



VegDim - Dimensjoneringskrav

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 1094



Tittel

VegDim -
Dimensjoneringskrav

Undertittel**Forfatter**

Kjell Arne Skoglund og Berthe Julienne
Dongmo-Engeland

Avdeling

Vegutforming

Seksjon

Vegteknologi

Prosjektnummer

C13480

Rapportnummer

1094

Prosjektleder

Brynhild Snilsberg

Godkjent av

Joralf Aurstad

Emneord

VegDim, N200 Vegbygging,
MEdimensjonering,
dimensjoneringskrav,

Sammendrag

VegDim (2018-2024) har vært et FoU program i Statens vegvesen, der målet har vært å utvikle og ta i bruk et ME-system for dimensjonering og analyser av vegoverbygninger. Dette vil gi oss mulighet til å beregne prognoser for tilstandsutvikling basert på nedbrytning pga klima- og trafikkbelastning. Denne rapporten beskriver endringer som er gjort i N200 Vegbygging for å åpne for bruk av ME-dimensjonering i Norge. Endringen omfatter nye krav til dimensjonering av vegoverbygninger ved bruk av VegDim/ERAPave PP.

Title

VegDim - Design Requirements

Subtitle**Author**

Kjell Arne Skoglund og Berthe Julienne
Dongmo-Engeland

Department

Road Design

Section

Road Technology

Project number

C13480

Report number

1094

Project manager

Brynhild Snilsberg

Approved by

Joralf Aurstad

Key words

VegDim, N200 Pavement Design Guide,
MEdesign,
Design Requirements, Performance

Summary

VegDim (2018-2024) was a R&D program conducted by the Norwegian Public Roads Administration. The goal was to develop and implement an ME pavement design system. Such system will provide the possibility to predict pavement deterioration caused by traffic and climate loading. This report describes the changes made to N200 pavement design guide to enable the use of ME-design method in Norway. The changes include new requirements for the design of pavement structures using VegDim/ERAPave PP.



Innhold

Forord	2
Sammendrag.....	3
1 Innledning	4
2 Generelle krav	5
3 Krav til sporutvikling	6
4 Krav til utmatting av asfaltdekket.....	7
5 Krav til tøyning mot undergrunnen	8
6 Krav til telehiv og frostsikring	10

Forord

VegDim (2018-2024) har vært et FoUI-program i Statens vegvesen der målet var å utvikle et digitalt system for dimensjonering og analyser av vegoverbygninger basert på tilstandsutvikling. Dette er et mekanistisk-empirisk (ME) dimensjoneringsystem som vil gi oss mulighet til å beregne prognoser for tilstandsutvikling og levetid basert på nedbrytning pga klima- og trafikkbelastning.

Hovedleveransen fra FoUI-programmet er et nytt dimensjoneringsystem (dataverktøy) og en dimensjoneringspraksis der en har større fleksibilitet og mulighet til å dokumentere konsekvenser av ulike valg av materialer og lagtykkelser i vegbygging og vedlikehold.

Et ME-dimensjoneringsystem, som gir dokumentasjon på tilstandsutviklingen og levetiden til vegoverbygningen, vil gi et mye bedre beslutningsgrunnlag ved planlegging av veger. Dette vil gi grunnlag for optimalisert forvaltning av vegnettet (livsløpskostnader) og bedre langsiktige vedlikeholdsplaner. Ved bruk av dette verktøyet kan man også ta hensyn til miljø ved planlegging, bygging og vedlikehold av veger. Dette gjør at vi på en bedre måte kan oppnå reduksjon i energiforbruk og klimagassutslipp, som vil bidra til å oppnå nasjonale klimamål.

I FoUI-programmet VegDim ble et ME-system, kalt ERAPave PP (Elastic Response Analysis of Pavements – Performance Prediction), som er under utvikling ved Statens veg- og transportforskningsinstitutt (VTI) i Sverige, valgt for videreutvikling og tilpasning til norske forhold. Et norsk, web-basert dimensjoneringsystem der ERAPave PP utgjør den ME-delen er under utvikling og kalles VegDim, det vil si at den har fått samme navn som FoUI-programmet. I denne rapporten brukes benevnelsen VegDim/ERAPave PP for å referere til både web- og desktopversjonene av ME-systemet.

