



## Japán téli útüzemeltetési technológiák

**Bakó Mária Judit<sup>1</sup>**

### KIVONAT

Az útüzemeltetés számára a tél minden bizonnyal a legproblémásabb és legkölségesebb évszak. Ugyan Japán társadalmi, gazdasági és környezeti kontextusa eltérő, téli fenntartási problémái mégis részben hasonlóak. Írásomban vázlatosan bemutatok néhány jellemző, Japánban bevett téli üzemeltetési eljárást és technológiát, ahol lehetséges, összevetve a hazai gyakorlattal. A technológiai eljárások mellett pedig röviden kitérek néhány alkalmazott műszerre illetve programra is, melyek használata komoly előnyt jelent a téli üzemeltetésben és az úthasználók tájékoztatásában.

*Kulcsszavak:* japán technológia, japán üzemeltetés, téli üzemeltetés, útburkolatfűtő rendszer, útfenntartás

#### **Bakó Mária Judit**

*Felsőfokú tanulmányait a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki karán kezdte 2013-ban. Széles érdeklődési köre miatt a Közlekedési létesítmények szakirány mellett, majd-nem hiánytalanul, a Geotechnológia szakirányt is elvégezte, közben 2016-ban a Tudományos Diákköri Konferencián is részt vett. 2017-ben kitüntetéses diplomával fejezte be képzését. Diplomamunkáját, mely a Japán téli útüzemeltetéssel, illetve egy technológia hazai adaptációs lehetőségeivel foglalkozott, a Közlekedéstudományi Egyesület I. helyezésben részesítette diplomapályázatán. Jelenleg a BME Szerkezetépítő mesterképzésén végzi tanulmányait, Mérnökgeológia-Geotechnika szakirányon.*

### **1. BEVEZETÉS**

A közúti infrastruktúra kiterjedése, minősége és sokszínűsége a Föld különböző területein közel sem egységes, mégis valamilyen formában, minden ember által lakott területen megtalálható. A közúthálózat folyamatosan fejlődik, ahogy az egyes országok próbálják kielégíteni az úthasználók mobilizációs igényeit, az útüzemeltetéssel és –fenntartással kapcsolatos felmerülő problémák pedig sokszor nagyon hasonlóak. Ezen a területen a téli időszak feladatai nagy hangsúlyt kapnak. A hóviharak, fagyok, az ónos és jeges esők mind ezen időszak veszélyei közé tartoznak. Az időjárás ilyen fokú diverzitásánál az előrejelzések készítése és a következmények kezelése a téli útüzemeltetés tervezői-végrehajtói számára különösen nagy kihívást jelent, Magyarországon csakúgy, mint az országok jelentős részében. Emellett a téli időszak manapság már korántsem olyan könnyen lehatárolható időben, , elég csak az idej elhúzódo télre visszagondolni. Ez a bizonytalanság pedig továbbnehezíti a felkészülést és a felmerülő problémák kezelését.

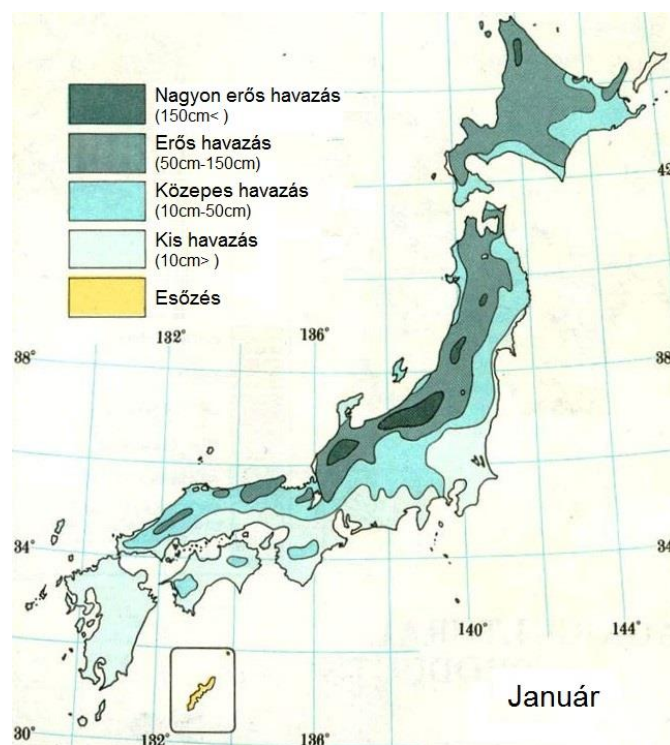
Az idők folyamán a téli útfenntartás technológiái, a használt programok, gépek és anyagok szükségszerűen mind nagy fejlődésen mentek keresztül, azonban sokszor így sem sikerül egy-egy problémát hatékonyan megoldani. Esetleg valamilyen ok (pl. klímaváltozás) következményeként az addig jól bevált módszerek önmagukban már nem elegendőek. A téllal járó problémák állandóak, a megoldásukkal azonban az egész Föld kísérletezik. Világszerte rengeteg megoldási lehetőség és technológia létezik, melyek vizsgálata és hazai adaptációja nagy segítséget jelenthet a hazai útüzemeltetés hatékonyabbá és korszerűbbé tételében. Érdemes tehát más országok gyakorlatából

tanulni, még ha ehhez a világ túlsó felére, akár Japánba is kell menni. A felkelő nap országa ugyanis sok új dolgot tartogat számunkra ezen a téren is.

## 2. JAPÁN IDŐJÁRÁSI ÉS ÚTÜGYI SAJÁTÓSÁGAI

Japán hosszan elnyúló szigetországa sok szempontból különbözik hazánktól. A két ország téli időjárásáról elmondható, hogy míg Magyarország egyes részein közel hasonló módon zajlik le a téli időszak, addig Japánban elhelyezkedéstől függően teljesen máshogy jelentkezik a tél, rendkívül nagy időjárásbeli diverzitást mutatva. Az ország északi részén, Hokkaidó hűvös, mérsékelt időjárású szigetén, évente akár 6 méternyi hó is eshet, míg délen Okinawa szigetén még a leghidegebb időben sem megy 10 fok alá a hőmérséklet. Az időjárást az ország elnyújtott alakján kívül a hosszában elnyúló hegyvonulatok is nagyban befolyásolják. A kontinens felől érkező hideg légáramlatok nagy mennyiségű csapadékot vesznek fel a Japán tenger felett áthaladva, és ahogy az áramlat a hegláncba ütközik hófelhők képződnek. Ezt nevezik a téli monszunnak, miatta az ország észak-északnyugati felén rendkívül sok hó esik. Összességében Japán területének közel 60%-át havas, hideg területek teszik ki (1. ábra); ez a települések 40%-t, a lakosságnak pedig mintegy 20%-át érinti (Tazaki,2011).

