

Bežični nadzor bezbednosti konstrukcija



Mali senzori, velika razlika

Resensys Bežični SenSpot™

Bežični SenSpot™ senzori nude revolucionarnu tehnologiju za dugotrajno praćenje stanja strukture u realnom vremenu.

Primer primene SenSpot™ senzora:

- **Stubovi i upornice mosta:** praćenje nagiba, vibracija, horizontalnog pomeranja, slijeganja, skretanja, nestabilnosti temelja, detekcije sudara barže, kritičnog pražnjenja i praćenja nivoa vode
- **Elementi konstrukcije:** praćenje deformacija (naprezanja) u nosačima, gredama, rešetkastim elementima, otkrivanje prenaprezanja, analiza zamora (sa brojanjem kiše), kritično praćenje loma, verifikacija FEM modela
- **Ležajevi i dilatacioni spojevi:** praćenje nagiba ležaja, pomeranje zglobova, temperaturni odziv, otkrivanje kvara ležaja
- **Test opterećenja mosta:** brzo, jednostavno, pouzdano izračunavanje nosivosti uz pomoć odgovora na deformaciju elemenata mosta čak i pod ekstremnim opterećenjima i za rutinsko/ugovorno ispitivanje opterećenja
- **Ostali objekti (structure):** okviri aviona, cevovodi, tuneli, kule, zgrade, dizalice itd.

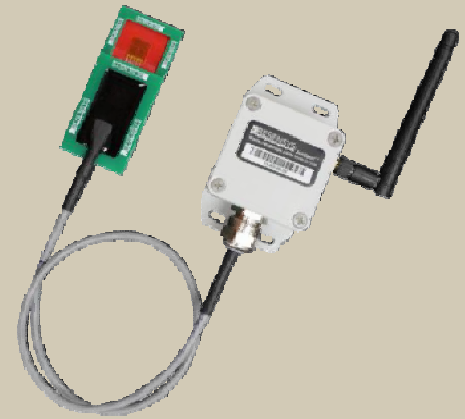
Potpuna bežična rešenja za daljinski nadzor stanja konstrukcija objekata

SenSpot karakteristike

- **Bez održavanja, male snage:** minimalni vek trajanja baterije od 10 godina
- **Bežična komunikacija:** IEEE 802.15.4, 2,4 GHz
- **Mala veličina i mala težina:** 50 mm k 50 mm k 25 mm, 142 gr
- **Jednostavna montaža:** brza montaža, samolepljiva ili prirubnička montaža
- **Široka radna temperatura:** -40 do +65°C
- **Veliki domet komunikacije:** 1,0 km slobodnog prostora
- **Potpuno otporan na vremenske uslove:** Zaštita od ulaska IP66

Vrste bežičnih SenSpot senzora

- **Deformacija (naprezanje), rezolucija:** 1 μ Strain
- **Vibracija (ubrzanje), rezolucija:** 4 μ g
- **Nagib i nagib, rezolucija:** 0,00016 stepeni
- **Vlažnost, rezolucija:** 1% RH
- **Pomeraj, rezolucija:** 0,01 mm
- **Temperatura, rezolucija:** 0,5 °C
- **Ultrazvučni merač nivoa, rezolucija:** 3 cm
- **Anemometar, rezolucija:** 0,01m/s



SenSpot pomeranja (praćenje širenja, progresije pukotina)



Tilt SenSpot (praćenje kretanja stubova, slijeganja temelja, kretanja ležaja)

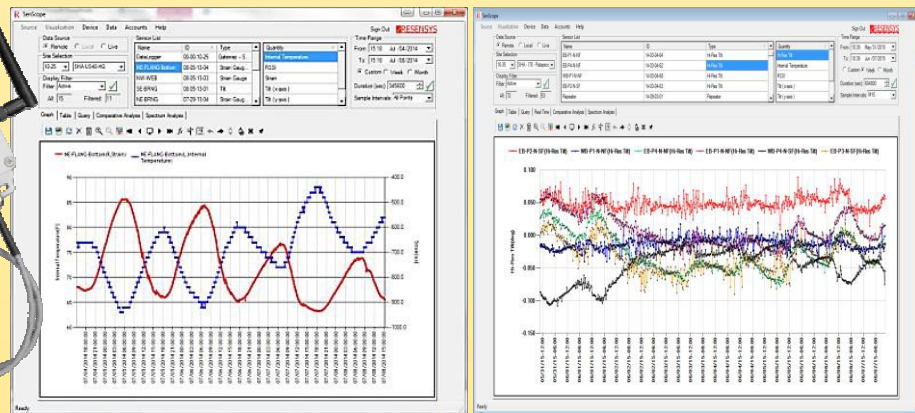


Strain SenSpot (praćenje stresa/naprezanja članova)



Resensis daljinsko nadgledanje Sistema

- **SenSpot™ senzori:** pričvršćeni za strukturu, bilo koji broj, bilo koji kombinacija
- **SeniMax™:** prikuplja podatke na lokaciji SenSpot™ senzora i šalje ih na udaljeni server (jedna jedinica pokriva do 250 SenSpot™)
- **Repiter:** proširuje domet SenSpot™ kada je potrebno (u veoma velikim objektima / sistemima)
- **SenScope™:** softver za sofisticiranu analizu podataka, vizuelizaciju, upozorenja



Resensys SeniMax™ Gateway

SeniMax™ prima podatke od SenSpot™ senzore i prenosi podatke u sistem baze podataka zasnovan na oblaku..

SeniMax™ je bežični sakupljač podataka visokih performansi i daljinski komunikacioni uređaj dizajniran za godine neprekidnog i pouzdanog nadgledanja.

SeniMax™ koristi vlasničku tehnologiju Resensys-a za energetske efikasnu komunikaciju i upravljanje radom. Zahvaljujući tome, **čak i kada je uređaj isključen sa solarnih panela**, poseduje energetske rezervu dovoljnu za pouzdan rad u trajanju od sedam nedelja.

