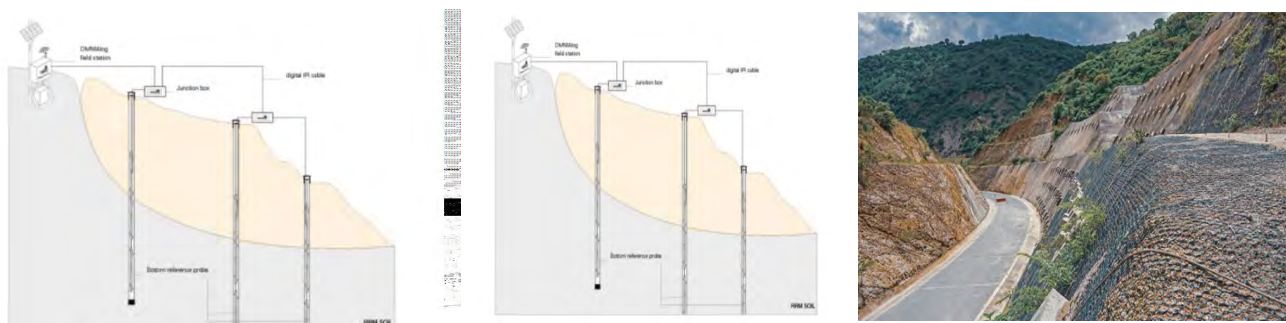
лъчват електромагнитно лъчение, част от което попада в инфрочервения диапазон на електромагнитния спектър (Frodella, 2017). Топлинното излъчване от земната повърхност включва инфрочервено лъчение с различни дължини на вълната. Инфрочервеният диапазон обхваща приблизително дължини на вълната от 0,70 μm до около 1000 μm , като различни части от този диапазон се използват за регистриране и анализ на топлинното излъчване.

Стационарни инклинометри (In-place Inclinometers) е геотехнически измервателен уред, използван за наблюдение на деформациите в земния масив или преместванията на дадена конструкция. Уредът е част от цялостна инклинометрична система и се

монтира в специална инклинометрична тръба, която следва деформациите на околния земен масив (Timothy D., 2008). При стационарните системи в инклинометричната тръба са разположени последователно свързани MEMS сензори, които представляват основните измервателни елементи на системата. Те регистрират изменението на наклона по дълбочина, а получената информация се предава чрез кабел към система за събиране и съхранение на данни. При класическите

преносими инклинометрични системи измерванията обикновено се извършват отдолу нагоре през интервали от 0,5 m, като първоначалното, т.нар. нулево измерване, определя началното положение на инклинометричната тръба. Чрез сравняване на последващите измервания с нулевото се определят изменението в наклона по двете измервателни оси и съответните хоризонтални премествания.

Фиг. 3 Стационарни инклинометри (MEMS Inclinometers on place , Sisgeo)



Точността на инклинометричните измервания зависи от типа на системата, дълбочината на измерване, качеството на монтажа и характеристиките на използваните сензори. В специализираната литература се посочва точност от приблизително 6-7 mm при дълбочина от 30 m. Върху точността могат да влияят както систематични грешки, свързани с монтажа и конфигурацията на измервателната система, така и случайни грешки, обусловени от работата на сензорите (Hua-Fu Pei, 2012). Когато долният край на инклинометричната тръба е разположен в непреместваем (устойчив) почвен пласт, той може да бъде приет като референтна неподвижна точка, а измерените изменения на наклона се интегрират по дълбочина за получаване на кумулативните хоризонтални премествания. Получените резултати позволяват да бъдат определени големината, скоростта, дълбочината и посоката на преместванията, както и местоположението на активните деформационни зони. Данните се записват в регистриращи устройства, обработват се със специализиран софтуер и обикновено се представят графично под формата на кумулативни и инкрементални диаграми на преместванията (фиг. 3.) Приложението на инклинометрите в геотехническият мониторинг е изключително широко, като те позволяват своевременното уста-

новяване на ускоряване на деформациите и развитието на потенциално опасни механизми на разрушаване.

2. Наземно лазерно сканиране и повърхностен мониторинг

Методите за повърхностен мониторинг позволяват пространствено проследяване на измененията на земната повърхност при изследването на свлачищни процеси. Сред тях са радарните и лазерните технологии, чрез които се получава пространствена информация с различен обхват, детайлност и точност (Corsa, De Corso, Jaboyedoff, Yamaguchi). Радарът със синтетична апертура (Synthetic Aperture Radar – SAR) позволява получаването на информация за земната повърхност чрез излъчване на електромагнитни импулси и регистриране на отразения сигнал. Диференциалната SAR интерферометрия (Differential Interferometric SAR – DInSAR) използва данни от последователни радарни наблюдения за определяне на премествания на земната повърхност. Възможността за обхващане на големи територии и установяване на изменения от порядъка на милиметри до сантиметри определя DInSAR като ефективен метод за регионално наблюдение и идентифициране на потенциално нестабилни зони.

Фиг. 4 Сателитен мониторинг на земната повърхност чрез SAR данни



За детайлното пространствено изследване на отделни свлачищни участъци широко приложение намират технологиите за лазерно сканиране (Light Detection and Ranging – LiDAR). Те се основават на лазерни измервания, чрез които се получава триизмерна информация за заснетите повърхности, представена под формата на облак от точки. В зависимост от използваната платформа лазерното сканиране може да бъде въздушно, мобилно или наземно. При локални изследвания и мониторинг на свлачищни територии особено приложение намира наземното лазерно сканиране (Terrestrial Laser Scanning – TLS). Високата точност и плътност на получаваните данни позволяват детайлно триизмерно представяне както на земната повърхност, така и на пътна инфраструктура, откоси, сгради, укрепителни съоръжения и други обекти в изследваната територия. Позиционирането на скенера в непосредствена близост до наблюдавания обект позволява получаването на детайлни данни за повърхности и елементи, които имат пряко отношение към оценката на състоянието на свлачищния участък. Определят се не само големината на измененията, но и тяхното пространствено разпределение в рамките на наблюдаваната територия. Високата плътност на облака от точки позволява анализът да обхване цялата заснета повърхност, а не само предварително определени контролни точки. Това дава възможност за локализиране на зони на слягане или повдигане, изменения в релефа на терена, както и за детайлно изследване на отделни участъци и обекти от интерес. При интерпретацията на резултатите е необходимо да се отчита, че установените чрез TLS изменения характеризират промените на заснетата повърхност и не във всички случаи могат директно да бъдат отнесени към премествания на свлачищния масив. Поради това наземното лазерно сканиране е особено ефективно като част от комплексен мониторинг, при който резултатите се ана-

лизират съвместно с данни от геодезически и геотехнически мониторинг.

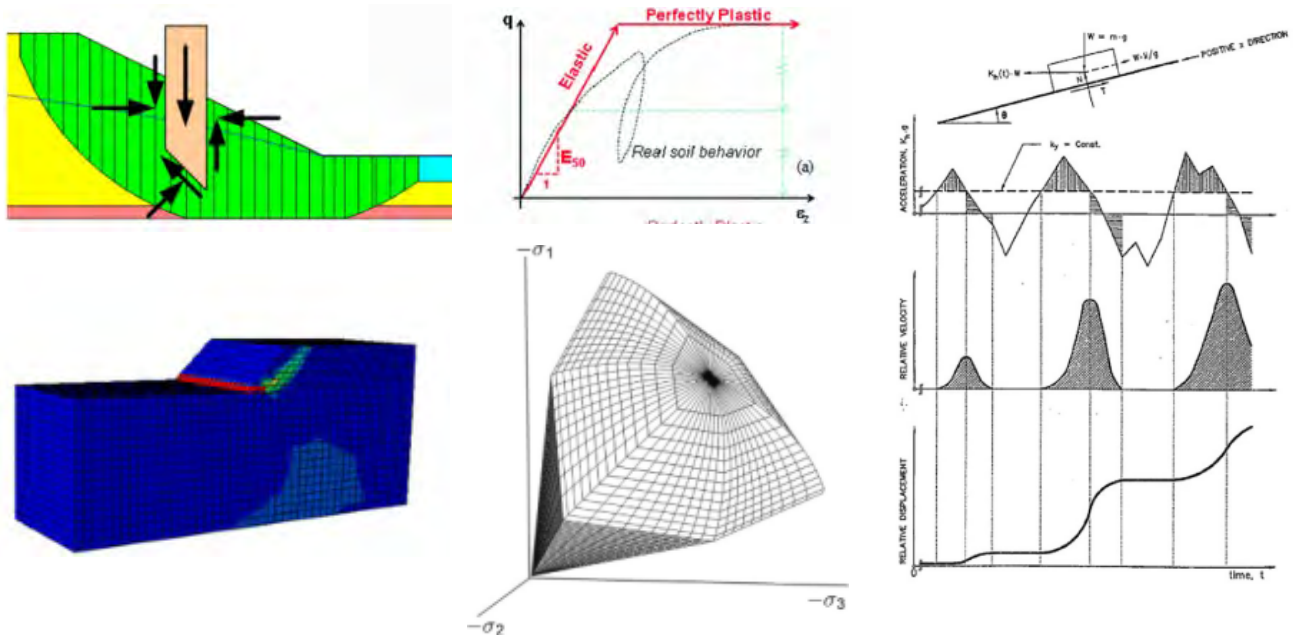
3. Съвременни подходи при проектиране на свлачища

