

Lönsamhetsanalys av återbruk av järnvägsräler

**En lagerbaserad GIS-metod för indikativ
kostnadsjämförelse i det svenska järnvägsnätet**



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**vid Campus Helsingborg
Institutionen för Teknik och samhälle**

Examensarbete:
Adam Wester

© Copyright Adam Wester

LTH vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

Faculty of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2026

Förord

Denna undersökning genomfördes under vårterminen 2026 vid Tyréns Sverige AB i Stockholm. Jag vill tacka min handledare på Tyréns Johan Rönnmark, min avdelningschef Karin Fenger-Krog, samt min handledare vid LTH Max Åhman.

Min förhoppning är att lärdomarna från detta arbete kan gagna både mig och andra i strävan efter mer robusta, resilienta, hållbara och kloka infrastruktursystem. Tomorrow matters.

Adam Wester

Lund

Den 11 maj 2026

Sammanfattning

Den statliga järnvägsinfrastrukturen är central för Sveriges transportsystem men är samtidigt resurs- och kostnadskrävande att anlägga och underhålla. Räler är en särskilt betydelsefull komponent eftersom de har lång teknisk livslängd och tillverkas av energikrävande stål. Skillnader i belastning och slitage inom järnvägsnätet innebär att räler som tas ur drift i vissa delar av anläggningen i andra sammanhang kan ha kvarstående teknisk kapacitet. Mot denna bakgrund finns ett behov av att undersöka under vilka förutsättningar återbruk av räler kan vara ekonomiskt motiverat jämfört med nyproduktion.

Syftet med studien är att utveckla en metod som, utifrån tekniska kriterier, kostnadsfaktorer och geografisk placering, indikerar var återbruk av järnvägsräler har ekonomisk lönsamhetspotential i det svenska järnvägsnätet. Metoden är utformad som en lagerbaserad GIS-analys där tekniska, ekonomiska och rumsliga dimensioner analyseras separat och därefter sammanförs.

I metodens första lager tillämpas tekniska kriterier, där största tillåtna axellast (STAX) används som binärt urvalskriterium för att identifiera bandelar där återbruk är tekniskt möjligt. Därefter beräknas indikativa kostnader för återbruk respektive nyproduktion i två separata lager med fokus på transportkostnader samt teknisk kontroll respektive inköp av nyproducerad räl. Resultaten sammanförs i ett synteslager och visualiseras geografiskt genom en indikator som visar differensen i kostnad mellan alternativen.

Resultaten visar att återbruk av räler i de studerade fallen genomgående uppvisar positiv ekonomisk lönsamhetspotential i jämförelse med nyproduktion. Variationer i indikatorvärde kan huvudsakligen kopplas till skillnader i transportsträcka och geografisk placering i förhållande till noder i transportkedjan. Studien visar att den föreslagna lagerbaserade GIS-metoden kan användas som ett översiktligt planeringsstöd för att identifiera var vidare utredning av återbrukspotential är motiverad men att resultaten är indikativa och inte avsedda som underlag för projektspecifika beslut.

Nyckelord: återbruk, järnvägsinfrastruktur, transportkostnader, Trafikverket

Summary

The state owned railway infrastructure is central to Sweden's transport system but is at the same time resource and cost intensive to construct and maintain. Rails constitute a particularly significant component, as they have a long technical service life and are manufactured from energy intensive steel. Variations in load and wear across the railway network mean that rails taken out of service in certain parts of the infrastructure may, in other contexts, retain remaining technical capacity. Against this background, there is a need to investigate under which conditions the reuse of rails can be economically justified and compared to new production.

The aim of this study is to develop a method that, based on technical criteria, cost factors and geographical location, indicates where the reuse of railway rails has economic profitability potential within the Swedish railway network. The method is designed as a layer based GIS analysis in which technical, economic and spatial dimensions are analysed separately and subsequently integrated.

In the first layer of the method, technical criteria are applied, where maximum permitted axle load (STAX) is used as a binary selection criterion to identify track sections where reuse is technically feasible. Indicative costs for reuse and new production are then calculated in two separate layers, focusing on transport costs as well as technical inspection and procurement of newly produced rails, respectively. The results are integrated in a synthesis layer and visualised geographically using an indicator that represents the cost difference between the alternatives.

The results show that rail reuse in the studied cases consistently exhibits positive economic profitability potential compared to new production. Variations in the indicator value can mainly be attributed to differences in transport distance and geographical location in relation to nodes within the transport chain. The study demonstrates that the proposed layer based GIS method can be used as an overview planning tool to identify where further investigation of reuse potential is warranted. However, the results are indicative and not intended to serve as a basis for project specific decisions.

Keywords: reuse, railway infrastructure, transport costs, Swedish Transport Administration

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Introduktion.....	1
1.2 Problemformulering.....	1
1.3 Syfte.....	2
1.4 Forskningsfrågor	2
1.5 Avgränsningar	2
2 Bakgrund	4
2.1 Järnvägssystemets struktur	4
2.2 Trafikverkets roll	5
2.3 Slitage och tekniska förutsättningar	7
2.4 Data.....	8
2.5 Återbruk av räl	9
2.6 Sammanfattning.....	11
3 Ramverk för analys	12
3.1 Tekniska kriterier och teknisk godkändhet.....	12
3.2 Indikativa analyser i komplex infrastruktur	12
3.3 Kostnadskomponenter i jämförande analyser.....	13
4 Metod	14
4.1 Forskningsdesign	14
4.2 Datagrund.....	14
4.3 Lager 1 – Tekniska kriterier.....	15
4.4 Lager 2 – Kostnader för återbruk.....	16
4.5 Lager 3 – Kostnader för nyproduktion	21
4.6 Synteslager – Indikator för potentiell lönsamhet vid återbruk	24
4.7 GIS-miljö och tekniska verktyg	25
5 Resultat.....	26
5.1 Resultat från Lager 1 – Tekniska kriterier	27
5.2 Resultat från Lager 2 – Kostnader för återbruk	32
5.3 Resultat från Lager 3 – Kostnader för nyproduktion.....	36
5.4 Resultat från Synteslagret – indikator för potentiell lönsamhet.....	38
6 Analys	40
6.1 Analys av tekniska kriterier.....	40
6.2 Analys av indikativa analyser i komplex infrastruktur	40
6.3 Analys av synteslager för Case 1: Malmö godsbangård	41
6.4 Analys av synteslager för Case 2: Luleå godsbangård	41
6.5 Syntes.....	41

7 Diskussion.....	43
8 Slutsatser.....	45
8.1 Tekniska kriterier.....	45
8.2 Kostnadsstruktur och jämförbarhet.....	45
8.3 Geografisk visualisering	45
8.4 Metodens tillämpbarhet	45
9 Referenser	47

1 Inledning

1.1 Introduktion

Sveriges järnväg är fundamental för landets ekonomi och samhälle, där transporter av både människor och gods är avgörande för funktion och säkerhet. Järnvägsinfrastrukturen är resurskrävande att anlägga och underhålla, vilket gör frågor om resursanvändning centrala i en tid med ökade krav på kostnadseffektivitet och hållbarhet (Trafikverket, 2025). Räler är en särskilt betydelsefull komponent eftersom stålproduktion är mycket energikrävande samtidigt som räler har lång teknisk livslängd. Olika delar i järnvägsnätet åldras i olika takt, vilket skapar möjligheter att använda befintliga räler i andra sammanhang än de ursprungliga. Detta aktualiserar behovet av att förstå hur befintliga resurser kan tas till vara på ett mer flexibelt och effektivt sätt (Trafikverket, 2025). Mot denna bakgrund är det relevant att undersöka under vilka förutsättningar återbruk kan spela en roll i förvaltningen av den svenska järnvägsinfrastrukturen.

1.2 Problemformulering

Trafikverket förvaltar det svenska järnvägsnätet och har initierat ett pilotprojekt för att i ökad grad återbruka järnvägsräler i stället för att enbart köpa in nyproducerade räler. Ambitionen är att återbruka där det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt, innan alternativ som återvinning eller nyinköp övervägs (Trafikverket, 2025).

Återbruk av räler innebär ingen inköpskostnad för själva rälen, men medför andra kostnader, bland annat för teknisk kontroll, sortering, hantering och transport. Transportkostnaderna varierar geografiskt, vilket gör att lönsamheten inte är enhetlig mellan olika delar av landet. Eftersom Trafikverkets kostnader finansieras med både banavgifter och skattemedel finns det ett samhällsekonomiskt intresse av att minimera totalkostnaden över rälsens livscykel (Trafikverket, 2025).

I diskussioner om återbruk kan det finnas en underförstådd föreställning om att det alltid ger en lägre kostnad än nyproduktion. Vid återbruk tillkommer andra kostnader såsom kontroll och transport vilket innebär att en systematisk metod behövs för att avgöra när återbruk faktiskt är ekonomiskt motiverat och när det inte är det.

I dagsläget saknas en ingenjörsmässigt utformad metod som kombinerar tekniska kriterier och kostnadsfaktorer i en strukturerad jämförelse mellan återbruk och nyproduktion. Utan en sådan metod blir det svårt att göra

jämförbara och transparenta bedömningar, vilket kan leda till ojämlika och inkonsekventa beslut.

Det finns ett behov av en metod som kan bedöma den ekonomiska lönsamhetspotentialen vid återbruk av järnvägsräler i Sverige.

1.3 Syfte

Studiens syfte är att utveckla en metod som, utifrån tekniska kriterier, kostnadsfaktorer och geografisk placering, indikerar var återbruk av järnvägsräler har ekonomisk lönsamhetspotential jämfört med nyproduktion i det svenska järnvägsnätet.

1.4 Forskningsfrågor

Huvudfråga:

Hur kan en lagerbaserad GIS-metod utformas så att den, utifrån tekniska kriterier, kostnadsfaktorer och geografisk placering, indikerar var återbruk av järnvägsräler har ekonomisk lönsamhetspotential jämfört med nyproduktion i det svenska järnvägsnätet?

Underfrågor:

Hur används de tekniska kriterierna i metoden för att identifiera de rälssträckor som kan betraktas som möjliga kandidater för återbruk?

Hur kan kostnaderna för återbruk respektive nyproduktion struktureras i metoden så att de blir direkt jämförbara med hänsyn till geografisk placering och transportavstånd i det svenska järnvägsnätet?

Hur kan skillnaden i kostnad mellan återbruk och nyproduktion visualiseras geografiskt med hänsyn till rälens placering och transportavstånd för att indikera var det finns ekonomisk lönsamhetspotential i det svenska järnvägsnätet?

1.5 Avgränsningar

Tekniska avgränsningar

- Denna studie omfattar enbart räler: slipers, ballast, växlar och andra järnvägskomponenter omfattas inte.
- Tekniska kriterier baseras uteslutande på Trafikverkets styrdokument.
- Tekniska kriterier tillämpas direkt utan egna tolkningar, inga egna tekniska bedömningar eller alternativa kriterier formuleras.

Ekonomiska avgränsningar

- Studien analyserar endast ekonomisk lönsamhetspotential, inte faktisk lönsamhet.
- Ingen fullständig livscykelkostnadsanalys genomförs.
- Prototypversionen av metoden avgränsas till relevanta komponenter; kontroll, sortering, hantering, transport och inköp.
- Ekologiska och sociala hållbarhetsaspekter ingår inte.

Datamässiga avgränsningar

- Endast befintliga GIS-data används; ingen ny datainsamling sker.
- Ingen fältverifiering eller fysisk inspektion av räler ingår.
- Datakvalitet granskas endast på attributnivå.

Metodmässiga avgränsningar

- Metoden som tas fram är en prototyp och ger en översiktlig indikator, inte underlag för slutliga investeringsbeslut.
- Modellen som tas fram beräknar och visualiserar skillnader i kostnad för teknisk kontroll, transport och inköp, inte detaljerade projektspecifika kalkyler.

Geografiska avgränsningar

- Studien omfattar endast det svenska järnvägsnätet.
- Geografiska analyser begränsas till rälens placering och transportavstånd via det svenska vägnätet för godstransporter.
- Ruttoptimering sker enbart utifrån transportsträcka, inte utifrån trafikprognoser.

2 Bakgrund

2.1 Järnvägssystemets struktur

Järnvägssystemets fysiska struktur utgörs av flera tekniska komponenter som tillsammans möjliggör att tåg kan rulla säkert, stabilt och förutsägbart. En central del av denna struktur är banöverbyggnaden, som omfattar allt som ligger mellan rälsens överkant och ytan på underballasten. De viktigaste delarna av banöverbyggnaden är räl, befästningar, slippers och spårballast. Dessa komponenter samverkar och utgör grunden för järnvägens tekniska egenskaper (Trafikverket, 2023).

Rälen är den skena som tågen rullar på och har både en bärande och en styrande funktion. Rälen ser till att tåget håller sig på banan och att laster från tåget överförs ner i spårkonstruktionen och vidare ner i marken. För att tågen ska kunna rulla säkert över lång tid behöver rälen vara tillverkad i en hög stålqualität som klarar slitage och de krafter som uppstår vid trafik (Trafikverket, 2025).

Spårgeometrin beskriver hur spåret är utformat i både höjd- och sidled. Till exempel hur spåret lutar, svänger och förändras utifrån topografin. Spårgeometrin handlar alltså om spårets form, inte om var banan ligger geografiskt. Spårgeometrin är avgörande för säkerheten för människor och gods inuti tåget, för att omgivande mark, natur och bebyggelse inte ska utsättas för onödiga risker. Hur spårgeometrin är utformat påverkar dessutom hur krafter från tågen fördelas i banöverbyggnaden och därmed både hur mycket och vilken typ av slitage som uppstår i anläggningen (Trafikverket, 2023).

Huvudspår är de spår som används för reguljär trafik mellan olika platser, exempelvis mellan två stationer. De byggs för att tåla hög belastning, höga hastigheter och stora krafter, vilket gör att både spårkonstruktion och material väljs för att uppfylla robusta tekniska krav. Detta innebär att räl från huvudspår ofta har tillräcklig teknisk kapacitet för att kunna återbrukas i sidospår där belastningen är lägre (Trafikverket, 2025).

Sidospår är spår som inte används för reguljär trafik utan främst för uppställning, rangering och enklare rörelser. Eftersom sidospår utsätts för lägre belastning och mindre trafik än huvudspår ställs också lägre tekniska krav på spårkonstruktionen. Detta gör att räler som tidigare legat i huvudspår har potential att återbrukas i sidospår, eftersom de är dimensionerade för högre krav än vad som normalt behövs i sidospår. Den lägre belastningen innebär dessutom att slitaget i sidospår generellt är mindre än i huvudspår. Vilket

också bidrar till att tekniska krav och livslängd kan se annorlunda ut (Trafikverket, 2025).

En bandel är ett sammanhängande avsnitt av järnvägen, vanligtvis mellan två driftplatser. Trafikverket använder bandelar som administrativa och tekniska segment för att planera, beskriva och följa upp anläggningen. Syftet med indelningen är att dela upp järnvägen i hanterbara avsnitt som kan beskrivas och analyseras enhetligt. Många av banans tekniska attribut, som räl- och spårtyp, lagras och organiseras per bandel. Eftersom stora delar av den tekniska informationen är knuten till bandelnivån blir bandelen också den naturliga nivån för de analyser som genomförs senare i denna studie (Trafikverket, 2023).