Samodovoljna energija: na solarni pogon

Bežični protokoli:

IEEE 802.15.4

Mobilna mreža: 3G, 4G, Globalna kompatibilnost IEEE 802.3 / Ethernet

Mala veličina: mala, jednostavna za instalaciju

Otporan na vremenske uslove: IP66 zaštita

Pokrivenost: do 250 SenSpot senzora

Mala težina: 1,5 kg (3,0 lb)



™

SeniMax Dimenzije:
150mm x 20mm x 100mm



Resensys Satelitski SeniMax™ Gateway

Satelitski SeniMax™ nudi mogućnost povezivanja u oblastima bez mobilnog ili kablovskog pokrivanja.



Resensys Lite Cellular SeniMax™ Gateway

Lite Cellular SeniMax™ je lagani komunikacioni prolaz (težine 0,65 kg).



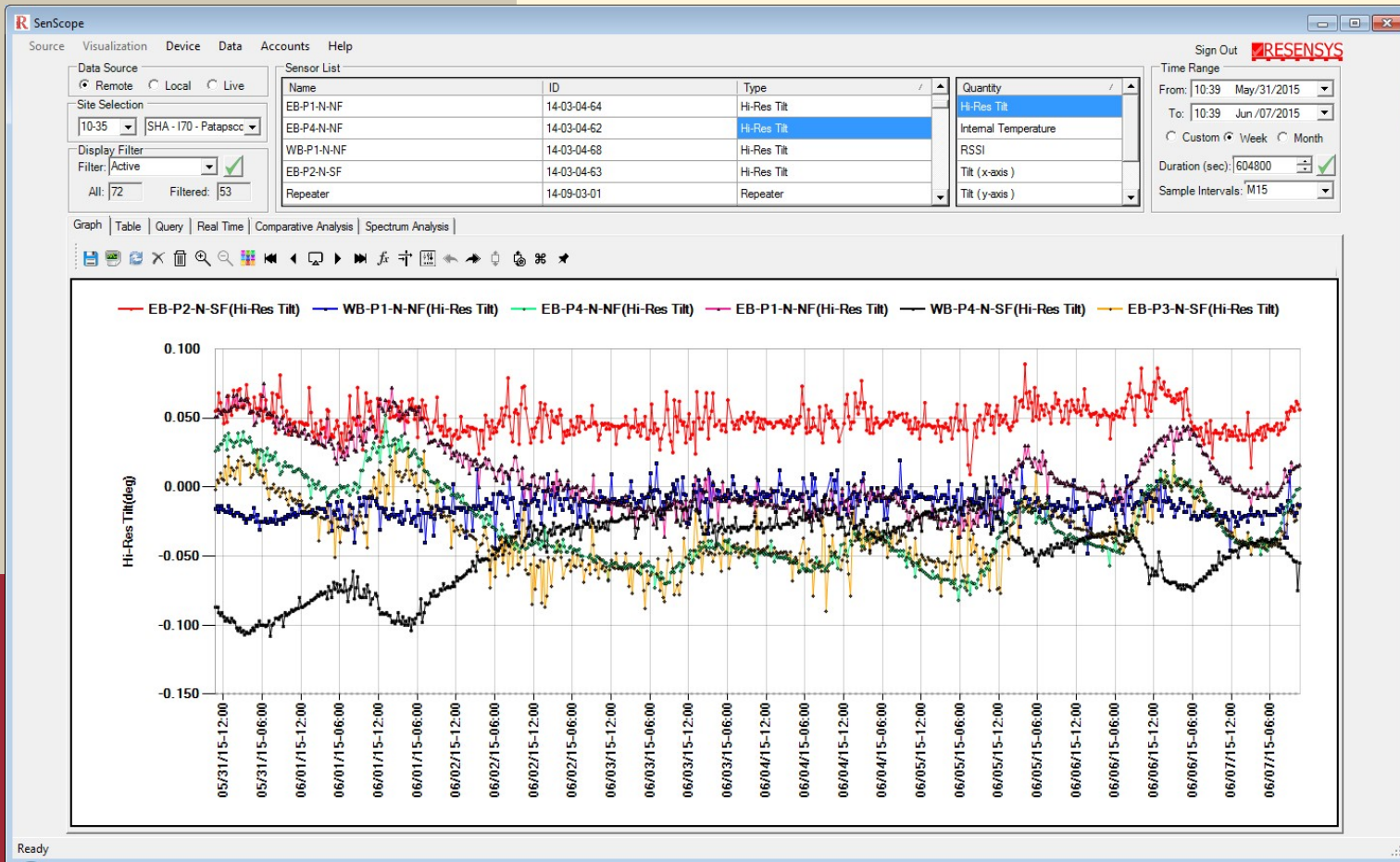
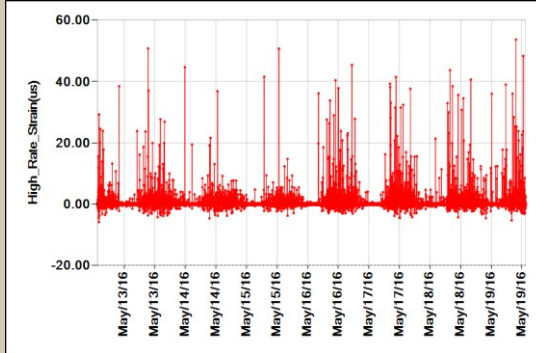
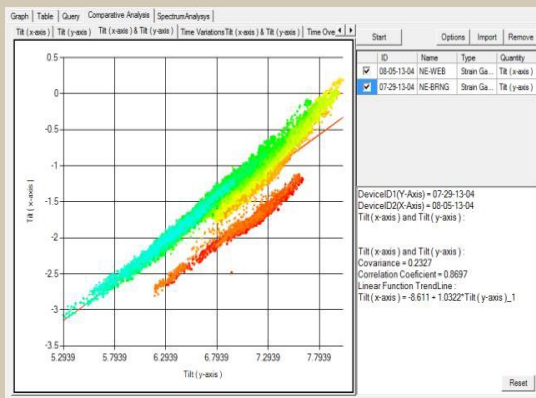
RESENSYS

Resensys SenScope™ Softver

SenScope™ je softverski paket za praćenje u realnom vremenu i strukturnu dijagnozu. SenScope™ je sposoban da konvertuje velike količine podataka u specifične strukturne dijagnostičke informacije. Informacije koje generiše SenScope olakšavaju donošenje odluka i ubrzavaju tok akcije održavanja/popravke.