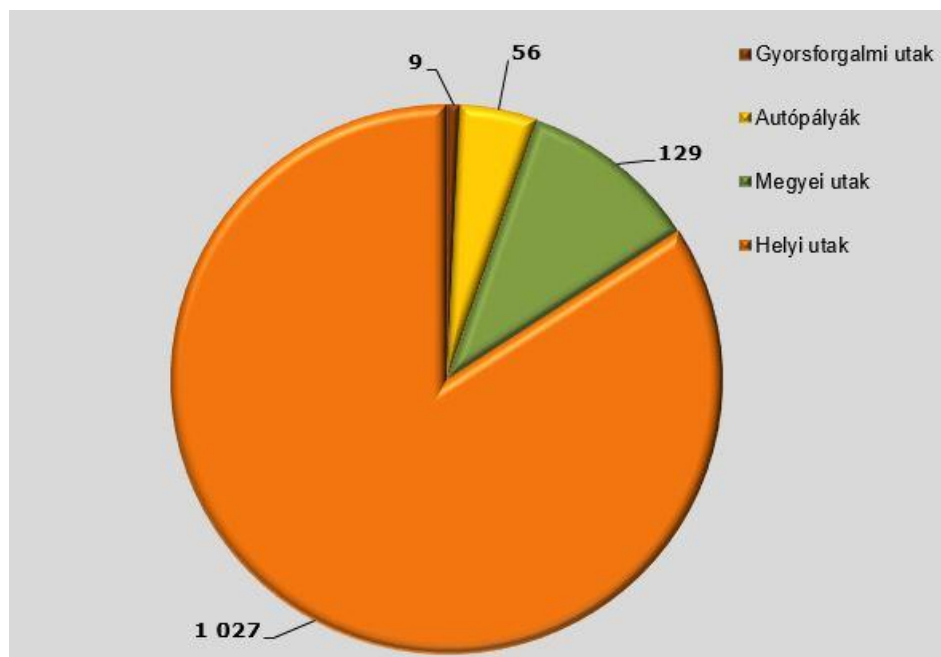
Az országon belüli diverzitás az egyik oka, hogy Japánban sokkal több technológiát alkalmaznak a téli üzemeltetésben és -fenntartásban, hiszen sokkal többféle helyzetre és igényre szükséges reagálniuk. A technológiák hatékony működéséhez sokféle műszer és program nyújt támogatást, ahogy a tájékoztatási rendszerek megléte sem elhanyagolható, így a technológiák bemutatása mellett röviden ezekről is szót ejtnek.



1. ábra: Japán éghajlati területeinek áttekintése, havazás szempontjából [Matsuzawa, 2015]

Az időjáráson kívül, azonban Japán és Magyarország között más alapvető különbségek is vannak. Japán területe négyszer akkora hazánknak, azonban ennek a területnek közel háromnegyede hegyvidék, így a lakosság igen szétszórta, főleg a parti területeken, illetve a hegyek közötti sík területeken él. A domborzati jellegzetességek miatt rengeteg a híd és alagút. Az ország igen kiterjedt, 1 221 000 km-es hosszúságú közúthálózattal rendelkezik, ebbe pedig még nincsenek is benne az egyéb, a közúthálózaton kívüli utak (pl.: magánutak, mezőgazdasági és erdei utak, kikötők útjai). A japán besorolás alapján, a közúthálózat négy útkategóriára oszlik (2. ábra). A közúthálózattal kapcsolatos teendők jórészt állami

kézben vannak, azonban a különböző útkategóriákba tartozó utak felügyeletéért, a terhek és a felelősség vállalásáért, valamint a fejlesztésekért és fenntartásáért a közigazgatás más-más szintje felelős. Magáncégek részvétele egyedül a gyorsforgalmi utaknál fordul elő.



2. ábra: A japán közúthálózat teljes hossza, útkategóriák szerinti megoszlásban [Ministry, 2018]

A téli üzemeltetésben a magyar rendszerhez hasonlóan meghatározott szolgáltatási szintek léteznek, ezek az útkategóriáktól függenek. Az útkategóriákhoz emellett beavatkozási szinteket, kritériumokat is szabtak, amelyek megadják, hogy az egyes időjárási események, illetve, a kialakult helyzete függvényében, milyen beavatkozási forma szükséges. A beavatkozási kritériumok egyszerre szabályozzák az üzemeltetési személyzet és a járművek munkáját, ideértve az olyan feladatokat, mint a hó eltakarítása, illetve elszállítása, valamint a fagyásgátló szerek alkalmazása.

### 3. MŰSZEREK, PROGRAMOK, TÁJÉKOZTATÁSI RENDSZEREK

A téli útüzemeltetés hatékony és gazdaságos működtetéséhez elengedhetetlen a minél pontosabb és a minél inkább valós idejű információszerzés, legyen szó az időjárásról, az utak állapotáról vagy éppen a hóeltakarító gépek helyzetéről. Éppen ezért fontos erre is kitérni, a különböző technológiák részletezése mellett. Japánban és Magyarországon is számos mód van a valós idejű információszerzésre, akár üzemeltetői, akár úthasználói oldalról nézzük. Az internet és a vezeték nélküli eszközök pedig lehetővé teszik, hogy helytől és időtől függetlenül, tényleg azonnal, akár automatikusan a különböző, minket érintő változásokról értesülhessünk.