För att kunna ange var olika komponenter och tillstånd finns i järnvägsanläggningen registreras spårets läge både genom längdmätning på bandelnivå och genom geografiska koordinater. Koordinaterna gör det möjligt att exakt placera spårobjekt i en kartmiljö, vilket ger en tydlig geografisk referens oberoende av banans riktning eller utformning. Denna positioneringsinformation lagras som geodata i Trafikverkets databaser och ligger till grund för hur spårets egenskaper kan visualiseras och analyseras i olika datasystem (Trafikverket, 2021).

Järnvägssystemet kan ses som ett tekniskt komplext system där ett stort antal komponenter måste fungera tillsammans för att trafiken ska vara säker och stabil. Samtidigt uppstår en grundläggande paradox: ju mer en spårsträcka används, desto snabbare slits den, och desto oftare krävs underhåll. När underhåll ska utföras måste spåret helt eller delvis tas ur trafik, vilket innebär att den sträcka som slits mest också är den som är svårast att ta ur bruk utan att påverka trafiksystemet. Drift och underhåll blir därmed en integrerad del av järnvägssystemets funktion, eftersom brister i spårstruktur, komponenter eller spårläge direkt kan påverka både säkerhet och tillgänglighet. Dessa förutsättningar gör det nödvändigt att ha tydliga tekniska beskrivningar av spårets egenskaper, vilket i nästa steg möjliggör systematiska analyser av anläggningens tillstånd (Trafikverket, 2025).

2.2 Trafikverkets roll

Trafikverket är den myndighet som på uppdrag av regering och riksdag ansvarar för att den statliga transportinfrastrukturen uppfyller sitt syfte. I detta uppdrag ingår det tekniska och administrativa ansvaret för den statliga järnvägsanläggningen, vilket innebär att myndigheten ska förvalta anläggningens funktion, utformning och tekniska standard samt säkerställa att

den dokumenteras och följs upp på ett konsekvent sätt. Trafikverket ansvarar inte för den trafik som körs på järnvägen, utan för att den infrastruktur som trafikoperatörerna använder är planerad, byggd och underhållen så att den är säker och fungerar på ett tillförlitligt sätt över tid. Inom ramen för detta ansvar planerar myndigheten investeringar i järnvägen, såsom förbättringar, utbyggnader och nybyggnationer av spår och anläggningens övriga delar. Trafikverket ska även se till att järnvägen får det underhåll som krävs för att bibehålla säkerhet och långsiktig funktion (Trafikverket, 2025)

Trafikverkets ansvar för järnvägsanläggningen utövas genom en tydlig rollfördelning där myndigheten agerar beställare och kravställare, medan det praktiska arbetet med drift och underhåll utförs av externa entreprenörer (Trafikverket, 2025). Detta innebär att Trafikverket måste skapa goda planeringsföresättningar och säkerställa att entreprenörerna har tillgång till korrekt och tydlig information om anläggningens tillstånd och tekniska krav (Trafikverket, 2023). Genom detta arbetssätt kan myndigheten styra underhållet mot rätt åtgärder i rätt tid, samtidigt som utförandet anpassas till den tekniska standard som krävs i anläggningen (Trafikverket, 2025).

Järnvägstrafikens komplexitet och de höga säkerhetskraven gör att planering blir en av Trafikverkets centrala uppgifter inom drift, underhåll och reinvestering. Det är myndighetens uppgift att i varje enskilt fall bedöma vilken nytta en viss prioriteringsordning av resurserna ger, eftersom både tekniska förutsättningar, trafikupplägg och samhällsintressen varierar över tid. Prioriteringar baseras på underlag som kombinerar tekniska analyser, tillståndsdata, trafikprognoser och andra beslutsunderlag, med målet att använda tillgängliga resurser så att de ger så stor nytta som möjligt för säkerhet, funktion och samhällsekonomi (Trafikverket, 2025).

Det regelverk som omger järnvägsanläggningen är omfattande och består av ett stort antal styrande dokument som reglerar olika delar av anläggningens tekniska krav, säkerhetsföreskrifter, projekteringsprinciper och standarder för drift och underhåll. Denna omfattande reglering innebär också att information om järnvägsanläggningen måste dokumenteras och struktureras på ett systematiskt sätt, vilket leder vidare till den datamiljö som Trafikverket använder för att lagra och hantera teknisk anläggningsinformation (Trafikverket, 2023).

Trafikverket använder flera datamiljöer för att samla in, lagra och strukturera information om anläggningens olika delar. Anläggningen är geografiskt spridd över hela landet vilket kräver system som kan hantera information både på bandelnivå, där längre järnvägssträckor hanteras som enheter, och på objektnivå, där enskilda komponenter i anläggningen, såsom räil, slippers eller

växlas, registreras. Dessa datamiljöer används för att dokumentera anläggningens tillstånd, tekniska egenskaper och förändringar över tid, och utgör därmed ett viktigt stöd i planering och genomförande av drift- och underhållsåtgärder. Datamiljöerna är därför en grundläggande förutsättning för att teknisk information om anläggningen ska kunna lagras, uppdateras och användas på ett strukturerat och tillförlitligt sätt i Trafikverkets planering och uppföljning (Trafikverket, 2025).

Hög kvalitet i den tekniska informationen är en grundläggande förutsättning för Trafikverkets arbete med att planera, följa upp och styra drift- och underhållsåtgärder. För att anläggningens tillstånd och egenskaper ska kunna beskrivas på ett enhetligt och användbart sätt behöver data vara korrekt, uppdaterad och strukturerad enligt fastställda principer. Brister i datans fullständighet kan begränsa möjligheterna att använda informationen som ett effektivt stöd i den löpande planerings- och förvaltningsprocessen. Datakvalitet utgör därmed en central förutsättning för att teknisk information ska kunna användas på ett tillförlitligt och systematiskt sätt i Trafikverkets förvaltning av järnvägsanläggningen (Trafikverket, 2024).

2.3 Slitage och tekniska förutsättningar

Det huvudsakliga slitaget på räl utvecklas i kontaktzonen mellan hjul och räl och kan relateras till både vertikal lastöverföring, där tågets vikt överförs till spåret, och horisontell lastöverföring, som uppstår genom sidkrafter vid styrning och rörelse i spåret (Ekberg, 2017). Variationer i belastningsförhållanden påverkar hur slitaget utvecklas och manifesteras, vilket innebär att olika slitageformer kan uppstå som resultat av samverkande krafter i trafiksituationen (Nur Tawfik, et al., 2022).

Trafikmängden är central för slitagets omfattning, eftersom antalet tågagnar som passerar över en räl styr frekvensen av hjul-räl-kontakt och därmed antalet belastningstillfällen på en given bandel (Nur Tawfik, et al., 2022). Utöver trafikmängd påverkas slitaget av hastighet, lastens storlek och axeltryck, eftersom dessa faktorer är kopplade till storleken på de krafter som överförs till rälarna i trafiksituationen. Högre hastigheter kan förknippas med ökade dynamiska krafter och vibrationer, vilket kan kopplas till högre påkänningar och en ökad risk för sprickbildning. Spårgeometrin har också betydelse: i kurvor belastas yttre rälarna särskilt mycket, vilket koncentrerar krafterna mot rälens insida och kan innebära ökad risk för deformation (Ekberg, 2017).

Nötning och geometriska formförändringar kan uppstå på rälens ovansida till följd av vertikal lastöverföring från tågets vikt, medan horisontella krafter

påverkar rälens sidoytor mot spårmitt. Dessa profilförändringar kan förändra kontaktförhållandena mellan hjul och räl och därigenom påverka rälens bärande och styrande funktion över tid (Nur Tawfik, et al., 2022). För att hantera de tekniska risker som är kopplade till profildegradering tillämpas gränsvärden som anger hur stora förändringar av rälprofilen som är tillåtna. Gränsvärdena används för att bedöma rälens fortsatta tekniska användbarhet och för att identifiera när underhållsåtgärder eller utbyte blir nödvändiga för att upprätthålla funktion och säkerhet. När slitaget överstiger gränsvärdet kan rälens funktion försämrast, vilket ökar behovet av underhållande tekniska åtgärder (Trafikverket, 2024).

Spårtyp och linjekategori bestäms utifrån den funktion spåret ska uppfylla och den trafik som ska framföras. Skillnader i trafikmängd, belastningsnivåer och slitagemönster leder till att spår utsätts för olika grad av mekanisk påverkan över tid, vilket i sin tur motiverar olika tekniska krav på spårens bärighet, geometri och slitagemotstånd. Spår som är avsedda för högre hastigheter, tyngre laster eller mer intensiv trafik dimensioneras därför för att tåla större påkänningar och ett mer omfattande slitage (Trafikverket, 2023).

Genom att anpassa spårtyp och linjekategori efter förväntade belastnings- och slitagenivåer kan kraven för säker trafikering upprätthållas över tid och resursanvändningen effektiviseras. Underdimensionering bör undvikas för att säkerställa att säkerhetskraven kan uppfyllas vid trafikering. Samtidigt är överdimensionering förenad med höga kostnader, omfattande resursåtgång och långa genomförandetider, vilket motiverar en differentierad dimensionering av järnvägsnätet (Trafikverket, 2023).

2.4 Data

Datagrunden i studien utgörs av tekniska anläggningsdata kopplad till den statliga järnvägsinfrastrukturen (Trafikverket, 2024). Datan används för att beskriva tekniska förutsättningar hos spår och räl samt för att möjliggöra klassificering och urval av spårsträckor där återbruk av räl bedöms som tekniskt möjligt (Trafikverket, 2025). Datagrunden är avgränsad till metodens första version och syftar till att ge en nulägesbeskrivning av tekniska egenskaper hos anläggningen. Ingen tidsutveckling eller historisk analys ingår; datan representerar det tillstånd som gäller vid tidpunkten för datauttaget (27 mars 2026) (Trafikverket, 2024).

GIS används som en analys- och visualiseringsmiljö där tekniska attribut kan kopplas till geografisk position. De GIS-relaterade datamängderna omfattar spårgeometri i form av linjedata som representerar järnvägsspårens sträckning samt bandelar, vilka utgör den administrativa indelningen för järnvägsnätet.

Den rumsliga analysen utgår huvudsakligen från bandelnivå, vilken utgör den primära analysenheten i arbetet. Tekniska attribut kopplas till respektive bandel för jämförelser och urval på sträcknivå. Bandelnivån utgör strukturen i datagrunden (Trafikverket, 2024).

Studien använder inga faktiska trafikdata. Den belastningsrelaterade information som används begränsas till STAX¹, vilket anger tillåtet axeltryck enligt gällande regelverk. STAX används som ett tekniskt klassificeringsattribut och som indikator på den dimensionerande belastningsnivån för spårsträckor. Attributet beskriver därmed spårens tillåtna belastningskapacitet snarare än faktisk trafikering; ingen information om verkligt axeltryck, trafikmängd eller belastningshistorik ingår (Trafikverket, 2024).

Kostnadsdata används i metodens Lager 2 och Lager 3 och ingår inte i den tekniska klassificeringen i Lager 1. Kostnadsinformationen används för översiktliga jämförelser mellan alternativ och utgör inte underlag för detaljerade kalkyler eller ekonomisk optimering. Som grund används etablerade schabloner och intervall där detaljerade kostnadsdata saknas, och metodens genomförande förutsätter inte tillgång till projektspecifik kostnadsinformation (Banverket, 1997). Datatyperna är därmed tydligt kopplade till metodens lager, där tekniska anläggningsdata och GIS-data utgör grunden i Lager 1, medan kostnadsdata hanteras i Lager 2 och Lager 3 för vidare bearbetning utan att påverka den tekniska klassificeringen (Trafikverket, 2024).

Datagrunden har övergripande begränsningar och saknar tidsdimension, trafikmängdsdata och historisk belastningsinformation, samtidigt som aktualiteten i vissa tekniska attribut kan variera. Data behandlas för att informationen ska kunna användas på ett tillförlitligt och enhetligt sätt i planerings- och förvaltningsprocesser (Trafikverket, 2024).

2.5 Återbruk av räl

Trafikverket har i dagsläget ingen samlad bild av hur hantering av räl som tas ur anläggning ska gå till för att möjliggöra återbruk. Inom ramen för Trafikverkets pilotprojekt för återbruk och återvinning av räler finns en uttalad ambition att i första hand prioritera återbruk framför materialåtervinning (Trafikverket, 2025). Återbruk av räl kan samtidigt sättas i relation till Trafikverkets övergripande mål om att minska klimatpåverkan och uppnå en klimatneutral transportinfrastruktur till år 2040 (Trafikverket, 2026).

¹ Största tillåtna axellast (STAX)

I styrdokumentet *TRVINFRA-00018 Banöverbyggnad – Spårkomponenter* identifieras tre alternativa tillvägagångssätt för hantering av begagnade räler avsedda för återbruk. Dokumentet anger följande alternativ:

- ”1. Direkt återanvändning. Efter att rälerna tagits ur spår kan de återanvändas på en angiven bandel.
2. Lagerläggning av begagnade räler. Rälerna som tas ur spår lagerläggs regionalt/lokalt.
3. Revidering vid Rälsverkstaden i Sannahed. Rälerna som tas ur spår skickas till Sannahed för revidering och lagerläggning” (Trafikverket, 2025, p. 17)

Dessa alternativ beskriver formellt identifierade hanteringsvägar för återbruk av räler, men det är oklart i vilken omfattning de tillämpas i praktiken och hur stor andel räler som faktiskt återbrukar i Sverige (Trafikverket, 2025).

Den praktiska hanteringen av begagnade räler som kan bli aktuella för återbruk omfattar olika hanteringsmoment där underlag sammanställs och skickas vidare för kontroll och bedömning av möjlig återanvändning (Trafikverket, 2026). Samtidigt är det oklart hur organisation och process för återbruk planeras och tillämpas i praktiken. En formell process för återbruk av begagnat material finns dock beskriven i styrande dokument, vilket indikerar att ett strukturerat arbetssätt är formulerat på dokumentnivå (Trafikverket, 2021). Trafikverkets pågående pilotprojekt syftar bland annat till att analysera kostnadsdrivare och risker kopplade till återbruk samt att utvärdera den praktiska hanteringen i försörjningskedjan (Trafikverket, 2025).

Det finns ingen rälproduktion i Sverige, vilket innebär ett beroende av leveranskedjor från övriga Europa vid inköp av nyproducerad räl (Trafikverket, 2025). Trafikverkets mål om en klimatneutral transportinfrastruktur till år 2040 förutsätter minskade koldioxidutsläpp, och i detta sammanhang innebär myndighetens miljöstrategi att investeringar i infrastruktur, utöver att uppfylla funktionskrav, även ska bidra till minskad klimatpåverkan (Trafikverket, 2026). Omvärldsläget innebär samtidigt ett behov av att säkerställa en robust materialförsörjning (Dagens Logistik, 2024). Räler kan i detta sammanhang betraktas som en strategisk resurs, både i form av den färdiga produkten och som högkvalitativt stål (Trafikverket, 2025).