SenScope™ karakteristike:

- Komunikacija sa Resensys SenSpot™ i SeniMax™
- Vizuelizacija i upravljanje podacima u realnom vremenu
- Arhiviranje istorijskih podataka o objektu
- Mogućnost dodavanja korisničkih beleški po SenSpot senzoru
- Analiza podataka (komparativna analiza, brojanje kišnog toka, itd.)
- Automatizacija i generator izveštaja
- Generisanje upozorenja sa prilagodljivim nivoima upozorenja
- Automatizovana strukturna dijagnostika, generisanje upozorenja i upravljanje
- Mogućnost pružanja upozorenja e-poštom ili tekstualnim porukama

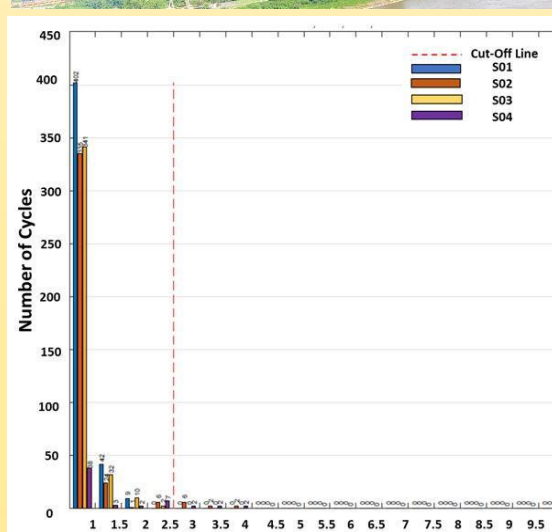
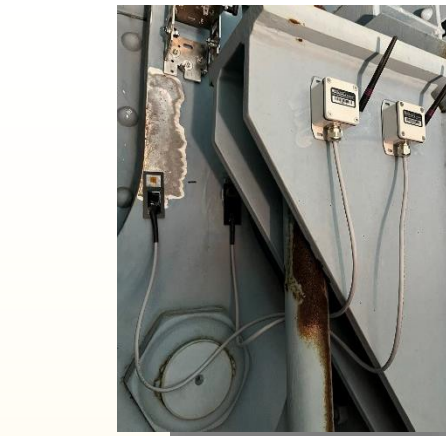
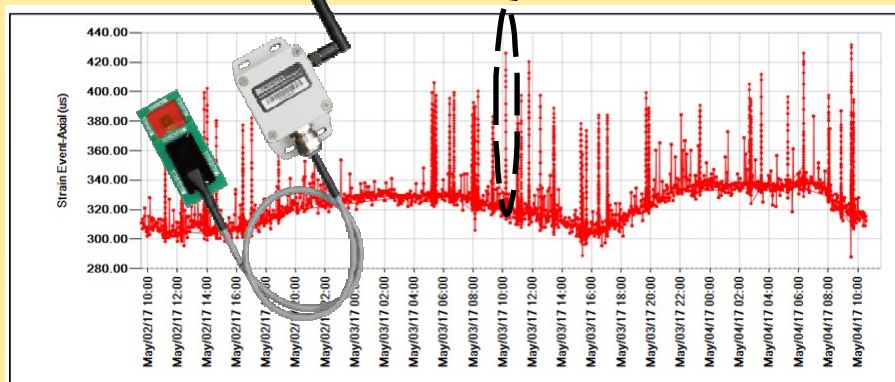
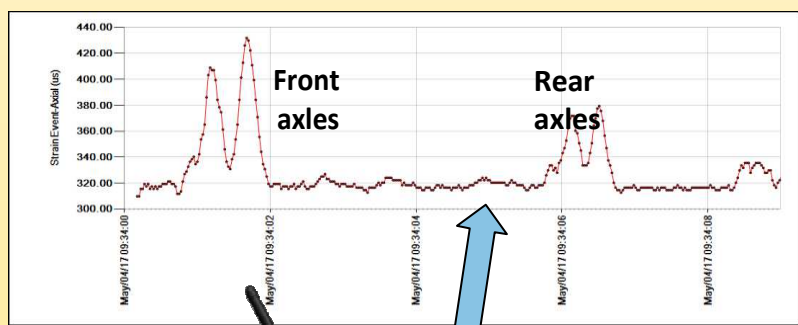
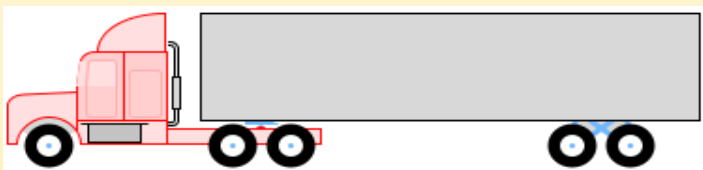


Bežični senzor napreznja SenSpot™

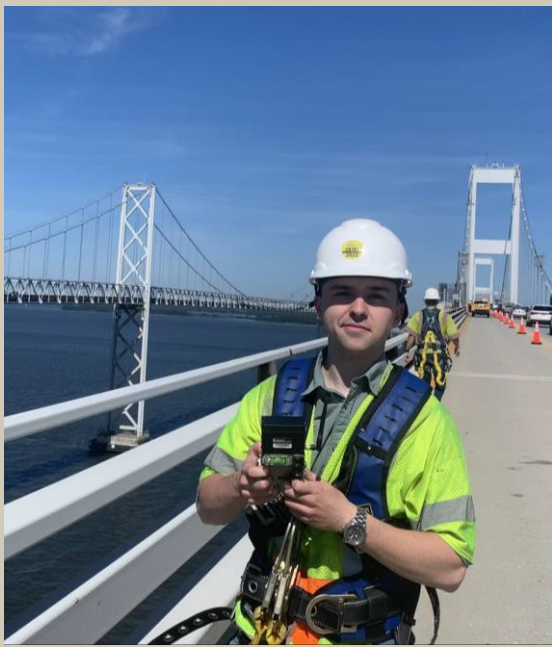
Revolucionarna tehnologija za praćenje napreznja, detekciju oštećenja od zamora materijala i testove opterećenja