Проектирането на откоси и свлачища се развива в годините, като стремежът е все по-точно да се опише действителното поведение на почвата като среда и развитието на свлачищните процеси, такива, каквито ги наблюдаваме. Анализът на устойчивостта на откоси и в частност свлачища се провежда без и със отчитане на сеизмичното въздействие (фиг. 5). Земетръсът, заедно с почвените и повърхностни води са сред основните фактори (над 90% от свлачищата) за активизиране им. Статичния анализ в годините се е развивал с усъвършенстване на т. нар **ламелни** или блокови методи – от Fellenius, през Bishop, Шахунянц, Jambu go Spencer, Morgenstern – Price и т.н. Тези методи са базирани на теорията на граничното равновесие, с разглеждане на отношението между активните сили (моменти) и задържащите сили (моменти), с отчитане на якостта на срязване на почвата съгласно критерия на Mohr – Coulomb. По-съвременните методи отчитат и нормалните и срязващите сили между ламелите, като направлението на резултантната им се определя от функцията описващи междуламелните сили, за която различните автори дават различно решение. Основен недостатък на ламелните методи е, че не се разглеждат премествания и деформации в почвения масив, като грешките при използване на различните методи може да достигнат 60%. С развитието на съвременните програмни продукти и конститутивни почвени модели (MCM, HSM, SSM и др.) имаме възможност много по-точно да опишем ясно изразеното нелинейно и нееластично поведение на почвата като среда. Второто направление, при статичен анализ на откоси (свлачища), са методите с регу-

кция на якостта на срязване с МКЕ – “**ф, с-reduction**” с използване на различни почвени модели. Тук коефициента на сигурност има смисъла на отношение между определените в инженерно-геоложкия доклад стойности на якостните параметри и стойностите им,

които съответстват на граничното равновесие. Изчислителната процедура се свежда до изкуствено намаляване на якостните параметри до достигане на гранично напрегнато състояние.

Фиг. 5 Проектиране на свлачища [J. Krahn, Dyson&Tolooiyan, Fayed&Sorour&Shehata, Newmark]



Когато се изследва сеизмичната устойчивост на откоси и свлачища се разглеждат три направления методи - **псевдостатичен анализ** по ламелните методи, методи за анализ на **перманентните премествания** и методи за **динамичен анализ** на напреженията и деформациите. Доколкото ламелните методи (квазистатичната теория), при които в равновесните силови и моментови уравнения, се добавя инерционна сила, равна на сумата от масата на ламелата умножена с обобщен коефициент на сеизмичност, определен в зависимост от степента на сеизмичност на района, са добре познати в практиката, а динамичния анализ има по-скоро изследователски характер (Михова, Керенчев), тук в синтезиран вид ще се спрем на групата методи за анализ на перманентните премествания. Недостатък на псевдостатичния анализ е, че се работи с обобщен коефициент на сигурност, докато реално инерционните сили при сеизмично въздействие не са константа, а са функция на времето. Друг недостатък е, че не се отчитат деформациите в масива. Част от тези проблеми са решени при методи за анализ на перманентните премествания (Newmark). По време на действие на земетресението е възможно, за много кратки интервали от време, коефициента на сигурност да е по-малък от единица, т.е. откоса е в неустойчиво състояние. Това

обаче не означава, че ще настъпи разрушение на масива, поради кратковременността на въздействието, а само, че в масива ще се натрупат премествания (деформации). Методът е предложен от един от бащите на сеизмичното геотехническо инженерство – Nathan Newmark. Той предлага да се определи големината на натрупаните премествания, за онези интервали от време, при които сеизмичното ускорение е по-голямо от граничното, т.е. по-голямо от ускорението, при което коефициента на сигурност (определен по псевдостатичния метод) е равен на единица. Така получените акумулирани премествания се сравняват с допустимите. Голямо предимство на метода е, че се отчита на промяната във времето на стойността на сеизмични инерционни сили, дефинирани, чрез функцията на земетръсните ускорения в почвения масив. След Newmark, редица автори (Franklin&Chang; Makdisi&Seed; Jibson; Bray&Travasaru и др.) разработват по-точни решения, базирани на неговия модел, включвайки в уравнението фактори като: динамична коравина, чрез периода на собствените трептения на съоръжението; нелинейно поведение на почвата, чрез зависимости за модула на срязване и за коефициента на затихване на деформациите на срязване и др. (фиг. 5).

4. Most probable parameters (MPP) u sensitivity analysis

Освен разглежданите вече методи при проектиране на устойчивостта на откоси и свлачища, съществена роля играе определянето на почвените параметри, в комбинация със степента на несигурност характерна за геотехниката като наука. Сложността на почвата като среда, прави невъзможно, разработването на единна теория, която да решава задачите на геотехниката еднозначно. Това води до големи разлики между резултатите определени по различните методи и получените чрез мониторинг стойности. Редица учени, сред които се открояват имената на проф. Пек и проф. Сога, търсят изход от ситуацията, при която проектантите или проектират преоразмерени конструкции, с висока степен на сигурност или рискови конструкции, близо или отвъд границата на граничното равновесие. Предложеният от тях метод на най-вероятните параметри (MPP), в един от най-интересните си варианти, може да бъде синтезиран в следния вид:

- прави се подробно инженерно-геоложки (геотехническо) проучване;
- определят се най-вероятните параметри – входни данни за задачата;
- проектира се геотехническата конструкция;
- залагат се параметри (сили, премествания, деформации, напрежения и др.), които ще се наблюдават чрез мониторинг;
- конструкцията се проектира с известна степен на несигурност (рисково, но икономично решение), като тя се конструира така, че при необходимост да може да се заздравя допълнително;
- на база резултати от наблюдение в отделните етапи на изпълнение, (етапност, характерна за почти свлачищни геотехнически конструкции) се решава дали е необходимо и ако да как да се усили съоръжението.

Ако илюстрираме MPP с пример, където укрепяването на свлачище е решено с пилоти и анкери, то с различни входни данни и по различните методи, ние ще получим различен брой, дължина и вид на анкерите. По MPP-метода приемаме вида и дължината такива, че променяйки бройката, да можем да моделираме сигурността. В конструкцията оставаме отвори за направа на допълнителни анкери, както и подход за машините и избираме количество, близко до най-икономичното решение. Провеждаме мониторинг и при нужда изпълняваме част от допълнителните анке-

ри, за които сме се подготвили в конструкцията.

Често MPP се комбинира с така наречения анализ на чувствителността (sensitivity analysis). При него се избират част от входните параметри и се провеждат редица решения, за определяне на влиянието на изменението на всеки отделен параметър върху конкретни резултати – най-често усилия и премествания в конструкцията. Например при анкерирана пилотна противосвлачищна конструкция, може да се изследва влиянието на якостните и деформационни параметри като ϕ , c , E , върху усилията в анкерите, огъващите моменти и сръзващата сила в пилота и т.н. Това позволява оценка на влиянието на отделните параметри, като резултатите от проведения анализ на чувствителността се отразява пряко върху мониторинга и акцента в инженерно-геоложките проучвания.

5. Мониторинг на свлачище в гр. София

Пример от практиката показва използването на различни методи за наблюдение на потенциално свлачищен терен във фазата на предпроектните проучвания. Пътната инфраструктура, заедно с терена, предмет на бъдещо строителство, се наблюдава посредством 4 броя инклинометри и наземно лазерно сканиране. Наземното лазерно сканиране е приложено с цел получаване на високоточна и детайлна триизмерна информация за земната повърхност и обектите, разположени в обхвата на изследваната територия. Методът е избран за геодезически мониторинг поради възможността за бързо заснемане с висока плътност на точките и висока точност. Съществено предимство на метода при изследване на свлачищни територии е възможността измененията да бъдат анализирани не само в отделни предварително определени точки, а по цялата заснета повърхност. Това позволява да бъдат локализирани участъци с различен характер и големина на настъпилите изменения и при необходимост да бъде извършен детайлен анализ на конкретни зони или обекти. Съвместното използване на двата метода позволява проследяване и анализ на измененията както в земния масив, така и на земната повърхност и прилежащата инфраструктура.

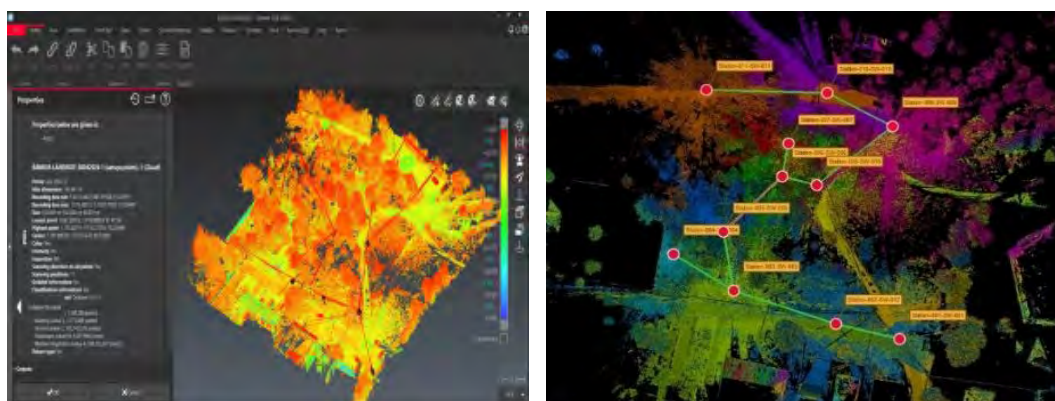
За целите на мониторинга освен познатите наблюдения с инклинометри, са проведени две TLS заснемания с наземен лазерен скенер Leica Scan Station P40, като при първото заснемане са използвани 11 сканиращи станции с необходимото взаимно припокриване между съседните сканирания. Полученият набор от данни съдържа общо 441 473 752 точки. При второто заснемане са използвани 12 сканиращи станции, като са получени общо 539 279 229 точки. Регистрацията и обработката на облаците от точки са извършени със софту-