Rälernas tekniska livslängd innebär att det principiellt finns förutsättningar för omhändertagande och återbruk, vilket i vissa sammanhang kan möjliggöra mer ekonomiska investeringar och ett resurseffektivt underhåll (Trafikverket, 2025). Vid exempelvis reinvesteringar, underhållsåtgärder och nyinvesteringar

i järnvägsanläggningen kan det finnas potential att reducera materialkostnader genom att återanvända befintliga räler i stället för att köpa in nya (Carlsson, et al., 2023). Eftersom räler utgör en kostsam insatsvara i järnvägsprojekt och samtidigt har en lång teknisk livslängd, framstår återbruk som en fråga med möjlig betydelse även ur ett kostnadsperspektiv. Detta bidrar till att motivera varför förutsättningarna för ett mer systematiskt återbruk av räler är relevant att undersöka.

2.6 Sammanfattning

Detta kapitel har redogjort för de grundläggande förutsättningarna för studien genom att belysa järnvägssystemets tekniska uppbyggnad, Trafikverkets roll som infrastrukturförvaltare samt de mekanismer som styr slitage och teknisk användbarhet hos räler. Järnvägen har beskrivits som ett tekniskt komplext system där rälets bärande och styrande funktion, i kombination med spårgeometri, trafikmängd och belastningsnivåer, påverkar hur slitage utvecklas över tid. Skillnader i tekniska krav mellan huvudspår och sidospår innebär att räler som dimensionerats för höga belastningar i vissa delar av nätet i andra sammanhang kan ha kvarstående teknisk kapacitet.

Vidare har studiens datagrund och organisatoriska förutsättningar behandlats. Den tekniska anläggningsdata som används är avgränsad till ett nuläge och strukturerad med GIS som sammanhållande analysmiljö, där bandelnivån utgör den primära analysenheten. Belastningsinformation begränsas till regelverksbaserade klassificeringar, och kostnadsdata används översiktligt i senare metodlager. Samtidigt har bakgrunden till återbruk av räl visat att det finns formellt definierade hanteringsalternativ och en uttalad ambition att prioritera återbruk, men att tillämpning, processer och ansvar i praktiken är otydliga.

Sammantaget visar kapitlet att återbruk av räl befinner sig i skärningspunkten mellan tekniska förutsättningar, tillgängliga anläggningsdata och verksamhetsmässiga strukturer som ännu inte är fullt systematiserade. Räler framträder i detta sammanhang som en potentiellt strategisk resurs, både genom sina tekniska egenskaper och som material, samtidigt som övergripande mål om minskad klimatpåverkan utgör en viktig ram för hur infrastrukturinvesteringar ska utformas. Dessa samlade förutsättningar motiverar behovet av en strukturerad metod för att identifiera, klassificera och analysera möjligheterna till återbruk av räl, där ekonomisk lönsamhet utgör en central förutsättning för att återbruk ska vara attraktivt att tillämpa i praktiken.

3 Ramverk för analys

3.1 Tekniska kriterier och teknisk godkändhet

Tekniska kriterier används för att järnvägsanläggningen ska nyttjas på ett sätt som minskar onödigt slitage och samtidigt säkerställer att järnvägstrafiken är säker för människa och miljö. Genom tekniska kriterier säkerställs att den trafik som framförs på en järnvägssträcka står i paritet med anläggningens tekniska förutsättningar. Ett tekniskt regelverk med tydliga kriterier utgör därmed en grund för att funktionsduglighet ska kunna säkerställas och järnvägen kan enligt regelverket inte tas i bruk utan att kriterierna är uppfyllda (Trafikverket, 2025). Teknisk prövning sker som ett tidigt steg vid bedömningen av möjligheten att återbruka räler för att i ett tidigt skede sortera bort de rälskomponenter som inte uppfyller de krav som krävs för att kunna tas i bruk i anläggningen (Trafikverket, 2026). När teknisk godkändhet har fastställts kan övriga kostnadsdrivare beaktas utifrån ett anläggningsprojekts omfattning i tid och ekonomi (Trafikverket, 2025). Tekniska krav kan fungera som ett binärt filter genom att de leder till ett beslut om huruvida en spårkomponent är godkänd eller ej. Antingen uppnår komponenten de krav som ställs eller så gör den det inte (Trafikverket, 2026). De objekt som inte uppfyller de tekniska kraven exkluderas helt och går därmed inte vidare i en stegvis analys för att tas i bruk i anläggningen. Detta avgränsar analysutrymmet till de objekt som uppfyller grundläggande tekniska förutsättningar (Trafikverket, 2025).

Tekniska kriterier kan avgränsa analysutrymmet genom att tydligt definiera vilka objekt som överhuvudtaget är relevanta att analysera vidare. Om de tekniska kraven för ett givet ändamål inte är uppfyllda saknar efterföljande ekonomiska jämförelser praktisk betydelse, eftersom objektet inte kan tas i bruk i anläggningen (Trafikverket, 2025). Genom att tillämpa tekniska kriterier som ett inledande urval säkerställs därför att analytiska resurser riktas mot de objekt som uppfyller grundläggande funktionskrav och där vidare avvägningar i tid och ekonomi är meningsfulla (Trafikverket, 2025).

3.2 Indikativa analyser i komplex infrastruktur

Infrastruktur och järnvägstrafik kan betraktas som stora och komplexa system där det i sig innebär en betydande kostnad att genomföra detaljerade utredningar av kostnader. För att kunna fatta beslut om vilka utredningar som ska genomföras behövs därför underlag som på något sätt indikerar att en vidare utredning kan vara motiverad och potentiellt leda till nyttiga investeringar eller besparingar. Om kraven på detaljeringsgrad i initiala utredningar sätts för högt kan detta medföra högre kostnader i ett tidigt skede, utan garantier för att utredningen faktiskt leder till en förbättring i praktiken.

En mer indikativ ansats i tidiga skeden, med lägre krav på detaljnivå, innebär samtidigt att fler alternativa antaganden och idéer kan prövas till en lägre kostnad (Trafikverket, 2022).

3.3 Kostnadskomponenter i jämförande analyser

När transportavstånd skiljer sig mellan två alternativ är det relevant att analysera hur transportkostnaden varierar med avståndet. Andra delar i logistikkedjan, exempelvis lagerhållning, kan i vissa jämförelser behandlas som oförändrade mellan alternativ, medan variation i transportsträcka medför skillnader i kostnaden för att förflytta godset. Transportkostnad uttryckt per avståndsenhet eller tidsenhet kan i förenklade analyser representeras med schablonvärden vilket möjliggör jämförbarhet mellan alternativ, till skillnad från andra delar av logistikkedjan som ofta är mer komplexa att kvantifiera (Engwall, et al., 2020)

Teknisk kontroll kan betraktas som en nödvändig förutsättning för att kunna fastställa om de tekniska kriterierna är uppfyllda eller ej. Kontrollen avgör om materialet är godkänt för användning i anläggningen (Trafikverket, 2026). Samma tekniska krav gäller i hela Sverige vilket innebär att den tekniska prövningen är oberoende av geografi. Vid nyproduktion genomförs inte samma typ av kontroll i samband med användning. Nyproducerat material är kontrollerat av tillverkaren och klassificeras som tekniskt godkänt material om leverantörens testprotokoll godkänner de producerade rälerna (Trafikverket, 2025). I jämförelse innebär detta att materialkostnad för räler enbart finns som kostnad vid inköp av nyproducerade räler men inte vid återbruk (Trafikverket, 2025).

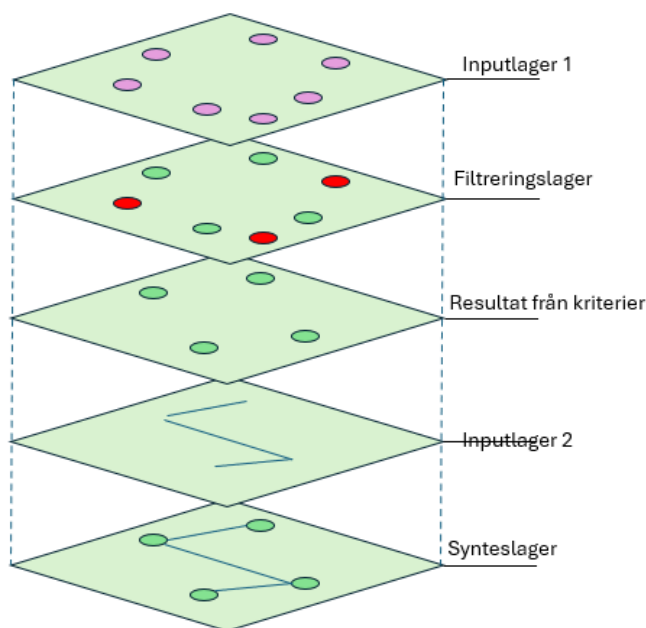
4 Metod

4.1 Forskningsdesign

Studien har en tillämpad, kvantitativ, indikativ och jämförande forskningsdesign. Metoden syftar till att identifiera vilka kluster av bandelar och bandelar i det svenska järnvägsnätet som har lönsamhetspotential vid återbruk av dess räler i jämförelse med nyproduktion. Jämförelsen genomförs mellan kostnader för återbruk och kostnader för nyproduktion, med hänsyn till tekniska kriterier och geografisk placering. Metodens output utgörs av en geografisk visualisering där bandelskluster och bandelar representeras med en grafisk indikator för lönsamhetspotential. Resultatet ska tolkas som en indikator och är inte avsett att utgöra underlag för slutliga investeringsbeslut. Metoden är utvecklad inom ramen för studien och bygger på vedertagna principer för lagerbaserad analys och kostnadsjämförelse, anpassade till studiens syfte (Ballas, et al., 2018).

4.2 Datagrund

Metoden är uppbyggd som en lagerbaserad analys där tekniska, ekonomiska och geografiska dimensioner behandlas separat men sammanförs i ett senare steg. Denna struktur möjliggör en systematisk och transparent jämförelse mellan återbruk av befintliga räler och nyproduktion, där varje dimension kan analyseras utifrån sina egna förutsättningar innan resultaten kombineras. (Denscombe, 2018). Den övergripande metodstrukturen följer vedertagna principer för lagerbaserad analys och jämförande metodik inom tillämpad forskning och rumslig analys (Ballas, et al., 2018).



Figur 1. Princip för lagerbaserad geografisk analys

I det första lagret tillämpas tekniska kriterier för att identifiera vilka bandelar som uppfyller grundläggande tekniska förutsättningar. Detta lager fungerar som ett förutsättningsfilter, eftersom endast bandelar som uppfyller de tekniska kraven kan ingå i den fortsatta analysen. Därigenom säkerställs att efterföljande kostnadsjämförelser endast genomförs för sträckor där återbruk är tekniskt möjligt.

De efterföljande lagren avser ekonomiska beräkningar för återbruk respektive nyproduktion. Dessa lager är analytiskt separata i den meningen att kostnader för återbruk och nyproduktion beräknas oberoende av varandra, men metoden är sekventiellt uppbyggt då båda kostnadsberäkningarna endast tillämpas på bandelar som passerat det tekniska urvalet i det första lagret. Jämförbarhet mellan alternativen säkerställs genom att kostnadsstrukturerna utformas symmetriskt, så att motsvarande kostnadskomponenter beaktas för både återbruk och nyproduktion.

Analysen genomförs på bandelsnivå, vilket innebär att bandelar utgör grunden för den data som sätts in i Lager 1-3. För att förenkla beräkning och datahantering sätts områden med hög bandelskoncentration samman som ett kluster med en radie på 1km. En av bandelarna i klustret betraktas som klusterrepresentant. De bandelar som inte finns inom 1km radie från en annan bandel påverkas inte av klustring. Bandelar och klusterrepresentanter möjliggör en konsekvent rumslig jämförelse över järnvägsnätet och utgör grunden för den geografiska presentationen av resultaten.

Det slutliga resultatet genereras genom att resultaten från de olika lagren sammanförs och visualiseras geografiskt. Visualiseringen utgör en indikator som visar relativa skillnader i kostnad mellan återbruk och nyproduktion på bandelnivå.

4.3 Lager 1 – Tekniska kriterier

Att tekniska krav är uppfyllda utgör en grundförutsättning för att återbruk av räl ska kunna betraktas som godkänd för användning. Räler som inte uppfyller dessa krav kan därmed inte ingå i den fortsatta analysen, oavsett deras potentiella kostnadsfördelar. Lager 1 syftar därför till att fastställa teknisk godkändhet som ett första steg i metoden, medan ekonomiska aspekter behandlas i efterföljande lager. De tekniska kriterier som tillämpas i Lager 1 utgör binära filter, vilket innebär att en bandel antingen uppfyller de tekniska kraven eller inte; något mellanting förekommer inte. Bandelar som inte uppfyller kraven sorteras bort och ingår inte i den fortsatta analysen.

Som tekniska kriterium i Lager 1 används STAX. STAX är en teknisk parameter som fastställs för en bandel utifrån vilken typ av trafik som planeras att trafikera sträckan och varierar mellan olika linjetyper. STAX är en avgörande egenskap för vilken rälprofil och vilken slitagetyp som är tillåten, vilket i sin tur påverkar hur räler kan bedömas och klassificeras inför ett eventuellt återbruk (Trafikverket, 2025).

Eftersom STAX varierar mellan olika linjetyper behöver gränsvärdet specificeras för varje enskilt fall. Vilken STAX som är relevant beror på det aktuella projektets förutsättningar och den typ av trafik som linjen är avsedd för. Exempelvis dimensioneras linjer för konventionell godstrafik ofta för STAX omkring 22,5 ton, medan särskilda stråk, såsom Malmbanan, dimensioneras för högre axellaster. Dessa exempel används illustrativt för att visa variationen i tekniska krav, medan det faktiska gränsvärdet fastställs per case i studien (Trafikverket, 2025).

Lager 1 lämnar ett binärt utfall av den tekniska prövningen, det vill säga information om huruvida de tekniska kraven är uppfyllda eller ej. Den ekonomiska analysen i Lager 2 appliceras därmed enbart på de bandelar som är godkända enligt Lager 1. För att säkerställa korrekt tolkning av resultaten är det viktigt att metoden tillämpas stegvis enligt den definierade arbetsgången. Lager 1 ska därför tolkas som en teknisk indikator och besvarar enbart frågan om huruvida en bandels räl är tekniskt godkänd eller inte.

Datagrunden för STAX utgörs av tillgänglig geodata där STAX är angivet för varje bandel. STAX är en klassificering som är kopplad till linjekategori och utgör en förutsättning för vilken trafik som är tillåten på sträckan. STAX förändras inte beroende på slitage eller motsvarande tillståndsp parametrar, vilket möjliggör att kriteriet används trots att slitagebedömning inte ingår i studiens datamängd (Trafikverket, 2024b). Andra tekniska aspekter, såsom STH, slitage besiktningsklass och stålsort ingår därför inte i Lager 1. Bedömning av slitage kräver tillgång till säkerhetskänslig data som inte är tillgänglig inom ramen för studien. Slitageklassning är dessutom dimensionerande för STH vid återbruk. Stålsort beaktas enligt gällande regelverk inte som ett urvalskriterium vid återbruk av räl och har därför exkluderats från Lager 1 (Trafikverket, 2025).

4.4 Lager 2 – Kostnader för återbruk

Syftet med lager 2 är att ta fram en indikativ kostnadsbild för återbruk av räl. Lager 2 omfattar endast de bandelar som bedömts som tekniskt godkända i Lager 1.

