



Udgivet: 01.04.2023
Godkendt: 11.01.2023
Journalnummer: 2019-23248
Antal sider i alt: 43

Overordnet ansvar:
Ansvar for indhold:
Ansvar for fremstilling:

Pernille M Jøndrup
Jesper Johansen/Bo Nielsen
Niels Leidecker

Tværfiler for ballasteret spor

Banenorm BN1-6-7

INDHOLD

1.	INDLEDNING	4
2.	IKRAFTTRÆDEN	4
3.	OVERGANGSBESTEMMELSER	5
4.	REFERENCER	6
5.	DEFINITIONER	8
6.	DESKRIPTORER	11
7.	ANVENDELSESOMRÅDE	11
8.	DISPENSATION	12
9.	HISTORIK	13
10.	BN1, SIKKERHEDSMÆSSIGE KRAV	14
10.1	Funktionsmæssige krav	14
10.2	Tekniske krav	14
10.2.1	<i>Minimumskrav for eksisterende tværprofiler</i>	14
10.2.2	<i>Minimumskrav i forbindelse med midlertidige udgravninger i banens tværprofil</i>	16
10.2.3	<i>Minimumskrav i forbindelse med sporfornyelse, opgraderinger og nyanlæg</i>	18
10.2.4	<i>Minimumskrav i forbindelse med brorenovering</i>	21
10.2.5	<i>Ballastmåtter</i>	21
11.	BN2, VEDLIGEHOLDELSE	23

12. BN2, SPORFORNYELSE	25
12.1 Tekniske krav	25
12.2 Geonet til forstærkning af underballastlag	31
13. BN2, OPGRADERING	32
13.1 Hastighedsforøgelse	32
13.2 Forøgelse af aksellast	32
14. BN2, BRORENOVERING	33
15. BN2, NYANLÆG	34
15.1 Etablering af ny banetracé	34
15.2 Udbygning af banetracé langs eksisterende spor	39
16. BN3, VEJLEDNING I VALG AF OVERBYGNINGSTYPE OG TVÆRPROFIL	41
17. BILAG	42
17.1 Bilag 1 Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane. (Informativt)	42
17.2 Bilag 2 Illustration af overgangszone på og omkring underføring for $200 < V \leq 250$ km/h fra projekt Ny Bane København-Ringsted. (Informativt)	43

1. INDLEDNING

Det er formålet med banenormen at sikre den nødvendige og tilstrækkelige sikkerhed og funktionalitet af banens tværprofil såvel for eksisterende sporanlæg som for nye sporanlæg.

Banenormen indeholder krav til banens tværprofil for eksisterende anlæg, i forbindelse med vedligeholdelse, ved sporfornyelse, ved opgradering, ved brorenovering samt ved nyanlæg.

Banenormen er udarbejdet i henhold til banenorm BN2-1-1 "Struktur, udseende og udvikling af Banenormer", Banedanmark, hvori normniveauerne BN1, BN2 og BN3 er defineret.

Det skal specielt bemærkes, at BN1-krav er minimumskrav, og at der som regel er fastsat skærpede BN2-krav. Disse BN2-krav skal generelt overholdes, mens BN1-krav alene må anvendes efter tilladelse i henhold til afsnit 8.

Udgivet af:

Banedanmark
Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

Fordeling:

Banenormen er tilgængelig på
Banedanmarks hjemmeside
www.bane.dk

2. IKRAFTTRÆDEN

Banenormen træder i kraft ved udgivelsen og erstatter følgende normer:

- Banenorm BN1-6-6 "Tværprofiler for ballasteret spor", udgivet d. 01.04.2016, Banedanmark.
- TM 83 "Supplerende krav til ballastprofilet for spor med toblok sveller", udgave 2, d. 05.02.2021, Banedanmark.

3. OVERGANGSBESTEMMELSER

Der gælder følgende overgangsbestemmelser for afsnit 10.2.5. Overgangsbestemmelserne er gældende fra udgivelsesdatoen af denne banenorm og indtil d. 31.12.2024:

- Såfremt minimumskrav for B_t overholdes via anvendelse af en ballastmåtte i henhold til henvisning 8 og 13 til figur 10.2.3-2, eller der anvendes ballastmåtte i henhold til krav i afsnit 10.2.4 og 14, skal denne ballastmåtte være testet og godkendt i henhold til krav i DIN 45673-5:2010 [20] og have egenskaber som anført i figur 3-1:

Figur 3-1 Krav til fysiske egenskaber for ballastmætter	
Parameter	Interval
Samlet tykkelse	$\leq 30 \text{ mm}$
Dynamisk stivhedsmodul	$0,09 \leq C_{\text{dyn}} < 0,22 \text{ N/mm}^3$
Tillæg til sporets lodrette nedbøjning ved $A \leq 22,5 \text{ tons}$ ¹⁾	0,5 – 1,0 mm

1: Dokumenteres via statisk beregning og/eller ved måling under passage ved en hastighed på $V \leq 10 \text{ km/h}$. Ballastmætter tillades anvendt i hele banenormens anvendelsesområde jævnfør afsnit 7.

Der gælder følgende overgangsbestemmelser for afsnit 12.1. Overgangsbestemmelserne er gældende fra udgivelsesdatoen af denne banenorm og indtil d. 31.12.2026:

- Den trekantformede underballastkile, som angivet på figur 12.1-1, skal have en længde på mindst 5,0 m.

Der gælder følgende overgangsbestemmelser for afsnit 15.1 og afsnit 15.2. Overgangsbestemmelserne er alene gældende for Ringsted-Femern-projektet og Storstrømsbro-projektet og gælder fra udgivelsesdatoen af denne banenorm og indtil afslutningen af dette projekt:

- Ved nyanlæg gælder for hoved- og togvejsspor, hvor hastigheden er $V \leq 160 \text{ km/h}$, følgende minimumskrav: $B_t = 0,35 \text{ m}$ og $U_t = 0,20 \text{ m}$.
- Ved nyanlæg gælder for hoved- og togvejsspor, hvor hastigheden er $160 < V \leq 200 \text{ km/h}$, følgende minimumskrav: $U_t = 0,30 \text{ m}$.
- Ved nyanlæg gælder for hoved- og togvejsspor, hvor hastigheden er $V \leq 200 \text{ km/h}$, ingen krav relateret til stivheden målt på oversiden af planum.
- Ved nyanlæg gælder for hoved- og togvejsspor, hvor hastigheden er $V \leq 200 \text{ km/h}$, krav i figur 15.2-1 og figur 15.2-2.

4. REFERENCER

Nogle steder henviser banenormen til andre bestemmelser. Enten skrives [bestemmelsens navn] eller en reference [referencenr.]. Betydningen af referencen kan læses nedenfor. Hvis der ikke er nævnt andet, gælder sidst udsendte version af det dokument, der henvises til.

Kommende normer er angivet i parentes (rund). Referencer til kommende normer er først gyldige, når pågældende norm er trådt i kraft.

Med mindre andet er nævnt gælder, at referencer er normative på BN1- eller BN2-niveau afhængig af den sammenhæng, de optræder i.

- [1] Banenorm BN1-38 "Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer", Banedanmark.
- [2] Banenorm BN1-59 "Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner", Banedanmark.
- [3] Banenorm BN1-105/BN1-106 "Fjernbanens KørestrømsInstruks FKI (gælder ikke SICAT-anlæg)/S-banens KørestrømsInstruks SKI", Banedanmark.
- [4] TM 82 "Driftsinstruks for kørestrømsanlægget på strækningen (Lunderskov)-Esbjerg", TM 88 "Kørestrømsinstruktion for kørestrømsanlægget på strækningen Køge N – Næstved", TM 89 "Kørestrømsinstruktion for kørestrømsanlægget på strækningen Vigerslev – Ringsted" og TM 100-1 "Kørestrømsinstruktion for kørestrømsanlægget på strækningen Ringsted – Vordingborg", Banedanmark. (Fremtidig banenorm BN1-214 "FKI Kørestrømsinstruks for SICAT kørestrømsanlæg (KI-SICAT)").
- [5] Banenorm BN2-4 "Ballastlaget, vedligeholdelse og fornyelse", Banedanmark.
- [6] Sporregler 1987, Banedanmark.
- [7] Banenorm BN2-5 "Ballast- og jordprøvetagning i sporkassen", Banedanmark.
- [8] Banenorm BN2-19 "Ballast og underballast. Materialekrav", Banedanmark.
- [9] Banenorm BN1-11 "Afvanding af sporarealer", Banedanmark.
- [10] Banenorm BN1-13 "Ledningsanlæg på Banedanmarks arealer", Banedanmark.
- [11] Banenorm BN2-93 "Absolut beliggenhed og fast afmærkning af sporets tracé", Banedanmark.
- [12] TM 62 / 01.03.2014 "Geotekniske regler knyttet til tværprofiler for ballasteret spor", Banedanmark. (Fremtidig banenorm BN1-185 "Underbygning. Krav til beliggenhed", Banedanmark.)
- [13] TM 62 / 01.03.2014 "Geotekniske regler knyttet til tværprofiler for ballasteret spor", Banedanmark. (Fremtidig banenorm BN1-188 "Beregningsforskrift for underbygninger, skråninger og jordkonstruktioner", Banedanmark.)
- [14] TM 63 / 01.03.2014 "Afstivning af spor", Banedanmark. (Fremtidig revideret banenorm BN1-59 "Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner", Banedanmark.)

- [15] Banenorm BN1-154 "Sporafstand og frispormærker", Banedanmark.
- [16] Vejregler: "Almindelig arbejdsbeskrivelse (ABB). Stabilt grus. Udbud.", Vejdirektoratet, Vejreglerrådet.
- [17] Vejregler: "Almindelig arbejdsbeskrivelse (AAB). Bundsikring af sand og grus. Udbud.", Vejdirektoratet, Vejreglerrådet.
- [18] DS/EN 14363:2016+A1:2018 "Railway applications – Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Running Behaviour and stationary tests", CEN.
- [19] Banenorm BN1-66 "Langskinnesor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor", Banedanmark.
- [20] DIN 45673-5:2010 "Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 5: Labor-Prüfverfahren für Unterschottermatten", Deutsches Institut für Normung.
- [21] Pjece: "Pas på, på banen", Banedanmark.
- [22] DS/EN 13250:2016 "Geotextiler og geotextilrelaterede produkter – Krævede egenskaber i forbindelse med konstruktion af jernbaner", CEN.
- [23] Vejregler: "Almindelig arbejdsbeskrivelse (AAB) for hydraulisk bundne bærelag. Udbud", Vejdirektoratet, Vejreglerrådet.
- [24] DS/EN 16432-2:2017 "Jernbaner – Ikke ballasterede spor-systemer – Del 2: Systemprojektering, delsystemer og komponenter", CEN.
- [25] DIN 18134:2012-04 "Baugrund – Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch" Deutsches Institut für Normung.

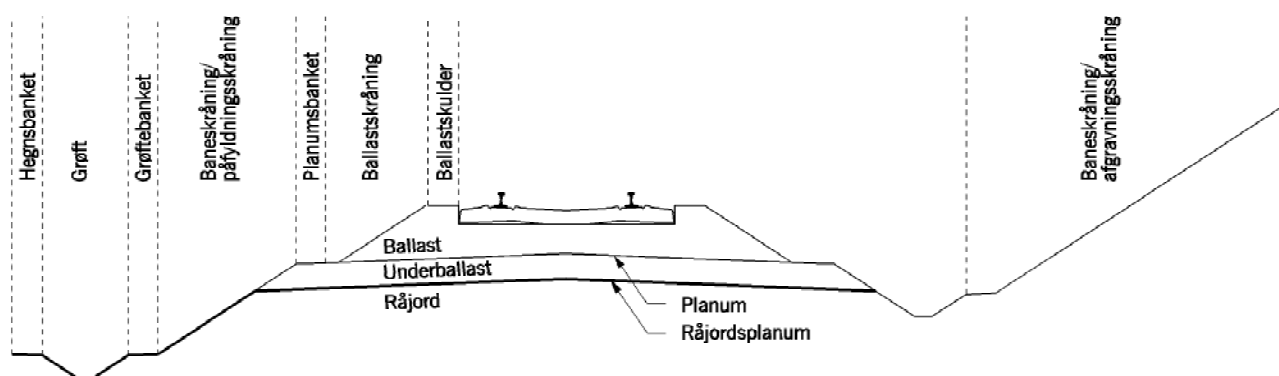
Henviſning til "Normaltegning blad nr. xxxx" refererer til Banedanmarks sportekniske normaltegningssystem.