ера Cyclone REGISTER 360 PLUS. За регистрацията на отделните сканирания е приложен методът „cloud-to-cloud“, основан на съвпадението на общите участъци в припокриващите се облаци от точки. Постигнатата относителна вътрешна точност на регистрирания облак от точки е 0,0038 m (3,8 mm). За извършване на сравнителния анализ е необходимо резултатите от двете заснемания да бъдат приведени в една и съща пространствена основа. Първото TLS засне-

мане е използвано като референтно, спрямо което са трансформирани данните от второто заснемане (фиг. 7.) За трансформацията са използвани пет марки, налични при двете заснемания. По този начин е осигурена възможност за непосредствено пространствено сравнение на двата облака от точки и за определяне на измененията, настъпили в периода между измерванията. Точността на това съвместяване е от съществено значение за последващия анализ, тъй като при

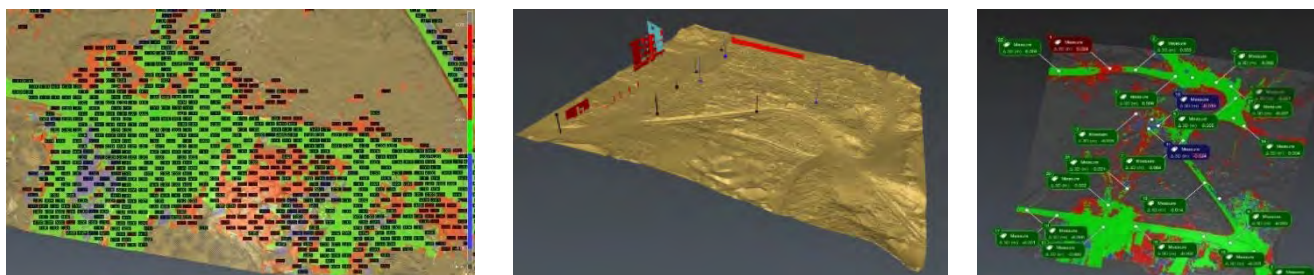
оценяване на изменения с малка големина е необходимо ясно да бъдат разграничени действителните изменения на заснетите повърхности от разликите, свързани с регистрацията и трансформацията на данните.

Фиг. 7 Общ облак от точки след регистрацията на отделните сканирания.



Сравнението на резултатите от двете TLS заснемания показва наличие на локализиранни зони на премествания, като установените стойности достигат приблизително 2 cm. Такива изменения се наблюдават в района на част от инклинометрите разположен в централната част на свлачищната територия.

Фиг. 8 Резултати от TLS и 3D модел на изследвани обект



Резултатите от проведените измервания и сравнението с тези от инклинометрите, доказват, че наземното лазерно сканиране е високоточен и ефективен метод за геодезическо изследване и мониторинг на свлачищни територии. В конкретния случай методът позволява да бъде получена детайлна пространствена информация както за земната повърхност, така и за съществуващите пътища, конструкции и други обекти в обхвата на проучването. Възможността за директно сравнение на облаци от точки от последователни TLS заснемания позволява да бъдат определени местоположенията, прос-

транственият обхват и големината на настъпилите изменения. Особено значение има съпоставянето им с резултатите от инклинометричния мониторинг, тъй като двата метода предоставят различна, но взаимно допълваща се информация – TLS характеризира измененията на заснетата повърхност, докато инклинометричните измервания дават информация за преместванията в дълбочина. Комбинирането на тези данни позволява да бъде получена по-пълна оценка на състоянието и развитието на свлачищния процес и осигурява необходимата информационна основа за избора и обосноваването

на последващите проектни и укрепителни решения. На конкретния обект, резултатите от мониторинга показаха активност на свлачището, като според класификацията на наредба 12, то се характеризира като пълзящ склон. Определените, във фазата на предпроектните проучвания, данни показаха както необходимостта от пилотно фундиране на бъдещите съоръжения, така и големината и разпределението на свлачищните сили и респективно дължина, напречно сечение и растер на пилотното фундиране, за поемане на свлачищния натиск и гарантиране на безаварийната работа на конструкциите.

6. Заключение

Представените съвременни технологии за мониторинг на свлачища представляват мощен инструмент за ранно установяване на опасни деформационни процеси и предотвратяване на разрушения. Използването им може да доведе и до значителни икономически ползи чрез оптимизиране на проектирането на укрепителните съоръжения и по-добро планиране на необходимите превантивни и укрепителни мерки. Съвременното проекти-

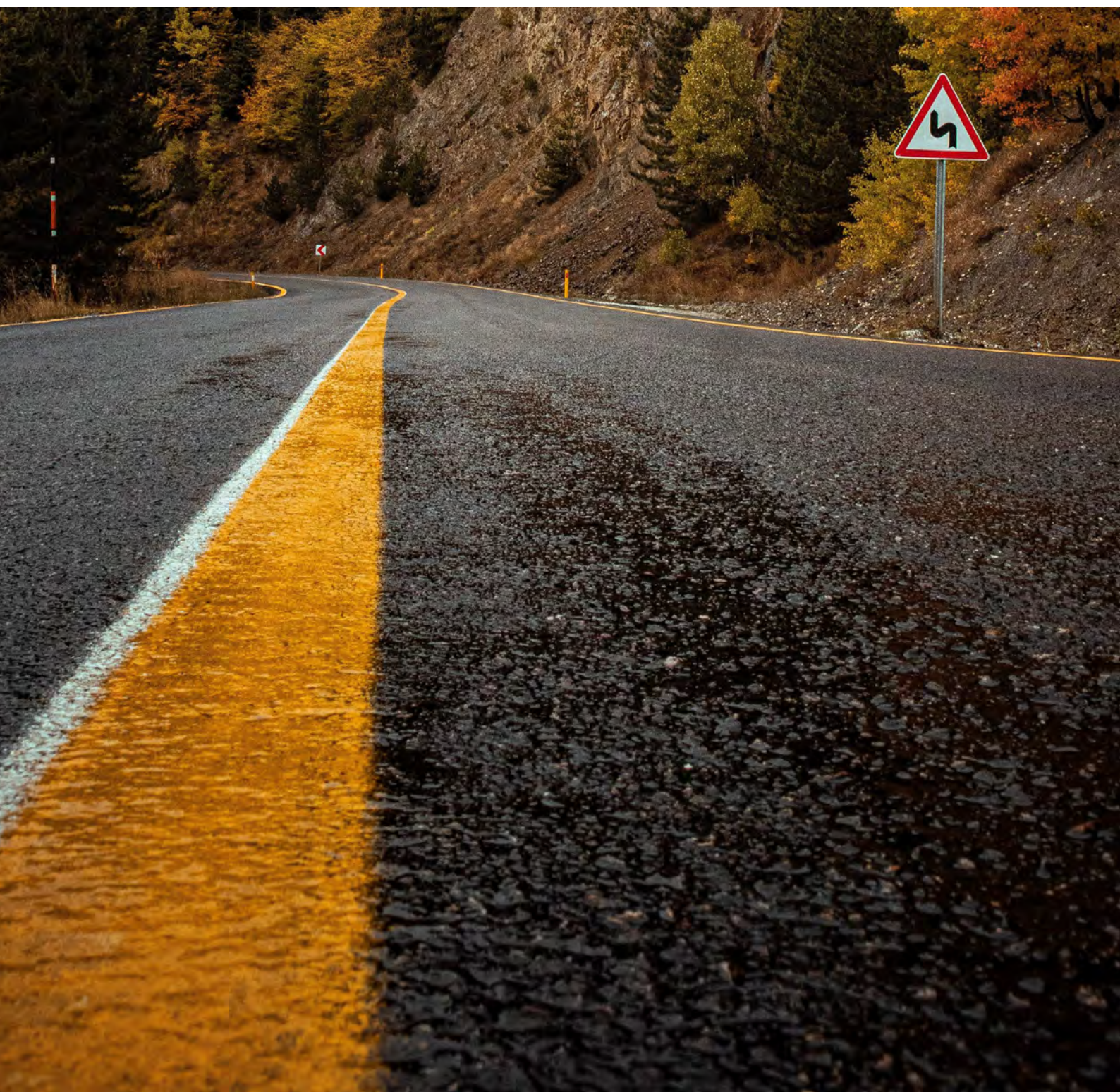
ране и развитие на системите за укрепване на свлачищни територии трудно може да бъде разглеждано отделно от геотехническият мониторинг. Получаването на надеждна информация за действителното поведение на свлачищния масив позволява проверка на проектните предпоставки, оценка на ефективността на изпълнените укрепителни мероприятия и своевременно идентифициране на неблагоприятни тенденции.