- **Dugoročno i kontinuirano praćenje napreznja/stresa**
- **Detekcija kratkotrajnih i prolaznih događaja visokog napreznja, kao, događaji izazvani brzim prolaskom kamiona preko mostova na autoputevima.**
- **Tehnologija pokretanja merenja usled napreznja:** Merenje napreznja sa 50–100 uzoraka u sekundi omogućava kategorizaciju svih ciklusa opterećenja
- **Precizna analiza zamora materijala:** Primena metode brojanja Rainflow ciklusa za procenu preostalog veka trajanja
- **Brza i laka instalacija:** Montaža putem lepka
- **Primeri primene:**
 - **Autoputni mostovi:** Praćenje strukturalnog integriteta usled prolaska teških vozila.
 - **Vazduhoplovne konstrukcije:** Detekcija zamora materijala i praćenje opterećenja.
 - **Stubovi za električnu energiju:** Održavanje i procena stabilnosti infrastrukture
 - **Cevovodi:** Praćenje mehaničkog opterećenja i sprečavanje havarija.
 - **Mašine i kranovi:** Procena sigurnosti i izdržljivosti tokom operacija
 - **Testovi kamiona i mostova:** Validacija opterećenja i dugotrajne performanse
 - **Krovovi velikih objekata:** Praćenje stabilnosti skladišta, data centara i industrijskih objekata

Podaci od 8 sekundi uvećanog prikaza: Detaljno pokazuju obrazac opterećenja jednog kamiona (vidljivo je opterećenje prednje i zadnje osovine).



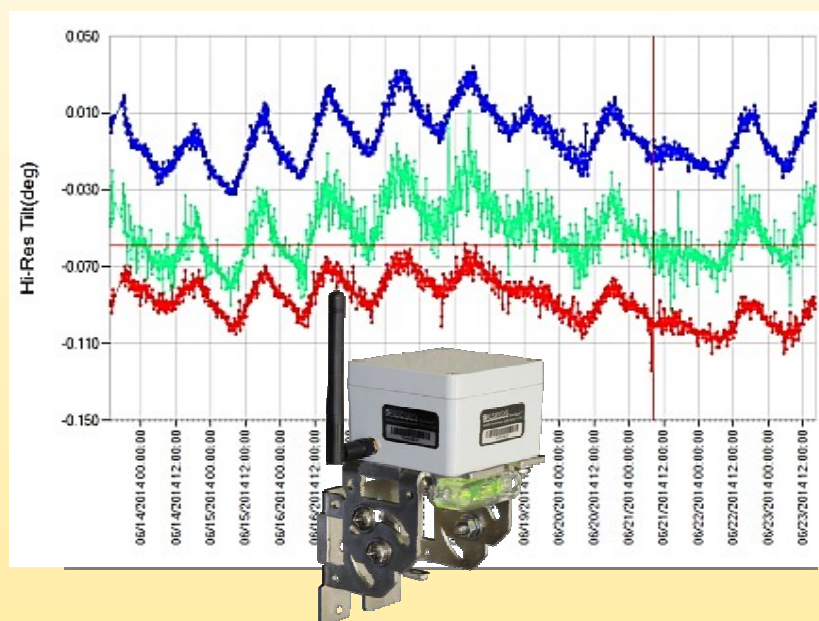
Raspodela frekvencije (histogram) opsega napreznja na bežičnim senzorima napreznja SenSpot u softveru SenScope™



Bežični otklon /nagib SenSpotTM

Moćan alat za nadgledanje nagiba, nagiba, taloženja, savijanja, deformacije

- Praćenje ugiba, savijanja, taloženja na stubovima, upornjacima sa visokom preciznošću (rezolucija 0,00016 stepeni)
- Praćenje vertikalnih/horizontalnih pomaka u rasponima, pilonima, stubovima korišćenjem analitičkog modela
- Otkrivanje promene nagiba uzrokovane slijeganjem, deformacijom ili trajnom promenom opterećenja.
- Otkrivanje bilo kakvog prenaginjanja ili nezdrave promene u nagibu koja može uticati na opštu bezbednost konstrukcije.
- Nadgledanje potpornih zidova, otkrivanje naginjanja i nestabilnosti



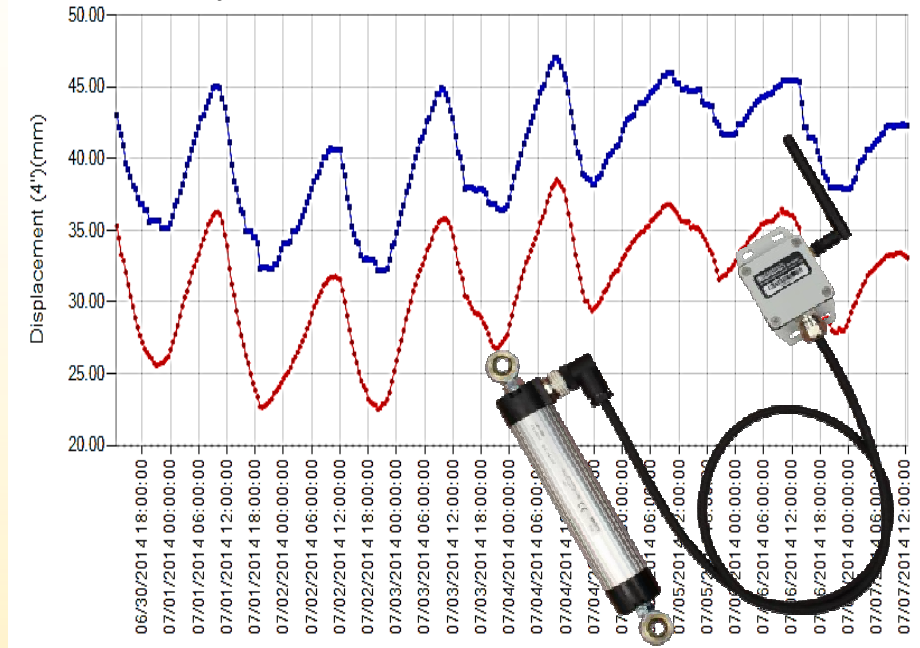
Korišćenjem Resensis-ovih SenSpot senzora nagiba, sleganje kretanja, deformacija i abnormalno naginjanje stubova mosta se otkrivaju u ranoj fazi pre nego što takvi problemi postanu veliki problemi (kompromitovana bezbednost i zatvaranje).