#### 3.1. ÚTMETEOROLÓGIAI MÉRŐESZKÖZÖK

Meteorológiai állomások mindkét országban működnek, és bár nem közvetlenül az utak állapotát vizsgálják, de az általuk gyűjtött információkat mindkét nemzet felhasználja az útüzemeltetésnél. Ha viszont közvetlenül az útpálya állapotáról szeretnénk valós idejű információkat, akkor a pályába épített útmeteorológiai mérőeszközök állnak rendelkezésünkre. Ezek bár Japánban is ismertek, nem annyira elterjedtek, mint hazánkban. Helyette, vagy a burkolatba épített műszerek kiegészítéseként, az útfelület állapotának vizsgálatára, inkább burkolaton kívüli érzékelőket alkalmaznak. Ezek az útszélről konzolos módon benyúlnak kissé az út fölé, az áthaladó gépjárműforgalomtól távol, így elkerülve az ebből fakadó károsodás lehetőségét. Működését tekintve optikai mérési elven működő szenzort alkalmaznak. A szenzor vörös fénysugarat bocsát ki az útburkolatra, ahonnan az visszaverődik. A hónak sokkal jobb a

fény-visszaverő képessége, mint a száraz vagy nedves útburkolatnak, a visszaverődés mértékéből így a műszer meg tudja állapítani, hogy van-e hó az úton. Emellett egy infrasugaras hőmérővel a műszer az útfelület hőmérsékletét is képes meghatározni, szintén anélkül, hogy érintkezésbe kerülne az útburkolattal. Mivel a műszer az úton keresztirányban mér, így a méréseknél ki tudja küszöbölni a keréknyomokban előálló eltérő felületállapotot (Yamada, 2011).

### 3.2. MEGFIGYELŐ KAMERÁK

Magyarországhoz hasonlóan Japánban is alkalmaznak megfigyelő kamerákat az utak távolsági ellenőrzésére. A sok helyen elhelyezett kamerák képei online bárki számára elérhetőek, így nem feltétlenül csak az útüzemeltetésben használatosak, hiszen a hétköznapi ember számára is tájékoztatást nyújthatnak. Japánban azonban a különböző régiók kameráinak képei más-más oldalakon találhatóak, emiatt nincs egy olyan egységes online felület, mint hazánkban. Japán viszont továbbfejlesztette a kamerák hasznosíthatósági körét. Egy japán tanulmány kifejti, hogy létrehozta egy kamerás kiértékelő programot, amely csupán a megfigyelő kamerák által közvetített képek alapján napszaktól függetlenül képes megállapítani, hogy az adott útszakasz nedves vagy havas-e. A program jelentősége, hogy segítségével elhagyhatóak az eddigi éjszakai üzem módhoz elengedhetetlen drága eszközök (polarizáló kamerák, infravörös detektorok vagy lézerradarok) (Takeuchi et al, 2012).

### 3.3. GÉPEK NYOMON KÖVETÉSE

Az útüzemeltetőknek és akár az úthasználóknak is segítségére lehet, ha valós időben nyomon tudják követni a hóeltakarító, síkosságmentesítő gépek mozgását, útvonalát stb. Ilyen nyomon követő rendszer Magyarországon és Japánban egyaránt üzemel, működésük és alkalmazási módjuk pedig nagyon hasonló egymáshoz. A magyar flottamenedzsment rendszertől való egyik jelentős eltérés azonban, hogy a japán rendszer információinak jó része sok helyen (bár elsősorban városokban) a nyilvánosság számára is szabadon elérhető. A hóeltakarító járművek mozgását a valós idejű, követő térkép-rendszeren az úthasználók is láthatják, így az útüzemeltetés mellett, a gépek nyomon követése tájékoztató funkciót is kap.

### 3.4. ÚTHASZNÁLÓK TÁJÉKOZTATÁSA

Az úthasználók valós idejű tájékoztatásának egyik lehetőség, ha az információ közvetlenül az úton, annak közelében jelenik meg, különböző hagyományos, esetleg ledes világítással megtámogatott táblák, jelzések vagy még jobb, ha változó jelzésekű táblák formájában. A tájékoztatás ezen formái Magyarországon és Japánban egyaránt léteznek. Egy, a magyar üzemeltetésben ismeretlen jelzést kiemelnék a japán rendszerből, mely Japán rendkívül havas területein igen elterjedtek. A konzolosan benyúló, útszegélyre mutató nyilak (3. ábra) egyrészt segítenek a gépjárművezetőknek a tájékozódásban hófúvások esetén, vagy ha az útpályát teljesen befedi a hó. Másrészt, hasonlóan a Magyarország a gyorsforgalmi útjainál alkalmazott ideiglenes szegélyjelzőkhöz, javítják vele a hóeltakarítás hatékonyságát azzal, hogy jelölik útszél helyzetét és így a hóeltakarítás határát.



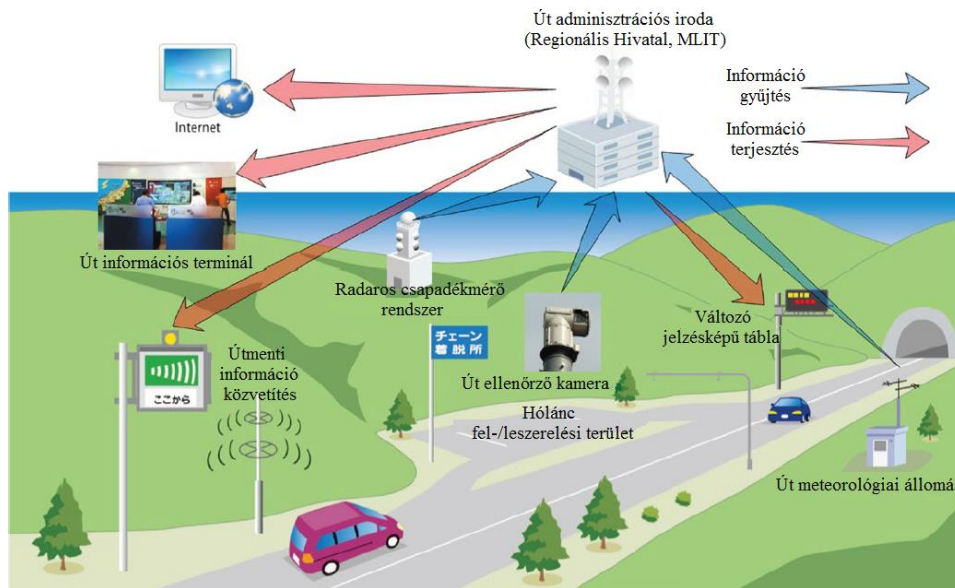
3. ábra: Útszegély jelző nyilak Hokkaidón [Saját kép, 2018]

