

# Restsaltmodel er nu en realitet

Et spændende fireårsudviklingsprojekt er nu nået til vejs ende. Projekt MORS (MOdelling Residual Salt), som blev sat i værk under NordFoU med deltagelse af de fire nordiske lande, Danmark, Sverige, Norge og Island handler om at bestemme en restsaltmodel. Projektet har gennem de sidste fire år været omdrejningspunktet for fem forskere fra de fire lande.



Skúli Thordarson,  
Ph.d., Vegagerdin  
skuli.thordarson@vegagerdin.is



Kai Rune Lysbakken,  
Ph.d., Statens Vegvesen  
kai-rune.lysbakken@vegvesen.no



Göran Blomqvist,  
Tekn. Dr. Ph.d., Statens väg-  
och transportforskningsinstitut  
goran.blomqvist@vti.se



Michel M. Eram, Civilingeniør,  
eMBA, Vejdirektoratet  
me5@vd.dk

Længe har landene forsøgt at finde svar på, hvor hurtigt udspreddt salt forsvinder fra vejen. Værktøjet har været nødvendigt, fordi det vil bidrage positivt til beslutningstagernes mulighed for at vurdere den aktuelle situation og derudfra planlægge det nødvendige tidspunkt og saltmængder for at imødegå glat føre.

Nu er det en realitet. Projektgruppen

har formået at skabe en model, som er i stand til at beregne restsaltmængden både i reel tid og i prognoser efter udspreddning.

Parametre, som trafikintensitet, vej- og vejrforhold medtages i modellens beregninger. Udviklingen har været understøttet af intensive feltmålinger på Bygholms testfaciliteter i Horsens, Danmark, hvor processerne blev undersøgt grundigt under kontrollerede forhold. Faciliteterne på Bygholm gjorde det muligt at foretage detaljerede målinger af restsalt på belægningsoverflader under kontrollerede forhold både via manuelle målinger og ved automatiske vejsensorer.

## Modelkoncept

Restsaltmængde på en vejbane vil blive påvirket af flere processer og faktorer. Figur 2 viser en principmodel for massebalance på en vejbane. Modellen viser de processer, der påvirker mængden af salt på kørebanen.

Modellen antager, at der på kørebanen kan være masse i form af uopløst salt, saltvand og vand.

Følgende processer bringer masse ind og ud af systemet:

1. Spredning af tørt salt
2. Spredning af saltlage
3. Blow-off (tør salt / saltkrystaller tabt af vej på grund af trafik)
4. Run-off (dræning af væske / saltopløsning fra jorden)
5. Splash + spray-off (væske / saltlage tabt ved vejen på grund af trafik)
6. Fordampning af væsken på vejoverfladen
7. Kondensering af fugtighed på kørebanen
8. Nedbør i form af regn, slud eller sne.



Figur 1. Feltforsøg på Bygholm, Horsens.

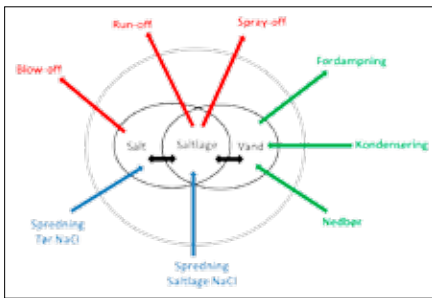
Desuden blev to processer, som ændrer type af masse inden for systemet, identificeret, det vil sige mellem det uopløste salt, saltvand eller vand:

9. Opløsning
10. Krystallisering.

Forskellige processer, som bidrager til, at salt og vand forflyttes inden for vejbanen eller forsvinder fra vejbanen og påvirkes af flere faktorer som saltningsmetode, trafikforhold, vejoverflade, fugtighed og eksisterende vejrforhold, indgår i modellen og er identificeret som værende afstrømning, blow-off (saltkorn), spray-off (saltlage; i form af splash og sprøjt), fordampning, kondensering, nedbør og saltning.

## Implementeringsmuligheder

MORS-Projektet har haft til formål at udvikle en model, der udtrykker mængden af restsalt efter udspreddningen. Denne viden kan give grundlaget for en generel kompetence for personale, der beskæftiger sig med vejsaltning på forskellige niveauer.



Figur 2. Modelkoncept for restsaltmodel.

På forsøgsstrækningen på Bygholm blev en lang række forsøg og testkørsler gennemført. Effekten af de enkelte parametre blev undersøgt isoleret, og analysen af disse data gav grundlag for en model. Modellen giver mulighed for at bekræfte forhold, som tidligere har været kendt af fagfolk, uden at de helt vidste hvorfor, og uden at det førte til ny viden.

Projektgruppen forestiller sig, at modellen eller viden om MORS projektet kan benyttes på 2 forskellige måder:

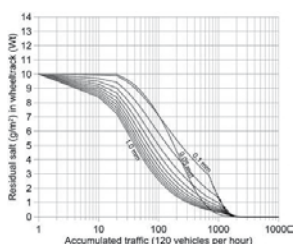
1. Grafiske repræsentationer af modelresultater kan bruges som simpel beslutningsstøtte
2. Modellen kan implementeres i eksisterende beslutningsstøttesystemer (RWIS).