Bežično pomeranje SenSpot TM

Pouzdana i robusna tehnologija za praćenje pomeranja, pukotina, pomeranja i dilatacionih spojeva

- Nadzire dilatacione spojeve i ležajeve
- Prati aktivnost / širenje postojećih pukotina
- Prati kretanje

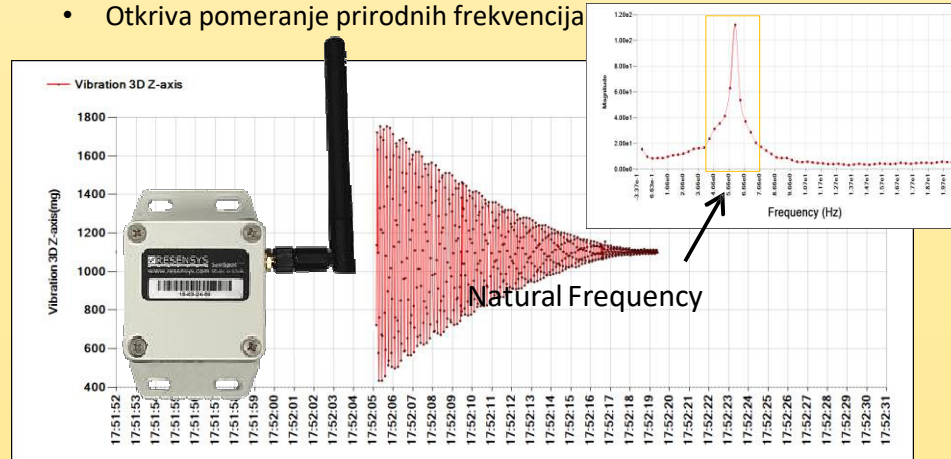


TM

Bežične vibracije SenSpot

Veoma precizan alat za nadgledanje ubrzanja, napetosti u kablovima za vešanje i za modalnu analizu

- Nadgleda jednoosno ili troosno ubrzanje
- Praćenje napetosti u kablovima za vješanje
- Izračunava prirodne frekvencije/modalnu analizu
- Praćenje vertikalnog pomeranja/deformacije mostova
- Otkriva pomeranje prirodnih frekvencija

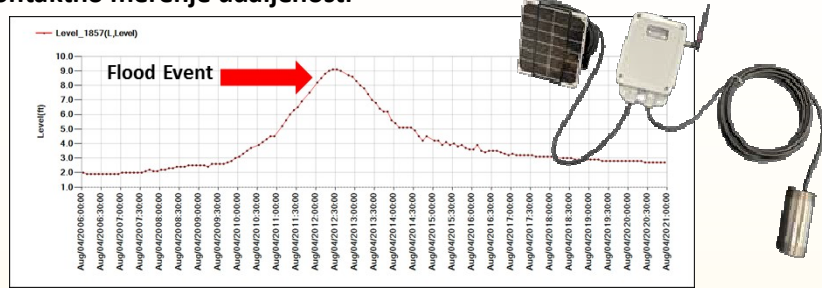




Bežični ultrazvučni merač nivoa SenSpot™

Revolucionarni alat za precizno praćenje nivoa vode

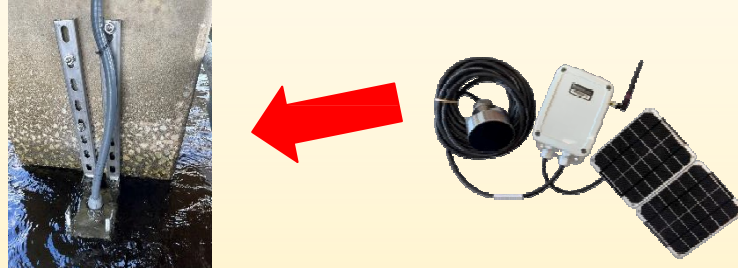
- Praćenje nivoa vode i praćenje poplava
- Beskontaktno merenje udaljenosti



Bežični sonar dubinomer SenSpot™

Pouzdana tehnologija za praćenje podvodnog stanja

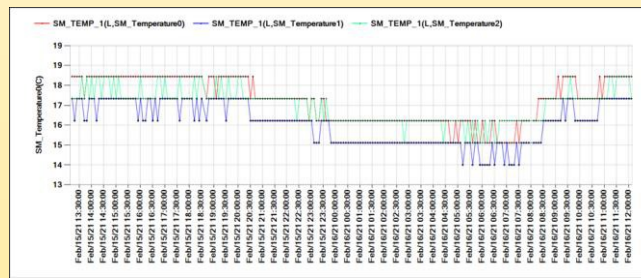
- Prikupljanje podvodnih podataka (dubina, temperatura, itd)
- Monitoring erozije i hidrografije i studije prenosa sedimenta



Bežična sonda za čišćenje SenSpot™

Revolucionarna tehnologija za praćenje stanja pražnjenja

- Pratite nivo pražnjenja i erozije tla i otkrijte hidrauličko oštećenje
- Pratiti lokaciju (dubinu) sedimenta oko stubova