Varje bandel och klusterrepresentant behandlas som homogen, vilket innebär att ingen intern variation i kostnader eller tekniska egenskaper modelleras. Utfallet uttrycks som kostnadsindikator per meter räl (kr/m), vilket möjliggör jämförbarhet mellan case där olika spårlängd ska anläggas utan att lagret övergår till att vara en fullständig kostnadskalkyl.

Kostnaderna i Lager 2 baseras på ett urval av kostnadskomponenter som kan kvantifieras på ett reproducerbart sätt inom ramen för studien. Följande kostnadskomponenter hanteras kvantitativt i Lager 2:

- Transportkostnad
- Teknisk kontroll av räl för återbruk

Avgränsningen av kostnadskomponenter baseras på tillgång till data samt kravet på reproducerbarhet. Kostnadskomponenter som inte kan kvantifieras på ett spårbart sätt per meter räl exkluderas från beräkningen.

Transportkostnaden i Lager 2 beräknas kvantitativt och behandlas som en egen kostnadskomponent. Transport genomförs med lastbil och beräknas per case. Studien är avgränsad till återbruk av räler i längden 20 m, vilket innebär att transport kan genomföras på allmänt vägnät utan särskild dispens (Transportstyrelsen, 2025).

Transporten av räler i Lager 2 omfattar tre geografiska steg:

- 1) Transport från godtycklig bandel i järnvägsnätet till Trafikverkets rälsverkstad i Sannahed
- 2) Från Rälsverkstaden i Sannahed till Trafikverkets centrallager i Nässjö
- 3) Från centrallagret i Nässjö till platsen för anläggning enligt aktuellt case

Transportavståndet för de tre geografiska stegen summeras sedan till ett samlat case-beroende transportavstånd och beräknas som körsträcka i kilometer. Transportkostnaden normaliseras till kostnadsindikator per meter räl enligt den beräkningsgång som redovisas nedan.

Kostnaden för teknisk kontroll är hämtad från sakkunnig. Teknisk kontroll sker genom oförstörande provning på Rälsverkstaden i Sannahed. Kontrollen är avgörande för att säkerställa rälsens kvalitet, säkerhet och tillförlitlighet. Avsikten är att upptäcka rälfel tidigt för att undvika rälsbrott (Trafikverket, 2026).

Beräkningen i Lager 2 genomförs stegvis med syftet att uttrycka samtliga inkluderade kostnadskomponenter som kostnad per meter räl (kr/m) innan

summering. Beräkningsgången omfattar fastställande av tillgänglig lastvikt per lastbil, beräkning av transporterbar rällängd per transport utifrån rälprofilens vikt per meter, normalisering av transportkostnad till kostnad per meter räl samt summering med schabloniserad kostnad för teknisk kontroll. Beräkningsgången definieras formellt genom numrerade ekvationer. En sammanfattning av indata, beräkningsled och avgränsningar redovisas i tabell 1.

I Sverige är det allmänna vägnätet dimensionerat enligt BK1 (bärighetsklass 1) (Transportstyrelsen, 2025). Högsta tillåtna bruttovikt för trailertransport på väg med BK1 är 38 ton (Transportstyrelsen, 2025). För att minimera antalet körningar antas lastbilstransporten ske med tung lastbil och transporten antas vara fullt lastad. Som tung lastbil klassas de lastbilar som väger 4-7,5 ton (Trafikverket, 2025). För att säkerställa marginal används det metodologiskt restriktiva övre viktkravet på 7,5 ton.

$$W_{max,gods} = W_{brutto} - W_{lastbil} \text{ (kg)} \quad (1)$$

$$W_{brutto} = 38\,000 \text{ kg}$$

$$W_{lastbil} = 7\,500 \text{ kg}$$

$$W_{max,gods} = 38\,000 - 7\,500 = 30\,500 \text{ kg}$$

Nyproducerade räler levereras i huvudsak i multipliceringar av 20 m (20, 40, 60, ..., 400, 420 m) (Trafikverket, 2025). Enligt transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd får en lastbil transportera lång odelbar last med en maximal transportlängd på 30 m utan särskild dispens (Transportstyrelsen, 2025). Som ett exempel på tungdragare används Volvomodellen FH 6x4. Denna modell har möjlighet att dra semitrailer med längden 27,6 m (Volvo Trucks, 2026). Räler om 20 m är således möjligt att transportera med tungdragare i Sverige. Studien avgränsas till att enbart gälla återbruk av räler i längden 20 m.

$$L_{räl,st} = 20 \text{ m}$$

Enskild vikt per räl

w_{profil} (kg/m) är beroende av det aktuella casets förutsättningar

$$W_{räl,st} = w_{profil} \times L_{räl,st} \text{ (kg)} \quad (2)$$

Antalet räler som kan transporteras per lastbil beroende på godsets vikt

$$n_{räler} = \frac{W_{max,gods}}{W_{räl,st}} (st) \quad (3)$$

Räl transporteras i hela enheter. $n_{räler}$ avrundas nedåt till närmsta heltal i enlighet med en restriktiv metodologi säkerställa att maximal tillåten lastvikt ej överskrids.

Sammanlagd längd räler som transporteras per transport

$$L_{räler,per\ transport} = n_{räler} \times L_{räl,st} (m) \quad (4)$$

Schabloniserad transportkostnad

$$1\ mil = 10\ km$$

$$c_{transport,medel} = \frac{70 + 150}{2} = 110\ kr/mil$$

(AutoTeknik, 2025)

$$c_{transport,medel} = \frac{110}{10} = 11\ kr/km$$

$d_{transport}$ (km) är beroende av det aktuella casets förutsättningar

Total transportkostnad

$$C_{transport,tot} = d_{transport} \times c_{transport,medel} (kr) \quad (5)$$

Kostnad per meter transporterad räl

$$C_{transport,per\ meter} = \frac{C_{transport,tot}}{L_{räler,per\ transport}} (kr/m) \quad (6)$$

Schabloniserad kostnad för teknisk kontroll

$$C_{tekn.kontroll} = 20\ kr/m$$

(Kågeland, 2026)

Summerad kostnad för transport och teknisk kontroll

$$C_{tot,återbruk} = C_{transport,per\ meter} + C_{tekn.kontroll} (kr/m) \quad (7)$$

Tabell 1 Sammanfattning av beräkningsprincip – Lager 2

Parameter	Beskrivning	Enhet	Kommentar
W_{brutto}	Maximal tillåten bruttovikt för trailertransport på BK1-väg	kg	Fast värde enligt regelverk
$W_{lastbil}$	Fordonsvikt för tung lastbil	kg	Metodologiskt restriktiv
$W_{max,gods}$	Maximal vikt för transport av rälgods	kg	Beräknas enligt ekvation (1)
$L_{räl,st}$	Längd per räl	m	Fast avgränsning: 20 m
w_{profil}	Vikt per meter räl	kg/m	Beroende av aktuellt case
$W_{räl,st}$	Enskild vikt per räl	kg	Beräknas enligt ekvation (2)
$n_{räler}$	Antal räler per lastbil	st	Beräknas enligt ekvation (3), metodologiskt restriktiv och avrundas nedåt
$L_{räler,per\ transport}$	Sammanlagd rällängd per transport	m	Beräknas enligt ekvation (4)
$d_{transport}$	Transportavstånd med lastbil	km	Beroende av aktuellt case
$C_{transport,medel}$	Schabloniserad transportkostnad	kr/km	Omräknad från kr/mil
$C_{transport,tot}$	Total kostnad per transport	kr	Beräknas enligt ekvation (5)
$C_{per\ meter}$	Transportkostnad per meter räl	kr/m	Beräknas enligt ekvation (6)
$C_{tekn.kontroll}$	Schabloniserad kostnad för teknisk kontroll	kr/m	Fast värde
$C_{tot,återbruk}$	Total kostnadsindikator per meter räl	kr/m	Beräknas enligt ekvation (7)

4.5 Lager 3 – Kostnader för nyproduktion

Beräkningsstruktur, antaganden och presentationsform i Lager 3 hålls medvetet identiska med Lager 2. Detta görs för att säkerställa att eventuella skillnader i utfall kan hänföras till skillnader i kostnadskomponenternas innehåll och inte till skillnader i beräkningsmetod.

Syftet med Lager 3 är att ta fram en indikativ kostnadsbild för nyproducerade räler. Lager 3 omfattar endast de bandelar som bedömts som tekniskt godkända i Lager 1.

Varje bandel behandlas som homogen, vilket innebär att ingen intern variation i kostnader eller tekniska egenskaper modelleras. Utfallet från Lager 3 uttrycks som kostnadsindikator per meter räl (kr/m), vilket möjliggör jämförbarhet mellan case där olika spårlängd ska anläggas utan att lagret övergår till att vara en fullständig kostnadskalkyl.

Kostnaderna i Lager 3 baseras på ett urval av kostnadskomponenter som kan kvantifieras på ett reproducerbart sätt inom ramen för studien. Följande kostnadskomponenter hanteras kvantitativt i Lager 3:

- Transportkostnad
- Inköp av nyproducerad räl

Avgränsningen av kostnadskomponenter baseras på tillgång till data samt kravet på reproducerbarhet. Kostnadskomponenter som inte kan kvantifieras på ett spårbart sätt per meter räl exkluderas från beräkningen och behandlas istället i studiens diskussionsdel.

Transportkostnaden i Lager 3 beräknas kvantitativt och behandlas som en egen kostnadskomponent. Transport genomförs med lastbil och beräknas per case och modelleras med samma metodiska avgränsningar som i Lager 2. Detta innebär lastbilstransport på allmänt vägnät samt fasta antaganden avseende rällängd, lastkapacitet (Transportstyrelsen, 2025) och tillåten bruttovikt enligt gällande regelverk (Transportstyrelsen, 2025).

Transporter av räler i Lager 3 omfattar ett geografiskt steg, där räler transporteras från Trafikverkets centrallager i Nässjö till platsen för anläggning enligt aktuellt case. Transportavståndet är beroende av det aktuella casets förutsättningar och beräknas som körsträcka i kilometer. Transportkostnaden normaliseras till kostnadsindikator per meter räl enligt den beräkningsgång som redovisas nedan.

Den andra kostnadskomponenten i Lager 3 avser inköp av tekniskt godkänt material. Denna kostnad uppstår före anläggning och utgör en förutsättning för

att nyproducerade räler ska kunna användas i anläggningen. Kostnadsdatan har samma indikativa karaktär som övriga ingående kostnader i studien och uttrycks som kostnad per meter räl (Trafikverket, 2025).

Beräkningen i Lager 3 genomförs stegvis med syftet att uttrycka samtliga inkluderade kostnadskomponenter som kostnadsindikator per meter räl (kr/m) innan summering. Beräkningsgången omfattar fastställande av tillgänglig lastvikt per lastbil, beräkning av transporterbar rällängd per transport utifrån rälprofilens vikt per meter, normalisering av transportkostnad till kostnad per meter räl samt summering med inköpskostnad för tekniska godkänt material. Beräkningsgången definieras formellt genom numrerade ekvationer. En sammanfattning av indata, beräkningsled och avgränsningar redovisas i tabell 2.

I Sverige är det allmänna vägnätet dimensionerat enligt BK1 (bärighetsklass 1). Högsta tillåtna bruttovikt för trailertransport på väg med BK1 är 38 ton (Transportstyrelsen, 2025). För att minimera antalet körningar antas transporten ske med tung lastbil och vara fullt lastad. För att säkerställa marginal används ett metodologiskt restriktivt övre viktkrav på 7,5 ton för fordonsvikten (Trafikverket, 2025).

Maximal tillåten lastvikt beräknas som:

$$W_{max,gods} = W_{brutto} - W_{lastbil} \text{ (kg)} \quad (1)$$

För att transport med lastbil ska vara möjlig på allmänt vägnät utan särskild dispens antas att nyproducerade räler levereras i längden 20 m. Längden per räl sätts därför till:

$$L_{räl,st} = 20 \text{ m}$$

Enskild vikt per räl beräknas som:

$$W_{räl,st} = w_{profil} \times L_{räl,st} \text{ (m)} \quad (2)$$

där rälprofilens vikt per meter baseras på teknisk specifikation (Trafikverket, 2025).

Antalet räler som kan transporteras per lastbil beräknas som:

$$n_{räler} = \frac{W_{max,gods}}{W_{räl,st}} \text{ (st)} \quad (3)$$

Antalet räler avrundas nedåt till närmaste heltal enligt restriktiv metodik.

Sammanlagd rällängd per transport beräknas som:

$$L_{räler,per\ transport} = n_{räler} \times L_{räl,st} \text{ (m)} \quad (4)$$

Total transportkostnad per transport beräknas som:

$$C_{transport,tot} = d_{transport} \times c_{transport,medel} \text{ (kr)} \quad (5)$$

där den schabloniserade transportkostnaden baseras på genomsnittliga kostnadsuppgifter (AutoTeknik, 2025).

Transportkostnad per meter räl beräknas som:

$$C_{transport,per\ meter} = \frac{C_{transport,tot}}{L_{räler,per\ transport}} \text{ (kr/m)} \quad (6)$$

Den totala kostnadsindikatorn för nyproducerade räler beräknas som:

$$C_{tot,nyproduktion} = C_{transport,per\ meter} + C_{inköp}$$

där inköpskostnaden per meter räl hämtas från officiellt prisunderlag (Trafikverket , 2025).

Tabell 2 Sammanfattning av beräkningsprincip - Lager 3

Parameter	Beskrivning	Enhet	Kommentar
W_{brutto}	Maximal tillåten bruttovikt för trailertransport på BK1-väg	kg	Fast värde enligt regelverk
$W_{lastbil}$	Fordonsvikt för tung lastbil	kg	Metodologiskt restriktiv
$W_{max,gods}$	Maximal vikt för transport av rälgods	kg	Beräknas enligt ekvation (1)
$L_{räl,st}$	Längd per räl	m	Fast avgränsning: 20 m
w_{profil}	Vikt per meter räl	kg/m	Beroende av aktuellt case
$W_{räl,st}$	Enskild vikt per räl	kg	Beräknas enligt ekvation (2)

$n_{r\ddot{a}ler}$	Antal r\ddot{a}ler per lastbil	st	Ber\ddot{a}knas enligt ekvation (3), metodologiskt restriktiv och avrundas ned\ddot{a}t
$L_{r\ddot{a}ler,per\ transport}$	Sammanlagd r\ddot{a}ll\ddot{a}ngd per transport	m	Ber\ddot{a}knas enligt ekvation (4)
$d_{transport}$	Transportavst\ddot{a}nd med lastbil	km	Beroende av aktuellt case
$C_{transport,medel}$	Schabloniserad transportkostnad	kr/km	Omr\ddot{a}knad fr\ddot{a}n kr/mil
$C_{transport,tot}$	Total kostnad per transport	kr	Ber\ddot{a}knas enligt ekvation (5)
$C_{per\ meter}$	Transportkostnad per meter r\ddot{a}l	kr/m	Ber\ddot{a}knas enligt ekvation (6)
$C_{ink\ddot{o}p}$	Schabloniserad kostnad f\ddot{o}r tekniskt godk\ddot{a}nt material	kr/m	Officiellt prisunderlag
$C_{tot,nyproduktion}$	Total kostnadsindikator per meter r\ddot{a}l	kr/m	Ber\ddot{a}knas enligt ekvation (7)

4.6 Synteslager – Indikator f\ddot{o}r potentiell l\ddot{o}nsamhet vid \ddot{a}terbruk

Syftet med synteslagret \ddot{a}r att visualisera var tekniska f\ddot{o}ruts\ddot{a}ttningar f\ddot{o}r \ddot{a}terbruk \ddot{a}r uppfyllda och om \ddot{a}terbruk av r\ddot{a}l \ddot{a}r potentiellt l\ddot{o}nsamt i f\ddot{o}rh\ddot{a}llande till nyproduktion. Detta g\ddot{o}rs genom att resultaten fr\ddot{a}n Lager 1, Lager 2 och Lager 3 f\ddot{o}rs samman. Synteslagret utg\ddot{o}r ett rent visualiserande steg i metodkedjan och tillf\ddot{o}r ingen ytterligare analys eller tolkning av resultaten, i enlighet med principer f\ddot{o}r rumsligt lagerbaserad metodik (Ballas, et al., 2018).