5. DEFINITIONER

I banenormen gælder følgende definitioner:

Nr.	Betegnelse	Definition
5.01	Ballast	Betegnelse for den del af et tværprofil, som svellerne er placeret i. Ballasten består af skærver eller grus.
5.02	Ballastmåtte	Måtte af elastisk materiale, som kan placeres nederst i ballastlaget med henblik på at øge elasticiteten i ballastlaget.
5.03	Baneskråning	Dæmningsskråning/påfyldningsskråning eller afgravningsskråning.
5.04	Hovedspor	Det eller de spor, der forbinder to nabostationer.
5.05	Hyppige sporjusteringer	Lokaliteter, hvor forhold i tværprofilen giver anledning til et behov for sporjustering hvert 3. år eller hyppigere for $V \leq 200$ km/h og hvert 2,5 år eller hyppigere for $200 < V \leq 250$ km/h for at overholde kravene i henhold til BN1-38 [1].
5.06	Nyanlæg	Udførelse af ny banetracé eller udbygning af eksisterende banetracé.
5.07	Opgradering	Betegnelse for hastighedsforøgelse eller forøgelse af aksellasten.
5.08	Overbygning	Den del af tværprofilen, hvis underste begrænsning er råjordsplanum. Overbygningen består af underballast, ballast, sveller, skinner og befæstelsesdele.
5.09	Planum	Overkant af underballast.
5.10	Råjordsplanum	Grænsen mellem underballast og den underliggende råjord.
5.11	Sidespor	Spor, der ikke er hoved- eller togvejsspor.
5.12	Skråningsanlæg	Skråningens projektion på vandret akse divideret med skråningens projektion på lodret akse.
5.13	Sporfornyelse	Fornyelse eller ballastrensning af skærvelag undtagen i forbindelse med broreoveringsopgaver, fornyelse af underballastlag, svelleudveksling med udstrækning større end 100 m, fornyelse af hele sporkonstruktionen eller sporsænkning.
5.14	Togvejsspor	De spor på en station, hvorfra henholdsvis hvortil der kan stilles signal for ind-, ud- eller gennemkørsel.
5.15	Underballast	Betegnelse for den del af et tværprofil, som ligger umiddelbart under ballastlaget. Underballasten består typisk af grus.

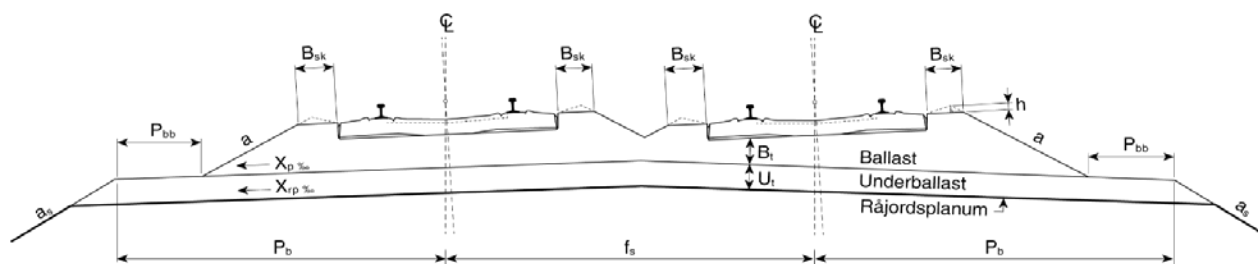
- 5.16 Underbygning Jordlegeme, hvis øverste begrænsning er råjordsplanum.
- 5.17 Uroligt spor Lokalteter, hvor der er behov for midlertidige hastighedsnedsættelser eller sporjusteringer flere gange inden for 1 år for at overholde grænseværdierne i fejlklasse Max iht. BN1-38 [1].



Figur 5-1. Principtegning for tværprofil med betegnelser

I banenormen gælder følgende symboler:

Symbol	Definition
A	Maksimal statisk aksellast i sporet [ton].
a	Anlæg af ballastskråning i forhold til vandret.
a _s	Anlæg af baneskråning i forhold til vandret.
B _{sk}	Ballastskulderens bredde målt fra oversiden af svællende til ballastens øverste skråningskant parallelt med SO-planet [m].
B _t	Ballastlagets tykkelse under svælleunderside målt i et lodret snit under den af de to skinnestreng, hvor tykkelsen er mindst [m].
f _s	Sporafstand [m].
h	Højde af ballastskulder over svælleoverkant målt vinkelret på SO-planet [m].
L	Længde af svælle [mm].
L _{oz}	Længde af overgangszone [m].
P _b	Planumsbredde baseret på at ballastlaget netop har den krævede minimumstykkelse B _t for den relevante projekttype (sporfornyelse, opgradering, brorenovering og nyanlæg) og det relevante banenormsniveau [m].
P _{bb}	Planumsbanketbredde [m].
T	Bruttotonbelastning [bruttoton togvægt].
U _t	Underballastens tykkelse [m].
V	Maksimal hastighed i sporet [km/h].
X _p	Hældning af planum [o/oo].
X _{rp}	Hældning af råjordsplanum [o/oo].



Figur 5-2. Principtegning for tværprofil med symboler

6. DESKRIPTORER

Afgravning, afvanding, aksellast, ballast, ballastmåtte, ballastrensning, ballastskulder, ballast-skærver, bro, brorenovering, dæmning, frost, hastighedsforøgelse, hyppige sporjusteringer, nyanlæg, opgradering, overflademodul E_{V2} , overgangszone, planum, planumskæbet, råjordsplanum, sideforskydningsmodstand, skråning, skærver, spor, sporfornyelse, sporombygning, sporskifte, sporsænkning, svelleudveksling, tværprofil, udgravning, underballast, vedligeholdelse.

7. ANVENDELSESOMRÅDE

Banenormen gælder for alle i drift værende spor under Banedanmarks ansvar som infrastrukturforvalter, hvor der tillades følgende kombinationer af hastighed samt aksellast:

- Hastighed $V \leq 100$ km/h samt aksellast $A \leq 25,0$ tons.
- Hastighed $100 < V \leq 250$ km/h samt aksellast $A \leq 22,5$ tons.

Banenormen er gældende for sporkonstruktioner, hvor der anvendes træsveller med længde på 2600 mm eller betonsveller med længde på mindst 2200 mm og maksimalt 2600 mm eller stålsveller. Banenormen er endvidere gældende for sporskifter med træ- eller betonsveller med længde på mindst 2020 mm og maksimalt 5500 mm.

Banenormen skal anvendes:

- I forbindelse med vedligeholdelse af eksisterende tværprofiler.
- Ved midlertidige udgravninger i eksisterende tværprofiler.
- Ved sporfornyelse, opgradering, brorenovering og nyanlæg.

Hvor et infrastrukturarbejde under anvendelsesområdet for en eller flere TSI'er udgør et nyanlæg, en opgradering eller en fornyelse, som defineret i Interoperabilitetsdirektivet, skal relevante TSI-krav følges.

Note 7-1

Banedanmark vurderer, at relevante TSI-krav for banenormen er overholdt i denne version, hvilket skal bekræftes af et notified body for projekter, der er omfattet af TSI-krav.

Proces for ændringer i infrastrukturen fremgår af Banedanmarks ledelsessystem, hvor til der henvises.

8. DISPENSATION

Proces for dispensation fra tekniske regler fremgår af Banedanmarks ledelsessystem, hvor til der henvises.

Tilladelse til afvigelse fra BN2-krav gives ikke generelt, men kun lokalt, f.eks. omkring broer, ved sporskifter, perroner og i lignende tilfælde. Denne tilladelse gives kun, såfremt overholdelse af disse regler vil være umulig eller give meget væsentlige konsekvenser, og der ikke sker en forøget risiko for frostproblemer i forhold til eksisterende niveau.

Tilladelse til afvigelse på op til 0,10 m fra mindstekrav til ballastskulderbredden for $V \leq 160$ km/h i henhold til figur 10.2.1-2 og figur 11-2 gives kun af den normansvarlige chef i Banedanmark, og kun såfremt ballastskulderen forhøjes med det samme antal cm, se illustration i figur 10.2.1-1. Tilladelsen forudsætter endvidere:

- Registrering af, hvor der skal være forhøjet ballastskulder.
- Sikring af, at der ved sporjustering og andre sporvedligeholdelsesarbejder ikke sker en forringelse af den forhøjede ballastskulder.
- Sikring af, at der ved både de månedlige og ved de årlige linjesyn medbringes oplysninger om, hvor der skal være forhøjet ballastskulder.
- Øjeblikkelig retablering af den forhøjede ballastskulder, hvis det konstateres, at den ikke er som foreskrevet.

9. HISTORIK

De væsentligste ændringer i banenormen i forhold til den tidligere version (BN1-6-6) er følgende:

- "Større ombygninger" er ændret til "sporfornyelse"
- Definition af planumsbredde er præciseret
- Definition af hyppige sporjusteringer er indført
- Principtegning og illustrationer er præciseret, så der også vises forhøjet ballastskulder samt mål for parameteren h vinkelret på SO-planet
- Krav fra TM83 for toblok sveller er indarbejdet
- Krav vedrørende fordeling af lagtykkelser B_t og U_t for sidespor er ajourført
- Krav for planumsbredde ved dæmnings- og banketudvidelse samt i forbindelse med sideflytning af spor er præciseret
- Mulighed for knæpunkt af planum under spormidten for enkeltsporede baner er udgået på BN2-niveau
- Krav til ballastmætter er ajourført
- Krav til ballastskulderbredde for træsveller er ajourført på BN2-niveau
- Krav om forbedringer ved sporfornyelse og opgradering på steder med hyppige sporjusteringer er ajourført
- Krav om sænkning af ballastoverside i sporskifter indføres for $160 < V \leq 250$ km/h
- Krav for overgangszoner ved underføringer ved sporfornyelse er ajourført
- Krav for overgangszoner mellem eksisterende og nyt underballastlag ved sporfornyelse ved maskinel fornyelse er indført
- Krav om overgangszoner ved sporfornyelse er udgået for korte sporstykker samt generelt for sidespor
- Note med vejledning om ballasttykkelser i transversaler er indført
- Note med information om muligheder ved sideflytninger større end 0,2 m er indført
- Krav for overgangszoner ved nyanlæg er indført
- Krav for lagtykkelser ved nyanlæg, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h, er ajourført
- Krav for stivheden på overside planum (Overflademodul E_{v2}) er indført
- Krav for underballast, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, er ajourført
- Ny mulighed for opbygning af tværprofil ved udbygning til dobbeltspor, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h, er indført
- Vejledning for valg af overbygningstype og tværprofil er ajourført

10. BN1, SIKKERHEDSMÆSSIGE KRAV

10.1 Funktionsmæssige krav

Tværsnittet skal have en funktion, der sikrer:

- At forudsætningerne er til stede for, at sporbeliggenheden til enhver tid kan overholde kravene i BN1-38 [1].
- At forudsætningerne er til stede for, at sporet til enhver tid kan optage dels kræfterne fra det rullende materiel i henhold til kravene i DS/EN 14363:2016+A1:2018 [18] dels temperaturkræfterne i langskinnespor i henhold til kravene i BN1-66 [19].

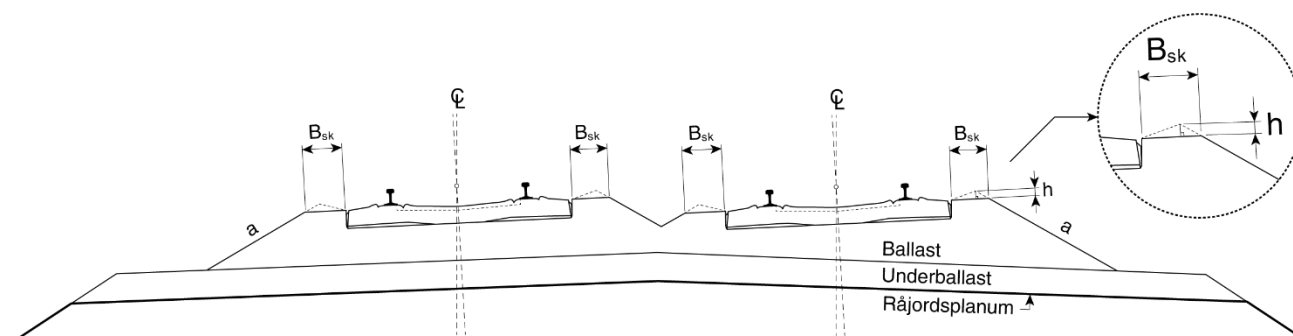
10.2 Tekniske krav

10.2.1 Minimumskrav for eksisterende tværprofiler

Det skal specielt bemærkes, at nedenstående BN1-krav er minimumskrav, og at der er fastsat skærpede BN2-krav i henhold til afsnit 11, 12, 13, 14 og 15. Disse BN2-krav skal generelt overholdes, mens nedenstående BN1-krav alene må anvendes efter tilladelse i henhold til afsnit 8.

Minimumskrav til tværprofiler fremgår af figur 10.2.1-1 og 10.2.1-2. Kravene er gældende for både enkelt-, dobbelt- og flersporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog kan udelades. Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane fremgår af bilag 1.

Minimumskravene skal til enhver tid være opfyldt, med mindre der er tale om midlertidige udgravninger i banens tværprofil. Betingelser for midlertidige udgravninger fremgår af afsnit 10.2.2.



Figur 10.2.1-1 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

Figur 10.2.1-2 Minimumskrav til tværprofiler

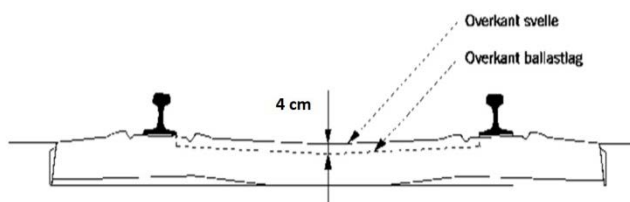
Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for hoved- og togvejsspor		
		$V \leq 160$ km/h	$160 < V \leq 200$ km/h	$200 < V \leq 250$ km/h
Ballastskulderens bredde (B_{sk}) ¹⁾	0,30 m	0,40 m ²⁾	0,50 m ⁴⁾	0,50 m
Anlæg af ballastskråning (a) ¹⁾⁺³⁾	1,25	1,25	1,25	1,25

- 1: Ved en stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast konstruktion, der som minimum har en højde svarende til overkanten af svellen, tillades bredden af ballastskulderen reduceret indtil $B_{sk} = 0,20$ m, og anlægget af ballastskråningen tillades lodret.
- 2: For langskinnespør beliggende i øvrige togvejsspor ($V > 40$ km/h), gennemgående togvejsspor og hovedspor med 60 kg/m-skinner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til $h = 0,10$ m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er $R < 400$ m, b) Monoblokbetonsveller af typen S16/B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er $R < 325$ m, c) Træsveller med overbygning Cr og Cf når radius i cirkelbuer er $R < 560$ m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1.
- 3: På stationsområder, hvor det omgivende terræn er beliggende i niveau med overkanten af svellerne, tillades anlægget af ballastskråningen lodret.
- 4: Værdien er gældende for spor med træsveller. For spor med betonsveller er værdien mindst $B_{sk} = 0,40$ m.

Hvis der anvendes forhøjet ballastskulder, skal der foretages følgende:

- Registrering af, hvor der skal være forhøjet ballastskulder.
- Sikring af, at der ved sporjustering og andre sporvedligeholdelsesarbejder ikke sker en forringelse af den forhøjede ballastskulder.
- Sikring af, at der ved både de månedlige og ved de årlige linjesyn medbringes oplysninger om, hvor der skal være forhøjet ballastskulder.
- Øjeblikkelig retablering af den forhøjede ballastskulder, hvis det konstateres, at den ikke er som foreskrevet.

Ballastlagets overkant i området mellem sveller og skinner må maksimalt være sænket 4 cm under overkanten af svellerne, som illustreret på figur 10.2.1-3.



Figur 10.2.1-3 Illustration af sænket ballastlag mellem sveller og skinner

I forbindelse med kontrol af tværstangen på Banedanmarks to-blok sveller af typen Rs, Sl, Slg eller S75 tillades overkanten af ballastlaget mellem hver af de to blokke på to-bloksvellerne sænket indtil halvdelen af svellehøjden. Dette kræver dog, at ballastskulderen i begge sider af sporet er forhøjet til $h = 0,10$ m samtidig med, at bredden af ballastskulderen er mindst $B_{sk} = 0,40$ m for hastighedsintervallet $V \leq 200$ km/h og mindst $B_{sk} = 0,50$ m for hastighedsintervallet $200 < V \leq 250$ km/h.

For S-baner, hvor der er ret spor eller kurver med $R \geq 400$ m i kombination med monoblok betonsveller af typen S89, S99, SP90 og B70, tillades overkanten af ballastlaget i området mellem sveller og skinner sænket indtil halvdelen af svellehøjden. Dette kræver dog, enten at bredden af ballastskulderen er mindst $B_{sk} = 0,50$ m, eller at ballastskulderen i begge sider af sporet er forhøjet til $h = 0,10$ m.

Ballastlagets overkant uden for skinnerne mellem svellerne og ved ballastskuldrene skal følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.

For spor med tobloksveller og $V \leq 180$ km/h tillades ballastlagets overkant uden for skinnerne mellem svellerne og ved ballastskuldrene sænket $\leq 0,05$ m i forbindelse med udførelse af sporjustering, idet der gælder følgende vilkår:

- I forbindelse med sporjustering skal anvendes ballastskuldervibrator.
- I forbindelse med sporjustering skal ballastskulderens bredde være mindst $B_{sk} = 0,55$ m for hastighedsintervallet $160 < V \leq 180$ km/h. Alternativt skal hastigheden reduceres til 160 km/h, indtil sporet har været belastet med mindst 50.000 tons togvægt.
- At sporet er ret eller har en kurveradius på $R \geq 400$ m.

Hvis der konstateres uroligt spor, og dette ikke skyldes afvandingen, jævnfør krav i BN1-11 [9], eller vedligeholdelsen af ballastlaget, jævnfør krav i BN2-4 [5], skal lagtykkelserne B_t og U_t for det urolige spor undersøges, og krav i figur 10.2.3-2 sikres overholdt.

Note 10.2.1-1

Uroligt spor kan være en konsekvens af urolig underbygning. For krav i relation til urolig underbygning henvises til TM 62 [12].

10.2.2 Minimumskrav i forbindelse med midlertidige udgravninger i banens tværprofil

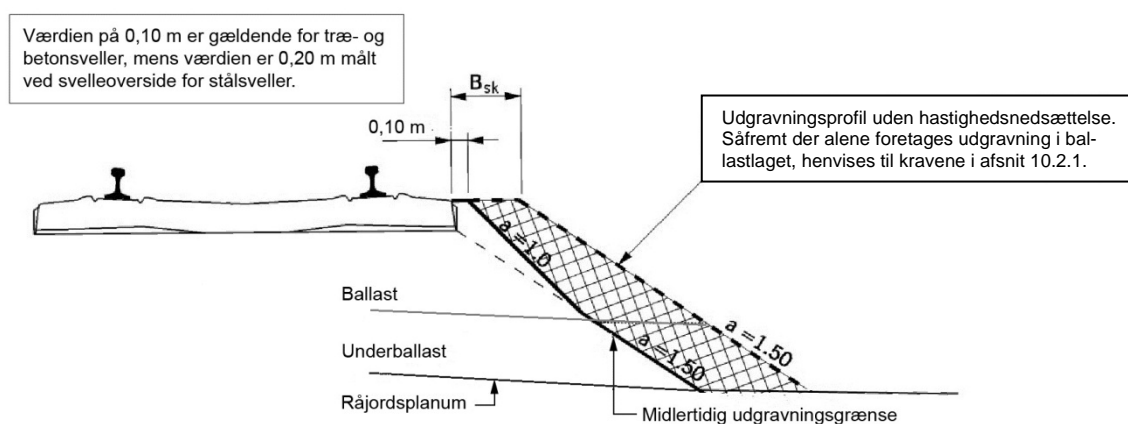
Figur 10.2.2-1 angiver minimumskrav til tværprofiler vedr. ballastskulderens bredde og anlæg af ballastskråning over råjordsplanum i forbindelse med midlertidige udgravninger.

Såfremt minimumskrav i figur 10.2.2-1 ikke kan overholdes, skal udgravningen foretages i sporspærring, eller sporet skal afstives i henhold til krav i TM 63 [14].

Note 10.2.2-1

Med hensyn til krav for udgravninger under råjordsplanum henvises til krav i TM 62 [12]. Med hensyn til krav for udgravning i nærheden af eller i relation til:

- Broer og andre konstruktioner henvises til krav i BN1-59 [2].
- Skråninger og jordkonstruktioner henvises til krav i TM 62 [12] og TM 62 [13].
- Køreledningsmaster henvises til krav i BN1-105/BN1-106 [3] og TM 82/TM 88/TM 89/TM 101-1 [4].
- Afvandingsanlæg herunder dræn henvises til krav i BN1-11 [9].
- Ledningsanlæg henvises til krav i BN1-13 [10].



Figur 10.2.2-1 Minimumskrav til tværprofiler i forbindelse med midlertidige udgravninger

Spor beliggende i kurver med radius $R \leq 1000$ meter skal spærres i forbindelse med udgravninger i det skraverede felt på figur 10.2.2-1.

For spor beliggende på ret spor eller i kurver med radius $R > 1000$ meter, tillades der midlertidigt udgravning i det skraverede felt på figur 10.2.2-1, såfremt alle nedennævnte krav er opfyldt:

- Hastigheden skal nedsættes i henhold til kravene i figur 10.2.2-2. Ved udgravning i det skraverede areal i henhold til figur 10.2.2-1 skal tilstanden være kortvarig og maksimalt et døgn.
- Det angivne udgravningsprofil må kun anvendes, når der er truffet foranstaltninger til at imødekomme eventuelle temperaturkræfter.
- Der skal foretages en stadig overvågning af sporets stabilitet, da stabiliteten er reduceret ved udgravningen.

Note 10.2.2-2

Med hensyn til imødekomme af foranstaltninger vedr. temperaturkræfter henvises specielt til kravene i BN1-66 [19] og Sporregler 1987 [6] vedrørende spor i varmt vejr.

Figur 10.2.2-2 Maksimal hastighed i forbindelse med midlertidig udgravning

Udgravningslængde	Maksimal hastighed
≤ 10 m	80 km/h
> 10 m	40 km/h

I forbindelse med en midlertidig udgravning i banens tværprofil gælder, at største tilladelige hastighed efter afsluttet arbejde skal fastsættes ud fra kravene "Efter vedligeholdelsesjustering" i BN1-38 [1].

10.2.3 Minimumskrav i forbindelse med sporfornyelse, opgraderinger og nyanlæg

Det skal specielt bemærkes, at nedenstående BN1-krav er minimumskrav, og at der for flere elementer er fastsat skærpede BN2-krav i henhold til afsnit 12, 13 eller 15. Disse BN2-krav skal generelt overholdes, mens nedenstående BN1-krav alene må anvendes efter tilladelse i henhold til afsnit 8.

Sporfornyelse, opgraderinger og nyanlæg skal udføres således, at de funktionsmæssige krav i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

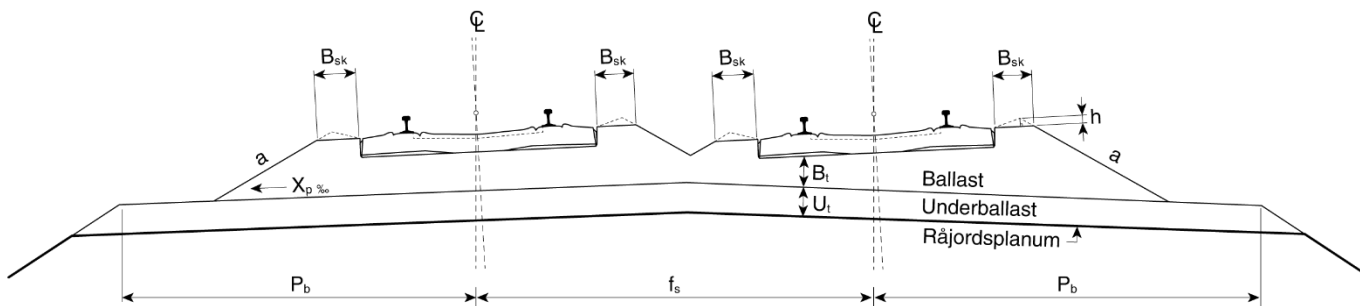
I forbindelse med udførelse af sporfornyelse, opgraderinger og nyanlæg skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan. På strækninger, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, skal overkanten af ballastlaget i området mellem sveller og skinner dog sænkes 4 cm under overkanten af svellerne som illustreret på figur 10.2.1-3.

Ved sporfornyelse og nyanlæg fremgår minimumsmålne for tværprofiler af figur 10.2.3-1 og 10.2.3-2. Kravene til tværprofiler er gældende for både enkelt-, dobbelt- og flersporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog tillades udeladt. Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane fremgår af bilag 1. For enkeltsporede baner tillades knækpunkterne i planum og råjordsplanum dog placeret under spormidten.

Forud for sporfornyelse skal det eksisterende ballastprofil undersøges. Dette med henblik på at kunne gøre de nødvendige tiltag i projekteringsfasen for at overholde kravene i henhold til figur 10.2.3-1 og 10.2.3-2.

Såfremt hastigheden forøges fra $V \leq 120$ km/h til $120 < V \leq 160$ km/h, fra $V \leq 160$ km/h til $160 < V \leq 200$ km/h eller fra $V \leq 200$ km/h til $200 < V \leq 250$ km/h, gælder kravene anført i figur 10.2.3-2.

Såfremt aksellasten forøges fra $A \leq 22,5$ tons til $22,5 < A \leq 25,0$ tons på strækninger, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h, gælder kravene anført i figur 10.2.3-2.



Figur 10.2.3-1 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

Figur 10.2.3-2 Krav til tværprofiler ved sporfornyelse, opgraderinger og nyanlæg

Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for hoved- og togvejsspor		
		$V \leq 160$ km/h	$160 < V \leq 200$ km/h	$200 < V \leq 250$ km/h
Ballastskulderens bredde (B_{sk}) ¹⁾	0,30 m	0,40 m ¹⁰⁾	0,55 m ⁹⁾	0,50 m
Anlæg af ballastskråning (a) ¹⁺³⁾	1,5	1,5	1,5	1,5
Ballastens tykkelse (B_t)	0,25 m ⁷⁺⁸⁺¹²⁾	0,30 m ⁷⁺⁸⁺¹³⁾	0,30 m ⁸⁾	0,35 m
Underballastens tykkelse (U_t) ²⁾	0,15 m ¹¹⁾	0,15 m ¹¹⁾	0,25 m	0,30 m
Planumsbredde (P_b) ³⁾	3,00 m ⁴⁺⁵⁾	3,00 m ⁴⁺⁵⁾	3,00 m ⁴⁾	3,80 m
Hældning af planum (X_p) ⁶⁾	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo

- Ved en stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast konstruktion, der som minimum har en højde svarende til overkanten af svellen, tillades bredden af ballastskulderen reduceret indtil $B_{sk} = 0,20$ m, og anlægget af ballastskråningen tillades lodret.
- For betonsveller er værdien baseret på en nominal svellelængde $2500 \leq L \leq 2600$ mm. For betonsveller med $L < 2500$ mm gælder, at værdien i figuren skal forøges med mindst $(2500 - L)/2$. Dette er dog ikke gældende for sporskifter.
- På stationsområder, hvor det omgivende terræn er beliggende i niveau med overkanten af svellerne, tillades anlægget af ballastskråningen lodret, og planumsbredden tillades reduceret til $P_b = 1,6$ m for sidespor og $P_b = 2,7$ m for hoved- og togvejsspor.
- På den udvendige side i kurver, hvor overhøjden er 5 - 80 mm og 85 - 160 mm, skal værdien være mindst henholdsvis 0,15 m og 0,30 m større.
- Værdien er gældende ved nyanlæg og på steder, hvor der ved indgreb i planum foretages planumsudvidelse. På øvrige steder gælder, at værdien er 2,70 m, såfremt den eksisterende planumsbredde ved ændring af sporets placering reduceres med maksimalt 0,05 m, forbliver uændret eller øges.
- Værdien er alene gældende ved fornyelse af hele ballastlaget eller nyanlæg dog ekskl. spor på sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner. I forbindelse med fornyelse på eksisterende sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner gælder, at eksisterende hældning af planum tillades bibeholdt, mens der ved nye sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner henvises til kravene i BN1-59 [2] vedr. fald af hensyn til afvanding. Hvis ikke der er anført specifikke krav for denne parameter i BN1-59 [2], er værdien 20 o/oo gældende.
- For spor, hvor hastigheden er $V \leq 120$ km/h, aksellasten $A \leq 22,5$ tons og belastningen er $T \leq 2$ mio. bruttoton togvægt årligt, tillades ballastens tykkelse reduceret indtil $B_t \geq 0,20$ m, såfremt det samlede bærelags tykkelse er $B_t + U_t \geq 0,40$ m.
- For sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner tillades ballastens tykkelse reduceret indtil $B_t \geq 0,20$ m for spor med beton- eller træsveller, såfremt en del af dette ballastlag består af en ballastmåtte, der overholder kravene i afsnit 10.2.5.
- Værdien er gældende for spor med monoblokbetonsveller. For spor med træsveller er værdien mindst $B_{sk} = 0,50$ m og for to-blok betonsveller er værdien mindst $B_{sk} = 0,40$ m.
- For langskinnespor beliggende i øvrige togvejsspor ($V > 40$ km/h), gennemgående togvejsspor og hovedspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til $h = 0,10$ m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er $R < 400$ m, b) Monoblokbetonsveller af typen S16/B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er $R < 325$ m, c) Træsveller med overbygning Cr og Cf når radius i cirkelbuer er $R < 560$ m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1
- Værdien er gældende for spor med aksellast $A \leq 22,5$ tons. For spor med aksellast 22,5 tons $< A \leq 25,0$ tons skal værdien være mindst 0,07 m større.
- For eksisterende ballasttykkelse $< 0,25$ m tillades den eksisterende ballasttykkelse bibeholdt, såfremt der alene er tale om en svelleudveksling eller en fornyelse af hele sporstrukturen.
- For sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor hastigheden er $V \leq 120$ km/h tillades ballastens tykkelse reduceret indtil $B_t \geq 0,25$ m for stålsveller, såfremt en del af dette ballastlag består af en ballastmåtte, der overholder kravene i afsnit 10.2.5.

10.2.4 Minimumskrav i forbindelse med brorenovering

Det skal specielt bemærkes, at nedenstående BN1-krav er minimumskrav, og at der for flere elementer er fastsat skærpede BN2-krav i henhold til afsnit 12, 13 eller 14. Disse BN2-krav skal generelt overholdes, mens nedenstående BN1-krav alene må anvendes efter tilladelse i henhold til afsnit 8.

Brorenovering skal udføres således, at de funktionsmæssige krav i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

I forbindelse med udførelse af en brorenovering skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan. På strækninger, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, skal overkanten af ballastlaget i området mellem sveller og skinner dog sænkes 4 cm under overkanten af svellerne, som illustreret på figur 10.2.1-3.

Ved en brorenovering fremgår minimumsmålene for tværprofiler for så vidt angår ballastskulderens bredde (B_{sk}), Anlæg af ballastskråning (a) og Ballastens tykkelse (B_t) af figur 10.2.3-1 og 10.2.3-2.

Forud for en brorenovering skal det eksisterende ballastprofil undersøges. Dette med henblik på at kunne gøre de nødvendige tiltag i projekteringsfasen for at overholde minimumskravene for B_{sk} , a og B_t i henhold til figur 10.2.3-2.

For eksisterende ballasttykkelse mindre end 0,20 m tillades den eksisterende ballasttykkelse bibeholdt, såfremt en del af ballastlaget består af en ballastmåtte, der overholder kravene i afsnit 10.2.5.

10.2.5 Ballastmætter

Såfremt minimumskrav for B_t overholdes via anvendelse af en ballastmåtte i henhold til henvisning 8 og 13 til figur 10.2.3-2, eller der anvendes ballastmåtte i henhold til krav i afsnit 10.2.4 og 14, skal denne ballastmåtte være testet og godkendt i henhold til krav i DIN 45673-5:2010 [20] og have egenskaber svarende til anvendelse til ballastbeskyttelse som anført i figur 10.2.5-1:

**Figur 10.2.5-1 Krav til fysiske egenskaber for ballastmætter
 anvendt til ballastbeskyttelse**

Parameter	Interval	
Samlet tykkelse	≤ 30 mm	
Statisk stivhedsmodul	V ≤ 160 km/h	0,06 < C _{stat} ≤ 0,15 N/m ³
	160 < V ≤ 250 km/h	0,10 < C _{stat} ≤ 0,15 N/m ³
Dynamisk stivhedsmodul (0 < f ≤ 40 Hz)	0,09 ≤ C _{dyn} < 0,22 N/mm ³	
Forholdet C _{dyn} /C _{stat}	1 < C _{dyn} /C _{stat} < 3 ved f = 40 Hz	
Tillæg til sporets lodrette nedbøjning ved A ≤ 22,5 tons ¹⁾	V ≤ 160 km/h	0,5 – 2,0 mm
	160 < V ≤ 200 km/h	0,5 – 1,5 mm
	200 < V ≤ 250 km/h	0,5 – 1,0 mm

1: Dokumenteres via statisk beregning og/eller ved måling under passage ved en hastighed på V ≤ 10 km/h. Ballastmætter tillades anvendt i hele banenormens anvendelsesområde jævnt for afsnit 7.

Ballastmåtten skal endvidere være testet for dens udmattelsesmæssige egenskaber i ballasteret spor svarende til den projekterede aksellast og måttens levetid. Testen skal dokumentere, at ballastmåttens overflade ikke beskadiges, og at ændringen i det statiske stivhedsmodul < 10 %.

Note 10.2.5-1

Ballastmætter anvendes i henhold til litteraturen til løsning af flere typer af tekniske problemer, bl.a. vibrationsdæmpning, til forlængelse af ballastens levetid eller til etablering af overgangszoner ved spring i underbygningens stivhed. Krav for ballastmætter i nærværende banenorm er primært relateret til forlængelse af ballastens levetid i forbindelse med reduceret ballasttykkelse.

11. BN2, VEDLIGEHOLDELSE

Vedligeholdelsen af tværprofiler skal foretages således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 til enhver tid er opfyldt.

Note 11-1

Med hensyn til vedligeholdelsesmæssige krav til ballastlaget henvises endvidere til kravene i BN2-4 [5].

Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav, idet midlertidige udgravninger dog kun kræves udført i henhold til afsnit 10.2.2.

I forbindelse med udførelse af sporjusteringer skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan. På strækninger, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, skal overkanten af ballastlaget i området mellem sveller og skinner dog sænkes 4 cm under overkanten af svellerne, som illustreret på figur 10.2.1-3.

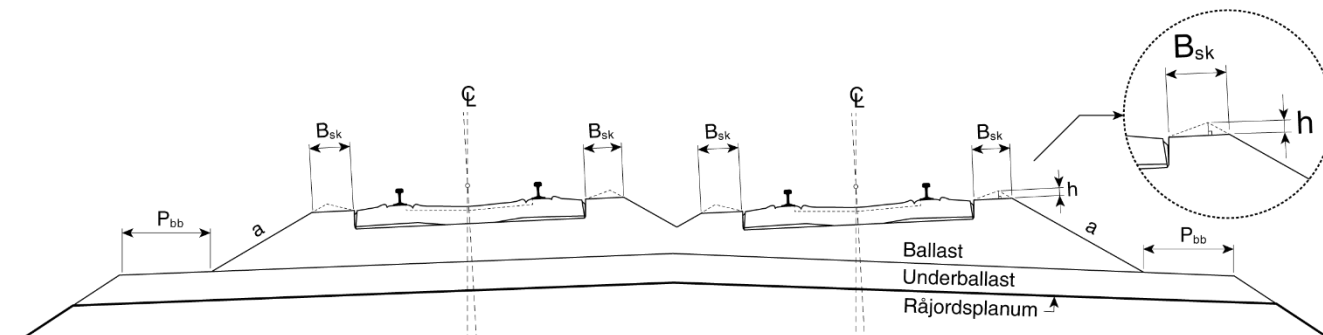
Ved ballastsupplering skal der anvendes ballastskærver, dog med undtagelse af grusballasterede sidespor, hvor der skal anvendes ballastgrus.

Note 11-2

Ved anskaffelse af nye ballastskærver, små ballastskærver og ballastgrus henvises til kravene i BN2-19 [8].

Vedligeholdelsen skal ske i henhold til de i figur 11-1 og 11-2 anførte minimumsværdier vedr. ballastskulderens bredde og anlæg af ballastkråning. Der henvises dog til bemærkninger efter figur 11-1 og 11-2. Kravene er gældende for både enkelt-, dobbelt- og flersporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog kan udelades. Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane fremgår af bilag 1.

Såfremt disse krav ikke kan overholdes i forbindelse med vedligeholdelse af tværprofilet, skal hastigheden reduceres til maksimalt 40 km/h i forbindelse med udførelse af sporjustering, og indtil tværprofilet er bragt i overensstemmelse med kravene i nærværende afsnit.



Figur 11-1 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

Figur 11-2 Krav til tværprofiler ved vedligeholdelse

Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for hoved- og togvejsspor		
		$V \leq 160$ km/h	$160 < V \leq 200$ km/h	$200 < V \leq 250$ km/h
Ballastskulderens bredde (B_{sk}) ¹⁾	0,30 m	0,40 m ²⁾	0,55 m ³⁾	0,50 m
Anlæg af ballastkråning (a) ¹⁾	1,5	1,5	1,5	1,5

- 1: Ved en stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast konstruktion, der som minimum har en højde svarende til overkanten af svellen, tillades bredden af ballastskulderen reduceret indtil $B_{sk} = 0,20$ m, og anlægget af ballastkråningen tillades lodret.
- 2: For langskinner spor beliggende i øvrige togvejsspor ($V > 40$ km/h), gennemgående togvejsspor og hovedspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til $h = 0,10$ m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er $R < 400$ m, b) Monoblokbetonsveller af typen S16/B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er $R < 325$ m, c) Træsveller med overbygning C_r og C_f når radius i cirkelbuer er $R < 560$ m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1.
- 3: Værdien er gældende for spor med træsveller og monoblokbetonsveller. For spor med to-blok betonsveller er værdien mindst $B_{sk} = 0,40$ m.

Såfremt planumsbanketbredden bliver mindre end ca. 0,10 m ved anvendelsen af de i figur 11-1 og 11-2 anførte værdier, skal vedligeholdelsen foretages med et anlæg af ballastkråningen på $a = 1,25$. Hvis minimumskravene i henhold til afsnit 10.2.1 ikke kan overholdes, skal de nødvendige foranstaltninger iværksættes for at sikre overholdelsen af disse minimumskrav.

12. BN2, SPORFORNYELSE

Sporfornyelse skal udføres således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

12.1 Tekniske krav

Spor, hvor der er hyppige sporjusteringer eller kan forventes hyppige sporjusteringer ud fra den forventede bruttotonbelastning de næste 10 år, skal udbedes.

I forbindelse med udførelse af sporfornyelse skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan. På strækninger, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, skal overkanten af ballastlaget i området mellem sveller og skinner dog sænkes 4 cm under overkanten af svellerne, som illustreret på figur 10.2.1-3.

Ved sporfornyelse fremgår minimumsmålene for tværprofiler af figur 12.1-3 og 12.1-4. Kravene til tværprofiler er gældende for både enkelt-, dobbelt- og flersporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog tillades udeladt.

Note 12.1-1

Kravene med hensyn til planumbredde i forbindelse med sporfornyelse tager i udstrakt grad hensyn til opbygningen af eksisterende baner, der ikke nødvendigvis er ideelle, for så vidt angår arbejdsmiljømæssige forhold. Langs sporskifter, hvor der er behov for hyppige inspektioner, muliggør kravene for hastigheder $V \leq 120$ km/h disse inspektioner, idet planumbredden kræves 0,50 meter større end minimumskravene vedrørende sikkerhedsafstande for personer angivet i Pas på, på banen [21]. Langs f.eks. sporskifter, hvor hastigheden er $120 < V \leq 250$ km/h, er det ofte fordelagtigt at finde alternative løsninger i stedet for etableringen af et tilstrækkeligt bredt planum for at tilgodese krav vedr. sikkerhedsafstande for personer angivet i Pas på, på banen [21].

Ved fornyelse af hele ballastlaget skal planum etableres, så dette hælder mod grøften/afvandingsystemet. Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane fremgår af bilag 1.

Note 12.1-2

For dobbelt- og flersporede strækninger henvises til kravene i BN1-154 [15] vedr. sporenes indbyrdes placering.

Forud for sporfornyelse skal eksisterende tykkelse af ballast og underballast undersøges i henhold til BN2-5 [7]. Dette med henblik på at kunne gøre de nødvendige tiltag i projekteringsfasen for at overholde minimumskravene i henhold til figur 12.1-3 og 12.1-4.

Note 12.1-3

Med hensyn til krav til underballast og jordarter i råjordsplanum, henvises til kravene i henholdsvis BN2-19 [8], TM 62 [12] og TM 62 [13].

Note 12.1-4

Med hensyn til regler for skærvelaget i forbindelse med ballastrensning henvises til kravene i BN2-4 [5].

Note 12.1-5

For underføringer kan ballasttykkelsen variere betydeligt afhængig af brodækkets profilering og afvanding. Ved undersøgelser af ballastlagets tykkelse bør det derfor forud for målinger i marken være fastlagt, hvilke afvandings- og hældningsforhold brodækket er forsynet med, så vurderinger af ballasttykkelsen for underføringen sker på baggrund af målinger udført, hvor ballasttykkelsen er mindst.

Note 12.1-6

Ved skift i sporkonstruktionen, f.eks. ved sporskifter, henledes opmærksomheden på, at en ændret højde af sporkonstruktionen har betydning for placeringen af råjordsplanum.

Note 12.1-7

For at overholde krav for ballastlagets tykkelse i transversaler, hvor underballastens overside grundet hældningen af planum ligger højere end i stamsporene, bør ballasttykkelsen i stamsporene øges. For $f_s = 4,25$ m og $X_p = 40$ ‰ ligger underballastens overside midt mellem de to stamspor $0,055$ m højere (40 ‰ af $(4,25$ m - $1,50$ m)/2), hvorfor ballastlaget i stamsporene bør forøges tilsvarende.

I forbindelse med udførelsen af en sporfornyelse skal det sikres, at grøften/afvandingssystemet er beliggende tilstrækkeligt lavt i forhold til færdigt spor, således at sporets tværprofil afvandes til grøften/afvandingssystemet og ikke omvendt.

Note 12.1-8

Med hensyn til normer for afvanding henvises til kravene i BN1-11 [9].

Efter sporfornyelsen skal ballastlaget bestå af ballastskærver. I sidespor, hvor der skal færdes rangerpersonale, skal ballastlaget af hensyn til arbejdsmiljøet opfylde et af nedennævnte krav:

- Ballastlaget skal bestå af ballastskærver, der afdækkes med små ballastskærver.
- Ballastlaget skal bestå af små ballastskærver.
- Ballastlaget skal bestå af ballastgrus.

Note 12.1-9

Ved anskaffelse af nye ballastskærver, små ballastskærver, ballastgrus, stabilt grus og veldrænende grus henvises til kravene i BN2-19 [8].

Såfremt der ved sporfornyelse skal etableres et nyt bærelag af ballast og underballast, så skal minimumskravene i figur 12.1-4 vedr. ballastlagets og underballastlagets tykkelse samt hældning af råjordsplanum være overholdt. Vedrørende valg af materialer og arbejdets udførelse skal krav i afsnit 15 for nyanlæg overholdes.

Såfremt der ved sporfornyelse skal foretages sideflytning af spor med indtil $0,2$ m, kan eksisterende bærelag af ballast og underballast bibeholdes, såfremt minimumskravene i figur 12.1-4 overholdes.

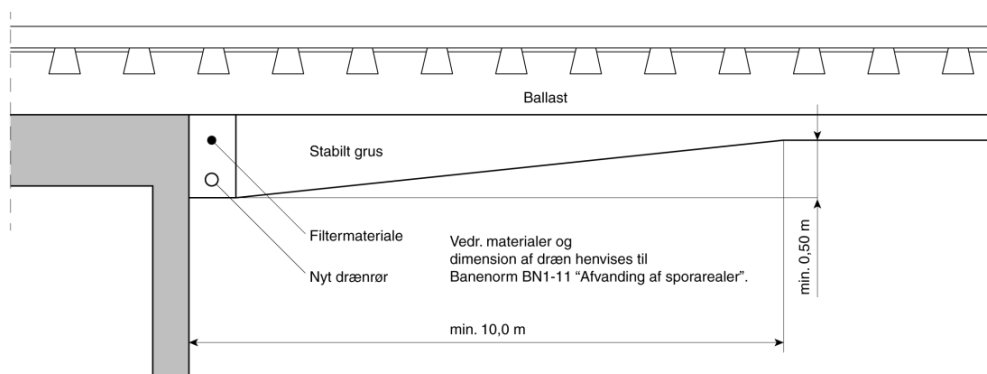
Note 12.1-10

Såfremt der ved sporfornyelse foretages sideflytning af spor med mere end 0,2 m, bør der foretages en undersøgelse af, hvilke af nedennævnte løsninger med hensyn til underballastlaget som er relevante:

- underballastlaget bevares uændret
- underballastlaget sideudvides
- underballastlaget fornyes

Ved en fornyelse af sporstrukturen skal ballasten udskiftes på underføringer, hvor ballasten ikke kan renses maskinelt. Dette med mindre andelen af partikler indtil 22,4 mm i ballastlaget dokumenteres under 22 vægtprocent. Udtagelse af ballastprøver og beregning af vægtprocenten for partikler mindre end 22,4 mm skal foretages som angivet i BN2-5 [7].

For spor, hvor der er hyppige sporjusteringer eller kan forventes hyppige sporjusteringer ud fra den forventede bruttotonbelastning de næste 10 år, skal der etableres et nyt bærelag af underballast på og omkring underføringer. Dette skal foretages ved en trekantformet udskiftning af underballastlaget op mod underføringerne som angivet i figur 12.1-1. Den trekantformede udskiftning skal have en længde og højde på mindst henholdsvis 10,0 m og 0,50 m som angivet på figur 12.1-1, og råjorden i bunden af udskiftningsområdet skal komprimeres. Såfremt der etableres geonet umiddelbart under den trekantformede underballastkile, tillades højden af denne dog reduceret fra 0,50 m til 0,35 m. Den trekantformede udskiftning tillades udeladt, såfremt broen forsynes med en sætningsplade med en længde på mindst 10 meter.



Figur 12.1-1 Illustration af trekantformet udskiftning af ballast og underballast på og omkring underføringer

Note 12.1-11

Planum såvel som råjordsplanum og oversiden af sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner bør altid etableres, så disse hælder mod grøften/afvandingsystemet placeret langs sporet. Det på figur 12.1-1 viste drænrør udgør derfor ikke brodækkets primære afvanding.

Note 12.1-12

Med hensyn til krav for overgangszoner op til overkørsler med fast befæstet spor henvises til kravene på Normaltegning blad nr. 7184.

Såfremt der ved sporfornyelse skal etableres et nyt bærelag af ballast og underballast i hoved- og togvejsspor, så skal overgangen til området uden udskiftning af underballast ske som angivet på figur 12.1-2. Som alternativ til overgangszonen angivet på figur 12.1-2 tillades en overgangszone med en længde på mindst 20 m, såfremt der etableres en jævn forøgelse af det nye bærelag af ballast og underballast over overgangszonelængden. Overgangszoner skal altid etableres uden for sporskifter. Ved fornyelse af indtil 10 m bærelag i hoved- og togvejsspor kræves dog ikke en overgangszone, som angivet på figur 12.1-2.

Note 12.1-13

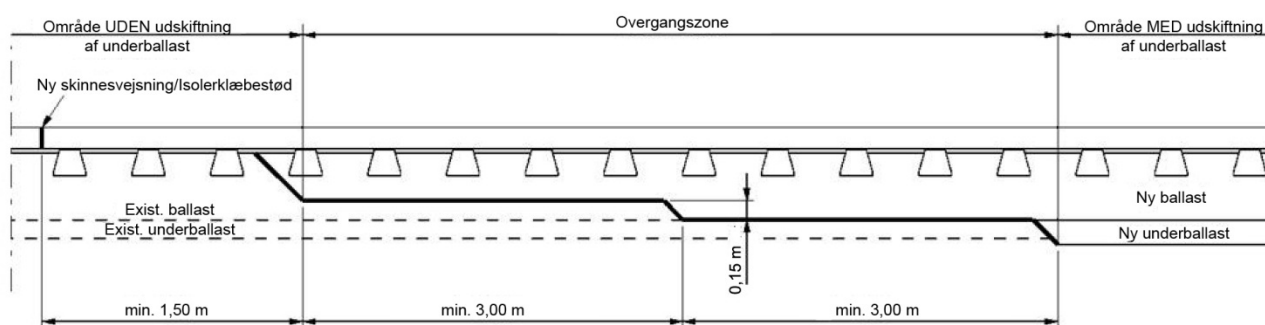
Ved fornyelse af bærelag i sidespor gælder ingen krav om etablering af overgangszone.

Note 12.1-14

Alternativet med en længde på mindst 20 m til den kortere overgangszone angivet i figur 12.1-2 kan og bør anvendes ved maskinel ombygning.

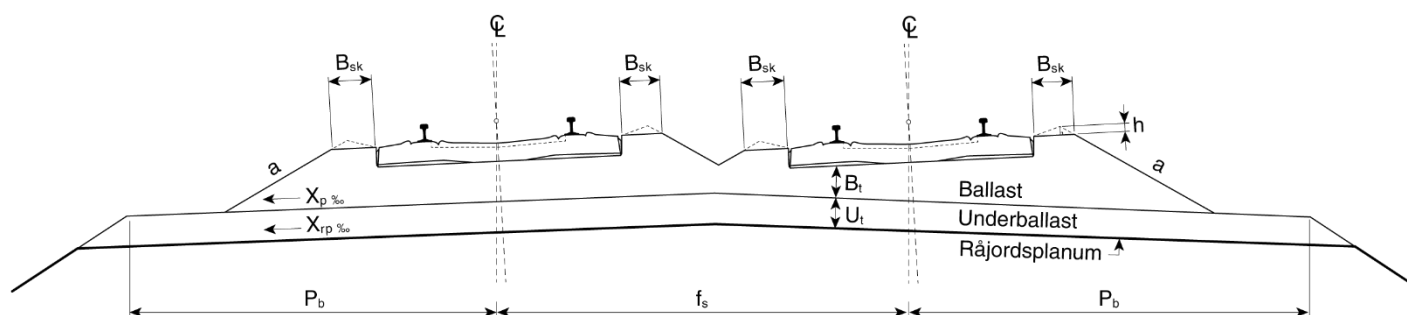
Ved etablering af et nyt bærelag af ballast og underballast mod et område uden udskiftning af underballast skal eventuelle skinnesvejsninger/isolerklæbestød omkring overgangszonen etableres minimum 1,50 m uden for området, hvor der udskiftes ballast.

Såfremt planumsbredden skal øges i forbindelse med sporfornyelse, så skal minimumskravene i figur 12.1-4 vedr. planumsbredden være overholdt.



Figur 12.1-2 Illustration af overgang mellem nyt bærelag af ballast og underballast samt område uden udskiftning af underballast.

Overholdelsen af krav for B_{sk} og a jævnfør figur 12.1-3 og 12.1-4 skal dokumenteres via visuel inspektion før ibrugtagning og via nivellement af tværprofilen per 50 m efter slutjustering samt afretning af ballastlaget. Såfremt der etableres et nyt bærelag af ballast og underballast, skal planum dokumenteres via krav i henholdsvis Vejregler, Stabilt grus [16] og Vejregler, Bundsikring af sand og grus [17], hvorefter ballastlagets tykkelse dokumenteres ud fra sporets absolute beliggenhed i henhold til krav i BN2-93 [11].



Figur 12.1-3 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

Figur 12.1-4 Krav til tværprofiler ved sporfornyelse

Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for hoved- og togvejsspor		
		V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 200 km/h	200 < V ≤ 250 km/h
Ballastskulderens bredde (B _{sk}) ¹⁾	0,30 m	0,40 m ⁸⁾	0,55 m ⁷⁾	0,50 m
Anlæg af ballastskråning (a) ¹⁺³⁾	1,5	1,5	1,5	1,5
Ballastens tykkelse (B _t)	0,25 m	0,30 m	0,30 m	0,35 m
Underballastens tykkelse (U _t) ²⁾	0,15 m ⁹⁾	0,20 m ⁹⁾	0,30 m	0,30 m
Planumsbredde (P _b)	3,00 m ³⁺⁴⁺⁵⁾	3,00 m ⁴⁺⁵⁾	3,00 m ⁴⁾	3,80 m
Hældning af planum(X _p) ⁶⁾	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo
Hældning af råjordsplanum(X _{rp}) ¹⁰⁾	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo

- Ved en eksisterende stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast konstruktion, der som minimum har en højde svarende til overkanten af svellen, tillades bredden af ballastskulderen reduceret indtil B_{sk} = 0,20 m, og anlægget af ballastskråningen tillades lodret. For nye eller ombyggede sideværts begrænsninger gælder, at disse skal overholde kravene for nyanlæg i afsnit 15.
- For betonsveller er værdien baseret på en nominal svellelængde 2500 ≤ L ≤ 2600 mm. For betonsveller med L < 2500 mm gælder, at værdien i figuren skal forøges med mindst (2500 - L)/2. Dette er dog ikke gældende for sporskifter.
- På stationsområder, hvor det omgivende terræn er beliggende i niveau med overkanten af svellerne, tillades anlægget af ballastskråningen lodret, og planumsbredden tillades reduceret til P_b = 1,6 m for sidespor.
- På den udvendige side i kurver, hvor overhøjden er 5 - 80 mm og 85 - 160 mm, skal værdien være mindst henholdsvis 0,15 m og 0,30 m større.
- Værdien er gældende i sporskifter samt på steder, hvor der ved indgreb i planum foretages planumsudvidelse. På øvrige steder gælder, at værdien er 2,70 m, såfremt den eksisterende planumsbredde ved ændring af sporets placering reduceres med maksimalt 0,05 m, forbliver uændret eller øges.
- Værdien er alene gældende ved fornyelse af hele ballastlaget dog ekskl. spor på sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor eksisterende hældning af planum tillades bibeholdt.
- Værdien er gældende for spor med træsveller og monoblokbetonsveller. For spor med to-blok betonsveller er værdien mindst B_{sk} = 0,40 m.
- For langskinner spor beliggende i øvrige togvejsspor (V > 40 km/h), gennemgående togvejsspor og hovedspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til h = 0,10 m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er R < 400 m, b) Monoblokbetonsveller af typen S16/B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er R < 325 m, c) Træsveller med overbygning Cr og Cf når radius i cirkelbuer er R < 560 m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1.
- Værdien er gældende for spor med aksellast A ≤ 22,5 tons. For spor med aksellast 22,5 tons < A ≤ 25,0 tons skal værdien være mindst 0,07 m større.
- Værdien er alene gældende ved fornyelse af underballastlaget.

12.2 Geonet til forstærkning af underballastlag

Såfremt højden af den trekantformede udskiftning af underballastlaget op mod underføringer reduceres via en forstærkning af underballastlaget med geonet, skal dette geonet overholde krav i DS/EN 13250:2016 [22] og have egenskaber som anført i figur 12.2-1:

Figur 12.2-1 Krav for geonet anvendt til forstærkning af underballastlag op mod underføring ud fra DS/EN13250:2016 [22] ¹⁾		
Element	Betegnelse	Krav
Trækstyrke i begge retninger	T_{max}	40 kN/m
Trækstyrke ved 3 % forlængelse	T_{min} ved $\varepsilon = 3 \%$	10 kN/m
Udvidelse ved maksimal trækstyrke	ε_{max}	20 %
Maskevidde		20 – 40 mm
Overlæg		0,50 m
Miljøkrav		Afsnit 4.4
Mærkning		Afsnit 6
Fabrikskontrol + Inspektioner		Annex A, System 4
Holdbarhed, Levetid		Annex B, 50 år

1) Krav anført med S i EN-Standarden [22]'s Tabel 1 skal bestemmes projektspecifikt.

13. BN2, OPGRADERING

Opgraderinger skal udføres således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

13.1 Hastighedsforøgelse

I forbindelse med en hastighedsforøgelse skal det sikres, at følgende krav er overholdt:

- Ballastskulderens bredde (B_{sk}) og anlæg af ballastskråning (a) skal overholde minimumskravene, som anført i afsnit 12.1.
- Ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene skal generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan. På strækninger, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, skal overkanten af ballastlaget i området mellem sveller og skinner dog sænkes 4 cm under overkanten af svellerne, som illustreret på figur 10.2.1-3.
- Spor, hvor der er hyppige sporjusteringer eller kan forventes hyppige sporjusteringer ved den planlagte hastighed og bruttotonbelastning de næste 10 år, skal udbedres.

Note 13.1-1

Med hensyn til justeringsbehovet hvert 3. år eller hyppigere bør det bemærkes, at der er tale om det reelle justeringsbehov ud fra målevognsdiagrammer og analyser, og ikke de faktiske udførte sporjusteringer.

Note 13.1-2

Med hensyn til ballast- og jordprøvetagning i sporkassen henvises til kravene i BN2-5 [7], og vedr. udbedring af forhold i underbygningen henvises til kravene i TM 62 [12] og TM 62 [13].

Såfremt hastigheden forøges fra $V \leq 120$ km/h til $120 < V \leq 160$ km/h, fra $V \leq 160$ km/h til $160 < V \leq 200$ km/h eller fra $V \leq 200$ km/h til $200 < V \leq 250$ km/h, gælder, at alle kravene anført i afsnit 12 skal være overholdt.

13.2 Forøgelse af aksellast

I forbindelse med en forøgelse af aksellasten skal det sikres, at følgende krav er overholdt:

- Spor, hvor der er hyppige sporjusteringer eller kan forventes hyppige sporjusteringer ved den planlagte aksellast og bruttotonbelastning de næste 10 år, skal udbedres.

Såfremt aksellasten forøges fra $A \leq 22,5$ tons til $22,5 < A \leq 25,0$ tons på strækninger, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h, gælder, at alle kravene anført i afsnit 12.1 skal være overholdt.

14. BN2, BRORENOVERING

Renoveringer af sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner skal udføres således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

Såfremt brorenoveringen gennemføres i forbindelse med en sporfornyelse jævnfør definition 5.12, gælder kravene i afsnit 12. Såfremt brorenoveringen gennemføres helt eller delvist med henblik på at opgradere banen, gælder kravene i afsnit 13.

Forud for en brorenoveringsopgave, der kræver ballasten fjernet og genindbygget, skal det eksisterende ballastprofil undersøges. Dette med henblik på at kunne gøre de nødvendige tiltag i projekteringsfasen for at overholde minimumskravene for B_{sk} , a og B_t .

Note 14-1

For underføringer kan ballasttykkelsen variere betydeligt afhængig af brodækkets profilering og afvanding. Ved undersøgelser af ballastlagets tykkelse bør det derfor forud for målingerne i marken være fastlagt, hvilke afvandings- og hældningsforhold brodækket er forsynet med, så vurderinger af ballasttykkelsen for underføringen sker på baggrund af målinger udført, hvor ballasttykkelsen er størst og mindst.

I forbindelse med en brorenovering, hvor ballasten fjernes og genindbygges, skal det sikres, at følgende krav er overholdt:

- Ballastskulderens bredde (B_{sk}) og anlæg af ballastskråning (a) skal overholde kravene, som anført i afsnit 12.1.
- Ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene skal generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med $S0$ -plan. På strækninger, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, skal overkanten af ballastlaget i området mellem sveller og skinner dog sænkes 4 cm under overkanten af svellerne, som illustreret på figur 10.2.1-3.
- Ballastens tykkelse skal være $B_t = 0,30$ m. For eksisterende ballasttykkelse 0,20 – 0,30 m tillades den eksisterende ballasttykkelse bibeholdt, såfremt en del af ballastlaget består af en ballastmåtte, der overholder kravene i afsnit 10.2.5.

Når ballastskærver fjernes i forbindelse med en brorenovering, og de ikke bliver maskinelt rensed, skal de udskiftes. Dette med mindre andelen af partikler indtil 22,4 mm i ballastlaget dokumenteres under 22 vægtprocent. Udtagelse af ballastprøver og beregning af vægtprocenten for partikler mindre end 22,4 mm skal foretages som angivet i BN2-5 [7].

I forbindelse med udførelsen af en brorenovering skal det sikres, at afvandingsystemet er beliggende tilstrækkeligt lavt i forhold til færdigt spor, således at sporets tværprofil afvandes til grøften/afvandingsystemet og ikke omvendt.

15. BN2, NYANLÆG

Nyanlæg skal udføres således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

15.1 Etablering af ny banetracé

I forbindelse med udførelse af nyanlæg skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan. På strækninger, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, skal overkanten af ballastlaget i området mellem sveller og skinner dog sænkes 4 cm under overkanten af svellerne, som illustreret på figur 10.2.1-3.

Ved etablering af ny banetracé skal minimumsmålene for tværprofiler i henhold til figur 15.1-2 og 15.1-3 være opfyldt. Kravene til tværprofiler er gældende for både enkelt-, dobbelt- og flersporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog tillades udeladt.

Planum og råjordsplanum skal etableres, så disse hælder mod grøften/afvandingssystemet. Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane fremgår af bilag 1.

Note 15.1-1

Med hensyn til normer for råjordsplanums bæreevne henvises endvidere til kravene i TM 62 [12] og TM 62 [13].

Note 15.1-2

Ved skift i sporkonstruktionen, f.eks. ved sporskifter, henledes opmærksomheden på, at en ændret højde af sporkonstruktionen har betydning for placeringen af råjordsplanum.

Note 15.1-3

For at overholde krav for ballastlagets tykkelse i transversaler, hvor underballastens overside grundet hældningen af planum ligger højere end i stamsporene, bør ballasttykkelsen i stamsporene øges. For $f_s = 4,25$ m og $X_0 = 40$ ‰ ligger underballastens overside midt mellem de to stamspor 0,055 m højere (40 ‰ af $(4,25 \text{ m} - 1,50 \text{ m})/2$), hvorfor ballastlaget i stamsporene bør forøges tilsvarende.

I forbindelse med udførelsen af nyanlæg skal det endvidere sikres, at grøften/afvandingssystemet er beliggende tilstrækkeligt lavt i forhold til færdigt spor, således at sporets tværprofil afvandes til grøften/afvandingssystemet og ikke omvendt.

Note 15.1-4

Med hensyn til normer for afvanding henvises til kravene i BN1-11 [9].

Der gælder minimumskrav for overflademodul E_{V2} målt på oversiden af planum som angivet i figur 15.1-1. Overflademodul E_{V2} skal måles som statisk pladebelastningsforsøg, som angivet i DIN 18 134 i [25] med mindste pladediameter på 300 mm. Der skal som minimum udføres et

statisk pladebelastningsforsøg pr. 150 m spor målt under projekteret spormidte. For en dobbelt sporet banen gælder endvidere, at pladebelastningsforsøgene i de 2 spor skal udføres forskud på langs af banen med en indbyrdes afstand på mindst 50 m.

Figur 15.1-1 Minimumskrav for E_{V2} målt på overside planum

Hoved- og togvejsspor	E_{V2} ¹⁾
$V \leq 160$ km/h	80 MPa ²⁾
$160 < V \leq 200$ km/h	115 MPa ²⁾
$200 < V \leq 250$ km/h	120 MPa

1: Krav skal baseres på en 95 % fraktil.

2: Værdierne er gældende, hvor der ikke er overgangszoner op til underføringer og overkørsler i sporet. Hvor der er sådanne overgangszoner gælder, at kravet til E_{V2} er 120 Mpa umiddelbart op til underføringer og overkørsler, mens E_{V2} skal ændres jævnt over overgangszonens længde.

Note 15.1-5

Minimumskrav i figur 15.1-1 for overflademodul E_{V2} målt på oversiden af planum kan forventes overholdt, såfremt kravene i figur 15.1-3 med hensyn til tykkelser af underballast overholdes, og E_{V2} modul målt på overside af råjordsplanum som minimum er:

- For $V \leq 160$ km/h: $E_{V2} = 45$ MPa
- For $160 < V \leq 200$ km/h: $E_{V2} = 60$ MPa
- For $200 < V \leq 250$ km/h: $E_{V2} = 70$ MPa

For hoved- og togvejsspor, hvor hastigheden er $160 < V \leq 250$ km/h, gælder, at underballastlaget skal bestå af to separate lag af dels bundsikring af sand og grus dels stabilt grus. For hoved- og togvejsspor, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h, samt sidespor gælder, at underballastlaget som udgangspunkt skal bestå af et lag stabilt grus eller veldrænende grus.

For hoved- og togvejsspor, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h, tillades underballastlaget dog opbygget af to separate lag, såfremt kravene for hastighedsintervallet $160 < V \leq 250$ km/h overholdes for underballastlaget.

I sidespor, hvor ballastlaget etableres med ballastgrus, tillades underballastlaget dog etableret med ballastgrus.

Ved nybygning skal ballastlaget bestå af ballastskærver. I sidespor, hvor der skal færdes rangerpersonale, skal ballastlaget af hensyn til arbejdsmiljøet opfylde et af nedennævnte krav:

- Ballastlaget skal bestå af ballastskærver, der afdækkes med små ballastskærver.
- Ballastlaget skal bestå af små ballastskærver.
- Ballastlaget skal bestå af ballastgrus.

Note 15.1-6

Ved anskaffelse af nye ballastskærver, små ballastskærver, ballastgrus, stabilt grus, veldrænende grus samt bundsikringslag af sand og grus henvises til kravene i BN2-19 [8].

Underballastlaget skal udlægges således, at den ikke blandes med den underliggende jord eller løber ned i banegrøften eller på skråningen.

Ved udlægning af underballast fra et nabospor må dettes ballast ikke blive forurennet under aflæsningen.

Underballastlag af stabilt grus, veldrænende grus og bundsikring af sand og grus skal udføres i henhold til henholdsvis Vejregler, Stabilt grus [16] og Vejregler, Bundsikring af sand og grus [17]. Kørsel på færdigt planum må kun finde sted efter forudgående aftale med bygherrens tilsyn.

Ballastskærvelaget skal udlægges således, at dette ikke blandes med underballasten. Endvidere skal det ved udlægningen af ballastskærvelaget sikres, at der ikke forekommer pletvise partier af koncentrationer med små kornstørrelsesfraktioner.

Transportkørsel på udlagt ballastskærveslag må ikke forekomme. Ved udlægningen af ballastskærvelaget må materiellets fladetryk maksimalt være 60 kN/m^2 , såfremt materiellet skal køre på ballastskærvelaget.

Efter udlægning og afretning af den nederste del af ballastskærvelaget, svarende til maksimalt 10 cm under projekteret svelleunderside, skal der foretages komprimering af dette, inden der udlægges sveller. Komprimering skal enten foretages med dobbeltvalset tromle i form af 1,5 - 3 tons maskine med glatte valser eller med pladevibrator på 400 - 600 kg. Komprimering skal foretages med mindst 3 passager. Der må ikke anvendes slag ved komprimeringen. Overfladen skal om nødvendigt efterreguleres for eventuelle lunger. Den resterende del af ballasttværprofilen skal etableres, efter at der er udlagt sveller og skinner. For krav til sporets løft, justering og stabilisering under etableringen henvises til krav i BN1-38 [1].

Note 15.1-7

Med hensyn til sporens indbyrdes placering for dobbelt- og flersporede strækninger henvises til kravene i BN1-154 [15].

På strækninger med kabelrender skal det sikres, at kabelrenderne ikke hindrer en afvanding af sporkassen.

Mellem nybygget spor og eksisterende spor uden udskiftning af underballast skal der etableres overgangszoner som angivet på figur 12.1-2.

På og omkring underføringer skal overgangszoner, hvor hastigheden er $V \leq 120$ km/h, udføres som vist i figur 12.1-1. Hvor hastigheden er $120 < V \leq 200$ km/h, skal overgangszoner på og omkring underføringer udføres ud fra principperne som vist i figur 12.1-1, dog med følgende minimumslængder:

- $L_{oz} = 14$ m for hastighedsintervallet $120 < V \leq 160$ km/h
- $L_{oz} = 17$ m for hastighedsintervallet $160 < V \leq 200$ km/h

Hvor hastigheden er $200 < V \leq 250$ km/h, skal overgangszoner på og omkring underføringer udføres med følgende minimumslængde:

- $L_{oz} = 20$ m for hastighedsintervallet $200 < V \leq 250$ km/h

og således, at underballastlaget for det første sporstykke direkte op mod underføringen af en længde på mindst 5 m skal udføres som et hydraulisk bundent bærelag jævnfør krav i Vejregler, Hydraulisk bundne bærelag [23].

Note 15.1-8

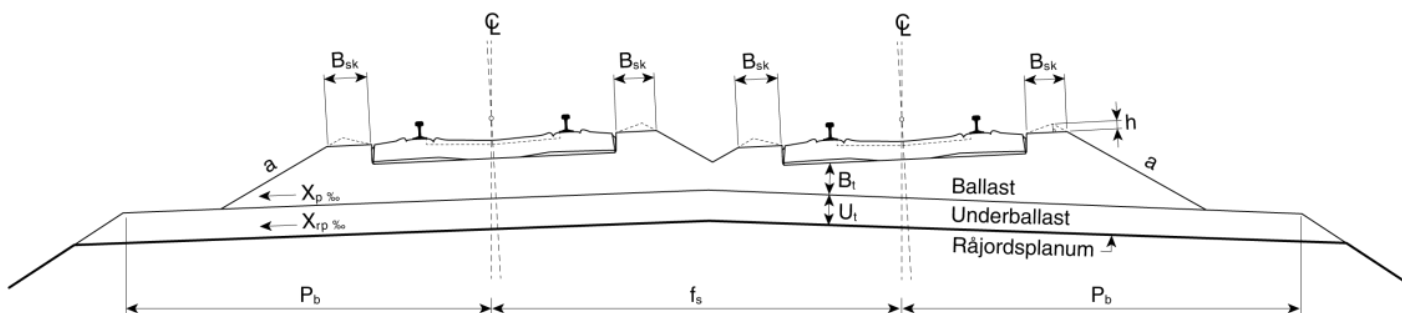
Illustration af overgangszone på og omkring underføring for hastighedsintervallet $200 < V \leq 250$ km/h fra projekt Ny Bane København-Ringsted fremgår af bilag 2.

Overgangszoner mellem fast befæstet spor og ballasteret spor skal udføres i henhold til krav i DS/EN16432-2:2017 [24].

Note 15.1-9

Med hensyn til krav for overgangszoner op til overkørsler med fast befæstet spor henvises til kravene på Normaltegning blad nr. 7184.

Overholdelsen af krav for B_{sk} og a jævnfør figur 15.1-1 og 15.1-2 skal dokumenteres via visuel inspektion før ibrugtagning og via nivellement af tværprofilet per 50 m efter slutjustering samt afretning af ballastlaget. Planum skal dokumenteres via krav i henholdsvis Vejregler, Stabilitet og grus [16] og Vejregler, Bundsikring af sand og grus [17], hvorefter ballastlagets tykkelse skal dokumenteres ud fra sporets absolutte beliggenhed i henhold til krav i BN2-93 [11].



Figur 15.1-2 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

Figur 15.1-3 Krav til tværprofiler ved etablering af ny banetracé

Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for hoved- og togvejsspor		
		V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 200 km/h	200 < V ≤ 250 km/h
Ballastskulderens bredde (B _{sk})	0,30 m	0,40 m ⁷⁾	0,55 m ⁶⁾	0,50 m
Anlæg af ballastskrånning (a) ¹⁺⁴⁾	1,5	1,5	1,5	1,5
Ballastens tykkelse (B _t)	0,25 m	0,30 m	0,35 m	0,35 m
Underballastens tykkelse (U _t) ³⁾	0,15 m ⁸⁾	0,25 m ⁸⁾	0,40 m ⁹⁾	0,40 m ⁹⁾
Planumsbredde (P _b)	3,30 m ⁴⁾	3,80 m ²⁾	3,80 m	3,80 m
Hældning af planum (X _p) ⁵⁾	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo
Hældning af råjordsplanum (X _{rp})	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo	40 o/oo

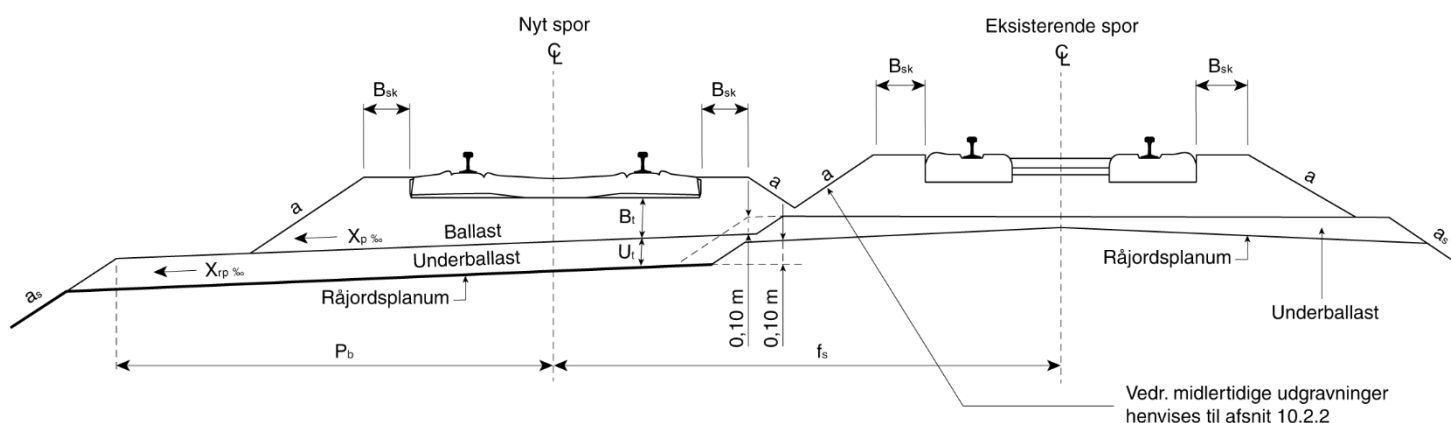
- Ved en stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast perronkonstruktion eller et maste-fundament placeret mindst henholdsvis 2,10 m og 2,70 m fra spormidten målt fra oversiden af svellede parallelt med SO-planet, tillades anlægget af ballastskrånningen lodret ved henholdsvis perronkonsollerne og mastefundamenterne.
- Værdien er gældende for hastighedsintervallet 120 < V ≤ 160 km/h. For hastighedsintervallet V ≤ 120 km/h er værdien 3,30 m.
- For betonsveller er værdien baseret på en nominal svellelængde 2500 ≤ L ≤ 2600 mm. For betonsveller med L < 2500 mm gælder, at værdien i figuren skal forøges med mindst (2500 - L)/2. Dette er dog ikke gældende for sporskifter.
- På stationsområder, hvor det omgivende terræn er beliggende i niveau med overkanten af svellerne, tillades anlægget af ballastskrånningen lodret, og planumsbredden tillades reduceret til P_b = 1,6 m for sidespor.
- For sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner tillades hældning af planum reduceret til X_p = 20 o/oo.
- Værdien er gældende for spor med træsveller og monoblokbetonsveller. For spor med to-blok betonsveller er værdien mindst B_{sk} = 0,40 m.
- For langskinnespor beliggende i øvrige togvejsspor (V > 40 km/h), gennemgående togvejsspor og hovedspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til h = 0,10 m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er R < 400 m, b) Monoblokbetonsveller af typen S16/B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er R < 325 m, c) Træsveller med overbygning Cr og Cf når radius i cirkelbuer er R < 560 m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1.
- Værdien er gældende for spor med aksellast A ≤ 22,5 tons. For spor med aksellast 22,5 tons < A ≤ 25,0 tons skal værdien være mindst 0,07 m større.
- Underballastlagets skal etableres som to separate lag a 0,20 m tykkelse, hvor det nederste lag etableres som et bundsikringslag af sand og grus og det øverste lag som stabilt grus.

15.2 Udbygning af banetracé langs eksisterende spor

Ved udbygning af banetracé langs eksisterende spor gælder samme geometriske minimumskrav til tværprofiler som for nyt spor, der er angivet i afsnit 15.1.

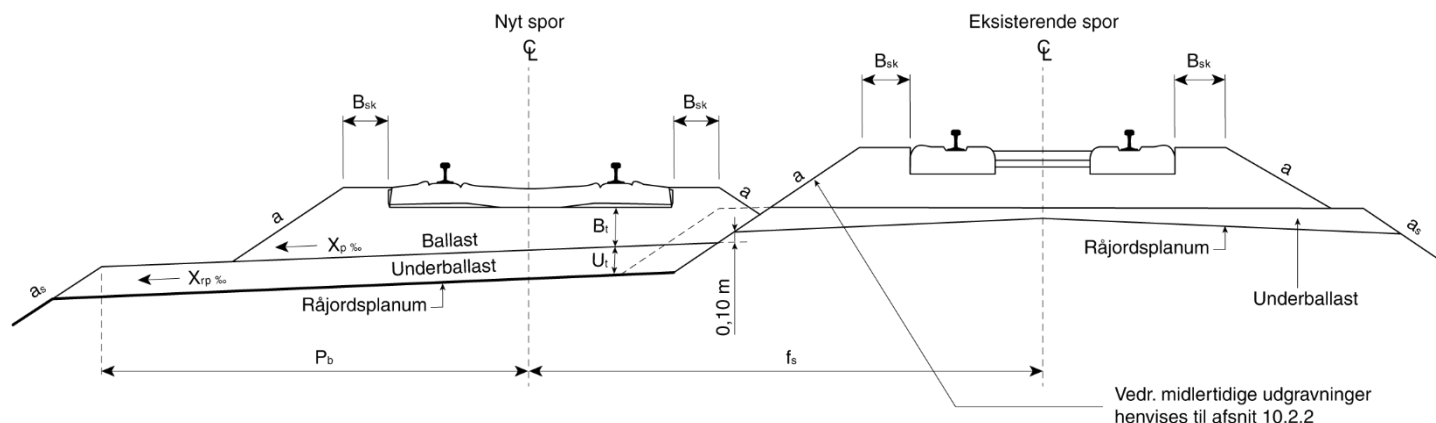
Ved udbygning af banetracéen skal det sikres, at afvandingen af eksisterende spor ikke forringes.

For spor, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h gælder, at såfremt det nye spor bygges med samme type underballast som i det eksisterende spor, skal henholdsvis planum og råjordsplanum af det nye spor placeres minimum 0,10 m under eksisterende henholdsvis planum og råjordsplanum. Se figur 15.2-1.



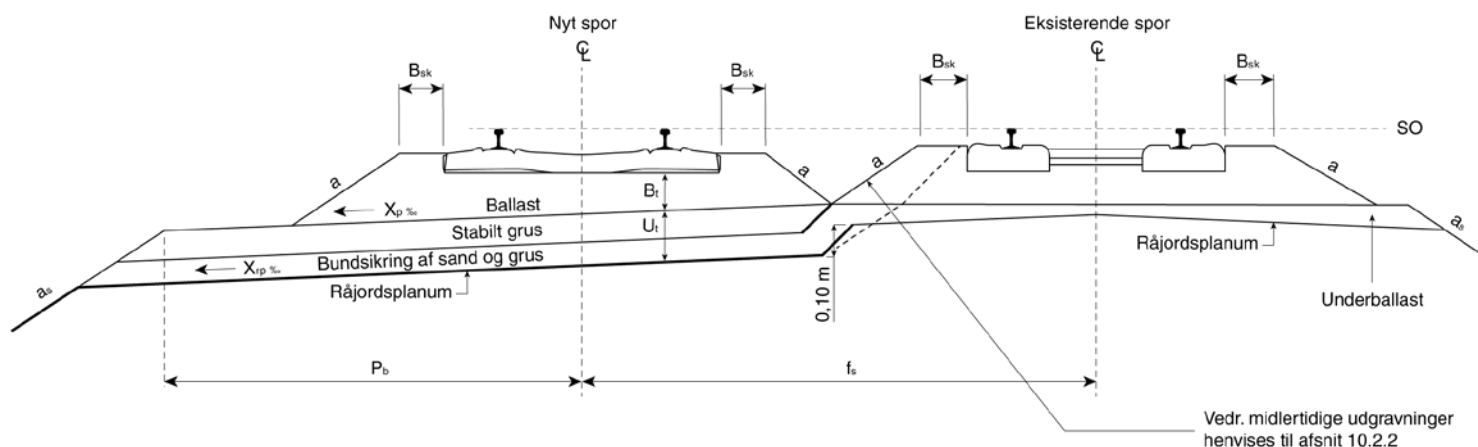
Figur 15.2-1 Tværprofil for udbygning af banetracé langs eksisterende spor illustreret med samme type underballast for nyt spor som for eksisterende spor.

For spor, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h gælder, at såfremt det eksisterende spor er bygget med veldrænende grus som underballast, og det nye spor anlægges med komprimeret stabilt grus som underballast, så skal planum af det nye spor placeres minimum 0,10 m under råjordsplanum af det eksisterende spor. Se figur 15.2-2.



Figur 15.2-2 Tværprofil for udbygning af banetracé langs eksisterende spor illustreret med veldrænende grus som underballast for eksisterende spor og stabilt grus som underballast for nyt spor.

For spor, hvor hastigheden er $160 < V \leq 200$ km/h gælder, at det nye spors råjordsplanum skal placeres minimum 0,10 m under det eksisterende spors råjordsplanum. Se figur 15.2-3. Denne løsning tillades også anvendt, hvor hastigheden er $V \leq 160$ km/h.



Figur 15.2-3 Tværprofil for udbygning af banetracé langs eksisterende spor illustreret så det nye spor bygges med et underballastlag med $U_t \geq 0,40$ m bestående af to separate lag af dels bundsikring af sand og grus dels stabilt grus.

I forbindelse med udvidelse af eksisterende banedæmning henvises endvidere til kravene i TM 62 [12] og TM 62 [13].

For spor, hvor hastigheden er $200 < V \leq 250$ km/h gælder, at der skal etableres et tværprofil, som ved etablering af ny banetracé, som illustreret på figur 15.1-2.

16. BN3, VEJLEDNING I VALG AF OVERBYGNINGSTYPE OG TVÆRPROFIL

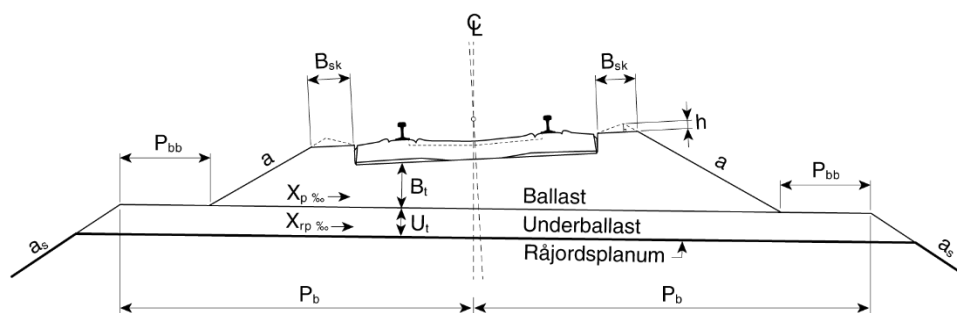
Nærværende afsnit giver en vejledning med hensyn til valg af overbygningstype og tværprofil i forbindelse med sporfornyelse ved underføringer, hvor der er bindinger mht. løft af sporet, f.eks. hvor der er underføringer ved perroner.

Figur 16-1 Vejledning i valg af overbygningstype og tværprofil ved underføringer, hvor der er bindinger mht. løft af sporet

Prioritet	Svelletype	Materiale	Skinnevægt i kg/m	Overbygningstype	Hældning	Bladnr	Mindste kurve radius i m	Overbygningstypens højde i m	Ballasttykkelse i m	Bal-last-måtte	Stålplade tykkelse i m	Total højde i m	Afsnit i nærværende Banenorm	Bemærkninger
1a	S99, S89	Beton	60	Dmp/Dm	1:40	7932/ 7931	330	0,388	0,300	Nej	0	0,688	Figur 12.1-4	
1b	S99, S89	Beton	60	Dmp/Dm	1:40	7932/ 7931	330	0,388	0,200	Ja	0	0,588	Dispensation figur 12.1-4	
2a	S16	Beton	60	Dme	1:40	8540	330	0,388	0,300	Nej	0	0,688	Figur 12.1-4	$V \leq 200$ km/h
2b	S16	Beton	60	Dme	1:40	8540	330	0,388	0,350	Nej	0	0,738	Figur 12.1-4	$200 < V \leq 250$ km/h
3a	Træ	Azobe	60	Dtz	1:40	7795	610	0,300	0,200	Ja	0	0,500	Dispensation figur 12.1-4	
3b	Træ	Azobe	60	Cfz	1:40	7905	460	0,328	0,200	Ja	0	0,528	Dispensation figur 12.1-4	Ved $460 \leq R < 610$ m

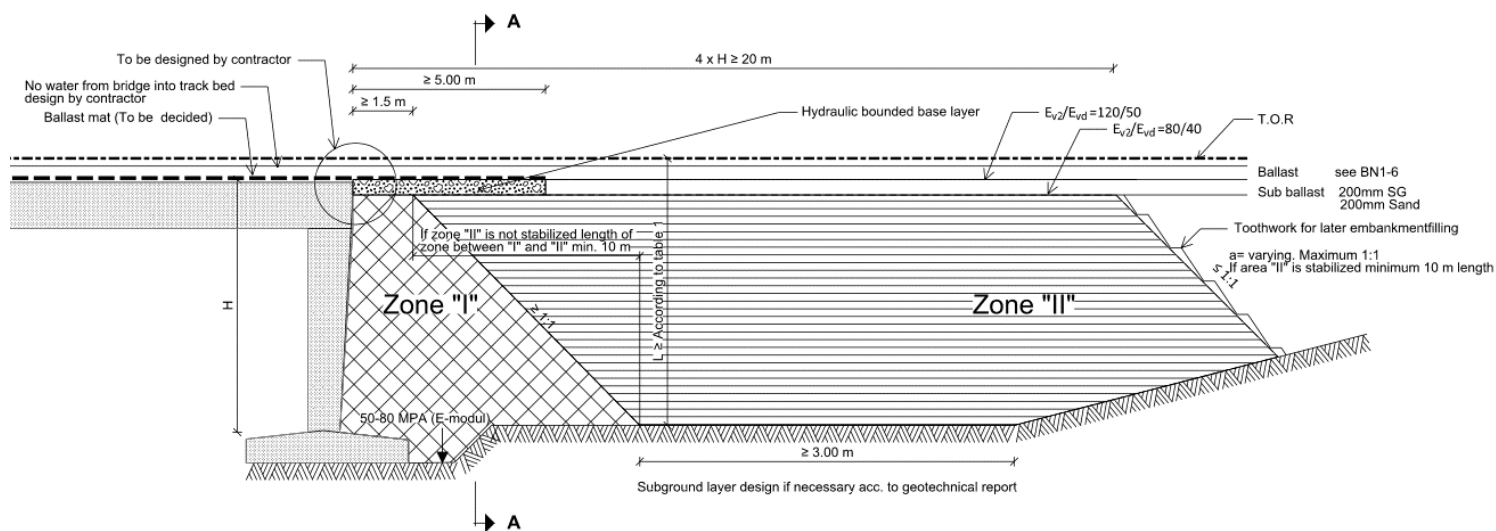
17. BILAG

17.1 Bilag 1 Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane. (Informativt)



Figur 17.1-1 Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane

17.2 Bilag 2 Illustration af overgangszone på og omkring underføring for $200 < V \leq 250$ km/h fra projekt Ny Bane København-Ringsted. (Informativt)



Figur 17.2-1 Illustration af overgangszone op og omkring underføring for hastighedsintervallet $200 < V \leq 250$ km/h fra projekt Ny Bane København-Ringsted.

Note 17.2-1

Zone "I": Stabiliseret jord komprimeret til 98 % modificeret proctor i henhold til DS/EN 13286-2. Trykstyrke bestemt efter DS/EN ISO 17892-7 som unconfined compressive strength på $q_u > 1$ MPa efter 28 døgn.

Zone "II": Enten sand og grus eller stabiliseret materiale.

Hvis der anvendes sand og grus anvendes materialer BL II i henhold til [17] med komprimering på 100 % modificeret proctor i henhold til DS/EN 13286-2.

Hvis der anvendes stabiliseret materiale komprimeres dette til 97 % modificeret proctor i henhold til DS/EN 13286-2. Trykstyrke bestemt efter DS/EN ISO 17892-7 som unconfined compressive strength på $q_u \geq 0.7$ MPa efter 28 døgn.

Note 17.2-2

For hydraulisk bundne underballastlag kan der ikke forventes anvendt in-situ stabilisering. Der behøves ikke foretaget revneanvisning. I entreprenørens metodebeskrivelse bør der specificeres beskyttelse mod udtørring ved toppen af hydraulisk bundne underballastlag.

Note 17.2-3

På figur 17.2-1 afviger længden af overgangszonen med kravene herfor i banenormens afsnit 15.1, mens symbolet L ligeledes afviger fra symbolet L anvendt øvrige steder i denne banenorm.