Denne rapporten beskriver endringer som er gjort i N200 Vegbygging for å åpne for bruk av ME-dimensjonering i Norge. Endringen omfatter nye krav til dimensjonering av vegoverbygninger ved bruk av VegDim/ERAPave PP.

Sammendrag

FoUI-prosjektet Analytisk dimensjonering av veger (med akronymet VegDim) har i prosjektperioden 2018-2024 arbeidet med et grunnlag for mekanistisk-empirisk dimensjoneringsgrunnlag for veger.

I FoUI-programmet VegDim ble ME-systemet ERAPave PP (Elastic Response Analysis of Pavements – Performance Prediction), som er under utvikling ved Statens veg- og transportforskningsinstitutt (VTI) i Sverige, valgt for videreutvikling og tilpasning til norske forhold.

Det foreligger nå en norsk versjon av ERAPave PP, med norsk tekst, norske klimadata, norske materialbeskrivelser m.m. I tillegg er det under utarbeidelse et web-basert dimensjoneringsystem basert på ERAPave PP, men med ny dataplattform, programmeringsspråk etc. Denne nye web-løsningen har også fått navnet VegDim.

Som resultat av arbeidet med VegDim-prosjektet ble det i den reviderte utgaven av vegnormal N200 Vegbygging (juli 2024), i delkapittel 3.10, innført en mulighet for mekanistisk-empirisk dimensjonering med dertil hørende krav.

Denne rapporten presenterer og forklarer kravene som inngår i kapittel 3.10 i N200 Vegbygging (2024-utgaven). Kravene dekker fire hovedtema: sporutvikling, utmatting av asfaltdekke, tøyning mot undergrunnen og telehiv/frostsikring. Rapporten forklarer hensikten bak hvert krav, hvordan de benyttes i mekanistisk-empirisk dimensjonering, og hvilke konsekvenser de har for bæreevne og levetid.

Rapporten belyser også mulige endringer i vegnormal N200 Vegbygging knyttet til videreutvikling av ERAPave PP og VegDim.

1 Innledning

Noen av de viktigste inngangsparameterne i det nye digitale dimensjoneringsystemet VegDim/ERAPave PP er knyttet til materialegenskaper. Dimensjoneringsystemet baserer seg på beregning av tøyninger og spenninger som oppstår i vegoverbygningen under trafikkbelastning, samt beregning av tilstandsutvikling over tid.

Tøyning mot undergrunnen, størrelse på telehiv og tilstandsutvikling over tid (spor og utmatting) skal begrenses for å sikre at vegen har tilstrekkelig bæreevne og levetid. Kravene i N200 er rettet mot disse parametrene.

2 Generelle krav

Delkapittel 3.10 i N200 Vegbygging innledes med noen generelle forutsetninger og krav.

Det opplyses om at det finnes to varianter av programvaren som kan benyttes – nemlig VegDim (web-basert) og ERAPave PP. VegDim er pr. dato ikke fullt operativt, men bygger i stor grad på ERAPave PP utviklet av VTI i Sverige. Vi regner ikke med at det er nevneverdige forskjeller i dimensjoneringsresultater her, forutsatt at man tilrettelegger inputdataene slik at de er tilnærmet like for de to applikasjonene.

Videre legges det til grunn at dimensjoneringsgrunnlaget i delkapittel 3.1 og materialkravene i kapittel 4 benyttes. F.eks. gjelder dette trafikkgrunnlaget, krav til grunnundersøkelser, bruksområder for materialtyper og en del andre dimensjoneringsmessige vurderinger. Det kan være forhold omtalt i delkapittel 3.1. som er dekket på andre måter i VegDim/ERAPave PP – i så fall kan man benytte det som ligger i VegDim/ERAPave PP. Et eksempel her kan være teleteknisk materialklassifisering. Hovedhensikten bak det å legge eksisterende dimensjoneringsgrunnlag og materialkrav til grunn, er at man kan ha et felles grunnlag sammen med tradisjonell dimensjonering der dette er mulig og hensiktsmessig.