Indata till synteslagret utg\ddot{o}rs av den bin\ddot{a}ra tekniska klassningen fr\ddot{a}n Lager 1 samt kostnadsindikatorerna per meter r\ddot{a}l fr\ddot{a}n Lager 2 och Lager 3. Bandelar som inte uppfyller de tekniska kriterierna i Lager 1 inkluderas ej i kartvisualiseringen.

Visualiseringen baseras p\ddot{a} en indikator f\ddot{o}r potentiell l\ddot{o}nsamhet f\ddot{o}r \ddot{a}terbruk, definierad som skillnaden mellan kostnadsindikatorn f\ddot{o}r nyproduktion och kostnadsindikatorn f\ddot{o}r \ddot{a}terbruk enligt:

$$I_{\text{återbruk}} = C_{\text{tot}, \text{nyproduktion}} - C_{\text{tot}, \text{återbruk}}$$

där $C_{\text{nyproduktion}}$ hämtas från Lager 3 och $C_{\text{återbruk}}$ hämtas från Lager 2. Ett positivt värde på indikatorn indikerar potentiell lönsamhet för återbruk, medan ett noll- eller negativt värde indikerar att det inte föreligger någon potentiell lönsamhet för återbruk.

Resultaten klassas i tre intervall där varje intervall får en egen nyans av grönt. Ju mörkare desto högre värde har indikatorn. Klassningen i tre intervall har valts för att förenkla metoden och för att säkerställa att visualiseringen ger ett tydligt och lättolkat resultat.

Resultatet från synteslagret presenteras som en geografisk karta per case, där varje bandel tilldelas en visuell klass baserat på indikatorns utfall. Samma färgskala tillämpas konsekvent i samtliga case för att möjliggöra jämförbarhet mellan visualiseringar, i enlighet med kartografiska principer för konsekvent och jämförande visualisering (Ballas, et al., 2018). Synteslagret ska inte tolkas som ett analytiskt steg utan utgör en grafisk representation av resultaten från tidigare lager.

4.7 GIS-miljö och tekniska verktyg

Organisering av rådatan genomförs i QGIS, medan den rumsliga analysen genomförs i ArcGIS Pro.

Den geodata som används i studien utgörs av bandelar. Bandelar som har en annan bandel inom en radie på 1 km klustras. Bandelarnas mittpunkter tas fram och kopplas till den närmaste punkten i vägnätet för godstrafik. Därefter genomförs en nätverksanalys för att ta fram transportsträckan för transport av räler. När indikatorn har beräknats i Excel förs resultatet tillbaka in i ArcGIS Pro och kopplas till respektive bandel via bandelarnas objekt-id.

Excel används för att sammanställa transportsträckorna för respektive case, för att beräkna kostnader per meter transporterad räl samt för att ta fram indikatorn för lönsamhet. GIS-miljön används för att ta fram den geografiska datan och för att visualisera resultatet för indikatorn.

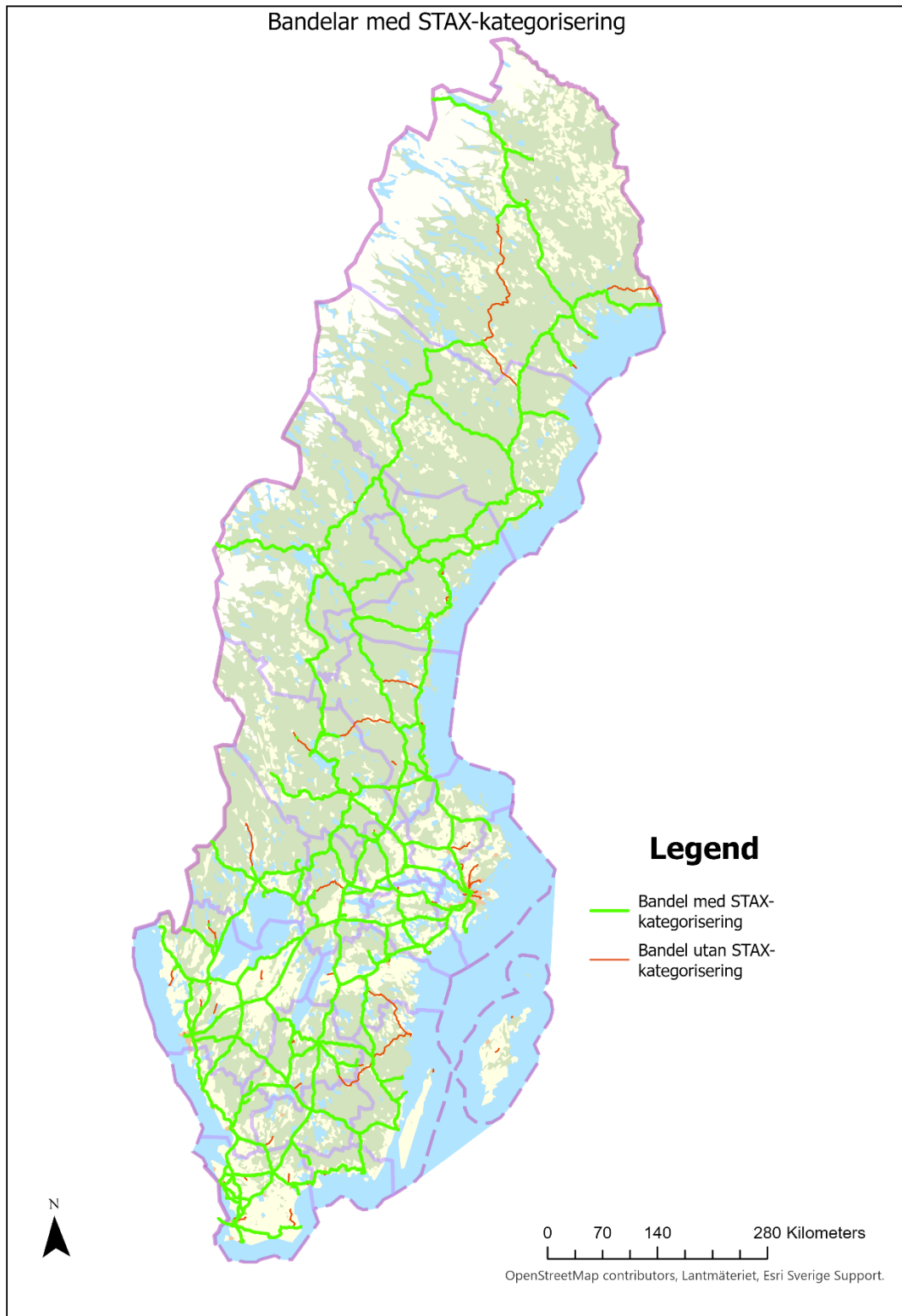
5 Resultat

Resultatkapitlet presenterar kartbaserade resultat från den lagerbaserade analysen av lönsamhetspotential i det svenska järnvägsnätet. Resultaten redovisas stegvis utifrån de olika analyslagren med de två studerade casen. Kartorna visar rumsliga mönster i indikatorvärden och ska tolkas som indikativa. Resultaten utgör underlag för den efterföljande analysen.

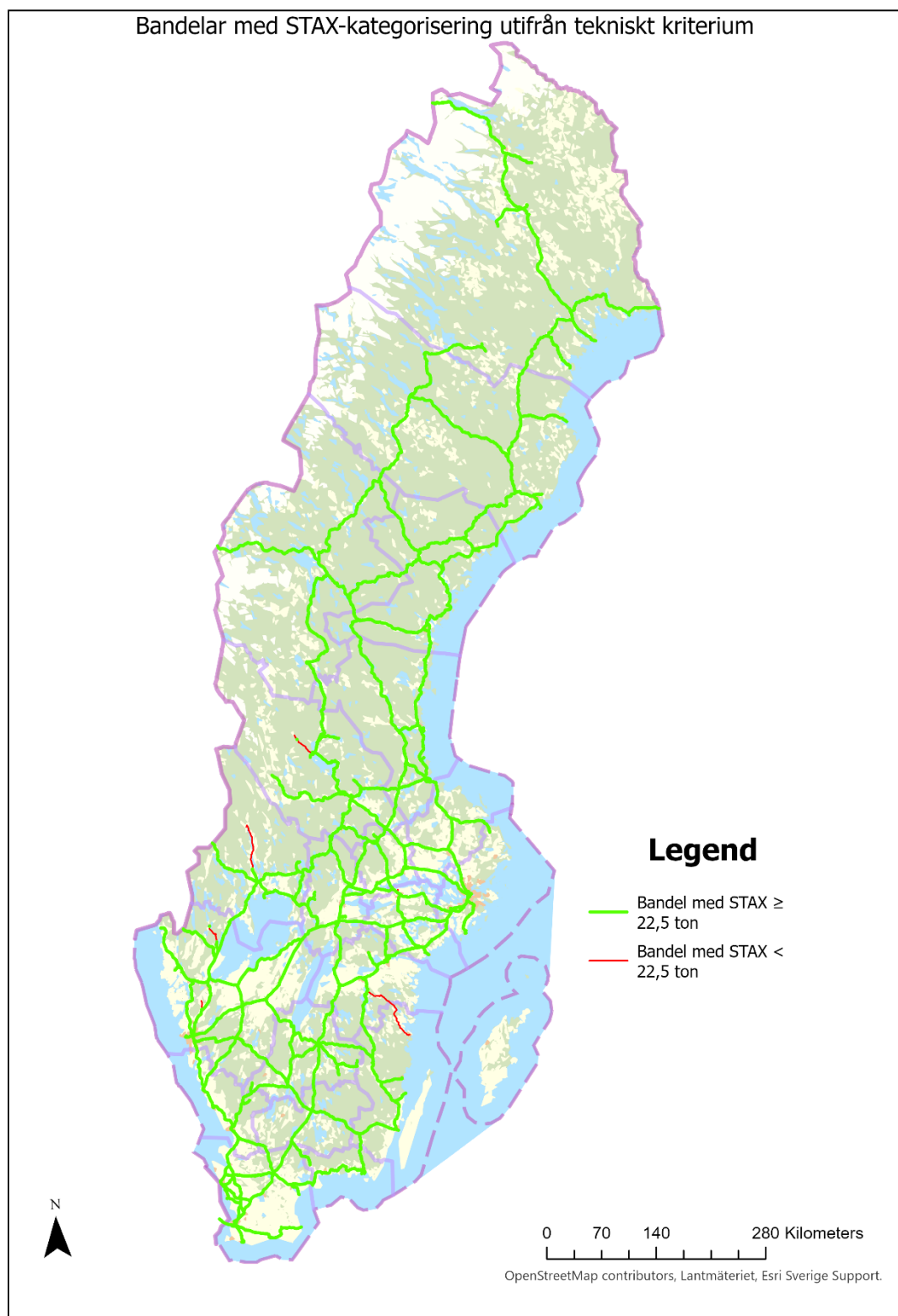
5.1 Resultat från Lager 1 – Tekniska kriterier



Karta 2. Bandelar i det svenska järnvägsnätet



Karta 3. Bandelar med STAX-kategorisering



Karta 4. Bandelar med STAX-kategorisering utifrån tekniskt kriterium

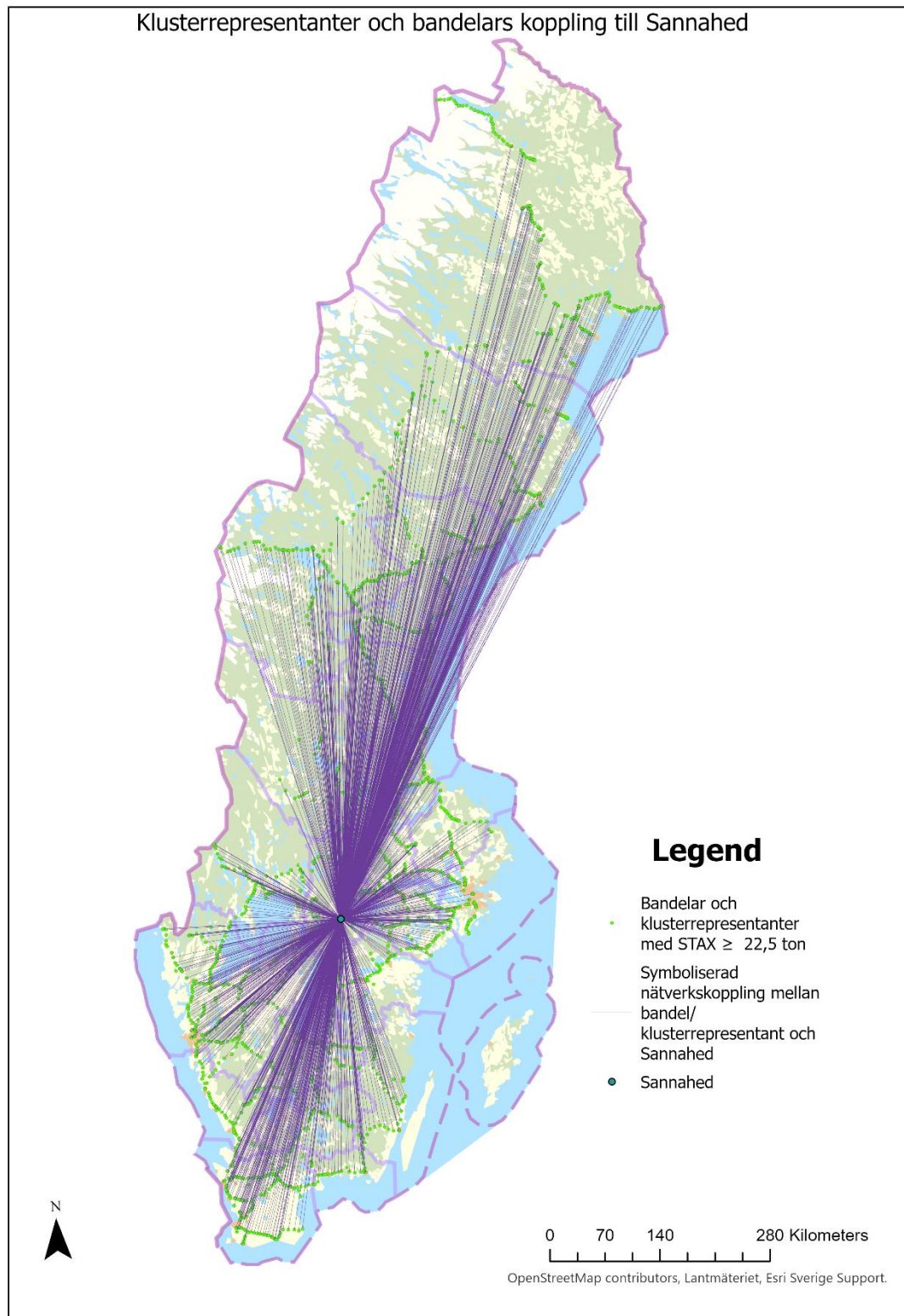
Tabell 3. Sammanställning av totalt antal bandelar i det svenska järnvägsnätet samt urval av bandelar med tillgänglig STAX-data och bandelar som uppfyller kravet $STAX \geq 22,5$ ton.

