

КОСВЕНИ ЩЕТИ, КОИТО ГОРСКИТЕ ПОЖАРИ НАНАСЯТ ВЪРХУ ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Гл. ас. инж. Мариана Александрова Цекова

Варненски свободен университет „Черноризец Храбър“ – филиал Смолян

Резюме: В последните години горските пожари представляват все по-голяма и значително нарастваща заплаха за пътната инфраструктура, надхвърляща преките физически щети. Настоящият доклад анализира косвените въздействия от горските пожари като промени в околната среда (ерозия, свлачища) и критичните оперативни смущения (затваряне на пътища, проблеми с видимостта, предизвикателства при евакуация). Доказва се, че е необходимо съществуване на пряка връзка между звената, свързани с проектиране, строеж и поддръжка на пътищата с цел изграждане на устойчиви системи за предупреждение и възстановяване.

Ключови думи: горски пожари, пътна инфраструктура, косвени щети

INDIRECT DAMAGE THAT FOREST FIRES CAUSE TO ROAD INFRASTRUCTURE

Chief Asst. Eng. Mariana Aleksandrova Tsekova

Varna Free University „Chernorizets Hrabar“ - Smolyan Branch

Abstract: In recent years, forest fires have become an increasingly significant and growing threat to road infrastructure, going beyond direct physical damage. This report analyses the indirect impacts of forest fires, such as environmental changes (erosion, landslides) and critical operational disruptions (road closures, visibility problems, evacuation challenges). It argues that a direct link between the design, construction and maintenance of roads is necessary to build resilient warning and recovery systems.

Key words: wildfires, road infrastructure, indirect damage

1. Косвени въздействия върху пътната инфраструктура след пожар

1.1 Ерозия, свлачища, кални потоци и отломъчни наноси

След горските пожари коренно се променя структурата на водосборните басейни. Те увреждат растителността и кореновите системи на растенията, които осигуряват стабилност на почвата, намаляват повърхностната покривка и създават водоотблъскващи (хидрофобни) почви [1,2,3,4,5]. Тези промени значително намаляват скоростта на инфилтрация и увеличават повърхностния отток, което води до повишена ерозия [1,2,3,4,5]. Повишеният повърхностен отток (който може да бъде 1000 пъти по-голям от предходните условия [6], води до тежка почвена ерозия, пренос на седименти и по-голяма вероятност от отломъчни потоци, свлачища и кални потоци, особено при специфични геоложки и валежни условия [1,2,3,4,5]. Тези събития причиняват отмиване на пътища, блокировки и структурни повреди на подлежащите пътни настилки, водостоци и мостове. Тези опасности след горски пожари са най-чести и тежки през първите 1 до 2 години след пожар, като рисковете намаляват значително след този период, тъй като хидроложките условия обикновено се връщат към предходните си състояния в рамките на 5 години.

Значителното увеличение на повърхностния отток и ерозията (с порядъци по-големи от предходните нива), съчетано с факта, че тези опасности са най-изразени през 1-2 години след пожара, разкрива критична забавена, но усилена заплаха. Това означава, че дори след като пламъците са потушени, промененият ландшафт представлява сериозен и продължителен риск за пътната инфраструктура, изисквайки дългосрочен мониторинг и стабилизационни усилия. Пожарът променя растителността и почвата, създавайки хидрофобни условия. Тези промени водят до драстично увеличен повърхностен отток и намалена инфилтрация. Впоследствие, дори малки валежи могат да предизвикат тежка ерозия, свлачища и отломъчни потоци, които са много по-големи от това, което би се очаквало от самите валежи. Тъй като тези събития са най-чести през първите няколко години след пожара, опасността за пътищата не е непосредствена, а се развива във времето, изисквайки продължително управление на ландшафта и защита на инфраструктурата.

4.2 Наводнения след горски пожар

Промененият ландшафт след пожар води до значително повишена интензивност и обем на оттока, претоварвайки съществуващите дренажни системи [1,2,3,4,5]. Наводнените основни слоеве и стоящата вода по повърхностите на настилната могат да причинят структурни повреди на настилната [6].

Следпожарните водни и отломъчни потоци могат да надхвърлят съществуващите "проектни стандарти" за водостоци, мостове и дренажни системи, дори да бъдат предизвикани от "малки валежи". Това предполага, че настоящият дизайн на инфраструктурата, базиран на исторически метеорологични модели[5], често е недостатъчен за променените хидроложки условия след горски пожар, което води до системни сризове и скъпа реконструкция. Горските пожари фундаментално променят водосборните басейни за години напред, значително увеличавайки рисковете от наводнения и движение на отломки. Потоците могат да бъдат с няколко порядъка по-големи от самото валежно събитие. Тъй като повечето пътни инфраструктури са проектирани въз основа на исторически метеорологични модели[5], те не са адекватно подготвени за новата реалност на засилени хидроложки явления. Това означава, че дори сравнително малки валежи, които преди не биха представлявали проблем, сега могат да предизвикат значителни наводнения и отломъчни потоци, водещи до повреда или отказ на пътни елементи, проектирани за по-малки натоварвания.