Krav 3.10-1 krever at både inndata og resultater fra dimensjoneringen skal oversendes Vegdirektoratet for vurdering og godkjenning. Bakgrunnen for dette er at dimensjonering ved bruk av VegDim/ERAPave PP foreløpig betraktes som en pilotfase. Det er derfor nødvendig å sikre at verktøyene anvendes korrekt og gir resultater som er konsistente og faglig forsvarlige. Samtidig ønsker Vegdirektoratet å opparbeide erfaring med bruken av disse applikasjonene, slik at eventuelle forbedringer kan implementeres både i programvaren og i de tilhørende kravene i N200 Vegbygging.

KRAV 3.10—1 **SKAL**

GJELDENE FRA 05.07.2024

Dimensjonering med VegDim/ERAPave PP er for denne utgaven av N200 Vegbygging å anse som en pilot, og dimensjonering etter denne metoden skal derfor sendes inn til Vegdirektoratet for gjennomgang og godkjenning. Alle inndata og resultater fra dimensjoneringen (utdata) skal sendes inn, og det opplyses om hvilken versjon av VegDim/ERAPave PP som er benyttet. Benytt e-postadresse N200@vegvesen.no.

Figur 1: Krav 3.10-1 i N200:2024

3 Krav til sporutvikling

Kravet til maksimal årlig sporutvikling skal sikre at de permanente deformasjonene som oppstår i asfalt, bærelag og undergrunn holdes innenfor akseptable grenser. For store spor reduserer både komfort, drenering av overflate og trafiksikkerhet. I mekanistisk-empiriske beregninger kontrolleres akkumulert plastisk deformasjon som funksjon av belastningsantall og materialstivhet. En veg som tilfredsstiller sporkravet, vil ha en jevn og stabil overflate gjennom hele levetiden, noe som igjen reduserer behovet for vedlikehold.

Krav 3.10.1-1 med tabell 3.10.1-1 angir krav til maksimal tillatt sporutvikling (summen av permanente deformasjoner på topp dekke og piggdekkslitasje) som mm/år for ulike ÅDT-intervaller og fartsgrenser. Dette er en blåkopi av de svenske kravene, bortsett fra at det ikke er satt krav til årlig sporutvikling for veger med ÅDT mindre eller lik 4000 med fartsgrenser på 100 eller 110 km/t, siden disse kombinasjonene ikke er aktuelle på det norske vegnettet.

ERAPave PP beregner sporutvikling som totalspor i slutten av dimensjoneringsperioden delt på antall år. Initialsetninger kan bidra til større deformasjoner i starten av levetiden. Konsekvensen er at programmet beregner høyere årlig sporutvikling ved korte dimensjoneringsperioder sammenlignet med lengre dimensjoneringsperioder. Piggdekkslitasje er inkludert i beregningen av sporutvikling, noe som kan føre til skjevheter ved høy piggdekkandel.

Både VegDim og ERAPave PP er under utvikling og eventuelle endringer i beregningsmetoden for å ta hensyn til initialspor må også reflekteres i fremtidige versjoner av N200.

Tabell 1 Maksimal årlig sporutvikling (mm/år) Tabell 3.10.1-1 i N200:2024

ÅDT	Vegens fartsgrense (km/t)						
	110	100	90	80	70	60	≤ 50
0 - 250	-	-	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
251 - 500	-	-	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
501 - 1000	-	-	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
1001 - 2000	-	-	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
2001 - 4000	-	-	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1
4001 - 8000	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1	1,1
> 8000	0,8	0,9	0,9	1,1	1,1	1,3	1,3

4 Krav til utmatting av asfaltdekket

Utmattingskravet skal forhindre sprekkdannelser som følge av gjentatte bøye- og strekkspenninger i asfaltlaget. I beregningene vurderes materialets motstand mot belastningssykluser ved hjelp av Palmgren-Miner-summen. I teorien oppstår den første gjennomgående sprekke pga. utmatting når Palmgren-Miner-summen blir 1,0. Et lavt utmattingsnivå betyr at asfalten beholder sin integritet over tid, og at bæreevnen i de øvre lagene opprettholdes. Dersom kravet overskrides, vil sprekker kunne utvikle seg fra bunnen og opp, med påfølgende vanninntrenging, redusert stivhet og kortere levetid.