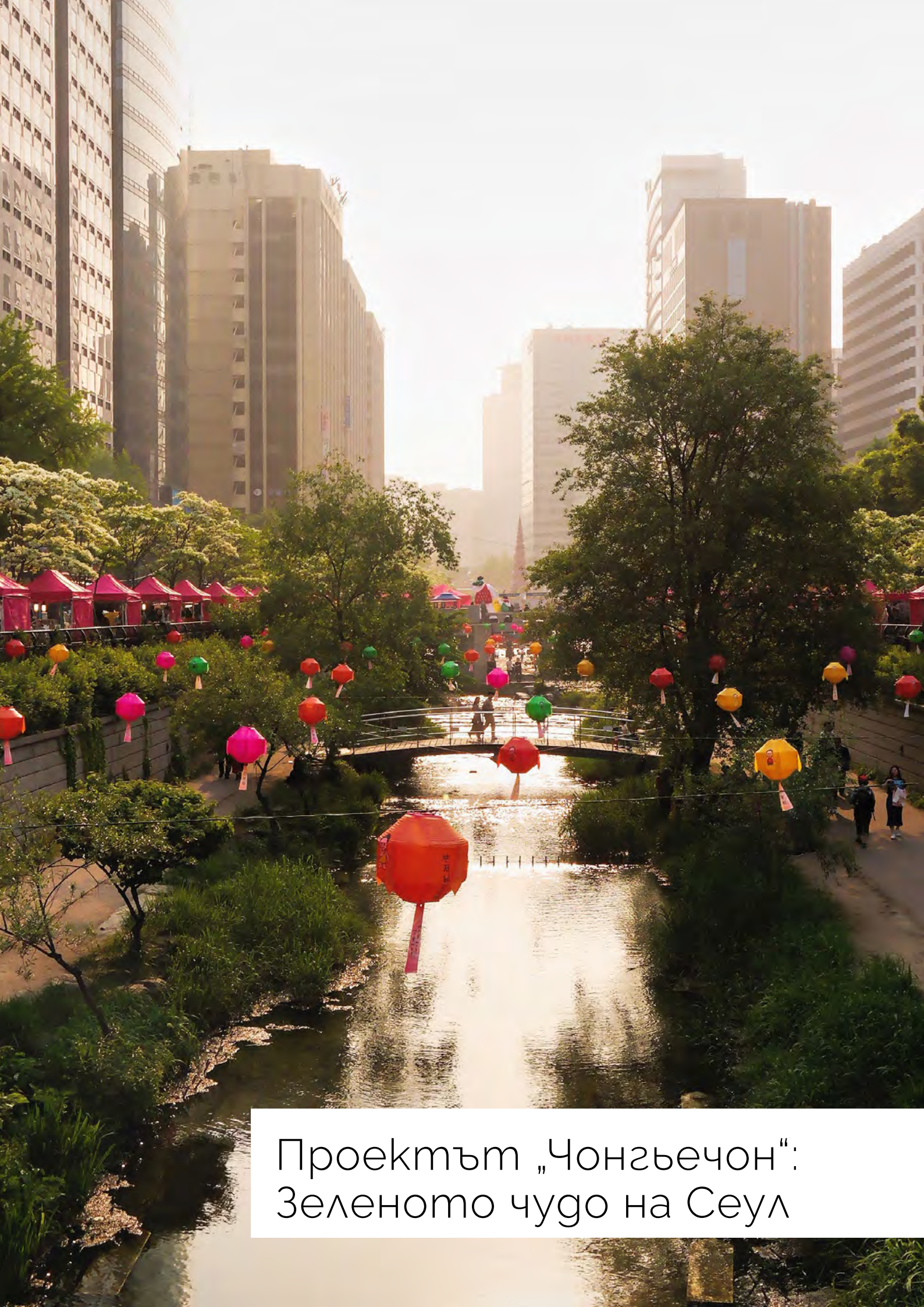
Най-съвременните концепции при свлачища са свързани с интегрирана система за проектиране, изпълнение и контрол, при която имаме: мониторинг в реално време → дигитални близнаци на свлачището (които включват 3D геометрия, геология, геотехнически модел, FEM числен модел, данни от мониторинга при непрекъсната актуализация) → AI/ML за анализ и обработка на данните (вкл. откриване на закономерности, аномалии, прогнози и сравнение на усилия и премествания) → прогнозиране, ранно предупреждение и на финала обосновано взимане на инженерни решения, от специалисти, на база всички получени данни.

References

- [1] Bradley B and Garcia R., 2022 The use of shape accel array for monitoring utilities during urban tunnel drives
- [2] Corsa, B., Barba-Sevilla, M., Tiampo, K., & Meertens, C. 2022. Integration of DInSAR time series and GNSS data for continuous volcanic deformation monitoring and eruption early warning applications. *Remote Sensing*, 14(3).
- [3] De Corso, T., Mignone, L., Sebastianelli, A., del Rosso, M. P., Yost, C., Ciampa, E., & Ullo, S. 2020. Application of DInSAR technique to high coherence satellite images for strategic infrastructure monitoring. In *IGARSS 2020-2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 4235-4238). IEEE.
- [4] Dasenbrock D., 2010 *Automated Landslide Instrumentation Programs on US Route 2 in Crookston*
- [5] Ferretti, A., 2014. *Satellite InSAR data: reservoir monitoring from space*. EAGE Publication. The Netherlands.
- [6] Govind A., 2006, *Nonlinear fiber optics*.
- [7] *Inclinometer : Types , How It Works, & Uses* , Encardio , December 03, 2019
- [8] Jaboyedoff, M., Oppikofer, T., Abellán, A., Derron, M. H., Loye, A., Metzger, R., & Pedrazzini, A. 2012. Use of LIDAR in landslide investigations: a review. *Natural hazards*, 61, 5-28.
- [9] Johnson K, 2023 *Shape array accelerometers, Geo monitoring course*, Berkley
- [10] Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W.; Chipman, J.W. Remote Sensing and Image Interpretation, 6th ed.; John Wiley and Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2008.
- [11] *Monitoring of lateral displacements of a slope using a series of special fiber Bragg grating-based in-place inclinometers*, 17 January 2012 Hua-Fu Pei hers, The Hong Kong Polytechnic University,
- [12] Sisgeo, *MEMS Inclinometers on place*.
- [13] Soga K. and Luo L., 2018, *Distributed fiber optics sensors for civil engineering infrastructure sensing*, *Journal of Structural Integrity and Maintenance*, VOL. 3, NO . 1, 1-21, 2018
- [14] Soga K at all, *Fiber-Optic Underground Sensor Networks*, 2018
- [15] Timothy D. Stark, University of Illinois at Urbana-Champaign, *Landslide Inclinometers*, Article in *Landslides* · August 2008

- [16] Milev N., Totsev A, Angelova M., Advanse technologie for landslide monitoring. National transport infrastructure conference with international participation 2023
- [17] W. Frodella at all, 2017 Landslide Mapping and Characterization through Infrared Thermography (IRT): Suggestions for a Methodological Approach from Some Case Studies.
- [18] Yamaguchi, M., Yastika, P.E., Shimizu, N., Milev, N. & Vrkljan, I. 2021. Application of SBAS-DInSAR to monitoring landslides along the northern Black Sea coast in Bulgaria, *Proceedings of EUROCK-Torino 2021*
- [19] Zekkos D. at all, *UAV-Enabled Coupled Infrared and Optical Characterization of the May 19, 2020, Edenville Dam Failure in Michigan*, Geo Congress 2022
- [20] Newmark, N. M. Effect of earthquakes on dams and embankments. *Geotechnique*, 15(2), pp. 139-159, 1965.
- [21] Михова Л., Анализ на методите за устойчивост на почвени откоси по теория на граничното равновесие. Сп. „Строителство“, Бр. 5, 2011.
- [22] Анализ на методите за изследване на инерционна сеизмична устойчивост на почвени откоси, Николай Керенчев, Лена Михова, 2014





Проектът „Чонгъечон“:
Зеленото чудо на Сеул

В началото на XXI век столицата на Южна Корея, Сеул, предприема един от най-смелите и рисковани градоустройствени експерименти в съвременната история, като решава да разруши градска магистрала, обслужваща близо 170 000 автомобила дневно, за да върне към живот забравената под нея река **Чонгъечон (Cheonggyecheon)**. Дълги години реката е била затворена в бетонен тунел, а над нея са властвали асфалтът, шумът и силното замърсяване.

Резултатът? Вместо предвещаващия транспортен апокалипсис, Сеул получава чист въздух, по-бързо придвижване и международен модел за зелена трансформация. Днес това е 11-километрово синьо-зелено сърце в средата на многомилionenния мегаполис.

Голямата промяна: От магистрала към градски парк

Ползите за града

Премахването на асфалта води до светкавични и дългосрочни позитиви за околната среда и качеството на живот:

- **Градско охлаждане:** летните температури около речния коридор спадат с **до 3.6°C**. Това се оказва критично оръжие срещу ефекта на „градския топлинен остров“.
- **Екологично възраждане:** биоразнообразието (птици, риби, насекоми) в централната зона се увеличава с **над 600%** за броени години.
- **По-чист въздух:** нивата на фини прахови частици спадат драстично, благодарение на уловения прах от растителността и естественото проветряване, което речният коридор осигурява.
- **Икономически подем:** районът се превръща в магнит за пешеходци, туристи и предприемачи. Цените на близките имоти се повишават, а местният малък бизнес процъфтява.



Животът около новия парк

Всеки би се запитал как са постигнали това без задръствания и затруднения в трафика. За да не блокира напълно сърцето на града, управата на града действа стратегически, прилагайки пакет от радикални мерки:

- Изграждане на бърз автобусен транспорт (BRT) - автобусите получават абсолютно предимство по изцяло нова мрежа от бус ленти.
- Цветова кодировка на линиите на градския транспорт – сини за експресни маршрути, зелени за квартални връзки, червени за предградията и жълти за центъра.
- Единна (Smart) тарифа - електронно таксуване, с което прекачванията между автобус и метро са безплатни.
- Ограничаване на достъпа - насърчава се споделеното пътуване и се въвеждат редица рестрикции за навлизане на лични автомобили в централната градска част.

Проект, създаден още в началото на века, ясно показва, че бъдещето на градовете принадлежи на хората !







МОБИЛЕН СЕРВИЗ ЗА ГУМИ

СЕРВИЗЪТ, КОЙТО ИДВА ПРИ ВАС

24/7 ПОМОЩ НА ПЪТЯ

- СЕЗОННА СМЯНА НА ГУМИ
- ФИРМЕНИ И ЛИЧНИ АВТОМОБИЛИ
- АВАРИИ НА ПЪТЯ
- ПРОФЕСИОНАЛНО ОБСЛУЖВАНЕ



+ 359 89 400 44 80



www.tirepoint.bg



[tirepoint_bg](https://www.instagram.com/tirepoint_bg)





Управление и оползотворяване на фрезован асфалт (RAP) в общинската пътна инфраструктура

Възможности за студено рециклиране на RAP чрез регенериращи и модифициращи добавки за нуждите на общинската пътна инфраструктура

Автор: инж. Росен Колелиев, „Пътища и мостове“ ЕООД, Варна, България, e-mail: office@pmostove.com

РЕЗЮМЕ

Поддържането и рехабилитацията на пътната инфраструктура генерират значителни количества фрезован асфалт, известен в международната практика като *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP). Едновременно с това общините са изправени пред постоянно нарастващи разходи за ремонт, доставка на първични строителни материали, транспорт и управление на материалите, получени при рехабилитация на съществуващи настилки.