4.3 Повишено натоварване на пътищата от възстановителни операции след горски пожари

Натоварването върху пътищата от масови евакуации и тежки аварийни превозни средства по време и непосредствено след пожара, съчетано с тежко оборудване, използвано за отстраняване на отломки и възстановителни дейности, може да причини допълнително структурно напрежение и повреда на настилките.

Докато засегнатите пътища са в ремонт, обходните маршрути продължават да бъдат подложени на повишено натоварване, което води до по-бързо износване и нужда от поддръжка.

5. Експлоатационни рискове и последици за безопасността на пътищата и достъпността на пътните мрежи след горски пожари

5.1 Затваряне на пътища и прекъсване на трафика

Затварянето на пътища е необходимо поради пряка заплаха от пожар, структурни повреди, падащи отломки (дървета, електропроводи), гъст дим и масови евакуации. Отклоненията за екипите за почистване също могат да доведат до продължителни частични затваряния[7]. Тези затваряния спират транспорта, причинявайки значителни закъснения за камионните превози и веригите за доставки.

Те нарушават ежедневните пътувания, затрудняват достъпа на клиенти до бизнеса и могат да прекъснат критични евакуационни маршрути.

Дори ако пътят не е повреден от горският пожар, неговото затваряне или прекъсване поради почистване или отклонения може да има опустошителни и продължителни икономически последици за местния бизнес и градските приходи. Затворените пътища прекъсват достъпа на клиенти до атракции и заведения покрай пътя.

5.2 Намалена видимост и риск от инциденти

Гъстият дим от горски пожари драстично намалява видимостта, създавайки "условия на пълна липса на видимост, подобни на гъста мъгла"[8]. Това прави почти невъзможно за водачите да виждат други превозни средства, пътни знаци, препятствия или дори самия път[9]. Лошата видимост значително увеличава вероятността от "стандартни" сблъсъци и верижни катастрофи с множество превозни средства[10]. Водачите могат да се затрудняват да регулират скоростта си или да се разсейват, което води до непредсказуеми маневри.

Димът от горски пожари не само физически влошава видимостта, но и психологически влияе на водачите, което води до разсейване, паника и непредсказуеми маневри като "внезапно спиране или отбиване". Това поведенческо измерение значително увеличава риска от инциденти отвъд простото физическо препятствие, което прави безопасността на пътя сложно взаимодействие между условията на околната среда и човешкия отговор. Водачите, които се движат в условия на дим, могат да се разсейват от несигурността на пътя пред тях и в някои случаи могат да изпаднат в паника, като рязко спрат или отбият, за да избегнат опасности, които възприемат твърде късно. Това подчертава, че рискът не е само в това, което водачите не могат да видят, но и в това как реагират на тази липса на видимост, което налага необходимостта от кампании за обществено образование относно безопасното шофиране в задимени условия.

5.3 Предизвикателства пред достъпа за спешна помощ и евакуацията

Горските пожари възпрепятстват маршрутите за първа помощ и евакуираните поради пряка заплаха от пожар, отломки и затваряне на пътища. Неадекватните

комуникационни системи са значителна причина за закъснения при евакуация, на второ място след задръстванията. Ограничените пътни мрежи, съчетани с лоша комуникация, могат да изложат жителите на по-голям риск. Пътните повреди имат големи последици в селските райони, където алтернативните маршрути и възможностите за обществен транспорт са ограничени или липсват.

Липсата на национални стандарти или подходи за обучение и оборудване за управление на пътни инциденти при горски пожари разкрива критична системна празнина в готовността за извънредни ситуации. Този недостатък пряко допринася за рисковете за безопасността на реагиращите (напр. смъртни случаи от прегазване) и общата оперативна неефективност, което показва, че настоящите практики са недостатъчни за ефективно управление на сложното взаимодействие между пожар, трафик и спешни операции. Липсата на стандартизирани протоколи означава, че спешните реакции са ad-hoc и непоследователни, което увеличава рисковете както за реагиращите, така и за обществеността. Това подчертава необходимостта от национални инициативи за политика и обучение, за да се осигури ефективно и безопасно управление на трафика по време на горски пожари.

5.4 Здраве и безопасност за участниците в движението и работниците

Димът от горски пожари съдържа токсични замърсители, които могат да проникнат в превозните средства, представлявайки значителни рискове за здравето на водачите и пътниците, включително респираторни и сърдечно-съдови проблеми, болки в гърдите, астматични пристъпи, умора и главоболие. Работниците на открито, като шофьорите на камиони, са изправени пред сериозни рискове за здравето от излагане на дим.⁶ Падащи клони, съборени електропроводи и други отломки представляват непосредствени физически опасности за превозните средства и пътниците.