Krav 3.10.2-1 angir at for utmatting av asfaltdekket skal Palmgren-Miner-sum («damage ratio») være mindre eller lik 0,5 etter 20 år. Tanken bak kravet er at man ønsker å ha en viss sikkerhet mot sprekke dannelse ved utmatting. Dersom slike sprekker først oppstår, er de vanskelige å bli kvitt ved vanlig vedlikeholdsasfaltering. Ved vedlikeholdsasfaltering kan refleksjonssprekker oppstå (dvs. at sprekker i underliggende asfalt initierer nye sprekker i nye, overliggende lag). En fullstendig reparasjon vil derfor ofte kreve at man fjerner dekket i hele sin tykkelse og legger nytt dekke. Også dette kravet er likt med det svenske kravet.

KRAV 3.10.2—1 **SKAL**

GJELDENE FRA 05.07.2024

For utmatting av asfaltdekket skal Palmgren-Miner-sum («damage ratio») være mindre eller lik 0,5 etter 20 år.

Figur 2: Krav 3.10-2 om utmatting i N200:2024

5 Krav til tøyning mot undergrunnen

Kravet til maksimal elastisk tøyning i undergrunnen skal forhindre at gjentatte belastninger fører til akkumulert plastisk deformasjon eller setninger. I mekanistisk-empirisk beregning bestemmes tøyningen i overgangen mellom forsterkningslag og undergrunn ut fra lagtykkelser og materialmoduler. Dersom tøyningen overstiger grenseverdiene, kan det føre til permanent deformasjon og tap av bæreevne. Et korrekt dimensjonert system sikrer dermed at laster fordeles effektivt og at levetiden forlenges.

Krav 3.10.3-1 angir maksimal tillatt tøyning mot undergrunnen for friksjonsjordarter og krav 3.10.3-2 angir dette for kohesive jordarter. Dette kravet vil sikre at undergrunnen ikke blir overbelastet ved store laster og dermed fører til rask utvikling deformasjoner, herunder hjulspor, i overbygninga.

Kravene er tilsvarende som de svenske, men de svenske kravene benytter «klimatzon» som inngangsparameter. Klimasonene gir her et uttrykk for en dimensjonerende metningsgrad, der kaldere klima gir høyere metningsgrad og dermed større risiko for skadelige permanente tøyninger. Derfor settes kravet til maksimalt tillatte elastiske tøyninger strengere for høyere metningsgrad og altså kaldere klima. Dette forklares med at tørrere materialer kan tåle mer elastisk tøyning før det oppstår skadelige permanente deformasjoner enn det som er tilfelle med mer fuktige materialer.

I Sverige benyttes klimasoner som inngangsparameter fordi landet relativt enkelt kan inndeles i tydelige geografiske soner som i hovedsak følger en nord-sør-retning. Det svenske landskapet har et mer ensartet klimamønster enn det norske, og sonene kan derfor defineres med klare grenser.

I Norge er forholdene langt mer komplekse. Store topografiske variasjoner gjør at klimaet påvirkes både av breddegrad og høyde over havet. En tilsvarende inndeling i klimasoner for norske forhold ville derfor krevd at man tok hensyn til både geografisk plassering og høydebeliggenhet. En slik todimensjonal inndeling ville blitt omfattende og vanskelig å praktisere i et dimensjoneringssystem.

I Sverige er inndelingen av klimasoner basert på variasjoner i frostmengde, nærmere bestemt parameteren F_2 , som er definert med intervaller for de ulike sonene. I Norge brukes imidlertid ikke F_2 ved dimensjonering av veger. For å unngå å innføre en ny parameter kun for dette formålet, ble det derfor undersøkt om et eksisterende norsk mål kunne benyttes. Siden **frostmengden F_{50}** allerede er godt etablert i norsk praksis, ble det utviklet en sammenheng mellom F_2 og F_{50} . Dermed brukes F_{50} som inngangsparameter i de norske kravene, og den tolkes her som et uttrykk for metningsgrad i undergrunnsmaterialene under ulike klimatiske forhold.