Настоящата научно-приложна статия разглежда възможността RAP да бъде превърнат от материал за временно складиране в ресурс за производство на студена асфалтова смес чрез използване на регенериращи и модифициращи добавки. Разгледани са принципите на студено-то рециклиране, особеностите при регенериране на старото свързващо вещество, европейски примери за използване на 100% RAP и българската технология „Фрезобит“.

Анализът показва, че повторното използване на RAP в студени смеси е активно развиващо се технологично направление, което може да бъде особено интересно за общинската пътна поддръжка, локалните ремонти и определени категории пътища с подходящо натоварване. Същевременно приложението на технологията изисква характеризиране на RAP, разработване на конкретна рецептура, контрол на съдържанието на добавката и оценка на механичните и експлоатационните характеристики на получената смес.



1. ВЪВЕДЕНИЕ

Фрезоването на съществуващи асфалтови настилки е стандартна операция при рехабилитацията и поддържането на пътищата. В резултат се генерират значителни количества фрезован асфалт (RAP).

RAP съдържа минерални материали и остатъчно битумно свързващо вещество. Поради това той представлява материал с потенциална стойност, който може да бъде повторно използван при подходящо технологично проектиране като основна суровина за производство на нови асфалтови смеси.

Фрезованият асфалт не е просто „по-евтин чакъл“. Ако го разстелеш и оставиш без правилно профилиране, уплътняване и обработка, много бързо се компрометира и отнася в природата, като естественото му разграждане е много бавно и непълно – минералната част е стабилна, но битумът е устойчив материал и не се разгражда пълно и бързо от природните микроорганизми.

Фрезованият асфалт не е инертен материал – в него има битум, минерални частици и натрупани замърсители от пътния трафик.

При валежи част от съставките могат постепенно да преминават и да отровят почвата. Битумът не се разгражда лесно биологично. Затова най-разумно е да се използва повторно като строителен материал и да не се поставя директно в допир с почва, предназначена за отглеждане на храни.

Най-добрият подход е фрезованият материал да се използва като контролиран строителен ресурс. ЗУО (Закон за управление на отпадъците) поставя цели за повторна употреба, рециклиране и оползотворяване на неопасни строителни отпадъци, а при обществените поръчки се поставят изисквания за влагане на рециклирани строителни материали.

При ремонт на общински път фрезованият материал да не се третира като нещо, което изпълнителят може просто да извозва където намери за добре. Така общината ще получи материал вместо отпадък.

Основното предизвикателство е свързано със стареенето на битума. При експлоатацията на настилка неговите реологични свойства се изменят, което оказва влияние върху поведението на рециклираната смес.

Развитието на регенериращите технологии създава възможност за възстановяване на подходящ баланс на свойствата на старото свързващо вещество.

Един от перспективните подходи е:

100% RAP + регенерираща система → студено смесване → полагане → уплътняване → нова асфалтова смес.

Този подход има потенциално важно приложение при определени категории общинска пътна инфраструктура – слабо натоварени улици и пътища, площадки, алеи в паркове, велоалеи и т.н.

2. РЕГЕНЕРИРАЩАТА СИСТЕМА

2.1. RAP - основна суровина

При използване на 100% RAP минералната част на новата смес произхожда изцяло от вече използван асфалтов материал.

Това поставя по-високи изисквания към:

- характеризиране на RAP;
- зърнометричен състав;
- съдържание и свойства на стария битум;
- влажност;
- степен на раздробяване;
- дозировка на регенериращия агент;
- технология на смесване;
- уплътняване.

Следователно 100% RAP не трябва да се разбира като обикновено смесване на фрезован асфалт с добавка.

Това е **технологично проектирана система**, при която свойствата на конкретния RAP трябва да бъдат съобразени с използваната регенерираща система и условията на приложение.

2.2. Роля на модификатора

При стареенето на битума се променят неговите реологични характеристики. Поради това регенериращият агент трябва да бъде подбран с оглед на конкретното състояние на RAP.

Публикувани изследвания върху 100% RAP показват, че дозировката на регенератора има съществено значение за механичните характеристики и поведението на сместа.

Следователно:

Модификаторът е част от рецептурата на сместа и не следва да се разглежда като универсална добавка с еднаква дозировка за всеки RAP.

Оптималната дозировка следва да бъде определяна чрез лабораторно изпитване на конкретния материал с използвания модификатор.

3. ЕВРОПЕЙСКИ ПРАКТИКИ

В Европа са разработени и изследвани технологии за студено рециклиране, при които RAP се използва в много висока степен, включително при рецептури с 100% RAP и регенериращи агенти.

Такава е италианската разработка на Iterlene ACF HP Green за регенериране на стар асфалт, който се използва за студени смеси и ремонти на улици и пътища.

100% RAP вече не е само лабораторна концепция. Има промишлено оборудване, реални изпитания и пътни приложения, но е важно да се разделят 100% RAP при студено рециклиране и 100% RAP при производство на гореща и топла асфалтова смес.

Сред публикуваните разработки са технологии за студени асфалтови смеси, предназначени за ремонтни дейности и изграждане на пътища и улици със слабо движение и велоалеи, които са по-подходящи за общинската инфраструктура.

Проблемът в тези технологии е старият битум в RAP. След години в пътя той е окислен и е станал по-твърд. Затова се прилага подходът с 100% RAP + правилно подбран rejuvenator (подмладител). EAPA (European Asphalt Pavement Association) посочва, че при правилен подбор могат да се получат смеси с по-добри характеристики от тези на първоначалната смес.

В Швейцария има разработки на Martins Zaimanis, в Нидерландия (Холандия) е разработен проектът Re-Road. Подобни разработки има във Франция, Германия и Швеция.

4. БЪЛГАРСКАТА ТЕХНОЛОГИЯ „ФРЕЗОБИТ“

Битумен модификатор „Фрезобит“, позволяващ 100% рециклиране на RAP, е българска разработка, създадена от авторски колектив, сред който е и авторът на настоящата публикация:

- Отговарящ на стандартите на Пътната агенция/ЕС;
- Активиращ се при уплътняване;
- Всички процеси на използването му се извършват на „студено“ и могат да се изпълняват както ръчно, така и машинно.

Създадени са високостепенни модификатори **„Фрезобит Р“** (за смеси с употреба в рамките на 48 часа) и **„Фрезобит Н“** (за смеси със срок на съхранение до шест месеца след опаковането).

Технологията е насочена към използване на фрезован асфалт като основна суровина за производство на студена асфалтова смес чрез регенериращо-модифицираща система.

Сместа на RAP и „Фрезобит“ се отличава с бързо втвърдяване, добра адхезия и температурен диапазон на приложение от -10°C до +40°C. Получена чрез стандартни студени процеси, тя може да постигне показатели, сравними с горещи асфалтови смеси.

Тази технология:

- Позволява RAP да се използва при ремонт на пътища при по-ниски температури;
- Намалява енергийните разходи;
- Елиминира емисиите от изгорели газове;
- Дава на изпълнителя гъвкавост при работа;
- За националната пътна агенция този метод дава решение на проблема със съхранението на RAP и води до значителни икономии при разходите за ремонт.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ТЕСТОВЕ С АСФАЛТОВИ СМЕСИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА RAP

Показател	Изисквания за студени асф.смеси (техн. изисквания АПИ)	АСФАЛТОВИ СМЕСИ				Изисквания за горещи асф. смеси за износващ пласт (ТС 2014 АПИ)
		AC 100% RAP 0%	M ¹ + 100% RAP	M ² + 100% RAP	AC 90% RAP 10%	
Обемна плътност (Mg/m ³)		2,225	2,334	2,344	2,311	
Съдържание на битум (% от агрегата)	min 3,5	3,3	5,1	5,7	5,4	min 5,0
Устойчивост по Маршал (kN)	min 3,3	15,9	14,2	8,8	12,4	min 8,0
Условна пластичност (mm)	2÷5	2,5	3,3	3,6	3,1	2÷4
Остатъчна порестост (%)		10,1	3,2	3,0	4,5	3÷5
Готовност за работа на сместа след охлаждане при (-10 °C)			добра	добра		

Легенда:

¹RAP- Reclaimed Asphalt Pavement

M¹- In Situ модификатор за производство на студени асфалтови смеси с използване на RAP („Фрезобит Р“)

M²- модификатор за производство на студени асфалтови смеси с използване на RAP и възможност за удължено съхранение („Фрезобит Н“)

AC- гореща асфалтова смес

Технология за производство на студени асфалтови смеси с използване на фрезован материал и високоякостни модификатори – ръчно изпълнение на процесите



Зареждане на фрезован материал



Добавяне на високоякостен модификатор



Ръчно (механично) хомогенизиране



Почистване на мястото



Разстилане на модифицирания RAP и подравняване на сместа



Уплътняване



Отваряне на пътя

Технология за употреба на студени асфалтови смеси с използване на фрезован материал и високоякостни модификатори – машинно производство и полагане



Зареждане на RAP,



Фрезобит и смесване



Полагане на смес от RAP, Фрезобит и уплътняване



5. ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ В ОБЩИНСКАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Европейският опит показва, че използването на 100% RAP в студени смеси с регенериращи системи е реално научно и технологично направление.