Димът от горски пожари може да "проникне във вашия автомобил, превръщайки го в капан за токсичен въздух" излагайки пътниците на "вредни замърсители", дори когато изглеждат защитени. Това подчертава скрита опасност за здравето на участниците в движението, засягаща способността им да шофират безопасно (поради умора, главоболие) и тяхното дългосрочно здраве, добавяйки още едно ниво на оперативен риск. Дългите пътувания или стоенето в задръствания по време на горски пожари могат да превърнат автомобила в бавно движещ се облак от токсичен въздух, който тихо изпълва белите дробове с вредни замърсители. Този риск

често се подценява от обществеността, тъй като опасността не е веднага видима или усетена толкова остро, колкото прекия пламък. Това разкрива критично, често пренебрегвано, измерение на здравето и безопасността при използване на пътища по време на горски пожари.

Таблица 1: Експлоатационни рискове и техните въздействия върху пътищата

Експлоатационен риск	Преки последици за безопасността и функционалността на пътя
Намалена видимост	Повишен риск от сблъсъци (стандартни и верижни), затруднено разпознаване на пътни знаци и препятствия, психологически стрес за водачите, водещ до разсейване и паника.
Затваряне на пътища	Прекъсване на веригите за доставки, забавяне на товарни превози, затруднен достъп за клиенти до бизнеси, прекъсване на ежедневни пътувания.
Възпрепятстван достъп за спешна помощ	Забавяне на реагирането на първа помощ, затруднена евакуация, повишен риск за жителите в засегнатите райони, особено в селските райони с ограничени алтернативи.
Здравни рискове за участниците в движението и работниците	Излагане на токсични замърсители от дим, водещо до респираторни и сърдечно-съдови проблеми, умора, главоболие, което може да компрометира безопасното шофиране.
Опасности от падащи отломки	Пряка физическа опасност за превозни средства и пътници от падащи дървета, електропроводи и други отломки.

Таблица 1 предоставя цялостен поглед върху различните, нефизически въздействия, които засягат използваемостта и безопасността на пътищата по време и след горски пожари. Тя помага на мениджърите по извънредни ситуации и планиращите бързо да идентифицират критичните оперативни предизвикателства, които трябва да бъдат адресирани по време на горски пожар (напр. комуникация, контрол на трафика, предупреждения за общественото здраве). Чрез ясното очертаване

на рискове като намалена видимост и опасности за здравето, тя осигурява основа за обществено образование относно безопасното шофиране и самозащита по време на горски пожари.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Wildfire risk, post-fire debris flows, and transportation infrastructure vulnerability - National Science Foundation, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10194663>
2. Чакър А., Антонов И., Моделиране течението над огнище на пожар. Математически модел на течението - ПРОЕКТИРАНЕ И СТРОИТЕЛСТВО НА СГРАДИ И СЪОРЪЖЕНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЕВРОКОДОВЕТЕ = Civil Engineering Design and Construction – София: НТС по строителство в България, 2010, стр. 279-283, ISSN 2603-4255; ISSN 1314-6955; ISSN 2683-071X
3. Чакър А., Антонов И., Моделиране течението над огнище на пожар. Резултати от численото пресмятане” на научна конференция “ПРОЕКТИРАНЕ И СТРОИТЕЛСТВО НА СГРАДИ И СЪОРЪЖЕНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЕВРОКОДОВЕТЕ = Civil Engineering Design and Construction – София: НТС по строителство в България, 2010, стр. 284-289, ISSN 2603-4255; ISSN 1314-6955; ISSN 2683-071X,
4. Чакър А., Величкова Р., Плоска вертикална неизотермична струя над огнището на пожара - НАУЧЕН алманах на Варненския свободен университет “Черноризец Храбър”. Архитектура и строителство. – Варна: Варненския свободен университет “Черноризец Храбър”, 2012, стр. 53-65, ISSN 1311-9222
5. Чакър А., Величкова Р., Интегрален метод за вертикална плоска неизотермична струя над огнището на пожара - НАУЧЕН алманах на Варненския свободен университет “Черноризец Храбър”. Архитектура и строителство – Варна, 2012, стр. 66-83, ISSN 1311-9222
6. Impacts of Wildfires on Pavement Systems - TRB Specialty Conferences, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://trb.secure-platform.com/a/solicitations/98/sessiongallery/schedule/items/1550/application/10582>
6. New Research Reveals Economic Fallout of 2025 Fires and Road Closures for Malibu Businesses - Pepperdine University, осъществен достъп на май 30, 2025,

<https://www.pepperdine.edu/press-room/news-releases/2025-spp-beacon-malibu-research.htm>

7. When wildfire smoke causes car crashes - Sumner Law, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.sumnerlawyers.com/blog/2025/01/when-wildfire-smoke-causes-car-crashes/>
8. How To Minimize Wildfire Smoke Exposure While Driving | AK Blog - Arash Law, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://arashlaw.com/how-to-minimize-wildfire-smoke-exposure-while-driving/>