KRAV 3.10.3—1 **SKAL**

GJELDENE FRA 05.07.2024

På friksjonsjordarter skal overbygningen bygges slik at den vertikale trykktøyningen mot undergrunnen ikke overstiger verdiene i [Tabell 3.10.3—1](#). På kohesive jordarter (silt og finere) skal overbygningen bygges slik at den vertikale trykktøyningen mot undergrunnen ikke overstiger verdiene i [Tabell 3.10.3—2](#).

Figur 3: Krav 3.10.3-1 om tøyning mot undergrunnen i N200:2024

Tabell 2 Maksimal vertikal trykktøyning mot undergrunn for friksjonsjordarter, Tabell 3.10.3-1 i N200:2024

Tabell 3.10.3—1 — Maksimal vertikal trykktøyning mot undergrunnen for friksjonsjordarter

Frostmengde F_{50} (h°C)	< 7200	7200 - 14400	14400 - 21600	21600 - 28800	≥ 28800
Maks. tøyning	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0021

Tabell 3 Maksimal vertikal trykktøyning mot undergrunn for kohesive jordarter, Tabell 3.10.3-2 i N200:2024

Tabell 3.10.3—2 — Maksimal vertikal trykktøyning mot undergrunnen for kohesive jordarter

Frostmengde F_{50} (h°C)	< 7200	7200 - 14400	14400 - 21600	21600 - 28800	≥ 28800
Maks. tøyning	0,0018	0,0017	0,0016	0,0015	0,0014

I etterkant av publiseringen av N200:2024 er det blitt oppdaget at kravene til maksimal tøyning i kohesive jordarter er blitt innskjerpet i Sverige. De norske kravene vil bli revidert i tråd med dette.

6 Krav til telehiv og frostsikring

Kravet til maksimalt tillatt telehiv er ment å sikre funksjonalitet og komfort i kalde perioder ved å begrense ujevn telehiv. Frostrelaterte bevegelser kan føre til sprekker, ujevnheter og setninger som igjen påvirker bæreevne og sikkerhet. I mekanistisk-empirisk sammenheng kontrolleres beregnet telehiv mot definerte grenseverdier, og kravene danner grunnlag for dimensjonering av frostsikringslag og dreneringssystem. Et tilfredsstillende telehivsnivå reduserer risikoen for ujevnheter og forlenger vegens funksjonelle levetid.

Krav 3.10.4-1 angir maksimalt tillatt telehiv som funksjon av vegtype, fartsgrense og ÅDT. Hensyn er også tatt til om det bygges med kantstein og om vegen er inn mot bundne høyder slik som bru. Inndeling av vegene kan med fordel samkjøres med klassifisering i N100 Tabell 33-1 og Tabell 33-2.

KRAV 3.10.4—1 **SKAL**

GJELDENE FRA 05.07.2024

Maksimalt telehiv skal ikke overstige verdiene gitt i
Tabell 3.10.4—1.

Figur 4: Krav 3.10.4-1 maksimalt telehiv i N200:2024

Tabell 4 telehiv, Tabell 3.10.4-1 i N200:2024

Tabell 3.10.4—1 — Krav til maksimalt telehiv

Vegtype ^a , fartsgrense	Maksimalt telehiv (mm)	Unntak og kommentarer
Motorveg, 110 km/t	20	
Motorveg, 100 km/t	25	
Riksveg, 90 km/t	30	
Riksveg, 80 km/t, annen veg 90 km/t	40	Der ÅDT < 1500: 50 mm
Riksveg, 70 km/t, annen veg 80 km/t	50	Der ÅDT < 1500: 60 mm
Riksveg, 60 km/t, annen veg 70 km/t	60	Der ÅDT < 1500: 70 mm
Alle veger, 50 km/t eller lavere, annen veg 60 km/t	70	
Veger/gater med kantstein, med eller uten fortau ^b Gang-/sykkelveg med sidestilt kantstein	60	Uavhengig av ÅDT. For veger med strengere krav, gjelder de kravene foran dette kravet.
Gang-/sykkelveg, atskilt fra veg, uten sidestilt kantstein Sykkelveg med fortau med mellom-liggende ikke-avvisende kantstein	80	
Sykkelekspressveg	60	
Tverrsnitt av veg inn mot bundne høyder, eks. —bru —planovergang jernbane —betongdekker som er (tilnærmet) frostfritt fundamentert	10	For en utkiling vil kravet gjelde i det tverrsnittet av vegen som ligger inn mot den bundne høyden.