Japánban az út menti információ közvetítés egyik valós idejű formája az út menti rádióadás. Ennek keretében az utak mentén telepített adók hanginformációkkal látják el a járművezetőket az autórádiójukon keresztül. A rádióadókat általában olyan helyekre telepítik, ahol gyakran történnek balesetek, illetve korlátozott útszakaszok és csomópontok közelébe. A biztonságos forgalomlefordítás érdekében a sugárzott rádióadás tájékoztatást ad többek között a forgalmat akadályozó balesetekről, az út szerkezeti problémáiról, korlátozásokról vagy az időjárás hirtelen megváltozásáról. Ezeket a szakaszokat információs táblák jelzik előre, az egy perces rádió-adások pedig a jobb érthetőség érdekében egy-egy szakaszon körülbelül háromszor ismétlődnek meg (JRC, 2010).

Az úthasználók tájékoztatásánál az út menti információ közvetítés mellett ugyanilyen, vagy akár még lényegesebbek az online útinformációs rendszerek. Ezek világszerte elterjedtek, reagálva arra, hogy manapság az okostelefonokról a Föld bármely pontján, bármikor könnyedén elérhetőek a különböző internetes honlapok. A tájékoztató rendszerek hatékonyan támogatják a téli üzemeltetést, így érdemes nekik figyelmet szentelni. Magyar Közút által üzemeltetett ÚTINFORM honlapnak létezik japán megfelelője, a Japán Közúti Közlekedési Információs Központ (JARTIC) által üzemeltetett JARTIC oldal. Míg Magyarországon alapvetően egy Google Maps térképre vetítik rá azokat az információkat, amik befolyásolhatják a közúti közlekedés folyamatosságát és biztonságát, addig a japán oldalon ezek egy sokkal sematikusabb, saját térképen jelennek meg.

A felkereshető honlapok mellett, a Japánban működő Hideg Területek Építőmérnöki Kutatóintézete külön e-mailes tájékoztató rendszert is üzemeltet, és a regisztrálóknak előrejelzéseket illetve figyelmeztetéseket küld a hóviharakról és a rossz látási viszonyokról. Ennek segítségével a járművezetők folyamatosan, külön utánajárás/keresés nélkül értesülhetnek az őket érintő akadályokról, ami nagyban hozzájárulhat a biztonságosabb közlekedéshez, illetve az utazási időpont és útvonal körültekintő megválasztásához (Kokubu-Nishimura, 2018).

A tájékoztató rendszerek tehát rendkívül sokszínűek, ezt szemlélteti 4. ábra is, amely Japán 7-es autópályáján működő érzékelő és tájékoztató rendszer ábrázolja sematikusán.



4. ábra: Érzékelő és tájékoztató rendszerek szemléltetése Japán 17-es autópályáján [Matsuzawa 2015]

#### 4. A TÉLI ÚTÜZEMELTETÉS ÉS -FENNTARTÁS TECHNOLÓGIÁI JAPÁNBAN

A Japánban alkalmazott különböző technológiákat kutatva sok hasonlóságot fedeztem fel a hazai gyakorlathoz képest, de emellett sok új lehetőséget is megismertem. Habár a magyar rendszerben, a hazai éghajlati jellemzők mellett az idegen technológiák jó részének változtatás nélküli átvétele nem lenne indokolt, mégis a megismerésük, esetleges módosításuk hozzásegíthet új lehetőségek megalkotásához.

##### 4.1. HÓELTAKARÍTÁS ÉS SÍKOSSÁGMENTESÍTÉS

A téli útüzemeltetés legnagyobb kihívása a hó és síkosságmentesítés. A régiók közötti közlekedés, valamint a napi tevékenységek akadálytalan elvégzése érdekében elengedhetetlen, hogy legalább a főbb utakon biztosítani tudjuk a forgalombonyolódást. A leesett hó eltakarítására pedig különösen nagy hangsúlyt kell helyezni. Egyrészt, a nagy mennyiségű hóból kialakuló hótorlaszok leszűkítik (esetleg el is zárják) a közlekedési felületek keresztmetszeti szélességét. Másrészt a forgalom hatására összetömörödő havon nehezebbé válik a közlekedés, megnő a megállási távolság. Hazánk és Japán nagyon hasonló gépeket használ a hóeltakarításra: hóékét, grédert, hómarót. Azokon a területeken, ahol a járdák tisztántartása kézi erővel nehézkes lenne sokszor ezen gépek kisebb változatát is használják, amik letakarítási szélessége általában 1-2 m. Érdeemes megjegyezni, hogy a japán emberek számára, főleg azokon a területeken, ahol rendszeresen sok a hó, a hóeltakarítás sokkal inkább az élet része, mint Magyarországon. A közterületek letakarításába jelentősen bevonják a helyi lakosságot, miközben az erre irányuló nevelés már nagyon kis korban elkezdődik, különböző iskolai programok keretében.

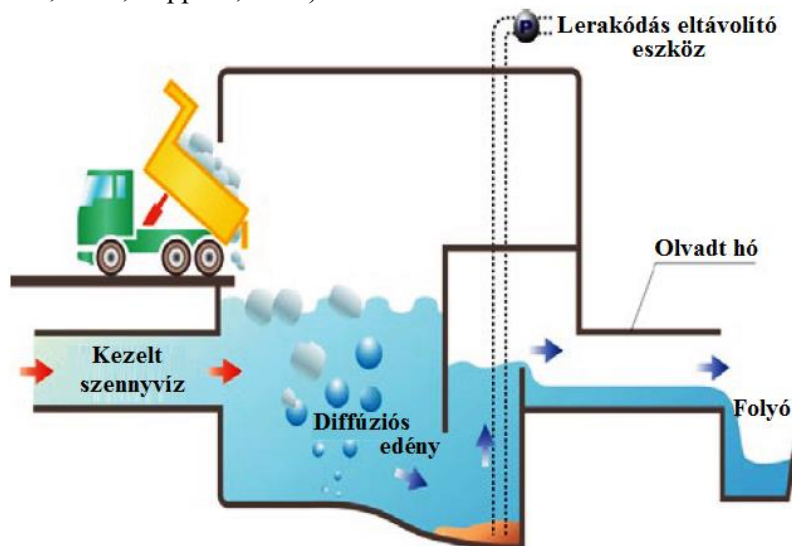
A jégmentesítő és érdesítő anyagokat Japánban a 20. század végén kezdték el használni síkosságmentesítésre, miután a szöges gumiabroncsok használatát majdnem teljesen betiltották. Ma már a gépek kialakítása, a különböző szóró adapterek lehetővé teszik a szilárd, folyékony vagy kevert típusú jégmentesítők illetve az érdesítő anyagok szórását. A magyar és a japán gépek itt is rendkívül nagy hasonlóságot mutatnak.