Kategori	Antal bandelar (st)
Totalt antal bandelar	31 963
Bandelar med tillgängliga STAX-data	18 740
Bandelar godkända för $STAX \geq 22,5$ ton	18 310

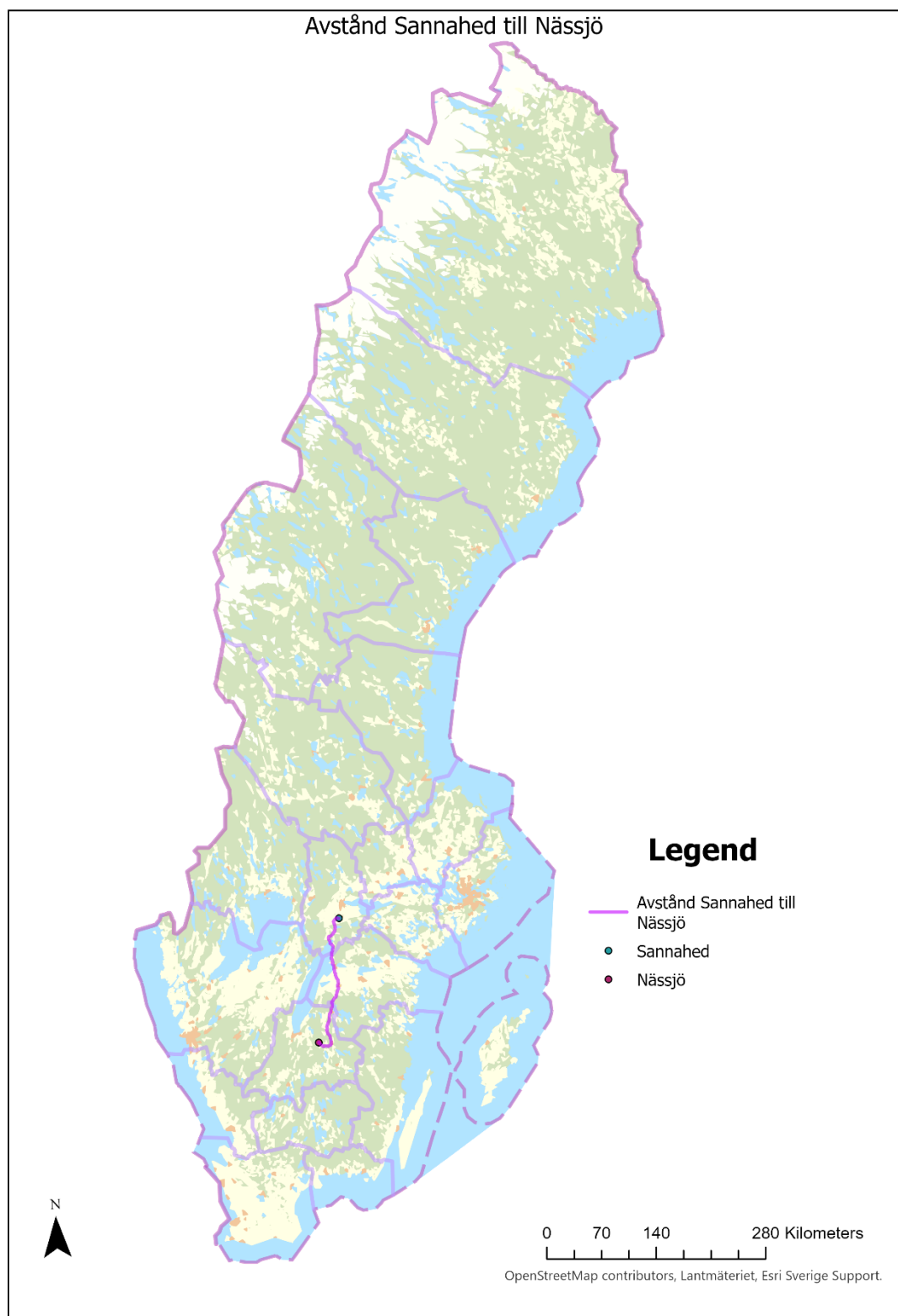


Karta 5. Bandelar och klusterrepresentanter med STAX $\geq$ 22,5 ton

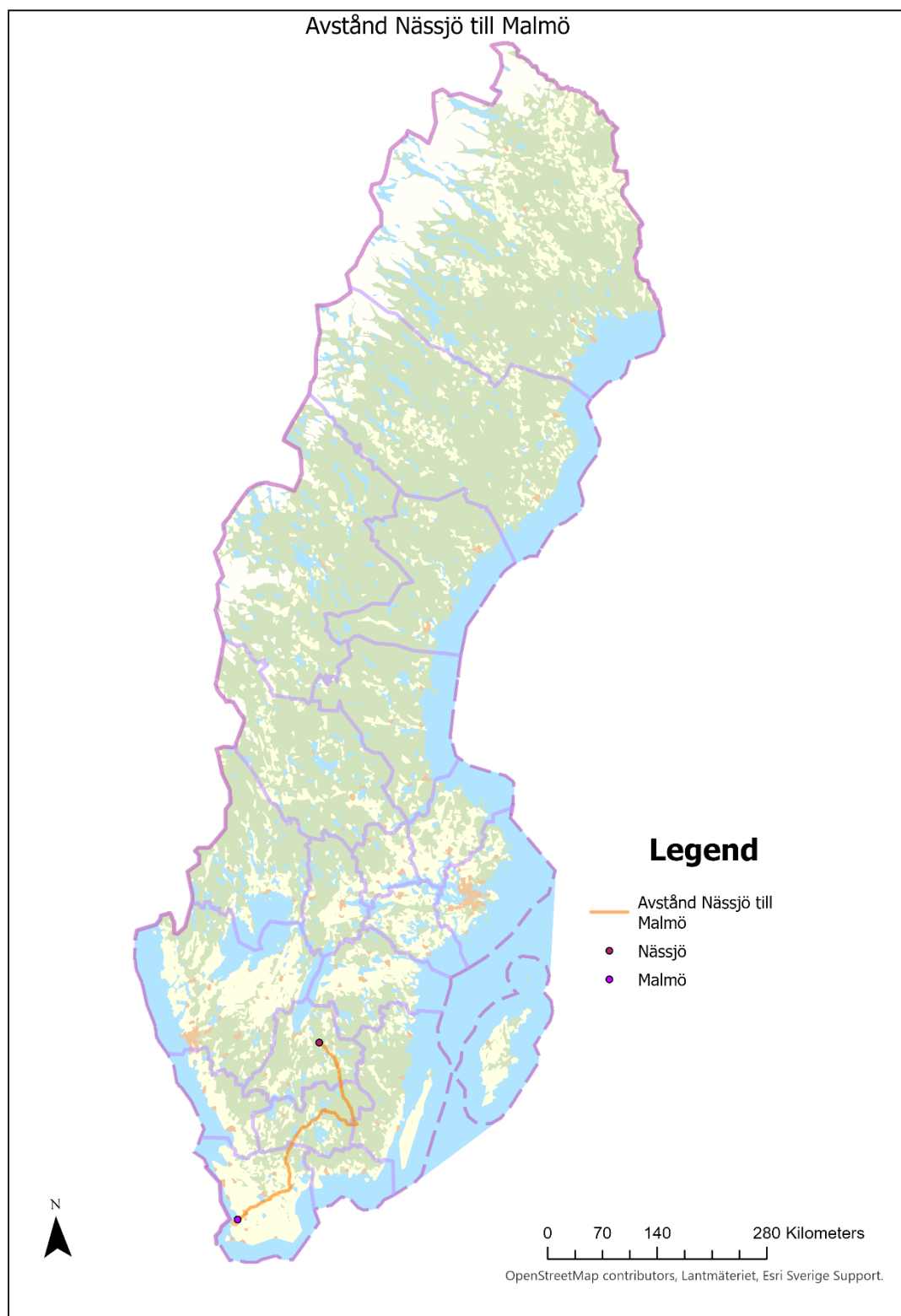
5.2 Resultat från Lager 2 – Kostnader för återbruk



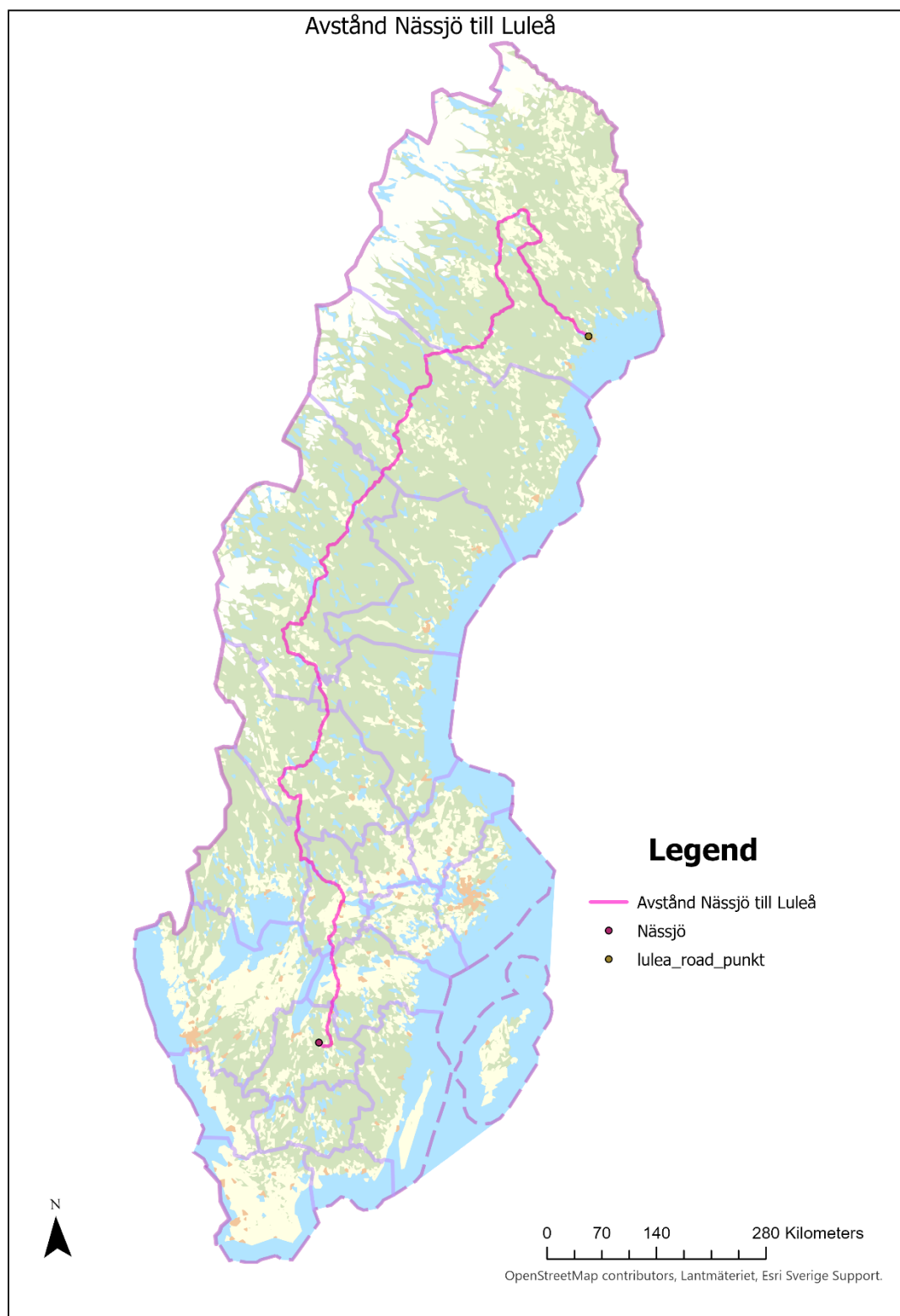
Karta 6. Visualisering av beräknade transportrelationer för Lager 2. Transportavstånden är beräknade längs vägnätet, men redovisas visuellt som rätta linjer mellan bandelar/klusterrepresentanter och rälsverkstaden i Sannahed



Karta 7. Transportsträcka mellan rälsverkstaden i Sannahed och centrallagret i Nässjö

