

# Hållbar ballastförsörjning – förutsättningar i Stockholms och Uppsala län

Kristian Schoning & Lena Lundqvist

maj 2018

SGU-rapport 2018:09



Foto: ö.v. Mattias Göransson/SGU; ö.h. Uppsalaåsen vid Gamla Uppsala, Kristian Schoning/SGU; n.v. Bergtäkt i Gladö kvarn, Mattias Göransson/SGU; n.h. Nybyggnation i Uppsala, Kristian Schoning/SGU

Författare: Kristian Schoning & Lena Lundqvist

Granskad av: Mattias Göransson

Ansvarig enhetschef: Mugdim Islamovic´

Projektnamn: Miljömålsrådets åtgärd Materialförsörjningsplanering

Projekt-id: 873514

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

fax: 018-17 92 10

e-post: [sgu@sgu.se](mailto:sgu@sgu.se)

[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

## Innehåll

Sammanfattning.....	5
Inledning.....	6
Vad används ballast till .....	6
Samhällsplanering och ballastförsörjning .....	7
Det mellankommunala perspektivet.....	7
Avvägning mot andra intressen.....	7
Ballastproduktion och påverkan på miljön.....	8
Transporter av ballast.....	8
Användning av naturgrus .....	8
Användning av naturgrus i regionen.....	8
Behovet av ballast i regionen .....	10
Var kommer de största behoven av ballast att finnas?.....	10
Prognos för behovet av ballast .....	10
De geologiska förutsättningarna.....	12
Jordtäcket .....	12
Berggrunden.....	12
Sedimentgnejs, (metasedimentär bergart).....	13
Vulkaniska bergarter .....	13
Gnejsgranitoider.....	14
Granit .....	15
Basiska bergarter.....	15
Berggrunden och dess användbarhet som ballast.....	17
Sulfider och innehåll av uran .....	17
Berggrundens egenskaper och olika användningsområden .....	17
SGUs bergkvalitetskartor .....	17
Begreppet berggrundens användbarhet som ballast.....	18
Berggrundens användbarhet som ballast i Stockholm och Uppsala län .....	19
Bergets användbarhet och lokalisering av bergtäkter.....	19
Tillgänglighet till områden av berg med god användbarhet.....	21
Regionens förutsättningar .....	21
Framtidens ballastförsörjning i tätbebyggda områden.....	23
Förutsättningar på kommunnivå – en sammanfattning .....	23
Slutsatser .....	25

Referenser.....	26
BILAGA 1: Bergkvalitet.....	27
Bergkvalitetsklassning .....	27
Allmänna kriterier .....	28
Kulkvarns- och microDevalvärde — bergmaterials förmåga att motstå skavande nötning ..	28
Los Angeles-värde — bergmaterials förmåga att motstå fragmentering.....	28
Aktivitetsindex — ett mått på naturlig strålning.....	28
Alkalisilikareaktivitet.....	29
Sulfidmineral.....	29
Kornform, glimmermineral, reologi och arbetbarhet.....	30
Leromvandlat eller vittrad berggrund .....	30
Vattenabsorption .....	31
Kvartshalt.....	31
Referenser .....	31

## SAMMANFATTNING

Den här rapporten beskriver förutsättningarna för en hållbar ballastförsörjning i Stockholms och Uppsala län, där den huvudsakliga råvaran till ballast, ska utgöras av krossat berg och återvunnet material. De faktorer som behandlas i rapporten är berggrundens användbarhet som ballast, det framtida behovet av material samt motstående intressen. Rapporten och kartunderlagen som presenteras är avsedda att fungera som planeringsunderlag för samhällsplanering, samt vid tillståndsprovning av täkter.

Behovet av ballast är kopplat till aktiviteten inom bygg- och anläggningsområdet. I en expansiv region som Stockholm och Uppsala län, med en ökande befolkningsmängd och stora investeringar i bostäder, anläggningar och infrastruktur är behovet av byggnadsmaterial stort och prognosen är att efterfrågan av material i framtiden kommer att vara högre jämfört med idag. Prognosen fram till 2035 är att det årliga behovet av ballast kommer vara 20–25 % högre än genomsnittet för perioden 2000–2015.