## Niveau 1 - Grafisk fremstilling af modelresultater som simpel beslutningsstøtte

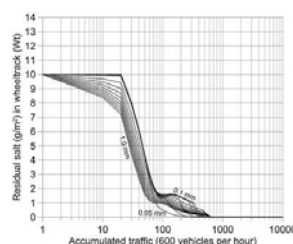
Resultaterne af modellen kan forenkles og illustreres grafisk. Dette kan bruges som grundlæggende værktøjer til vurdering af varigheden af saltmængder i forskellige situationer.

De følgende eksempler demonstrerer resultaterne fra MORS model ved forskellige vandmængder. I alle tilfælde er der taget udgangspunkt i en saltmængde på 10 g/m<sup>2</sup> på vejbanen, neutral fordampning (hverken kondens eller fordampning) og vindstille. Trafikintensiteten er på henholdsvis 3.000 og 14.500 Ådt.

Ved højere trafikintensitet vil disse tal



Figur 3. Varighed af saltmængde ved forskellige vandmængder på vejen og som funktion af den akkumulerede trafikmængde. Kurverne angiver restsaltmængde på hjulspor (Wt). Trafikintensitet ≈ 3.000 Ådt.



Figur 4. Varighed af saltmængde ved forskellige vandmængder på vejen og som funktion af den akkumulerede trafikmængde. Kurverne angiver restsaltmængde på hjulspor (Wt). Trafikintensitet ≈ 14.500 Ådt.

se anderledes ud. Dette skyldes forholdet mellem den tidsafhængige vand afstrømning (run-off) og trafikafhængig splash-off.

## Niveau 2 - Implementering af modellen i eksisterende beslutningsstøttesystemer

Den mest avancerede implementering af restsaltmodellen er, at den kan integreres i de eksisterende modeller for beslutningsstøttesystemer.

Modellen kan anvendes på to forskellige måder:

- a) Beregning af saltmængden på vej i "real time". Det vil sige beregning af saltmængden i real time baseret på faktiske/registrerede data for vejr og trafik fra saltningstidspunkt herunder doseringsmængde, saltningmetode og spredersens passagetid frem til real time.
- b) Prognose for udviklingen af saltmængde baseret på prognosedata for vejr og trafik. Ved at have en forventet restsaltudvikling kan man sige, hvornår der vil være behov for fremtidig saltudkald.

## Modelforenkligning og forudsætninger

I modelkonceptet er der i alt identificeret ti forskellige processer, som påvirker restsaltmængden på kørebanen efter et saltudkald. Der vil være en række faktorer, der påvirker hver af de forskellige processer. En komplet model er meget vanskelig at opnå, og visse forenklinger og antagelser har derfor været påkrævet. Formålet med modeludviklingen har været at modellere de processer, der har størst indflydelse på udvikling af restsaltmængde. På baggrund af resultaterne fra forsøg i henhold til MORS projekt er det først og fremmest processerne run-off, og splash- og spray-off, som er vigtigst for restsaltudvikling. Procentdel af salt, der er gået tabt som blow-off, før det opløses i praksis, kan også være store. Disse tre fremgangsmåder er i

høj grad påvirket af mængden af væske på vejoverfladen. Af disse er det kun run-off, som ikke er trafikafhængig, mens trafikken er en drivende faktor for splash/spray-off og blow-off. I MORS model er derfor lagt stor vægt på disse tre processer.

I tillæg er der gjort følgende forudsætninger:

- Modellen beregner ikke initialtab (spild af salt dvs. tab under spredning af salt. Ved brug af modellen skal initialtab tages i betragtning. Det kan gøres ved at anvende tilgængelig viden og erfaringer om det faktiske initialtab ved forskellige spredemetoder og vejbaneforhold. Hvor der findes vejsensorer, som er i stand til at måle restsalt på stedet, kan resultaterne fra disse sensorer anvendes som indledende betingelser for modellen.
- Snerydning. Modellen omfatter ikke nogen effekt af snerydning.
- Påvirkning af smeltet sne vil ikke indgå i modellen.
- Spredning af salt. Det antages, at den passende mængde af salt, som vil forblive på jorden efter spredning, straks opløses i væsken.
- Krystallisering af salt ved udtørring af vejen er inkluderet i modellen.
- Blow-off af uopløst saltkorn eller krystalliseret salt er der taget hensyn til ved at behandle det på samme måde som splash af væske og opløst salt.

## Tilgængelighed

Projektets resultater er offentligt tilgængelige og kan fremskaffes på NordFoU hjemmeside [www.nordfou.org](http://www.nordfou.org). Projektorganisation, formål og forudsætninger kan findes i "Projektplan", mens modellens opbygning og niveauer, hvorpå modellen kan implementeres, er indarbejdet i "implementeringsguide for restsaltmodel".

Ydermere vil projektgruppen også være tilgængelig for spørgsmål, som måtte opstå i forbindelse med projektet.