Същевременно публикуваните полеви изследвания показват, че успехът зависи от редица фактори – качеството на RAP, дозировката на регенератора, влагата, уплътняването и условията на експлоатация.

В този контекст „Фрезобит“ следва да бъде разглеждан като българска разработка, вписваща се в по-широкото европейско направление за регенериране и повторно използване на асфалтови материали.

Основният научно-приложен въпрос пред следващия етап не е единствено дали RAP може да бъде използван повторно, а:

При какъв RAP, при каква рецептура и при какви експлоатационни условия може да бъде постигнато устойчиво техническо и икономическо решение?

Отговорът следва да бъде получен чрез съчетаване на лабораторни изпитвания, реални пилотни участъци и дългосрочен мониторинг.

При подходящо техническо проектиране 100% RAP студените смеси с регенерираща система могат да бъдат разглеждани за приложения като:

- локални ремонти;
- улици с ниско и средно натоварване;
- общински пътища;
- велосипедни алеи;
- паркинзи;
- площадки;
- ремонт на отделни компрометирани участъци.

Конкретното приложение трябва да бъде определено въз основа на техническите характеристики на RAP, проектното натоварване и резултатите от лабораторните изпитвания.

Реалното приложение на тази технология в общинската инфраструктура е важна стъпка от нейното развитие. Издадени са референции от български общини, използвали „Фрезобит“, както следва:

- Община Стралджа – референции № ТСУИЕ-1031/28.06.2018 г. и № ТСУИЕ-685/15.04.2025 г.;
- Община Шабла – референция № К-412/12.06.2018 г.;
- Община Долни чифлик – референция № У-71/17.04.2025 г.

6. СТАНОВИЩЕ НА ИНСТИТУТА ПО ПЪТИЩА И МОСТОВЕ

За технологията „Фрезобит“ е издадено становище от Института по пътища и мостове относно възможността за нейното приложение. Становището завършва със следните заключения:

1. „Предлаганият продукт битумен модификатор Фрезобит отговаря на изискванията на БДС EN 15322:2013 за разреден битум категория Fm2B2 и добавянето му в количество 3% към фрезован асфалт води до възстановяване на характеристиките на остарялото свързващо вещество от фрезования асфалт и до многократно повишаване на еластичността му“;

2. „Лабораторно приготвената смес от фрезован асфалт и 3% битумен модификатор Фрезобит по физико-механични показатели отговаря на нормите, съгласно Технически изисквания за студени асфалтови смеси с разреден битум с дълъг срок на съхранение, на ИА „Пътища“, 2003 г.“;

3. „Продуктът битумен модификатор Фрезобит би могъл да се използва в посочената концентрация за производство на студени асфалтови смеси с фрезован асфалт, които да се използват при текущ ремонт на пътищата“.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фрезованият асфалт (RAP) не е отпадък, а вторичен материал със значителен потенциал за повторна употреба.

Европейските научни разработки показват възможност за производство на студени асфалтови смеси с високо съдържание, включително 100% RAP, чрез използване на регенериращи системи.

Българската технология „Фрезобит“ представлява разработка в същото технологично направление.

При ремонт на пътната инфраструктура след фрезование се получават хиляди тонове фрезован материал, който трябва да бъде превозен, складиран, съхраняван и впоследствие използван или предаден в депата за строителни отпадъци. Този материал при неправилна употреба, може да предизвика допълнителни разходи и екологични щети – замърсяване на почви, предназначени за земеделски нужди или замърсяване на вододайни зони – попаднал в природата, материалът е практически нерещиклируем.

Правилното му използване има редица предимства:

- намаляване потреблението на първични ресурси;
- потенциално намаляване на транспортните разходи;
- възможност за бърза реакция;
- по-ниска себестойност в сравнение с обичайните материали и технологии от порядъка на 20–40%;
- подкрепа на принципите на кръговата икономика;
- намаляване на вредните емисии от нагриване на битума.

Наличният практически опит на български общини показва, че технологията вече е достигнала до реални приложения и демонстрации – това е възможност, която заслужава да бъде оценена и приложена във всяка община.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hugener, M., Partl, M. N., Morant, M. *Cold asphalt recycling with 100% reclaimed asphalt pavement and vegetable oil-based rejuvenators*. Road Materials and Pavement Design, 15(2), 2014, 239–258.
- [2] Wu, S., Marty, C. *Three-Year Field Performance of a Low Volume Road With 100% Reclaimed Asphalt Pavement Cold Mix With Rejuvenator*. Transportation Research Record, 2023.
- [3] Wu, S., Tahri, O., Spell, C., Montalvo, L. *Case Study on Forensic Evaluation of Field Performance of 100% Reclaimed Asphalt Pavement Cold Mix with Rejuvenator in a Low-Volume Road*. Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, 2022.
- [4] Wu, S., Oyelere, A., Karim, S. M. I. *Evaluating the Performance of Cold Mix Asphalt Utilizing 100% Reclaimed Asphalt Pavement and Biobased Rejuvenator*. Journal of Materials in Civil Engineering, 2025.
- [5] *Cold asphalt containing 100% reclaimed asphalt: a sustainable technology for cycle paths and maintenance interventions*. Procedia Environmental Science, Engineering and Management.
- [6] *Skid resistance and mechanical performance comparison between in-place and in-plant cold-mix recycling 100% RAP: A sustainable design for bicycle lanes*. Journal of Road Engineering, 2025.
- [7] Iterchimica S.p.A. *Rejuvenators for cold mixes with 100% RAP – Iterlene ACF HP Green*.
- [8] Колелиев, Р. *Иновативен метод за използване на фрезования асфалт (RAP) чрез високоекостни модификатори*. Вестник „Строител“, 2017.
- [9] Колелиев, Р., Кръстев, П., Нейков, Б. *Възможности пред България за прилагане на иновативни технологии в пътното строителство, свързани с кръговата икономика и европейската Зелена сделка*. Вестник „Строител“, 2021.



„ОТ АРХИВА“:

Пътно-строителната наука
и кадрите - важна сила при
изграждане на пътищата
в Н. Р. България

В чест на 100-годишнината от рождението на проф. д-р инж. Ганю Щилиянов, в рубриката „От Архива“ представяме на вашето внимание неговата статия, публикувана в бр. 11-12 на списание „Пътища“, издавано от Главно управление пътища, 1983 г. със заглавие **„Пътно-строителната наука и кадрите - важна**

сила при изграждане на пътищата в Н. Р. България“. Текстът се препубликува без редакторски намеси, за да се представи автентичността на представената информация и стила на автора. Веднага след статията ще бъде представен анализ на новите факти и обстоятелства по темата.

В нашето съвремие автомобилът е вече необходимост в ежедневието на хората. Затова автомобилизацията заема важно място в икономиката на страната и бита на народа. Днес по пътищата на България се движат над 1,6 млн. превозни средства. Над 1 млн. чуждестранни автомобилисти годишно посещават страната. По отношение на степента на моторизацията нашата страна влезе вече в групата на силно моторизирани страни. Над 2 млн. български граждани разполагат със свидетелство за управление на моторно превозно средство.

Ето защо сериозните комплексни проблеми на оформилата се система „автомобил-човек-път“ и всеки елементи от нея, не могат да бъдат правилно решавани, без да се използват комплексно познанията на различните специалисти и постиженията на различните клонове на съвременната наука.

На днешното поколение млади хора може да се види чудно, че първите строителни инженери, завършили в България, се дипломираха едва след победата на народната власт. Всъщност това е проява на грижите при социалистическата ни система за развитието на страната. През годините на народната власт се дипломираха над 22 500 строителни инженери и архитекти, от които 2500 имат тясна специалност по жп, пътно и мостово строителство. Много специалисти, завършили машинно- и електроспециалности включиха също своите сили за решаване на пътните ни проблеми.

За периода от 9-ти септември 1944 г. до сега българската пътностроителна наука и практика натрупа значителен опит. Той беше успешно представен на много международни пътни конгреси и симпозиуми. Издадени бяха многобройни научни трудове, учебници, пособия и правилници, които развиха и подкрепиха пътно-строителната ни практика.

Неотдавна в България и СССР излезе от печат книгата „Автомобилни пътища“, която е плод на съвместната работа на съветските и българските специалисти и учени и представлява голямо постижение в областта на пътищата и пътно-строителната наука и практика.

Преди по-малко от 40 години ние започнахме практически от нула. Тогава господствуваше схващането, че бъдещето на България е автомобилно-коларският транспорт, а от там - че е нужна и достатъчна трошенокаменна и паважна настилка. Параметрите на пътищата бяха „примитивни“ в сравнение със съвременните изисквания.

Трябва да признаем, че твърде късно се явиха първите публикации, доказващи погрешността на това схващане. През шестдесетте години научно се доказва, че трошенокаменните и паважните настилки на основен калдъръм, не са повече перспективни и не могат да решат пътния проблем на страната. Така че у нас „в движение“ се създаваха инженерни кадри, изменяха се мисли и се създаваха цели школи. И ето днес специалисти работят в околните пътни управления, в районните пътни служби, в проектантските организации, в транспортно-строителните организации, в народните съвети. Те създават, реализират и експлоатират съвременни пътища и транспортни комуникации на градовете и агломерациите.

Развитието на пътния проблем след победата на социалистическата революция обикновено разделяме на 3 етапа.

Първият етап обхваща годините между 1944 и 1953 г., когато се извършваха само частични ситуационни и нивелетни подобрения за някои пътища от по-важните направления.

Вторият етап (1953 - 1964 г.) се характеризира с широко внедряване на различните видове леки асфалтови покрития. През тези години голяма част от деформираните трошенокаменни настилки се препокриха с асфалтови пластове и масово бяха внедрени повърхностните обработки.