##### 4.2. HÓOLVASZTÓ TARTÁLYOK

Bár a hó eltakarítására irányuló gépek ugyanolyanok, mint hazánkban, mégis, ahogy azt korábban már bemutattam, Japán sok területén rendkívüli mennyiségű hó esik, így az eltakarításnál a letakarított hó tárolására is rendkívüli nehézséget jelent. Ez különösen a zsúfolt, amúgy is helyhiánnyal küszködő

városokra igaz. A tárolási kapacitás mellett, a városok és az úthálózat növekedése miatt, egyre több havat kell elszállítani, miközben maguk a szállítási távolságok és így a költségek is növekednek. Egy lehetőség lehet a szállítási és tárolási problémákra, hogy nem takarítják el az összes havat, ami az útra kerül, hanem a szegélytől az úttengely felé mért 0,5-1,0 méter távolságon belül összegyűlt havat otthagyják. Így lecsökken az egy bevetésnél, az elszállításhoz szükséges dömperek száma, a szegélykövek és az út menti fák pedig kevésbé lesznek kitéve a hóeltakarítás okozta sérülésveszélynek. Azonban ennek módszernek több hátránya is van, egyik közülük, hogy a leeső hó könnyebben „felhizlalhatja” a meghagyott hó-sávot, ezzel nehezítve a szükséges keresztmetszeti szélesség megtartását (Takamatsu-Umezawa, 2014).

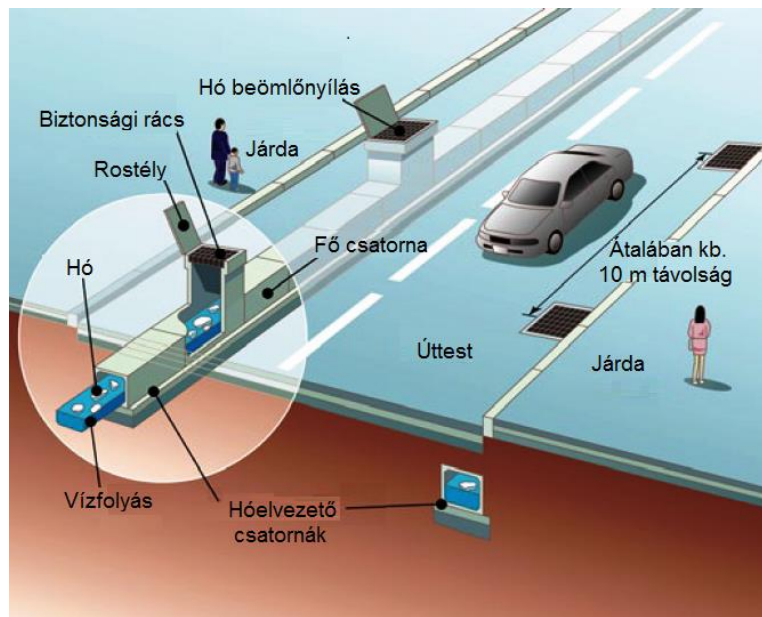
Egy másik, sokkal hatékonyabb módszer a hóolvasztó tartályok alkalmazása, melyek kis területfoglalás mellett nagy mennyiségű havat képesek megolvasztani. Ezek használatakor az utakról eltávolított havat összegyűjtik, és billenőplatós teherautókkal a tartályhoz szállítják, majd közvetlenül beleborítják. A hó olvasztásához használt energia több helyről is érkezik, például a helyi energiaszolgáltatótól (hőcserélő működtetésével), hulladékfeldolgozásból (a hulladék-égetésnél keletkező hővel) vagy épp kezelt szennyvízből (annak magasabb hőmérsékletét ki-használva, ld.: 5. ábra). A felolvasztott hót a szennyvízvezetékbe, vagy ülepítés után akár közeli folyóba is kerülhet. A hóolvasztó tartályok külön előnye, hogy nem csak télen, hanem a többi időszakban is alkalmazzák, ilyenkor „tűzvíz” tározóként üzemelnek, valamint puffertartályként a csapadék illetve szennyvíz számára (Matsuzawa, 2015; Sapporo, 2013).



5. ábra: Hóolvasztó tartály kezelt szennyvízzel működtetve [Matsuzawa, 2015]

#### 4.3. HÓELVEZETŐ CSATORNÁK

Városon belül nemcsak az útról, hanem a járdáról, sőt a tetőkről lekotort hóval is számolni kell. A sok hó eltakarításának problémájára pedig egy másik, szintén jól bevált megoldás lehet a hóelvezető csatornák alkalmazása. Sapporóban 8 hó-folyású csatornát építettek ki az utak mentén, melyek kialakítása hasonlít a hagyományos szennyvíz- vagy vízvezető csatornákhöz. Az lekotort havat a hószállító járművek és a lakosok is a hóolvasztó és elvezető csatornák mentén szabályos távolságoként kialakított, fedett átérsek nyílásain keresztül dobhatják be a csatornába. A gravitációs kialakítású csatornarendszerben már eleve víz folyik, így a bele kerülő havat a víz sodorja tovább illetve olvasztja meg. A benne folyó víz általában valamelyik folyóból származik, de itt is alkalmaznak tisztított szennyvizet erre a célra. A csatornáknak a többi évszakban hagyományos vízvezető csatornákként működnek. A rendszer útszéli elhelyezkedését és elemeit a 6. ábra mutatja be (Matsuzawa, 2015).