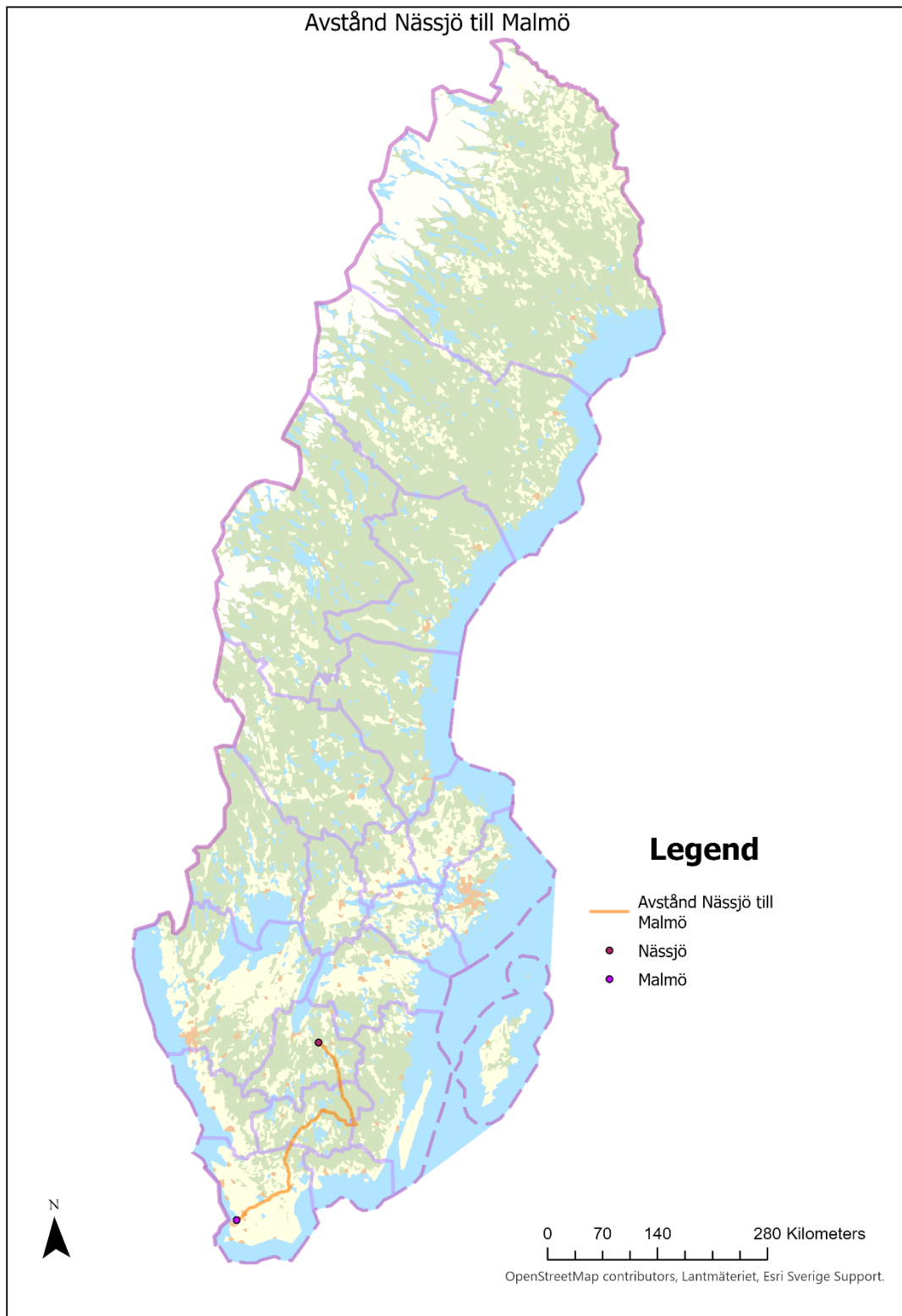


Karta 8. Case 1: Malmö godsbangård. Transportsträcka Nässjö till Malmö

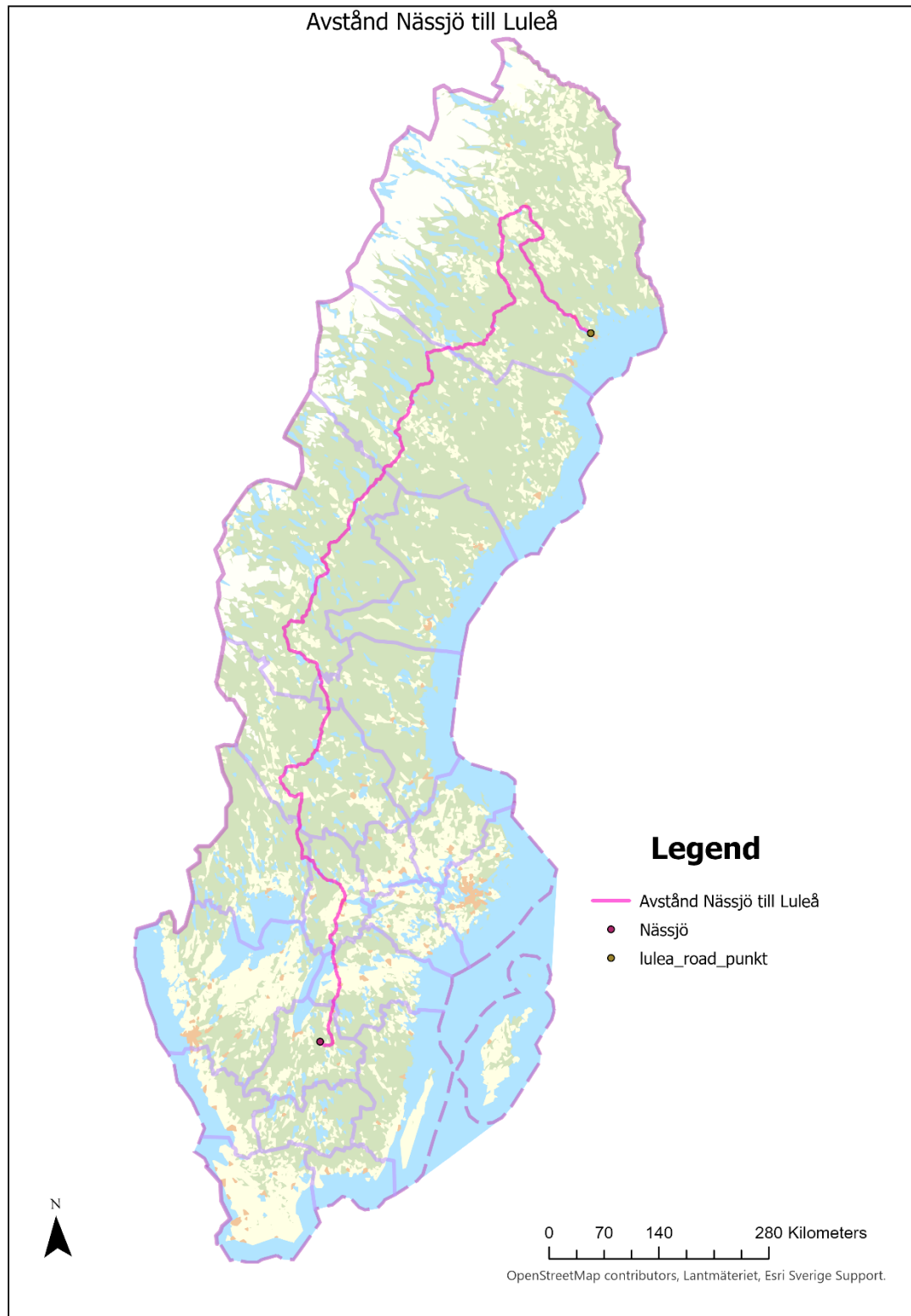


Karta 9. Case 2: Luleå godsbangård. Transportsträcka Nässjö till Luleå

5.3 Resultat från Lager 3 – Kostnader för nyproduktion

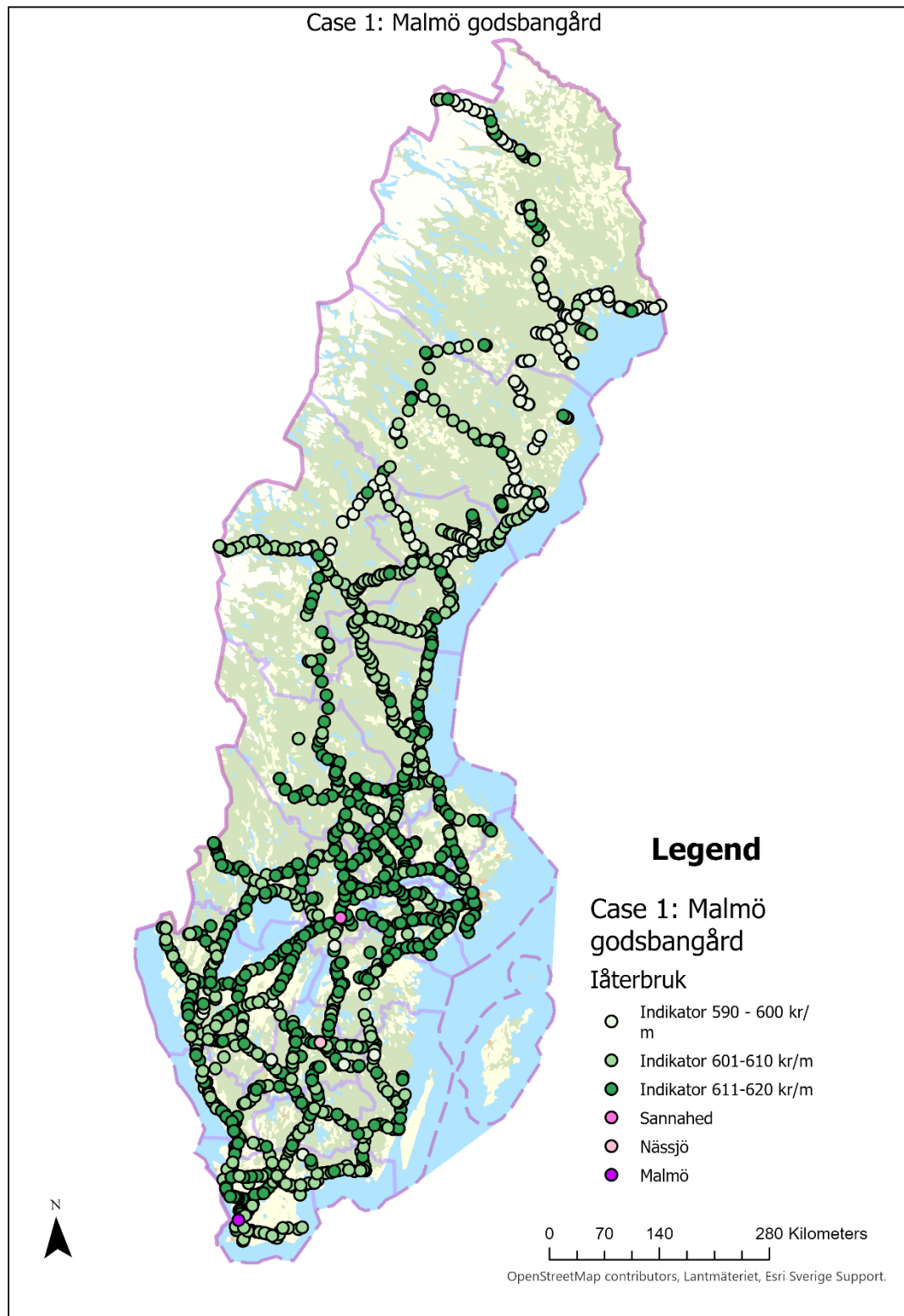


Karta 10. Case 1: Malmö godsbangård. Transportsträcka Nässjö till Malmö

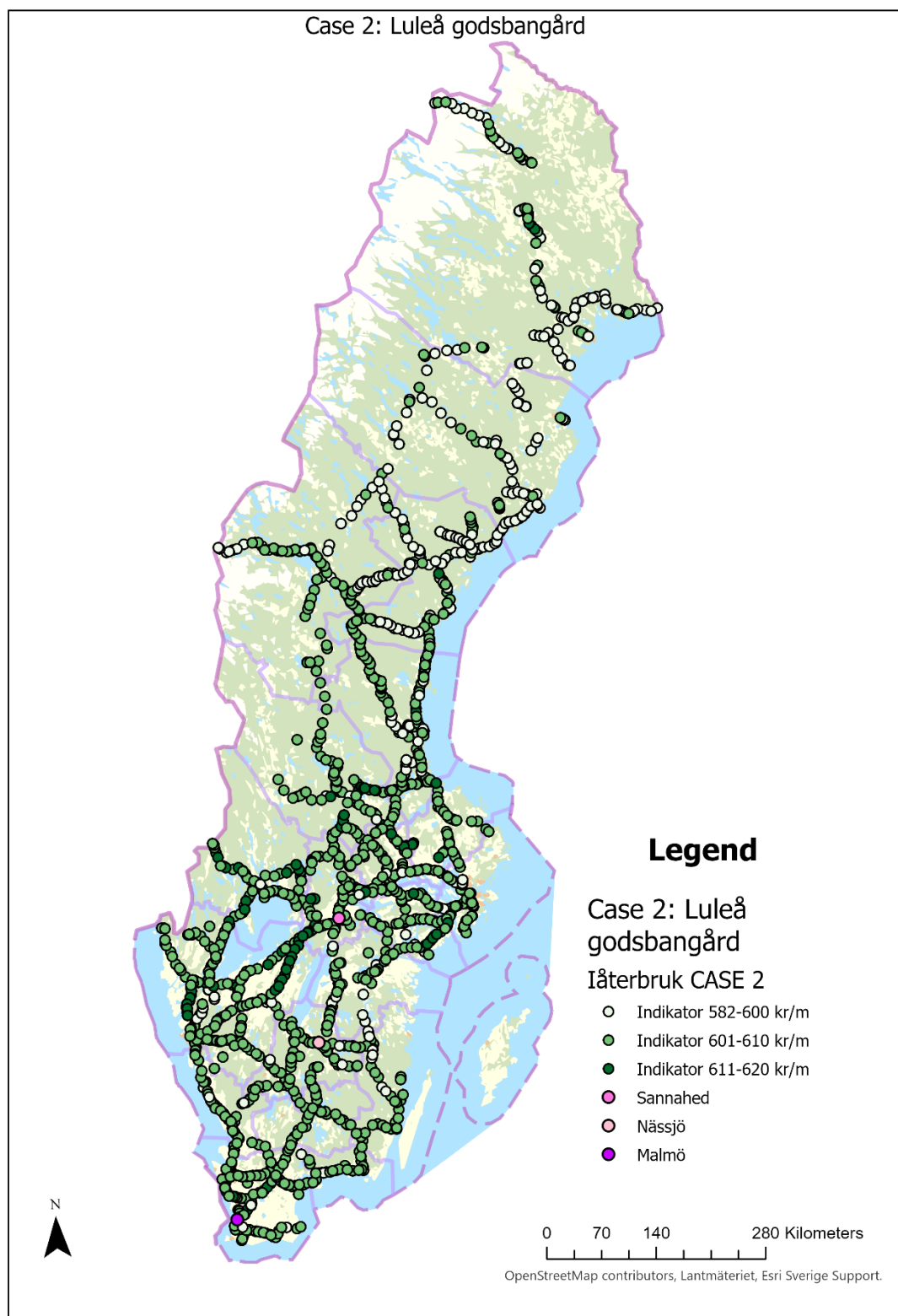


Karta 11. Case 2: Luleå godsbangård. Transportsträcka Nässjö till Luleå

5.4 Resultat från Synteslagret – indikator för potentiell lönsamhet



Karta 12. Indikator för potentiell lönsamhet. Case 1: Malmö godsbangård.



Karta 13. Indikator för potentiell lönsamhet. Case 2: Luleå godsbangård.

6 Analys

6.1 Analys av tekniska kriterier

Analysen av resultaten i Lager 1 visar hur tekniska kriterier fungerar som en grundläggande förutsättning för fortsatt analys av återbruk av räler. Av Trafikverkets geodata för bandelar i det svenska järnvägssystemet saknar 13 223 bandelar STAX-kategorisering. Dessa bandelar exkluderas från fortsatt analys eftersom deras tekniska egenskaper inte kan bedömas utifrån tillgängliga data. Detta innebär att de inte kan prövas mot de tekniska krav som syftar till säker och funktionsduglig trafik. Av de bandelar som är kategoriserade med STAX exkluderas ytterligare 430 stycken på grund av att de inte uppfyller kriteriet $STAX \geq 22,5$ ton. Sammantaget innebär detta att 18 310 bandelar uppfyller studiens tekniska krav och därmed kan ingå i vidare analys. Urvalet i Lager 1 säkerställer att endast bandelar vars tekniska förutsättningar står i paritet med den avsedda trafiken ingår i den fortsatta analysen. Undersökningen utgår från att godstrafik är det dimensionerande trafikslaget vilket innebär att återbruk av räler inte kan ske utan föregående teknisk prövning av den bandel från vilket återbruket avses ske. De tekniska kriterierna fungerar därmed som en hård gräns i analysen där regelverkets krav måste vara uppfyllda innan ekonomiska avvägningar kan bli relevanta. Kostnadsberäkningar genomförs endast för de bandelar som uppfyller de tekniska kraven. Denna stegvisa uppbyggnad innebär att ekonomiska resultat inte kan tolkas fristående från det tekniska urval som föregår dem i studien.