Bežična površinska brzina SenSpot™

Robusna tehnologija za praćenje brzine vode

- Pratite protok otvorenih kanala
- Praćenje poplava i uragana

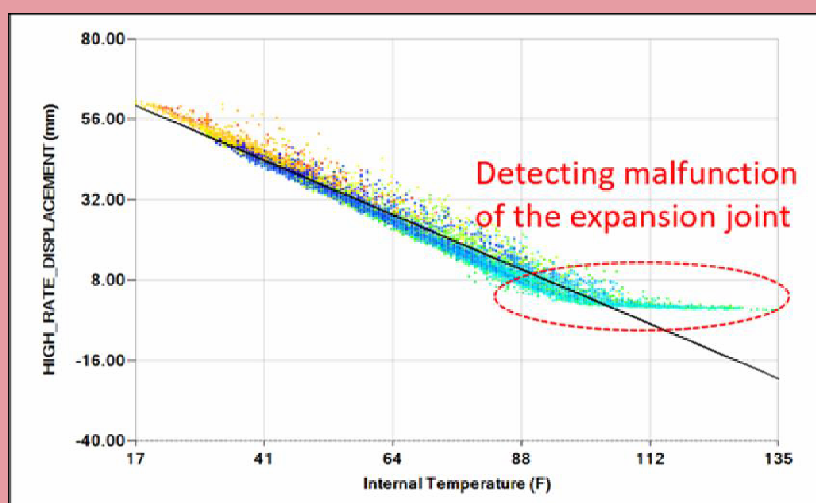


Primena: SenSpot za bežični nadzor ležajeva, dilatacionih spojeva i držača klinova

- Neispravnost ležaja može prouzrokovati prekomerno opterećenje na nosačima mosta i rešetkama. Takođe može oštetiti stubove i upornice mosta.
- Resensis nudi dve vrste bežičnih uređaja za dugotrajno daljinsko praćenje ležajeva mosta i dilatacionih spojeva:
 - Bežični SenSpot senzor pomeranja: pomaže u praćenju linearnih kretanja na dilatacionim spojevima
 - Bežični senzor nagiba SenSpot: pomaže u praćenju naginjanja na sistemima rotacionih ležajeva kao što su klackasti ležajevi
- Oba tipa uređaja izveštavaju o temperaturi koja može pomoći da se uporede izmerena kretanja sa očekivanim termičkim odgovorima. Ovo omogućava da se na pouzdan način proceni strukturno zdravlje sistema ležajeva.

Usluge analize podataka:

- **Izmerena stopa odgovora:** Postignuta iz regresione analize pomeranja/nagiba i odgovarajućih podataka o temperaturi tokom vremena praćenja



- **Očekivana stopa odgovora:** Postignuta iz efektivne dužine raspona i koeficijenta termičke ekspanzije čelika
- Funkcionalnost rotacije ležajeva i odzivnost ležajeva stubova se procenjuju **upoređivanjem izmerenih i očekivanih stopa odziv**



Primena: SenSpot™ za bežični nadzor slučajeva prekomerne težine

Preteška vozila mogu ugroziti strukturalno stanje mostova. Posebnu pažnju treba posvetiti ovakvim vrstama pokretnih opterećenja u slučajevima kada prekomerna opterećenja mogu negativno uticati na strukturalni integritet mosta.

Resensis nudi jednostavan bežični sistem za praćenje i otkrivanje slučajeva prevelikog opterećenja na mostovima. Rešenje je kombinacija dva uređaja:

Bežični senzor za merenje deformacija:

Pomaže u detekciji slučajeva prekoračenja pokretnih opterećenja u prisustvu visokih vrednosti deformacija. Deformacija izazvana poznatim opterećenjem (npr. testnim kamionom) koristi se za procenu maksimalne očekivane deformacije usled maksimalnog dozvoljenog opterećenja. Ova maksimalna vrednost postavlja prag za detekciju preteških kamiona na mostu.

Bežična solarna kamera:

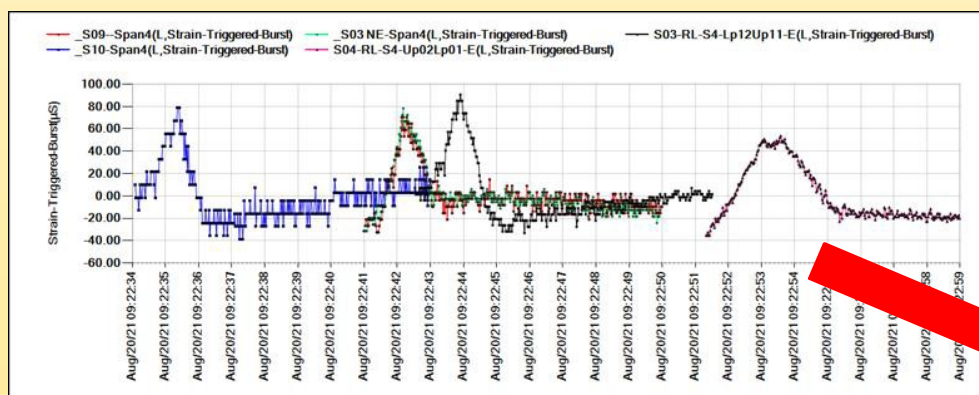
Ovaj uređaj snima slike kada otkrije opterećenja koja prelaze nominalne granice, pružajući vizuelnu i pravovremenu povratnu informaciju. On detektuje izvor prevelikog opterećenja (npr. teški kamion, kiper, itd.). Kamera se napaja solarnom energijom i nije povezana ni sa jednim spoljnim izvorom električne energije. Kamera je neaktivna osim ako jedan ili više bežičnih merača naprezanja otkriju neobičan događaj naprezanja u kom slučaju se slike snimaju i čuvaju za kasniju i dalju analizu.