^a Med annen veg menes fylkesveg eller kommunal veg.

^b Veg og fortau utføres med så lik som mulig frostteknisk dimensjonering.

Å prosjektere veger på en slik måte at man tillater forutbestemte nivåer av telehiv, er nytt i norsk dimensjoneringsammenheng. I tradisjonell dimensjoneringspraksis, som fortsatt er et alternativ i N200 Vegbygging, har man enten frostsikret for å unngå telehiv, eller så har man ikke frostsikret og dermed tillatt de telehivene av ukjent størrelse som måtte komme. Skillet mellom frostsikret og ikke frostsikret veg har gått ved ÅDT på 1500, jf. krav 3.2.1-2. Riktignok har man benyttet litt ulike dimensjonerende frostmengder og også hatt maksimale frostsikringsdybder – men begge deler vil i praksis innebære at et telehiv av ukjent størrelse vil kunne oppstå når dih cfsse forutsetningene overskrides i kalde vintre. Hensikten med å tillate telehiv er at man da kan bygge tynnere overbygning og dermed spare byggekostnader.

Hva man skal sette som krav til tillatte telehiv kan ses på som en kost-nytte-vurdering. I VegDim er det gjort noen forsøk på å gjøre slike vurderinger og beregninger, men datagrunnlaget og modellrammeverket har vært for spinkelt til at det er konkludert entydig. Det man har sett på er vegholderkostnader og trafikantkostnader opp mot nytte. Trafikksikkerhet ble også vurdert, men ble utelukket fordi det var vanskelig, for ikke å si umulig, å gjøre vurderinger med det datagrunnlaget som foreligger.

I Sverige har det gjennom PMS Objekt vært mulig å beregne telehiv og dermed sette krav til telehivets størrelse. De svenske kravene har på papiret vært nokså romslige for en del veger – i alle fall i teorien – og det ble derfor gjort en egen vurdering for norske forhold. Det skal også sies at de svenske kravene har vært under revisjon.

I fastsetting av norske krav har det vært en vurdering at ujevne telehiv, som kan forekomme både på tvers og på langs av vegen, er uheldig siden dette kan føre til oppsprekking. Jevne telehiv er i teorien ufarlig, men når telehivet blir stort, skal det godt gjøres i praksis at telehivet blir helt jevnt. Derfor vil en begrensing i maksimalt telehiv også være gunstig for å unngå for store ujevne telehiv. En tommelfingerregel som er blitt brukt, er at når de maksimale telehivene overstiger 100 mm så begynner også de ujevne telehivene å skape problemer.

De norske kravene er derfor satt slik at det maksimalt tillatte telehivet er 80 mm, og det gjelder for gang-/sykkelveg. For kjørevege er det veger med hastighet 50 km/t som har det høyest tillatte telehivet med 70 mm.

For riksveger, som er de viktigste vegene, er kravene til telehiv satt noe strengere enn for andre veger. Veger for gående og syklende har lavere krav enn kjøreveger. Dette har sammenheng med nytte-kost-vurderinger av omfanget av frostsikring og vil slik sett være en naturlig prioritering.

Veger med høy fartsgrense har strengere krav enn veger med lavere fartsgrense. Ved høyere fartsgrenser vil det generelt være større krefter som virker på kjøretøyene ved et gitt telehiv enn for en veg med lavere fartsgrense. Sammenhengen er at vertikal uavfjæret kraft ved passering av en gitt ujevnhet er proporsjonal med kvadratet av hastigheten. Likevel er ikke kravet ved 100 km/t satt så strengt som en fjerdedel av tillatt verdi ved 50 km/t. Begrunnelsen for dette er at ved 100 km/t bygger man flerfeltsveg – typisk 4 felt eller flere, og det bygges med tykkere overbygning. Begge deler vil bidra til å jevne ut telehiv.

For veger med lav ÅDT, under 1500 kjøretøy, er det også tillatt noe høyere telehiv. Dette er også ut fra kost-nytte-vurderinger.



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag