



Udgivet: 01.02.2022
Godkendt: 06.01.2022

Antal sider i alt: 18

Overordnet ansvar: Adm. direktør
Ansvar for indhold: Sikkerhedschef
Ansvar for fremstilling: Rune Kessel

Ballastlaget, vedligeholdelse og fornyelse

Letbanenorm LBN2-4-3

INDHOLD

1.	<u>INDLEDNING</u>	4
2.	<u>IKRAFTTRÆDEN</u>	4
3.	<u>OVERGANGSBESTEMMELSER</u>	4
4.	<u>REFERENCER</u>	4
5.	<u>DEFINITIONER</u>	6
6.	<u>DESKRIPTORER</u>	6
7.	<u>ANVENDELSESOMRÅDE</u>	7
8.	<u>DISPENSATION</u>	7
9.	<u>HISTORIK</u>	7
10.	<u>VEDLIGEHODELSE AF BALLASTLAGET</u>	8
11.	<u>KRITERIER FOR BALLASTRENSNING</u>	10
12.	<u>KRAV TIL SKÆRVELAGET EFTER UDFØRT BALLASTRENSNING</u>	12
12.1	Krav til tværprofil	12
12.2	Krav til kontrol af tværprofil	13
12.2.1	Kontrol af skærvlagets oversidegeometri	13
12.2.2	Kontrol af skærvlagets underside, maskinel ballastrensning	13
12.2.3	Kontrol af skærvlagets underside, manuel ballastrensning	13
12.3	Krav for kornstørrelsesfordeling og kontrol heraf	14
13.	<u>KRAV TIL GENANVENDELSE AF BAGHARPNING</u>	15

14.	BILAG	16
14.1	Bilag 1, Sammenhæng mellem justeringsbehov og ændring af σ_H (Informativt)	16
14.2	Bilag 2, Retningslinjer for vurdering af tidspunkt for ballastrensning (Informativt)	18

1. INDLEDNING

Det er formålet med Letbanenormen at sikre den nødvendige og tilstrækkelige funktionalitet af ballastlaget i driftsfasen.

Letbanenormens formål er endvidere at opstille objektive kriterier for igangsætning og udførelse af ballastrensning i forbindelse med sporfornyelsesprojekter.

Letbanenormen indeholder krav for vedligeholdelse af ballastlaget, kriterier for igangsætning af ballastrensning, krav til skærvelaget efter udført ballastrensning, krav til håndtering af bagharpning samt information om sammenhæng mellem justeringsbehov og ændring af σ_H og retningslinjer for vurdering af tidspunkt for ballastrensning.

Letbanenormen er udarbejdet i henhold til [12], hvori normniveauerne LBN1, LBN2 og LBN3 er defineret.

Udgivet af:

Aarhus Letbane
P. Hiort-Lorenzens Vej 71-95
8000 Aarhus C

2. IKRAFTTRÆDEN

Denne Letbanenorm træder i kraft ved udgivelsen.

Denne Letbanenorm ophæver LBN2-4-2.

3. OVERGANGSBESTEMMELSER

Der er ingen overgangsbestemmelser i denne letbanenorm.

.

4. REFERENCER

Nogle steder henviser Letbanenormen til andre bestemmelser. Disse henvisninger er angivet ved 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.

Med mindre andet er nævnt gælder, at referencer er normative på LBN1- eller LBN2-niveau afhængig af den sammenhæng, de optræder i.

Nogle af denne Letbanenorms krav kan være en skærpelse af regler angivet i referencelisten. I så fald er reglerne i referencelisten ikke gældende med hensyn til netop disse krav.

- [1] Letbanenorm LBN1-177 "Tilstandsinspektion og vedligeholdelse", Aarhus Letbane.
- [2] Letbanenorm LBN1-6 "Tværprofiler for ballasteret spor", Aarhus Letbane.
- [3] Letbanenorm LBN2-19 "Ballast og underballast. Materialekrav", Aarhus Letbane.
- [4] Letbanenorm LBN1-38 "Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer", Aarhus Letbane.
- [5] Letbanenorm LBN2-5 "Ballast- og jordprøvetagning i sporkassen", Aarhus Letbane.
- [6] Letbanenorm LBN1-13 "Ledningsanlæg på Aarhus Letbanes arealer", Aarhus Letbane.
- [7] Letbanenorm LBN1-11 "Afvanding af sporarealer", Aarhus Letbane.
- [8] Letbanenorm LBN1-59 "Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner", Aarhus Letbane.
- [9] Aarhus Letbanes Kørestrømsinstruks (LKI), Aarhus Letbane.
- [10] Letbanenorm LBN2-93 "Absolut beliggenhed og fast afmærkning af sporets tracé", Aarhus Letbane.
- [11] Banenorm BN2-94 "Landmåling på banen", Banedanmark.
- [12] Letbanenorm LBN2-1 "Struktur, udseende og udvikling af Letbanenormer", Aarhus Letbane.

5. DEFINITIONER

I Letbanenormen gælder følgende definitioner:

Begreb	Definition
Bagharpning	Betegnelse for ballastaffald, der fjernes fra ballastlaget ved udførelse af ballastrensning.
Ballastlaget	Betegnelse for den del af tværprofilet, der består af ballast. Ballastlaget består af ballastskærver eller ballastgrus.
EMGT	Ækvivalent belastning i mio. bruttoton togvægt. Den ækvivalente belastning i mio. bruttoton togvægt er korrigeret i forhold til den faktiske belastning i mio. bruttoton togvægt under hensyntagen til tilladelig hastighed for passagertog og godstog samt en slidfaktor for passagertog og godstog. Den ækvivalent belastning i mio. bruttoton togvægt for den enkelte strækning er mellem 1,1 og 1,8 gange den faktiske belastning i mio. bruttoton togvægt.
Finstof	Partikler med en kornstørrelse, der kan passere en kvadratisk sigte med hulstørrelse 22,4 mm.
Humus	Organisk del af finstof.
Skærvelaget	Betegnelse for den del af tværprofilet, der består af ballastskærver.
σ_H	Standardafvigelse i højderetningen (σ_H) beregnet for hvert sporafsnit à 200 m på baggrund af målte punktfejl i højderetningen.

6. DESKRIPTORER

Afvanding, bagharpning, ballast, ballastlaget, ballastrensning, ballast-skærver, EMGT, finstofindhold, fornyelse, grusballast, grøfter, humus, justeringsbehov, justeringshyppighed, skærve-kvalitet, skærvelaget, skærveprøve, skærver, spor, sporskifte, tværprofil, ukrudt, underballast, vandafledning, vedligeholdelse.

7. ANVENDELSESOMRÅDE

Letbanenormen gælder for alle i drift værende ballastede spor under Aarhus Letbanes ansvar som infrastrukturforvalter, hvor der tillades følgende kombinationer af hastighed samt aksellast:

- $V \leq 100$ km/h og $A \leq 25,0$ tons.

Letbanenormen gælder i forbindelse med vedligeholdelse, ballastrensning og fornyelse af ballastlaget for eksisterende spor.

Endvidere fremgår proces for ændringer i infrastrukturen af Aarhus Letbanes ledelsessystem, hvortil der henvises.

8. DISPENSATION

Proces for dispensation fra tekniske regler fremgår af Aarhus Letbanes ledelsessystem, hvortil der henvises.

9. HISTORIK

I forhold til version LBN2-4-2 er der sket tilretning i afsnit 3. Ændringen omfatter, at begrænsningen af anvendelsen af den tekniske sikkerhedsregel til kun at dække drift- og vedligeholdelsesaktiviteter er fjernet.

10. VEDLIGEHODELSE AF BALLASTLAGET

Der skal foretages visuel inspektion af ballastlagets tilstand en gang hvert år til fods eller ved gennemgang af videooptagelser.

Note 10-1

Inspektionen kan med fordel udføres sammen med andre inspektioner i forbindelse med linjesyn jævnfør krav i [1].

Ballastlaget skal bekæmpes for ukrudt, for:

- at mængden af humus i ballastlaget ikke øges unødigt, idet en ophobning af humus vil give anledning til en forringelse af ballastlagets drænende evne.
- at bevare signalsynligheden.
- at visnet ukrudt ikke skal udgøre en brandfare.
- at personalet skal kunne færdes sikkert i og omkring sporet.

Ballastlaget skal vedligeholdes, så dette:

- er vandafledende.
- er i en sådan tilstand, at en sporjustering har en rimelig holdbarhed.
- overholder de geometriske krav til ballastskulderens bredde og hældning i henhold til [2].

Note 10-2

Med hensyn til materialekrav for tilførte ballastskærver, små ballastskærver og ballastgrus henvises til regler i [3].

Grusballast, som på grund af forurening ikke er vandafledende og ikke er i en sådan tilstand, at en sporjustering har en rimelig holdbarhed, skal fornyes i fornødent omfang. Skyldes forureningen, at lerholdig undergrund arbejder sig op i ballastlaget, skal særlige foranstaltninger iværksættes.

På strækninger med skærveballast, hvor der konstateres et uhensigtsmæssigt sporjusteringsbehov ud fra kravene til sporets kvalitet i henhold til [4], skal det vurderes, i hvilken grad problemerne kan afhjælpes ved at øge skærvelagets tykkelse i form af et løft af sporets længdeprofil. Tilsvarende skal eventuelle lokale problemer vedrørende skærvelagets drænende evne søges udbedret ved en vedligeholdelsesindsats.

Overskydende ballast må ikke dække lasker, skinnefoden og/eller befæstelsesdele. Eventuel overskydende ballast skal derfor placeres, således at dette ikke sker.

I sidespor med ballastskærver, hvor der er afdækket med små ballastskærver, skal afdækningen vedligeholdes med små ballastskærver.

Hvis der konstateres olieforurening eller anden jordforurening i ballastlaget, og denne eventuelt har bredt sig ned i underballasten, skal fundet vurderes og indberettes. Der henvises til proces i Aarhus Letbanes ledelsessystem herfor. Den fundne jordforurening må ikke tildækkes eller fjernes.

Note 10-3

Olieforurening og anden jordforurening indberettes også til miljømyndighederne i henhold til gældende lovgivning, og forureningen må først fjernes efter tilladelse fra myndigheden.

11. KRITERIER FOR BALLASTRENSNING

Såfremt der sker en u hensigtsmæssig hurtig nedbrydning af sporets kvalitet, og det ikke er muligt at reducere sporjusteringshyppigheden ved en vedligeholdelsesindsats i henhold til afsnit 10, skal der foretages en undersøgelse af årsagen/årsagerne hertil.

Såfremt nedbrydningen af sporkvaliteten kan relateres til et højt finstofindhold i skærvelaget, skal der udføres ballastrensning. De specifikke kriterier for udførelse af ballastrensning er anført nedenfor.

Ballastrensning skal udføres, såfremt andelen af partikler mindre end 22,4 mm udgør mindst 30 vægtprocent i gennemsnit for den del af skærvelaget, der ligger under svelleunderside.

Dette finstofindhold kan forventes opnået, såfremt et af nedennævnte kriterier er opfyldt:

- Skærvelaget har opnået en alder på 37,5 år.
- Skærvelaget har opnået en akkumuleret trafikale belastning på 700 EMGT.

Såfremt forundersøgelser resulterer i en forventning om, at det ballastrensede spor vil skulle sporjusteres sjældnere end hvert 3. år, kan urensede ballastskærver betragtes som underballast.

Note 11-1

For informative retningslinjer til vurdering af tidspunkt for ballastrensning henvises til afsnit 14.2, bilag 2.

Note 11-2

Ved opgraderinger henvises til krav i [2]. Såfremt der er konstateret et behov for sporjustering hvert 3. år eller hyppigere for at overholde kravene i henhold til [4], og højt finstofindhold er identificeret som årsagen herfor, kan ballastrensning være nødvendig for at udbedre forholdet.

Note 11-3

Med hensyn til justeringsbehovet hvert 3. år eller hyppigere skal det bemærkes, at der er tale om det reelle justeringsbehov ud fra målevognsdiagrammer og analyser, og ikke de faktiske udførte sporjusteringer. Ved vurderingen af sammenhæng mellem et justeringsbehov hvert 3. år og ændring af σ_H over 1 år henvises til afsnit 14.1, bilag 1.

Note 11-4

Det præcise finstofindhold i skærvelaget kan efter behov dokumenteres ud fra skærveprøver. Ved et højt finstofindhold forstås skærvelag med en andel af partikler mindre end 22,4 mm på 30 vægtprocent i gennemsnit for den del af skærvelaget, der ligger under svelleunderside. Med hensyn til udtagelse og analyse af skærveprøver henvises til kravene i [5].

Note 11-5

Der henvises til forundersøgelser i henhold til krav i [2].

Forud for udførelsen af ballastrensning skal der undersøges for eksistens og beliggenhed af langsgående ledningsanlæg, f.eks. via kabelsøgning. Såfremt der identificeres kritisk placerede kabler, skal disse være flyttet inden udførelsen af selve ballastrensningen påbegyndes.

Note 11-6

Jævnfør [6] gælder, at kabler skal graves helt ned i råjordsplanum. Erfaringer har dog vist, at eksisterende kabler på nogle delstrækninger er placeret i/omkring ballastprofilet, hvorfor der bør udføres en undersøgelse heraf i god tid, gerne 2 år før udførelsen af ballastrensning for at sikre tid til flytning af kabler.

Note 11-7

Hvor langsgående kabler helt eller punktvist vurderes at ligge uhensigtsmæssigt højt, vil det oftest være mest effektivt at placere et nyt kabel inden udførelsen af ballastrensningen (tilstrækkeligt langt væk fra ballastrenseren), der efter ballastrensningen kan pløjes ned i den rette dybde jævnfør [6].

Forud for udførelsen af ballastrensning skal det sikres, at grøften/afvandingsystemet er beliggende tilstrækkeligt lavt i forhold til færdigt spor, således at skærvelaget kan afvandes til grøften/afvandingsystemet.

Note 11-8

Med hensyn til normer for afvanding henvises til kravene i [7].

12. KRAV TIL SKÆRVELAGET EFTER UDFØRT BALLASTRENSNING

12.1 Krav til tværprofil

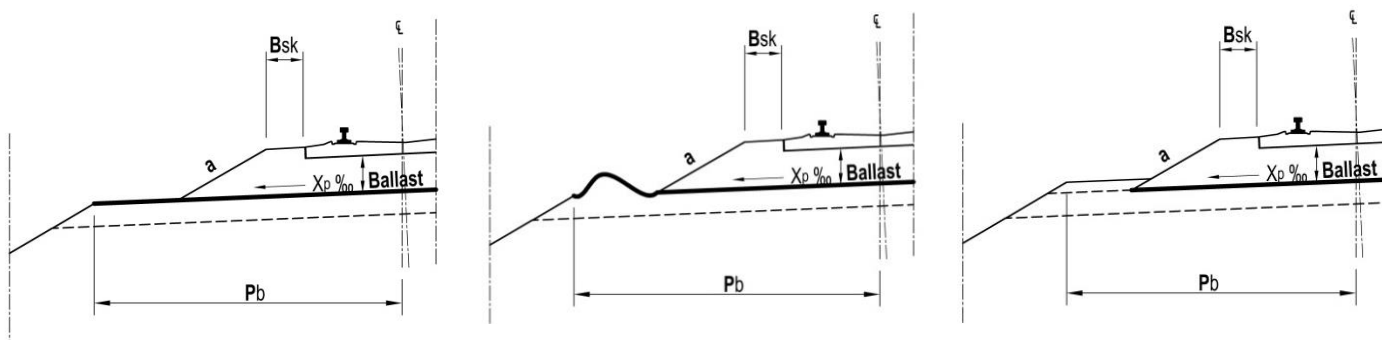
Underkanten af det rensede skærelag skal have en nominal hældning på 40 ‰ mod grøften/afvandingsystemet. For broer tillades det eksisterende hældningsforhold dog bevaret.

Skærelaget skal renses i hele sin bredde, hvor kravene er angivet i [2].

Endvidere skal planumsbanketten, se figur 12.1-1, renses og afrettes med et tværfald i samme snit som undersiden af det rensede skærelag, så der sikres uhindret afvandning af sporet helt ud til grøften/afvandingsystemet.

Note 12.1-1

Rensning af skærelaget og planumsbanketten kan ske i en eller flere arbejdsgange. Bortskaffelse af bagharpning med et væsentligt indhold af ler, humus og/eller ukrudt kan være u hensigtsmæssigt, hvorfor rensningsmetode og arbejdsgange bør vælges under hensyntagen til bagharpningens genanvendelse, se afsnit 13. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at fjerne uønskede fraktioner fra planumsbanketten før ballastrensningen påbegyndes.



Rigtigt. Vandet ledes uhindret til grøften/afvandingsystemet.

Forkert. Planumsbanketten er ikke renses, og der er ikke korrekt tværfald.

Forkert. Planumsbanketten ligger ikke i samme snit som undersiden af det rensende skærelag.

Figur 12.1-1 Krav for planumsbanketten

Ved sideværts faste konstruktioner som kørestrømsmaster, brospøjler, kantbjælker eller perroner skal det sikres, at ballasten renses helt ud mod den faste konstruktion, og at der er uhindret afvanding af det ballastrensede spor til afvandingssystemet.

Note 12.1-2

Med hensyn til krav for udgravning i nærheden af eller i relation til:

- Broer og andre konstruktioner henvises til krav i [8].
- Kørestrømsmaster henvises til krav i [9].

Skærvelagets geometri skal efter udført ballastrensning overholde kravene i henhold til [2].

Note 12.1-3

Med hensyn til tekniske krav til tilførte ballastskærver henvises til regler i [3].

Afmonterede forhindringer som f.eks. kabelrender skal genmonteres efter ballastrensningen, og det skal sikres, at denne montage ikke hindrer en afvanding af sporkassen.

12.2 Krav til kontrol af tværprofil

12.2.1 Kontrol af skærvelagets oversidegeometri

Kontrol af tværsnitsprofilets oversidegeometri for ballastrenset og skærvesuppleret spor skal udføres på færdigt spor jævnfør krav i [2], og sporets absolutte beliggenhed skal overholde krav efter større ombygninger i [10].

12.2.2 Kontrol af skærvelagets underside, maskinel ballastrensning

Kontrol af det maskinelt rensede skærvelags underside skal udføres i forbindelse med selve ballastrensningen som minimum pr. 100 meter. Den absolutte beliggenhed af det rensede skærvelags underside skal måles ud fra koten for projektets fikspunkter opmålt jævnfør krav i [11]. Det skal kontrolleres, at det rensede skærvelags underside placeres med en nøjagtighed bedre end +/- 0,03 m i forhold til den nominelle/projekterede placering i højderetningen.

Endvidere skal der som minimum pr. 1 meter foretages en kontrol af, at den relative rensedybde i forhold til eksisterende spors placering udføres med en tolerance bedre end +/- 0,03 m.

12.2.3 Kontrol af skærvelagets underside, manuel ballastrensning

Kontrol af det manuelt rensede skærvelags underside skal udføres i forbindelse med selve ballastrensningen som minimum pr. 5 meter. Den absolutte beliggenhed af det rensede skærvelags underside skal bestemmes via nivellement fra projektets fikspunkter opmålt jævnfør krav i [11].

Det skal kontrolleres, at det rensede skærvelags underside placeres med en nøjagtighed bedre end $\pm 0,03$ m i forhold til den nominelle/projekterede placering i højderetningen.

12.3 Krav for kornstørrelsesfordeling og kontrol heraf

Rensede skærver skal opfylde de i figur 12.3-1 angivne krav for kornstørrelsesfordelingen af ballastprøver udtaget under udlægningen fra ballastrenserens transportbånd eller fra sporet.

Kontrol af kornstørrelsesfordeling skal udføres med mindst en ballastprøve pr. kilometer udført ballastrensning. Ballastprøverne skal analyseres og dokumenteres jævnfør krav i [5].

Figur 12.3-1. Krav for kornstørrelsesfordelingen efter udført ballastrensning	
Sigte [mm]	Gennemfald skal være [%]
80,0	= 100
31,5	≤ 25
22,4	≤ 6
11,2	≤ 2

Kravene vedr. kornstørrelsesfordelingen i henhold til figur 12.3-1 skal kontrolleres, inden der foretages skærvesupplering.

13. KRAV TIL GENANVENDELSE AF BAGHARPNING

Bagharpning fra ballastrenseprocessen må ikke placeres i sporkassen eller på ballastskulderen/planumsbanketten over råjordsplanum.

Note 13-1

Bagharpning har erfaringsmæssigt et indhold af forurenende stoffer, der efter Miljøbeskyttelses- og Jordforureningsloven indebærer, at det ikke udokumenteret kan håndteres som uforurenet.

Enhver indbygning eller oplægning af bagharpning på arealer under Aarhus Letbanes infrastrukturforvaltning kræver derfor tilladelse fra Miljømyndighederne, som almindeligvis ikke tillader oplægning på baneskråninger.

Bortskaffelse af bagharpning bør ske til højværdig genanvendelse på anlæg, der er godkendt til modtagelse og genanvendelse af brugte jernbaneskærver, f.eks. til asfaltindustrien. Mulighederne herfor forringes, såfremt bagharpningen indeholder betydelige mængder af ler, humus eller ukrudt.

Anden bortskaffelse kræver, at den modtagende virksomhed kan fremvise miljøtilladelse til modtagelse af bagharpning i form af brugte jernbaneskærver.

14. BILAG

14.1 Bilag 1, Sammenhæng mellem justeringsbehov og ændring af σ_H (Informativt)

I dette bilag er angivet en sammenhæng mellem et sporjusteringsbehov hvert 3. år og ændringen af σ_H over 1 år ($\Delta\sigma_H$).

For at minimere indflydelsen af måletolerancer m.v. er det nødvendigt, at perioden, hvor ændringen i σ_H skal vurderes, er på mindst ca. 1 år. En forudsætning for at justeringsbehovet kan omsættes til en ændring i σ_H , er naturligvis, at der ikke har været udført sporjustering eller andre forbedringer af sporkvaliteten i den periode, hvor ændringen i σ_H skal vurderes.

Der skal som minimum anvendes 3 værdier af σ_H for et givent sporafsnit, således at sammenhængen / korrelationen mellem disse 3 værdier af σ_H kan kontrolleres.

Med hensyn til sammenhængen mellem et justeringsbehov hvert 3. år eller hyppigere og ændringen af σ_H henvises til figur 14.1-1. Der er tale om et justeringsbehov hvert 3. år, hvis kriteriet vedr. $\Delta\sigma_H$ er opnået.

Figur 14.1-1. Ændring af σ_H svarende til en justeringshyppighed på hvert 3. år		
Hastighed [km/h]	Justeringsbehov	Ændring i σ_H over 1 år ($\Delta\sigma_H$) [mm]
80 < V ≤ 100	Hvert 3. år	0,26
V ≤ 80	Hvert 3. år	0,37

Ovennævnte sammenhæng er baseret på:

- at sporkvaliteten ved planlægning af sporjustering gennemsnitligt svarer til indgrebsgrænserne i fejlklasse 3 i henhold til [4].
- at perioden mellem planlægning og udført sporjustering gennemsnitligt er 1 år, således at der fra udførelsen af en sporjustering til planlægningen af næste sporjustering er i gennemsnit 2 år.

- at ændringen i σ_H foregår lineært som funktion af tiden (belastningen) for det enkelte spor-afsnit.
- at der anvendes en målevogn med korrektionsfaktor $\chi = 1,0$. Såfremt der anvendes en målevogn med en anden korrektionsfaktor, skal σ_H -værdierne i figur 14.1-1 multipliceres med denne korrektionsfaktor som beskrevet i [4].

14.2 Bilag 2, Retningslinjer for vurdering af tidspunkt for ballastrensning (Informativt)

Ud fra studier jævnfør ORE rapport D 182/RP2 af 01.10.1991 "Assessment of ballast condition in the track" er det vurderet, at skærvelagets funktion nedsættes u hensigtsmæssigt ved et finstofindhold $\geq 30\%$, og at denne værdi nås efter et vist antal år i sporet eller efter en vis akkumuleret trafikbelastning. En benchmarking med jernbaner, der svarer til Banedanmarks med høj vedligeholdelsesstandard, har vist, at dette finstofindhold nås efter i størrelsesordenen 37,5 år i sporet, eller på strækninger med stor trafikbelastning efter i størrelsesordenen 700 EMGT.

Idet der også er en mindre andel af finstofindhold i nye ballastskærver, vil udviklingen i finstofindholdet, afhængigt af belastningen af sporet, overslagsmæssigt kunne fastsættes til:

- $T_e \leq 18,67$ EMGT pr. år: finstofindholdet øges med ca. 0,64 % pr. år.
- $T_e > 18,67$ EMGT pr. år: finstofindholdet øges med ca. 0,034 % pr. EMGT.

Hvis det antages, at kriterierne for ballastrensning i henhold til afsnit 11 er opfyldt, når skærvelaget gennemsnitligt har opnået et finstofindhold på $f_2\%$, kan nedennævnte formler anvendes til beregning af restlevetiden før ballastrensning:

- $T_e \leq 18,67$ EMGT pr. år: $R \sim (f_2 - f_1) / 0,64$.
- $T_e > 18,67$ EMGT pr. år: $R \sim (f_2 - f_1) / (0,034 * T_e)$.

Hvor:

T_e : Belastning i EMGT pr. år.

R: restlevetid i år.

f_2 : skønnet gennemsnitligt finstofindhold i %, før der skal udføres ballastrensning.

f_1 : nuværende finstofindhold i % ud fra skærveprøver. f_1 kan fastsættes til 6 % umiddelbart efter ballastrensning.