Третият етап беше обусловен от увеличаване на интензитета на автомобилното движение и увеличаване на осовото натоварване до 10 т. Претрасираха се почти изцяло съществуващите пътища като геометричните им елементи се проектираха за скорости 60-120 km/h според теренните условия. Масово се изградиха крупни мостове с височина 40-80 т безспорно сложни инженерни съоръжения, за които се изискваха големи познания. Всичко това не можеше да бъде постигнато без подем на науката и създаването на висококвалифицирани специалисти в тази област.

Богатите познания, натрупаният опит и широката ерудиция на нашите специалисти обосноваха научно необходимостта от изграждане на автомагистралния пръстен на страната - автомагистралите „Тракия“ (София - Пловдив - Бургас), „Хемус“ (София - Плевен - Варна) и „Марица“ (Поповица - Кап. Андреево). Първите участъци вече влязоха в експлоатация. В процеса на реализацията, проектантските звена започнаха масово на използват съвременна електронноизчислителна техника и внедряването на съвременни методи. Получени бяха много перспективни параметри - ширини от 30 м, минимални радиуси от 600 м и надлъжни наклони от 4%. Изградиха се уникални съоръжения, отговарящи на богатите параметри. Много страни в Европа преминават с такива параметри сега по пътя на крупни реконструкции на съществуващите автомагистрали.

Като говорим за успехите на нашите научни работници и подготвените висококвалифицирани кадри, не можем да не споменем, че те създадоха една богата нормативна база в областта на пътищата и обхващат комплексно всички страни на пътното проектиране и строителство. Разбира се това е едно постижение което извежда нашата страна напред по отношение на световното равнище. А ако си спомним, че първият правилник, създаден през 1965 г., е с твърде занижени параметри, то със създадената нормативна база се открояват мащабите на работата на българските специалисти и наука.

Напоследък важно направление в нашата наука за пътното строителство е създаването на трайни решения за опазване на природната среда и земята при строителството и модернизацията на пътищата в духа на приетите от Държавния съвет през 1980 г. „Насоки за опазване обкръжаващата човека среда от вредностите на автомобилния транспорт“. В това отношение вече се реализират новите виждания по отделни участъци в трасетата на автомагистралите.

Основно направление в българската наука и практика е създаването на нормативна база и за безопасно движение по пътищата. Това започна при проектиране на пътя със съответните параметри и продължава с поддържане на пътя и внедряването на съвременна организация и управление на автомобилното движение. Започват първите стъпки за борба срещу

транспортния шум по пътя на поредица конструктивни решения и екрани за абсорбиране.

Създаването на един удобен, евтин и безопасен път е сложен комплекс от съвременна работа на различни специалисти, които се създават във Висшия институт по архитектура и строителство.

През 1983 г. се навършват 100 години от създаването на пътната администрация в България. Стогодишният период е наситен с важни моменти от създаването на пътищата в България, които са голямо национално богатство. Но истинският разцвет на пътното дело се реализира в епохата на социалистическото строителство. Огромното пътнo строителство, което се разви, изгради пътна мрежа в съответствие с развитието на промишлеността и механизираното селско стопанство. Създава се съответствие в изграждането на пътната мрежа със създаващите се товарни потоци и в тясна връзка с развитието на редица икономически райони. Както новите, така и реконструкцията на съществуващите пътища се изграждат в съвременен стил с оглед задоволяване на скоростното автомобилно движение.

За изграждането на пътищата и големите задачи, които стоят пред тях се подготвиха и съответните специалисти, което е също голямо постижение на народната власт при реализацията на пътната политика, намерила синтез в реализацията на стария римски девиз („Пътят е живот“).

Висококвалифицираните пътнo-мостови инженери, специалистите и научните работници, радатели на пътното дело, с радост посрещат 100-годишнината на пътната администрация. И именно от тази база и постигнатите успехи обръщаме поглед към СССР, който оказва голяма помощ за нашето развитие - пътнoстроителна техника, наука и литература, технологии и основни нормативни документи и правилници.

Широкият обмен на научни издания, списания, получаването на консултации и приемането на български специалисти за специализации във всички области на пътната наука са реален израз за безкористна помощ на Съветския съюз при изграждането не само на българска пътна мрежа, но на цели клонове на пътната наука и научния потенциал. Чрез тази помощ се приложиха в българската действителност огромните постижения на съветската теория и практика в областта на пътищата. Задължени сме и на съветските специалисти, от чийто опит се учеха всички наши пътни специалисти и под чието ръководство разработваха и защитаваха своите дисертации, за лекциите, които те изнесоха многократно в България, за проектите, консултациите и големия научен обмен, за братската помощ, която те безкористно дадоха за разцвета на пътното дело в нашата Родина.

Автор: проф. д-р инж. Ганю Щилиянов

Заклучение:

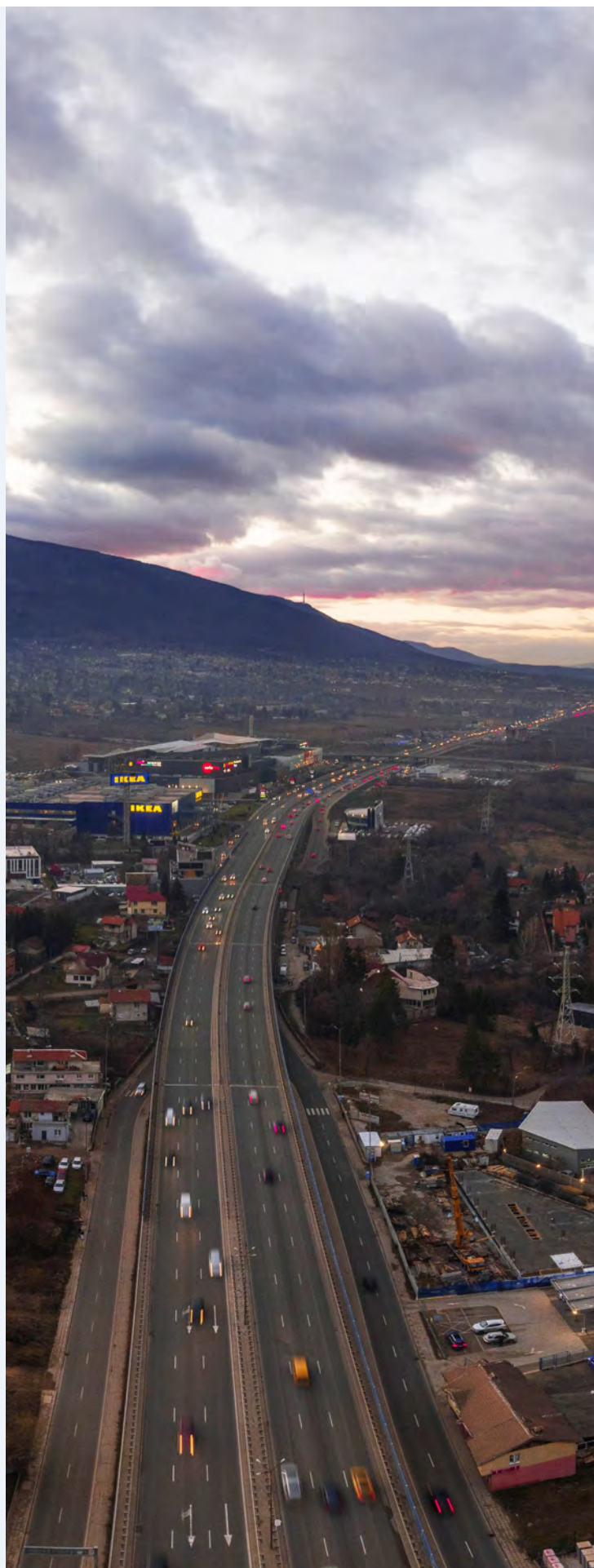
Пътно-строителната наука и кадрите – важна сила при изграждането на пътищата в Р. България

Проф. д-р инж. Ганю Щилиянов е един от най-изтъкнатите български учени в областта на пътното и аеродрумното строителство, както и дългогодишен ректор на УАСГ (тогава ВИАС) в периода 1979–1987 г. Той посвещава над 40 години от живота си на изграждането на поколения специалисти. За него кадрите са „гръбнакът на държавата“, а тяхната подготовка е национална отговорност, която изисква безкомпромисна дисциплина и връзка с реалната практика. Студентите не са просто академични единици, а бъдещите строители на съвременна България, които носят пряка отговорност за безопасността на милиони хора.

Избраната статия представя действеността в България през далечната 1983 г., когато научните познания на пътните експерти са обосновали изграждането на автомагистралния пръстен на страната – автомагистралите „Тракия“, „Хемус“ и „Марица“, участвали са в създаването на богата нормативна база и разширяването на познанията във всички сфери на пътното проектиране и строителство. За решаването на проблеми, свързани с проектирането, строителството, експлоатацията и безопасността на движението трябва да бъдат подготвяни различни специалисти с познания и постижения в различни клонове на съвременната наука.

Днес в условията на динамично развиваща се икономика, дигитализация и климатични промени, важноста на пътните специалисти е по-голяма от всякога. Ако по времето на проф. Щилиянов целта е количествено разширяване и първоначално свързване на страната, днешните инженери са изправени пред много по-сложни, комплексни и технологични предизвикателства. Пътищата вече не са просто „асфалт и знаци“, а сложни инженерни системи. Модерният пътен инженер трябва да притежава познания, близки до ИТ сектора. Днешните специалисти проектират и внедряват интелигентни транспортни системи, V2X комуникации и BIM, освен това екстремните метеорологични условия изискват изцяло нов инженерен подход.

На фона на отявлена необходимост от добре подготвени кадри се появява и статистиката на желаещите кадри за професионално развитие в сектора.