6.2 Analys av indikativa analyser i komplex infrastruktur

Resultaten visar att tillämpning av gemensamma kriterier och kostnadsmodeller för samtliga bandelar möjliggör jämförelser mellan olika geografiska delar av landet. Samtidigt innebär analysens omfattning att en detaljerad kostnadsutredning för varje enskild bandel inte är ändamålsenlig inom ramen för studien. Detta motiverar användningen av en indikativ ansats, där kostnadsberäkningarna hålls på en övergripande nivå för att möjliggöra analys av ett stort antal bandelar.

Vidare visar resultaten att den indikativa ansatsen möjliggör analys av flera alternativa förutsättningar inom samma undersökning. Två geografiskt skilda case, Malmö godsbangård och Luleå godsbangård, kan analyseras med samma metod, vilket ger upphov till jämförbara men varierande kostnadsutfall. Skillnader i transportsträckor i både Lager 2 och Lager 3 resulterar i skilda kostnadsnivåer mellan casen samtidigt som den gemensamma analysramen säkerställer jämförbarhet. Den indikativa ansatsen möjliggör därmed att ett stort antal bandelar och alternativa geografiska kontexter kan analyseras,

snarare än att genomföra detaljerade kostnadsutredningar för ett begränsat antal objekt.

6.3 Analys av synteslager för Case 1: Malmö godsbangård

Resultaten för Case 1: Malmö godsbangård visar att indikatorvärdet (kr/m) är genomgående positivt för återbruk och att samtliga bandelar och klusterrepresentanter hamnar i spannet 598–618 kr/m. Eftersom kostnaden för teknisk kontroll och inköp av nyproducerade räler är konstant för samtliga analysobjekt kan variationen i indikatorvärde kopplas till skillnader i transportsträcka. Analysobjekt med större geografiskt avstånd till de noder som ingår i transportkedjan, särskilt de som är belägna i norra Norrland, får längre transportsträcka och därmed lägre lönsamhetspotential i jämförelse med övriga objekt. Sammantaget visar detta att transportkostnaden påverkar den relativa lönsamhetspotentialen mellan analysobjekt, samtidigt som spridningen i indikatorvärde inom Case 1 är begränsad.

6.4 Analys av synteslager för Case 2: Luleå godsbangård

Resultaten för Case 2: Luleå godsbangård visar att indikatorvärdet (kr/m) är genomgående positivt för återbruk och att samtliga bandelar och klusterrepresentanter hamnar i spannet 609–639 kr/m. Eftersom kostnaden för teknisk kontroll och inköp av nyproducerade räler är konstant för samtliga analysobjekt kan variationen i indikatorvärde kopplas till skillnader i transportsträcka. Analysobjekt med större geografiskt avstånd till de noder som ingår i transportkedjan får längre transportsträcka och därmed lägre lönsamhetspotential i jämförelse med övriga objekt. Sammantaget visar detta att transportkostnaden påverkar den relativa lönsamhetspotentialen mellan analysobjekt, samtidigt som spridningen i indikatorvärde inom Case 2 är begränsad.

6.5 Syntes

Då de fasta kostnaderna är konstanta mellan analysobjekt blir variationen i indikatorvärde i huvudsak beroende av transportsträckan och den kostnad transporten ger upphov till. Resultaten visar att indikatorvärdet inte styrs av det geografiska avståndet i sig, utan av hur en bandel är placerad i förhållande till anläggningen inom transportkedjan. I Case 2 framträder exempelvis att bandelar som geografiskt ligger nära Luleå kan få lägre indikatorvärden, vilket kan kopplas till att transportkedjan innebär en lång transportsträcka innan materialet når anläggningsplatsen. Sammantaget indikerar resultaten för båda case att indikatorvärden tenderar att vara högre i närheten av Sannahed, vilket kan förstås utifrån Sannaheds roll som nod i transportkedjan.

I Case 2 innebär Luleås nordliga läge att även de mest gynnsamt placerade bandelarna generellt får längre transportrelationer än motsvarande bandelar i Case 1. Detta leder till en generell nivåförskjutning i indikatorvärdet, samtidigt som den interna variationen inom respektive case fortsatt är beroende av transportsträckan. Sammantaget visar jämförelsen att transportens roll inte bara skapar variation inom ett case utan även påverkar den övergripande indikatornivån mellan olika geografiska kontexter.

7 Diskussion

Metoden som utvecklats i denna studie är främst användbar i tidiga planeringsskeden, där syftet är att ge en översiktlig indikation på var ekonomisk lönsamhetspotential för återbruk av räler kan finnas. Metoden funderar därmed som ett verktyg för att prioritera vidare utredningar, snarare än att fastställa projektspecifika beslut. Resultaten är indikativa och ska inte tolkas som faktisk lönsamhet vid återbruk, utan snarare som en fingervisning om var vidare utredning kan vara motiverad. För att fatta beslut i enskilda projekt krävs mer detaljerade beräkningar och mer tillförlitliga data.

Återbruk av räler är ett område som är relativt outforskat, vilket har inneburit att tillgången till data och tidigare studier varit låg. Trafikverkets pågående pilotprojekt syftar till att utreda vilka kostnadsdrivare som finns vid återbruk av räler samt hur omfattande dessa är. Eftersom pilotprojektet ännu inte är slutfört har det inte funnits någon tillgängliga data att använda i denna studie. De första resultaten från Trafikverkets pilotprojekt väntas först hösten 2026 (Andersen, 2026). Detta har inneburit att utvecklingen av metoden i stor utsträckning har fått ske utan stöd av etablerad forskning eller beprövade modeller inom just återbruk av räler. Istället har generella principer för återbruk fått anpassas till järnvägssektorns förutsättningar. Denna studie kan därför ses som ett första steg mot att fylla en kunskapslucka och skapa en grund för vidare forskning när mer data blir tillgänglig.

Den tekniska data som använts är tillräcklig för att genomföra en tillförlitlig teknisk prövning i Lager 1. Kostnadsmodellen bygger på förenklade schabloner, vilket innebär att resultatet bör tolkas som relativa indikatorer snarare än fullständiga beräkningar av kostnader. En viktig svaghet i den nuvarande versionen av metoden är tillförlitligheten i nätverksanalysen. Även om resultaten över lag framstår som logiska ur ett helhetsperspektiv finns det enstaka punkter där indikatorvärdena avviker kraftigt från närliggande områden. Ett konkret exempel är att vissa partier av järnvägsnätet, såsom sträckan mellan Gällivare och Kiruna, föll bort under analysen. Detta kan bero på bristande datatäckning eller fel i nätverksmodellen, vilket i sin tur påverkar resultatens representativitet och generaliserbarhet.

Den lagerbaserade metodstrukturen kan i princip tillämpas på andra material än räler genom att ersätta kostnadsdata med materialspecifika uppgifter. Metodens generaliserbarhet är därmed kopplad till tillgången på jämförbara och tillförlitliga indata. Metoden kan användas för att prioritera resurser för fortsatt forskning och utredning. För att gå från indikativ analys till projektspecifika beslut krävs dock förbättrade indata, mer detaljerad kostnadsoptimering och kvalitetskontroller av analysen.

Trots de begränsningar som finns i nuläget har metoden potential att bidra till utvecklingen av både policy och praxis inom återbruk av rärer. Genom att introducera ett systematiskt och nationellt angreppssätt för att identifiera återbrukspotential kan metoden fungera som ett stöd för beslutsfattare i tidiga planeringsskeden. Den kan även utgöra ett underlag för att avgöra när mer omfattande analyser, såsom livscykelkostnader (LCC), är motiverade. Det är dock viktigt att betona att resultaten är indikativa och att de bör kompletteras med mer detaljerade analyser innan slutgiltiga beslut fattas. På så sätt kan metoden bidra till en mer systematisk och effektiv resursanvändning, samtidigt som den lägger grunden för framtida utveckling av riktlinjer och arbetssätt inom området.

8 Slutsatser

8.1 Tekniska kriterier

De tekniska kriterierna används som ett inledande urval och avgör vilka bandelar som kan ingå i den fortsatta analysen. Endast bandelar som uppfyller fastställda tekniska krav analyseras vidare vilket innebär att resultaten gäller en tekniskt avgränsad del av järnvägsnätet.

8.2 Kostnadsstruktur och jämförbarhet

Kostnaderna för återbruk och nyproduktion struktureras på ett jämförbart sätt genom en uppdelning mellan fasta och varierande kostnadskomponenter. Transportkostnaden utgör den huvudsakliga källan till variation i indikatorvärde, medan övriga kostnader hålls konstanta. Skillnader mellan bandelar och mellan case kan därmed tolkas som effekter av geografisk placering och transportrelationer.

8.3 Geografisk visualisering

Den geografiska visualiseringen gör det möjligt att identifiera rumsliga mönster i indikatorvärdet och därmed områden med potentiell lönsamhet för återbruk. Indikatorn fungerar som ett screeningverktyg som stödjer översiktlig analys och prioritering. Resultaten ska dock inte tolkas som beslutsunderlag för enskilda projekt.

8.4 Metodens tillämpbarhet

Studien visar att en lagerbaserad GIS-metod kan användas för att indikera var återbruk av järnvägsräler har ekonomisk lönsamhetspotential jämfört med nyproduktion. Genom att kombinera tekniska kriterier, kostnadsfaktorer och geografisk placering möjliggörs en nationell översiktlig analys. Metoden lämpar sig som ett planeringsstöd medan projektspecifika beslut kräver vidare detaljerad utredning.

9 Referenser

- Andersen, J., 2026. *Mailtråd om data gällande återbruk av räl*, Nässjö: u.n.
- AutoTeknik, 2025. *Regler och kostnader för tunga transporter*. [Online]
Available at: <https://autoteknik.net/tunga-transporter/>
[Använd 9 april 2026].
- Ballas, D., Clarke, G., Franklin, R. & Newing, A., 2018. *GIS and the Social Sciences*. 1 red. u.o.:Routledge.
- Banverket, 1997. *ARBETSMETODER VID SPÅRBYGGE OCH UNDERHÅLL AV BANÖVERBYGGNAD*, u.o.: Banverket.
- Carlsson, A., Dunér, F. & Lundberg, K., 2023. *Materialflöden och indikatorer för cirkulär ekonomi*, Stockholm: Trafikverket.
- Dagens Logistik, 2024. *Trafikverket på jakt efter nytt centrallager*. [Online]
Available at: <https://dagenslogistik.se/nytt-centrallager-for-trafikverket-i-nassjo/>
[Använd 5 april 2026].
- Denscombe, M., 2018. *Forskningshandboken : för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. 4 red. u.o.:Studentlitteratur AB.
- Ekberg, A., 2017. *Rolling contact fatigue of railway wheels - Towards tread life prediction through numerical modelling considering material imperfections, probabilistic loading and operational data*, Göteborg: Chalmers University of Technology.
- Engwall, M., Jerbrant, A., Karlson, B. & Storm, P., 2020. *Modern industriell ekonomi*. 2 red. u.o.:Studentlitteratur AB.
- Kågeland, E., 2026. *E-postkonversation med sakkunnig inom anläggningskalkyl på Tyréns Sverige* [Intervju] (31 mars 2026).
- Nur Tawfik, M. o.a., 2022. A Review of the Rolling Contact Fatigue of Rail Wheels Under Various Stresses. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, Volym 23, pp. 16-29.
- Trafikverket, 2024. *Dataproduktspecifikation – Järnvägsnät med grundegenskaper*, u.o.: Trafikverket .
- Trafikverket , 2025. *Prislista för beställning av tekniskt godkänt material*, u.o.: Trafikverket .
- Trafikverket, 2021. *Återanvändning av begagnade artiklar (TGM) i Trafikverkets järnvägsanläggning TDOK 2017:0610*, u.o.: Trafikverket.
- Trafikverket, 2021. *Krav med rådstexter Banöverbyggnad Spårläge*, Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket, 2022. *Kostnader - från behov till färdig infrastruktur*. [Online]
Available at: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/kostnader--fran-behov-till-fardig-infrastruktur/>
[Använd 8 maj 2026].

Trafikverket, 2023. *Krav med rådstexter TRVINFRA-00012 Banöverbyggnad Spårssystem*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2023. *Krav med rådstexter TRVINFRA-00016 Banöverbyggnad Svetsning, bearbetning och smörjning*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2023. *Norrbotniabanan, delen Skellefteå-Piteå • Förslagshandling*, Luleå: Trafikverket.

Trafikverket, 2023. *Stråk- och bandelsindelning*, u.o.: Trafikverket.

Trafikverket, 2023. *Trafikbestämmelser för järnväg - Termer*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2024b. *Linjekategorier - hantering av samverkan mellan järnvägsfordons axellaster och infrastruktur*, u.o.: Trafikverket.

Trafikverket, 2024. *Dataproduktspecifikation - Järnvägsnät med grundegenskaper*, u.o.: Trafikverket.

Trafikverket, 2024. *Underhållsbesiktning - Banöverbyggnad*, u.o.: Trafikverket.

Trafikverket, 2025. *Förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2026–2037*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2025. *Krav med rådstexter TRVINFRA-00018 Banöverbyggnad Spårkomponenter*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2025. *Pilotprojekt med retur av begagnad räl*. [Online] Available at: <https://bransch.trafikverket.se/om-oss/aktuellt-for-dig-i-branschen3/aktuellt-for-dig-i-branschen/2025/2025-08/pilotprojekt-med-retur-av-begagnad-ral/> [Använd 7 Mars 2026].

Trafikverket, 2025. *Tung lastbil*. [Online] Available at: <https://www.trafikverket.se/korkort/ta-korkort/tung-lastbil/> [Använd 10 april 2026].

Trafikverket, 2025. *Vidmakthållande järnväg - Underlagsrapport till nationell plan för transportinfrastrukturen 2026-2037*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2025. *Vidmakthållande järnväg - Underlagsrapport till nationell plan för transportinfrastrukturen 2026-2037*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2026. *FPV godstransporter*, u.o.: Trafikverket.

Trafikverket, 2026. *Krav med rådstext Banöverbyggnad Oförstörande provning*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2026. *Prislista för beställning av tekniskt godkänt material (12 april 2026)*, u.o.: Trafikverket.

Trafikverket, 2026. *Trafikverkets Miljörapport 2025*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2026. *TRVINFRA-00015 Banöverbyggnad Oförstörande provning*, Borlänge: Trafikverket.

Transportstyrelsen, 2025. *Bärighetsklasser*. [Online] Available at: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/yrkestrafik/gods-och-buss/matt-och-vikt/viktbestammelser/barighetsklasser/> [Använd 10 april 2026].

Transportstyrelsen, 2025. *Bruttovikt för fordon och fordonståg*. [Online]
Available at: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/yrkestrafik/gods-och-buss/matt-och-vikt/viktbestammelser/Bruttovikter-for-fordon/>
[Använd 10 april 2026].

Transportstyrelsen, 2025. *Odelbar last och fordon som överskrider vikt- och dimensionsbestämmelser*. [Online]
Available at: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/yrkestrafik/gods-och-buss/matt-och-vikt/odelbar-last-och-fordon-som-overskrider-vikt--och-dimensionsbestammelser/#:~:text=Odelbar%20last%20och%20fordon%20so m%20%C3%B6verskrider%20vikt%2D%20och%20dimensionsbes>
[Använd 10 april 2026].

Volvo Trucks, 2026. *Volvo FH-specifikationer*. [Online]
Available at:
https://stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/ModelRange/fh64tla2_swe_swe.pdf
[Använd 10 april 2026].