Bežični merač naprezanja SenSpot™ na nosaču mosta



Bežična solarna kamera instalirana na stubu mosta da obezbedi potpune vizuelne povratne informacije o opterećenjima prekomerne težine



Grafikon pikova deformacija detektovanih na nekoliko odabranih elementa rešetkastog mosta. Maksimalna promena deformacije približno iznosi 100 µStrain

Fotografija kamiona snimljena kamerom na rešetkastom mostu. Vremenska oznaka sa kamere je 20.8.21 u 09:22:40, što odgovara vremenu događaja visokog opterećenja



Aplikacija: SenSpot™ za bežično nadgledanje kritičnih mostova



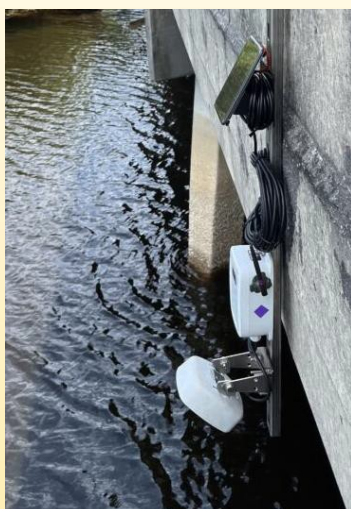
Merač nivoa vode



Merač nagiba

Pristup praćenju:

- **Bežični nagibni/inclinacioni SenSpot (preciznost na nivou delova ugaone sekunde):** za detekciju nestabilnosti i sleganja stubova i upornjaka.
- **Bežični SenSpot za nivo vode:** za praćenje uslova poplava
- **Bežični sonar za dubinu SenSpot:** za praćenje dubine i temperature vode (postavlja se pod vodu)
- **Bežična kamera:** vizuelna povratna informacija
- **Bežična sonda za eroziju SenSpot:** za praćenje uslova erozije i sedimentacije oko stubova
- **Bežični SenSpot za površinsku brzinu:** za praćenje protoka u otvorenim kanalima