An aerial photograph of a city, likely Sofia, Bulgaria, showing a dense urban area with many multi-story apartment buildings. In the foreground, there is a large, circular, landscaped area with a winding path and some trees. The sky is overcast with grey clouds. A large white rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing text in Bulgarian.

В момента браншът изпитва сериозен недостиг на млади специалисти, което прави днешните пътни инженери изключително ценни. Проектантските бюро, строителните компании и държавната администрация се конкурират за всеки дипломиран специалист, което превръща професията в една от най-перспективните и сигурни за реализация. По времето на проф. Щилиянов броят на завършващите годишно е между 150 и 250 инженери от специалността „Транспортно строителство“, а завършващите днес са едва около 15–30 дипломирани инженери годишно.

За да се преодолее критичният дефицит на пътни инженери и да се гарантира сигурността на транспортната мрежа в България, е необходим радикален завои в политиката на държавата и строителния сектор, чрез модел на активно партньорство, който съчетава стратегическото планиране от епохата на проф. Щилиянов с гъвкавостта на модерния пазар.

Парадоксът на XXI век е, че разполагаме с невиджани технологии, но ни липсват достатъчно квалифицирани кадри, които да боравят с тях. Инвестицията в пътни специалисти е толкова важна, колкото и инвестицията в самата инфраструктура. Без възраждане на възискателността и подкрепата към кадрите, завещани от учени като проф. Щилиянов, милиардите средства, предназначени за пътна инфраструктура, няма да бъдат достатъчни за създаването на безопасни и модерни пътища.







100 години от построяването на Рилския водопровод в участъка София - Бистрица

Първата част на Рилския водопровод е реализиран през 1926 г. Проектът е дело на легендарния български хидроинженер Иван Иванов, по-късно избран за кмет на София. Отсечката между София и Бистрица е с дължина 12,7 километра.

Изграждането на Рилския водопровод е абсолютен подвиг за времето си. Трасето преминава през недостъпни планински масиви. Налага се прокопаването на 15 тунела с обща дължина близо 18 км. Работата се извършва изцяло на ръка - с кирки, лопати и динамит. За преодоляване на дълбоките речни долини са изградени масивни стоманени сифони (дюкери). Те издържат на колосално налягане от над 30 атмосфери (300 метра воден стълб).

Инж. Иванов проектира системата изцяло на принципа на скачените съдове. Тъй като, деnivelацията между Рила и София е 920 метра, водата се движи сама. **Това прави софийската вода най-евтината и чиста в света за десетилетия напред.** Поради голямата сила на падащата вода, по трасето се изграждат три водоелектрически централи - ВЕЦ „Бели Искър“, ВЕЦ „Мала Църква“ и ВЕЦ „Симеоново“.



Снимка - <https://uchiteli.bg/>

Кой е инж. Иван Иванов ?

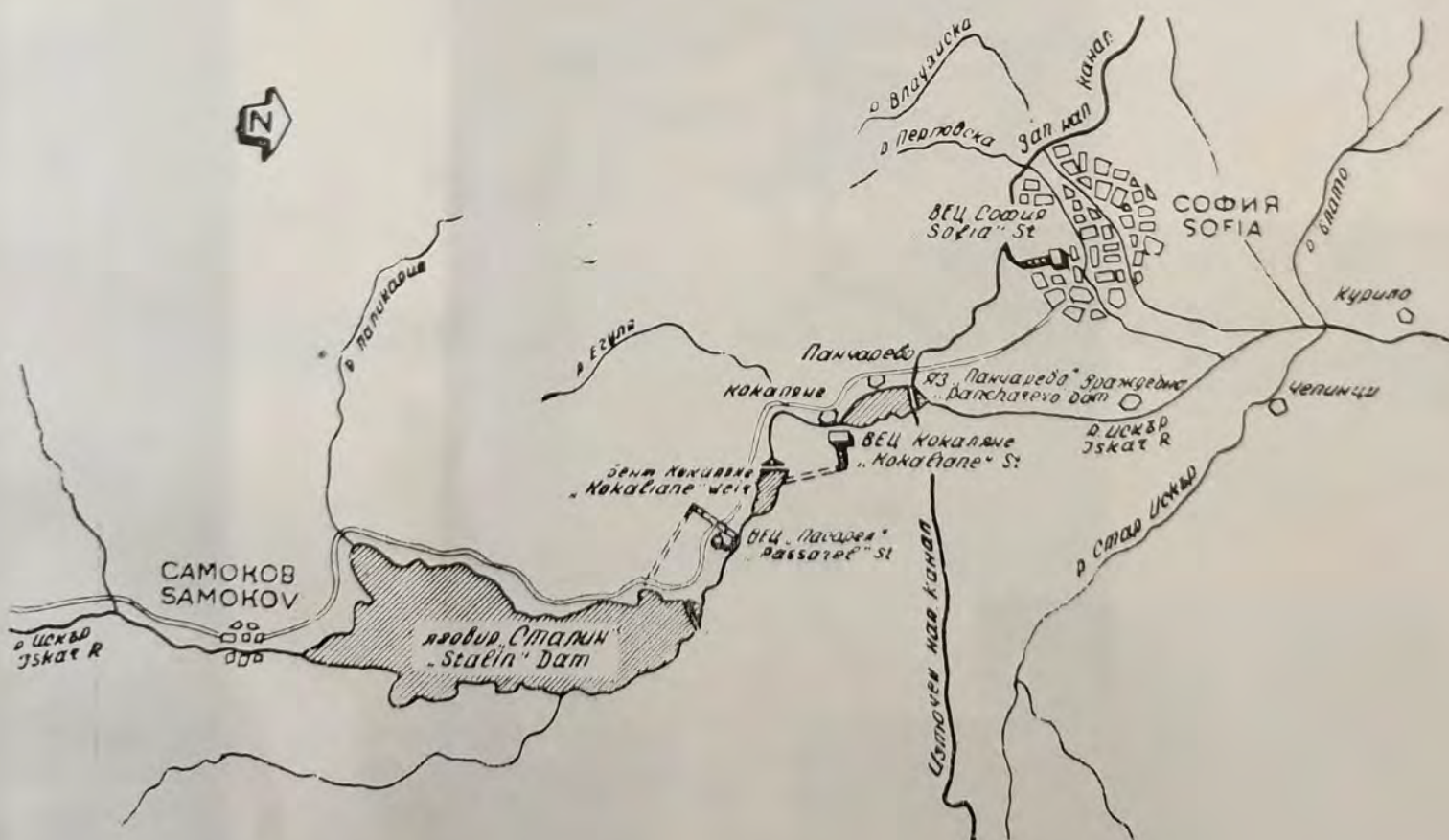
Роден е през 1891 г. в Сливен. Завършва хидроинженерство в Мюнхенския технически университет през 1915 г. Прекъсва следването си, за да участва като доброволец в Балканските войни. По време на Първата световна война строи железници в Македония. През 1934 г. с царски указ е назначен за кмет на София. Той е смятан за най-успешния и обичан кмет в историята на София. Наричан е още приживе „Рилски“ (прякор, даден му от ген. Владимир Вазов заради подвига с изграждането на Рилския водопровод) и „некоронованият цар на София“. Като кмет на София в периода 1934 г. - 1944 г. под негово ръководство града се превръща в модерна европейска столица с реализирането на:

- Паваж по основните улици и озеленяване на градът
- Създава се Природен парк „Витоша“
- Изграждат се емблематични сгради: Съдебната палата, Българска народна банка, Телефонната палата, Военното министерство и Столичната библиотека
- Въвежда се строг финансов контрол и разходите на общината се публикуват ежемесечно

По онова време София е сочена като най-чистия град в Европа.

След деветосептемврийския преврат инж. Иванов е арестуван и осъден от Народния съд на смърт. Впоследствие присъдата е заменена с доживотен затвор, тъй като новата власт решава да използва неговите познания и опит за проектирането на жизненоважни хидростроения. Докато е затворник, той чертае плановете за язовир „Искър“ (тогава „Сталин“). Пуснат е на свобода, за да ръководи строежа му. На официалното откриване през 1954 г. обаче комунистическата власт дори не споменава името му.

Инж. Иван Иванов умира в София през 1965 г. Днес на негово име е наречена красивата пешеходна алея, свързваща селата Железница и Княжево по склона на Витоша.



Фиг. 2. Ситуация * План * Plan

За отбелязването на 100-годишнината от построяването на Рилския водопровод в участъка София - Бистрица, Университет по архитектура, строителство и геодезия планира тържествено честване, което ще се проведе на 26.10.2026 г. от 13:00 часа в Аула Максима, след което ще бъдат открити три изложби, посветени на инж. Иван Иванов и на Рилския водопровод. Планирано е да се осъществи и студентски поход по трасето на водопровода от Симеоново до Бистрица/Железница.







Екун

Главен редактор

Грета Костова

Редакция

1421 София, Южен парк, ул. „Никола Об-
разописов“ № 12

email: magazine@institute-tsi.com

Редакционен съвет

Председател

проф. Николай Михайлов - председател

инж. Росен Колелиев - председател

Членове

проф. Андрей Тоцев

проф. Николай Цонков

проф. Камен Петров

доц. Николай Милев

доц. Ивайло Иванов

д-р Христо Грозданов

д-р Иван Табаков

д-р Бранимир Братоев

д-р Александър Жипонов

д-р инж. Борислав Борисов

инж. Иван Колелиев

инж. Тихомир Стаменов

Издател

„Институт по транспортна инфра-
структура“ АД

<https://institute-tsi.com/>

Управител

д-р инж. Христо Грозданов

grozdanov@institute-tsi.com

Дизайн и предпечатна подготовка

Станислава Костова

Коректор

Цветанка Славева



🏡 **Пятница**