6. ábra: Hóelvezető csatorna [Matsuzawa, 2015]

#### 4.4. HÓFÚVÁSOK ÉS HÓLAVINÁK ELLENI VÉDEKEZÉS

Japán domborzati jellegzetessége miatt nemcsak a hófúvások, hanem a lavinák is problémát okozhatnak, ezért káros hatásainak kiküszöbölésére különböző lehetőségek, intézkedések léteznek. A hóvédművek igen hasonlóak Japánban és Magyarországon. Fajtájukat tekintve, hordozható és fix típusúak, attól függően, hogy csak a téli időszak kezdetén kerülnek ki a védendő területekhez vagy az év egészében kint vannak. A hordozható típusúakból, míg Magyarországon inkább a hófogó hálók, addig Japánban inkább a masszívabb hófogó kerítések jellemzőek. A kerítéseknek az úttól való távolsága hazánkhoz hasonlóan Japánban is korlátozott, az eredményes működéshez szükséges távolságokat a kerítések porozitásának változtatásával befolyásolják. A porozitás növelésével ugyanis a kerítés túloldalán lerakódó hó is egyre hosszabban elnyúlik. A japán kerítések porozitása épp ezért 20-30% körül van, ezzel a kialakítással legalább 30 méterre kell kihelyezni őket az úttól (Takamatsu-Umezawa, 2014).

Fix jellegű hóvédművekhez soroljuk a hófogó erdősávokat. A Japánban az általános hófogó erdősávoknál a sáv szélein gyorsan növekvő lombhullató fákat ültetnek, a tényleges hófogó munkát végző tűlevelűek ezeken belül helyezkednek el (Matsuzawa, 2013). A hófúvások hatásait az út töltésének illetve bevágásának megfelelő kialakításával is lehetséges mérsékelni, ezek kialakítására Magyarországon és Japánban egyaránt megvannak a szabályozások.

A meredek lejtők és a nagymennyiségű hó kombinációja sokszor lavinaveszélyes állapotokat eredményez, az ilyen területeken futó utakat ezért különböző lavina elleni műtárgyakkal szükséges megvédeni. A védekezés két módon történhet, vagy megakadályozzák, hogy a lezúduló hótömeg elérje az utat, vagy keresztülvezetik azt rajta, a forgalom zavarása nélkül. Előbbire lavina felfogó kerítések alkalmaznak, melyek lehetnek az korábban említett hófogó kerítésekhez hasonlóak, csak masszívabb kialakításúak, vagy épp rugalmas jellegűek, akár a hazai hófogó hálók.

Az átvezetésre szolgáló műtárgyknál hóvédelmi alagutakról beszélhetünk. A lezúduló lavinák ellen több helyen alkalmazzák ezeket, melyek kialakításukat tekintve sokkal egyszerűbbek a hagyományos alagutaknál. A hosszanti kialakítású, szögletes építmények körülhatárolják az utat, a lejtő felőli oldal pedig sokszor részlegesen vagy teljesen nyitott.

#### 4.5. ÚTBURKOLATFŰTÉS



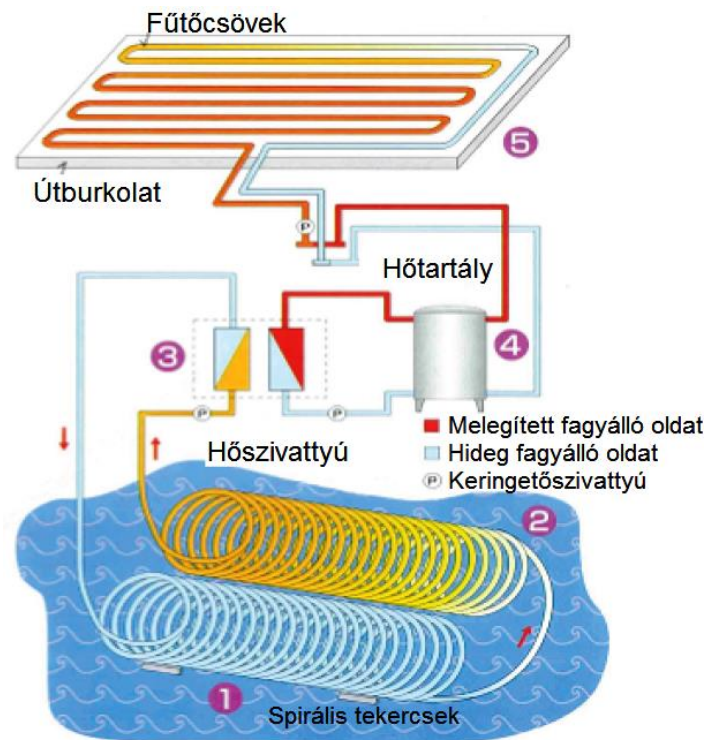
Akár mennyire is igyekszünk, hacsak nem vezetjük zárt térben az összes utat, a havazás vagy az eső valamelyest el fogja érni az útburkolatot. A hóeltakarításra irányuló technológiák ugyan megoldást jelenthetnek az úton lévő hó eltakarítására, de ez a fenntartás nem folyamatos és az útra fagyó ónos eső ellen sem segít. A jégmentesítő anyagok már jobb megoldást nyújtanak, azonban az anyagok felhígulhatnak a hóletől, illetve a forgalom vagy a szél is lesodorhatja az utakról. Emellett vannak olyan helyek, ahol a hagyományos technológiák (az eltakarítás és útszázás) alkalmazása nehézségekbe ütközik, vagy egyszerűen nem elegendő. Ilyenkor kerülhet előtérbe az útburkolat fűtésének technológiája, amely Japán mellett több országban is elterjedt (pl.: Hollandia, Norvégia, Izland).

Az útburkolat melegítéséhez fűtőcsöveket vagy elektromos tekercseket használnak, amiket a burkolatba építenek, közel a felszínhez. Az útfűtés számos előnnyel jár, azonnal elolvasztja az útra hulló havat és megakadályozza az csapadék lefagyását, így az út eljegesedésétől sem kell tartani. Működési elvüket tekintve sokban hasonlítanak a beltéri padlófűtéshez. A fűtőcsövekben keringő víz melegítése vagy a fűtőkábelek működtetése azonban kültéren sokkal több energiát igényel, mint a lakásokban, ahol a szigetelés benntartja a hő jó részét. Ráadásul az utakon a fűtendő felületek is jóval nagyobbak. A technológia hátránya tehát, hogy rengeteg energia szükséges a működtetéséhez, az üzemeltetési költségek mellett pedig az energia előállítása miatti környezet károsítást is figyelembe kell venni. A burkolatfűtést éppen ezért jellemzően csak a kritikus területeken használják, ahol más módszerrel nem, vagy csak nehézségekkel, kisebb hatékonysággal lehetne megoldani a problémákat. Ilyen területek például a belvárosi járdák, a gyalogátkelőhelyek, az állomások és az iskolák környéke.