Senzor površinske brzine



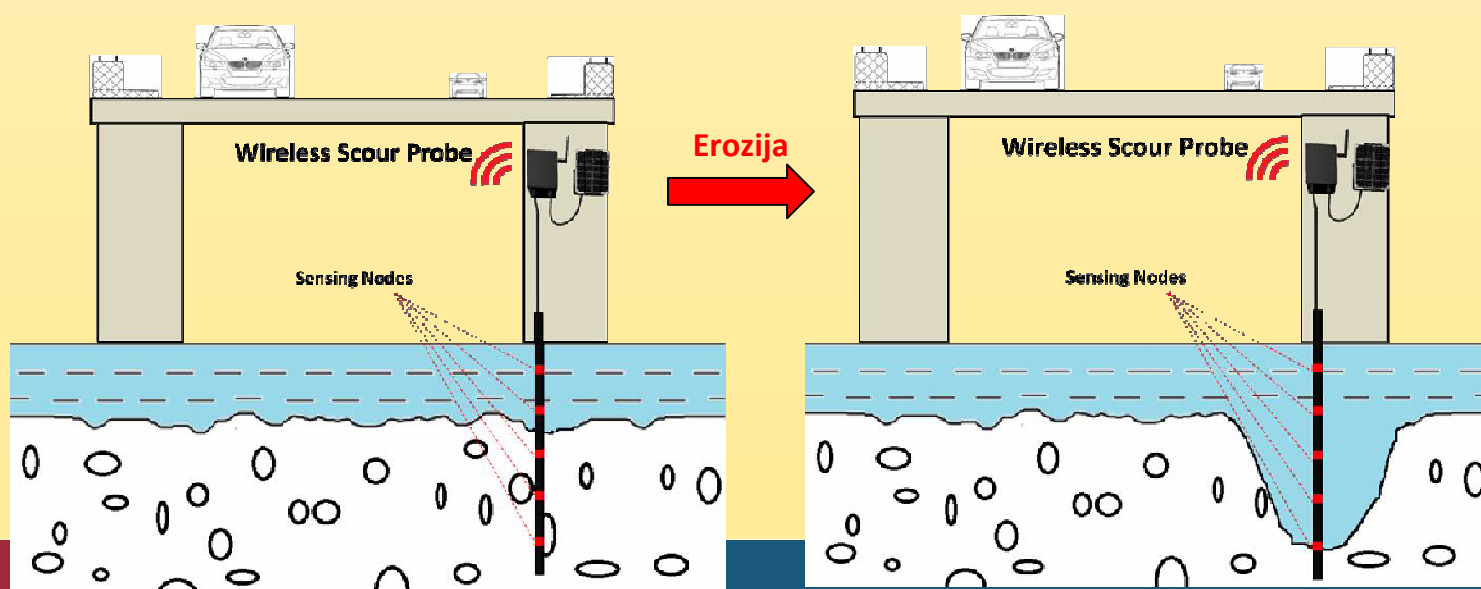
Kamera



Merač dubine



Sonda za eroziju



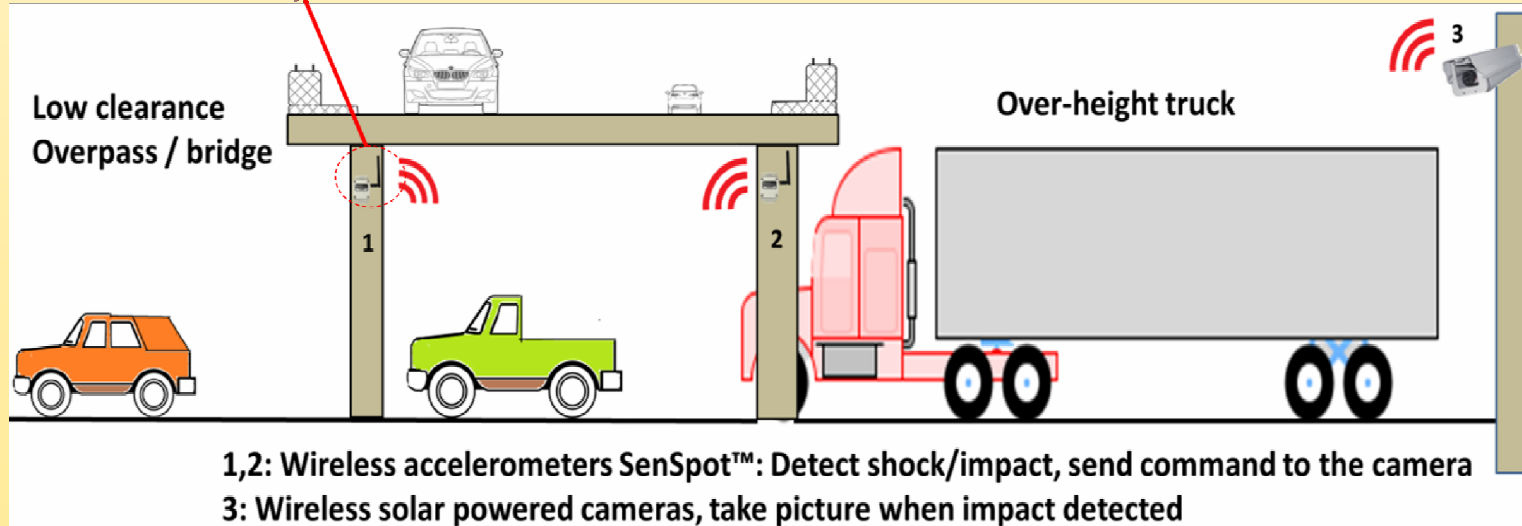
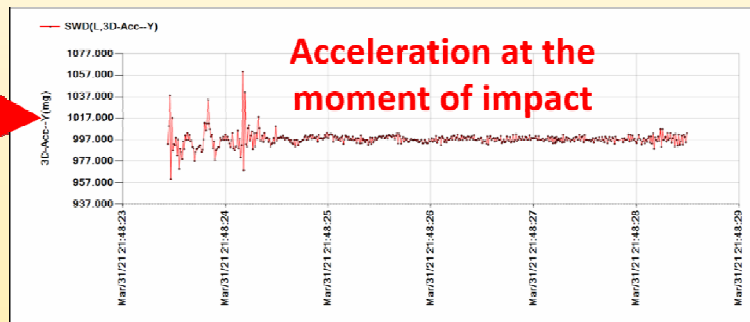
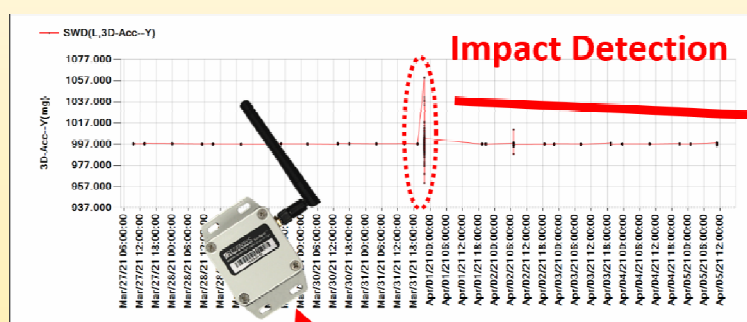
Primena: Detekcija sudara vozila ili plovila na mostovima



Bežične solarne kamere na mostovima za otkrivanje i praćenje sudara plovila. Kamera snima brod nakon što su bežični akcelerometri otkrili udar



Tipična slika snimljena bežičnom solarom kamerom koja pokazuje vidno polje kada plovilo udari u branu/delfine/stubove mosta. (Ova vrsta slike ima vremenski žig)



Pristup detekciji sudara vozila koristeći bežični akcelometar i bežičnu solarnu kameru

Izdvojeni projekti za praćenje

Most I-40 preko Misisipija koji povezuje Arkanzas i Tenesi

Dana 12. maja 2021. godine, otkrivena je pukotina na glavnim nosećim elementima mosta I-40 u Memfisu, Tenesi, zbog čega je most odmah zatvoren radi hitne popravke. Most je bio zatvoren približno tri meseca, a troškovi zatvaranja mosta procenjeni su na 2 miliona dolara dnevno.

Za praćenje mosta, u roku od 24 sata instalirana je mreža od 44 bežična SenSpot senzora za merenje deformacija i dva SeniMax gateway uređaja. Bežična tehnologija se pokazala kao ogromna prednost, omogućivši brzu instalaciju instrumenata na masivnoj konstrukciji. Senzori su pratili stanje mosta tokom popravki i nakon njegovog ponovnog otvaranja.



Istaknuti monitoring projekti

Pokretni mostovi u svemirskom centru Kenedi (NASA), Florida

Pokretni mostovi (Bascule Bridges) u svemirskom centru Kenedi (NASA) na Floridi bili su instrumentisani mrežom Resensis bežičnih senzora za merenje napreznja SenSpot. Senzori su instalirani na nosivim elementima za praćenje napreznja, vibracija, nagiba i za otkrivanje velikih opterećenja i ciklusa opterećenja.

Svi SenSpot senzori su bežični i prenose podatke na SeniMak gateway data loggere, koji strimuju podatke uživo na bezbedni server baziran na oblaku.



RESENSYS LLC – Kompanija za praćenje stanja konstrukcija

Resensys je osnovan s misijom zaštite infrastrukturnih sistema od starenja, propadanja i kolapsa. U tu svrhu, Resensys nudi niz rešenja za praćenje struktura zasnovanih na nagrađivanoj tehnologiji bežičnih senzorskih mreža ultra niske potrošnje energije, poznatoj kao SenSpot.

Bežični SenSpot senzori kompanije Resensys predstavljaju svestranu platformu za daljinsko praćenje struktura, omogućavajući merenje širokog spektra parametara; primeri uključuju deformaciju (naprezanje), vibracije, nagib, inklinaciju, temperaturu i vlažnost. Praćenjem svih ovih ključnih parametara u realnom vremenu, SenSpot senzori pružaju pouzdane alate za merenje prenaprezanja, zamora metala, formiranja pukotina, kretanja i stabilnosti temelja, kao i za praćenje vibracija i sprovođenje modalne analize.

Trenutno, Resensys SenSpot senzori su energetske najefikasniji bežični senzori za praćenje u svetu, a jedan SenSpot senzor omogućava najmanje 10 godina praćenja koristeći malu ½-AA bateriju



Zaštita infrastrukture tehnologijom 21. veka

Resensys LLC
6517 Mid Cities Ave
Beltsville, MD 20705
Phone: 301.477.3075
<http://www.resensys.com/>
Email: info@resensys.com