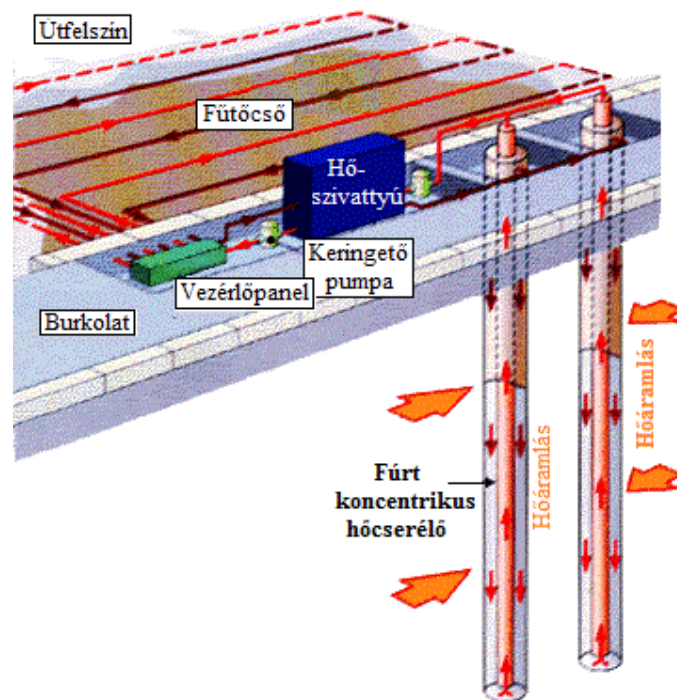
Japánban működik azonban jó pár olyan burkolatfűtő rendszer, ami megújuló energiaforrásokat használ, ezek közül néhányat mindenképp érdemesnek tartok kiemelni. A kiemelték közül kettő működési elvét a 7. és 8. ábra is szemlélteti. A Fukushima prefektúrából, egy lehetőség például, hogy a burkolatfűtéshez az út mellett lévő tó vizének egész évben fagyponthoz feletti hőmérsékletét használják fel. A tóban elhelyezett tekercsekben keringő víz átveszi a tó hőmérsékletét, majd egy hőszivattyú segítségével ezt a hőt továbbadja a burkolatmelegítésre használt cső-rendszerben keringő fagyálló folyadéknak. A folyadék a burkolatban lévő csövekben áramolva fokozatosan átadja hőjét az útburkolatnak és lehűl. Ezután a csöveken továbbjutva újra a hőpumpába kerül, ahol ismét felmelegszik, így folyamatosá téve a keringést.

Egy másik lehetőség, a szélenergia felhasználása egy szélenergia segítségével. Japánban a Nakayama alagút egyik bejáratánál alkalmazzák ezt, ahol a problémát pont az erős szél okozza, ami sokszor havat hord az útra. A burkolatfűtő rendszer ilyen módon történő működtetésével nemcsak kiküszöbölték az szél káros hatásait, hanem előnyt is kovácsoltak belőle. Emellett a szélenergia által termelt energiát nyáron is felhasználják, ilyenkor a megtermelt energiát a világítás illetve egyéb, az alagút üzemeléséhez szükséges helyi eszközök fenntartására fordítják.

A burkolatfűtő rendszer működéséhez a föld hővezető képességét, illetve a passzív napenergiát is fel lehet használni. Az útburkolatban elhelyezett fűtőcsövek nyáron felmelegsznek a nap-sugárzástól, a csöveken és a hőszivattyún keresztül pedig a meleg a földbe átszáll a hőcserelelőkhöz kerül. A hőcserelelők leadják a hőt a talajnak, télen pedig a folyamat ellentéteként a hőcserelelő és a hőszivattyú elvonja a talajból a hőt, és azt keringeti a fűtőcsövekben, így megolvasztva az úton lévő havat (Matsuzawa, 2015).



7. ábra: Útburkolatfűtő rendszerek működtetési lehetősége I. [Matsuzawa, 2015]



8. ábra: Útburkolatfűtő rendszerek működtetési lehetősége II. [Matsuzawa, 2015]

#### 4.6. ÚTBURKOLAT PERMETEZÉS

Japán azon területein, ahol sok hó esik, de a hőmérséklet nem hűl le annyira, illetve nem marad meghatározóan olyan alacsonyan, hogy az kedvezzen a jégképződésnek, a fő problémát az útfelületen összetömörödő hó jelenti. Ezeken a részeken, a városok útjain és járdáin, a megoldást a burkolat vízzel történő locsolása is jelentheti. A burkolatba épített szórófejek mélyről felszivattyúzott, melegebb hőmérsékletű talajvizet permeteznek ki az útra, így megolvasztja a lehulló havat. A folyamatos

vízspriccelés megakadályozza, hogy megmaradjon a hó az útburkolaton, a kipermetezett víz és az olvadt hólé pedig az útról lefolyva a csatornarendszeren át távozik. A forgalomnak így bár nedves úton, de legalább nem a sokkal több veszélyt jelentő, tömör hórétegen kell közlekednie. Természetesen ezt a technológiát igen korlátozottan és kritikus szemmel lehet csak alkalmazni, olyan helyeken, ahol nem áll fenn annak a veszélye, hogy a kilocsolt víz megfagy. Véltetőleg ezen kritériuma miatt, ezt a technológiát Japánban is csak városi utakon alkalmazzák, ahol eleve magasabb a hőmérséklet, mint a környező területeken. A technológia előnye, hogy szórófejeket és a szivattyúzott vizet áramoltató csöveket is a burkolatba ágyazzák be, így a rendszer elemei nem zavarják a városi térség zsúfolt, folyamatos forgalmát (Matsuzawa, 2015). Hátránya, a lefagyás veszélyen túl, hogy a túlzott talajvíz leszívás nagy károkat okozhat a környezeti rendszerekben.

Elvileg ezt a technológiát kellő körültekintéssel lehetséges lenne a magyar útfenntartásban is alkalmazni, azonban a hazai hőmérsékletingadozások mellett véleményem szerint túl sok veszélyt hordoz. Helyette inkább a Svájcban is eredményesen működő, hasonló, telepített síkosságmentesítési technológiát részesíteném előnyben, ennél a technológiánál ugyanis a szórófejek nem vizet, hanem jégmentesítő oldatot permeteznek ki az útra.

## 5. ÖSSZEZÉS

A leírtak alapján talán jól érzékelhető, hogy csak egy ország vizsgálata után is milyen sok különböző lehetőség, megoldási gyakorlat létezik a téli útüzemeltetés gördülékenyebbé tételére. Érdemes megnézni más országok gyakorlatát, vegyíteni a különböző technológiákat, vagy csupán átvenni egy kis részüket a hazai rendszerek támogatására, így még jobba téve a hazai útüzemeltetést.

Az ismertetett japán technológiák egy részét itthon is eredményesen alkalmazzuk (pl.: jégmentesítő anyagok használata), még ha a két ország közt akadnak is különbségek. Egy másik részét egyáltalán nem ismerjük a hazai gyakorlatban, azonban ezeknek nincs is létjogosultságuk a magyar időjárási viszonyokat figyelembe véve (pl.: olvasztó tartályok létesítése). Az útburkolatfűtés technológiája azonban e kettő közé esik, nem alkalmazzuk itthon, de a magyar időjárási sajátosságokat figyelembe véve lehetséges lenne vele eredményesen támogatni a hazai út-fenntartást. Még inkább, ha sikerülne alternatív megoldásokat találnunk a technológiához szükséges energia/hő előállítására. Magyarország adottságait figyelembe véve ilyen lehet például a hévízkutak, termálfürdők vizének, eróművek vagy finomítók hűtővizének, vagy a geotermikus energia használata. (Diplomamunkában erről, a technológia adaptálási lehetőségeiről részlete-sebben is írtam, azonban sajnos ezeket e cikk keretein belül nem tudom most kifejteni.) Fontos, hogy nem csak ennél a technológiánál, hanem az útüzemeltetési és fenntartási rendszerek már meglévő gyakorlatában is, szem előtt tartsuk a fenntarthatóság alapelveit, és még nagyobb hangsúlyt fektessünk a megújuló energiák használatára.

Ezek mellett külön kiemelném még a Japánban, illetve a többi országban használatos különböző programokban, műszerekben rejlő lehetőségeket. A XXI. században már szinte bármilyen szakterületre készíthető informatikai segédeszköz, érdemes lenne ezért a különböző technológiák mellett ezekre is minél nagyobb hangsúlyt fektetni, felkutatni a már létező alkalmazásokat és beilleszteni őket a hazai gyakorlatba. Egy jó szoftver használata az üzemeltetés támogatására, akár a meglévő rendszerek kiegészítéseként (pl. kiértékelő program forgalomfigyelő kamerához), nem hordoz akkora költséget, mint egy teljesen új technológia kivitelezése. Ellenben hatékonyabbá, automatizáltabbá, egyszerűbbé és gyorsabbá teheti a feladatok elvégzését, támogatva ezzel a valós idejű reagálást, problémamegoldást. A különböző külföldi technológiák meghonosítása, a zöld energia használata és a specifikus programok fejlesztése együtt, új irányt mutat egy még korszerűbb útüzemeltetés számára.

## 6. IRODALOMJEGYZÉK

Tazaki, Lessons from the Experiences in the 2011 Winter Season in Japan, PIARC International Seminar, Management of Winter service in an extreme continental climate country, Ulánbátor, 2011. ápr. 6., <https://www.piarc.org/en/publications/PIARC-International-Seminars-Proceedings/PIARC->

International-Seminars-2011/PIARC-Winter-Service-International-Seminar-Ulaanbaator-Mongolia-2011.htm

Matsuzawa, Japan, Snow and Ice Databook 2014. Comité technique 2.4, 2015, pp: 108-138, ISBN: 978-2-84060-355-9

Ministry, Japan Statistical Yearbook 2018, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2018, <http://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/67nenkan/1431-13.html>

Yamada, Road Surface Sensor, Yamada Giken Co. Ltd., 2011, [http://www.yamada-giken.co.jp/index.php?gid=912&kiji\\_id=65](http://www.yamada-giken.co.jp/index.php?gid=912&kiji_id=65)

Takeuchi et al, Distinction of Winter Road Surface Conditions using Road Surveillance Camera, 12th International Conference on ITS Telecommunications, Taipei, 2012. nov. 5-8., DOI: 10.1109/ITST.2012.6425264

JRC, Roadside Broadcasting System, 2010, [http://www.jrc.co.jp/eng/about/activities/technical\\_information/report58/06.html](http://www.jrc.co.jp/eng/about/activities/technical_information/report58/06.html)

Kokubu-Nishimura, Email küldő szolgáltatás a hóviharak előrejelzésére, Hideg Területek Építőmérnöki Kutatóintézete, Hó és jég részleg, 2018, <http://time-n-rd.jp/fubuki/>

Takamatsu-Umezawa, Sapporo winter road management plans, Routes/Roads 2014/January, pp. 52-59. <https://www.piarc.org/ressources/roads/1/21094,Routes-Roads-Magazine-361-World-Road-Association.pdf>

Sapporo, Heisei hóolvasztó tartály, City of Sapporo, 2013, [https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/jigyuu/you\\_atsubetsu.html](https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/jigyuu/you_atsubetsu.html)

Matsuzawa, Snowdrift Control Methods and Technologies, International Seminar “Winter operations at high altitude and extreme zones”, Santiago de Chile, 2013. jún. 4-7., [https://www.piarc.org/ressources/documents2/CT24-SANTIAGO-DU-CHILI-JUIN-2013/20386,130606\\_s3\\_03\\_Matsuzawa\\_PPT\\_Chile\\_final-EN.pdf](https://www.piarc.org/ressources/documents2/CT24-SANTIAGO-DU-CHILI-JUIN-2013/20386,130606_s3_03_Matsuzawa_PPT_Chile_final-EN.pdf)