Möjligheterna till en hållbar samhällsbyggnad ökar om frågan om ballastförsörjning tas till vara och är en naturlig del i samhällsplaneringsprocessen. Det här ger vinster för samhället i form av mindre miljöpåverkan, hushållning med naturresurser och större förutsägbarhet för företag inom ballastbranschen. För att uppnå dessa vinster behöver man se på områden med goda geologiska förutsättningar och med strategisk lokalisering utifrån behov av material och logistik, som markområden, vilka ur allmän synpunkt är värdefulla för ballastförsörjning. Värdet av platser som är strategiska för ballastförsörjningen behöver finnas med i ett tidigt skede, vid avvägningar mot andra intressen i den kommunala planeringen. För Stockholm-Uppsalaregionen angår det här särskilt Stockholms län, söder om Mälaren. Här gör kombinationen av stort materialbehov, liten tillgång på markområden tillgängliga för täktverksamhet och låg användbarhet av berget, situationen särskilt problematisk.

De geologiska förutsättningarna att ta fram ballast från krossat berg är goda i Uppsala län och i de norra delarna av Stockholms län. Berggrunden i stora delar av dessa områden har en god användbarhet för flera användningsområden. För de södra delarna av Stockholms län är de geologiska förutsättningarna mer problematiska och tillgången på områden med berg med god användbarhet är begränsad.

Andelen områden som är potentiellt tillgängliga för etablering och utveckling av täkter, vilka under lång tid kan bidra till ballastförsörjningen, är i vissa delar av regionen starkt begränsade. Detta gäller särskilt i anslutning till områden där de största behoven finns, främst på grund av motstående intressen eller bristande användbarhet hos berggrunden.

Stora infrastrukturprojekt och annan byggverksamhet kan generera stora mängder berg, så kallat entreprenadberg, vilket kan lagras vid terminaler om det inte används direkt på plats. Vid användning av terminaler för lagring och bearbetning kan berget användas vidare efter behov på samma sätt som annan ballast. En aspekt på entreprenadberg är att det berg som frigörs inte är valt utifrån kvalitetsegenskaper vilket medför begränsade användningsmöjligheter. Det är av stor vikt att ha kontroll över vilken kvalitet det lossållna berget har samt att använda berget på ett optimalt sätt.

## INLEDNING

Den här rapporten redovisar förutsättningarna för Stockholms och Uppsala läns försörjning av ballast och en analys över vad dessa förutsättningar ställer för krav på samhället för att få en ändamålsenlig och hållbar ballastförsörjning materialförsörjning i regionen. Syftet är att rapporten och underlagen som presenteras ska fungera som planeringsunderlag vid samhällsplanering, där frågan om materialförsörjning behöver lyftas samt vid frågeställningar som berör tillståndsprövning av täkter. Rapporten kan även användas som underlag för ett vidare och mer detaljerat arbete avseende ballastförsörjningen i regionen.

Analysen belyser förutsättningarna i regionen med fokus på tre områden: berggrundens användbarhet som ballast, tillgänglighet av områden för täktverksamhet samt behovet av ballast fram till år 2035. Utgångspunkten för analysen ligger på att försörjningen av ballast till bygg- och anläggningsbransch i huvudsak ska ske genom användning av krossat berg från bergtäkter och bergmassor som uppkommer vid annan exploatering. Naturgrus ses inte som ett huvudsakligt alternativ och ska enbart ses som ett material som ska användas för särskilda ändamål där krossat berg eller andra alternativa material inte går att använda. Naturgrus har därför inte getts något särskilt utrymme i analysen. Rapporten behandlar inte de geologiska förutsättningarna i Norrtälje kommun eftersom det geologiska underlaget är för översiktligt för att göra mer kvalificerade bedömningar.

Rapporten är framtagen av Sveriges geologiska undersökning (SGU) i samarbete med länsstyrelserna i Stockholm och Uppsala län. Arbetet har bedrivits inom ramen för miljömålsrådets samarbetsåtgärd om materialförsörjning som en del i att stärka miljömålsarbetet.

### Vad används ballast till

Ballast är den volymmässigt mest använda råvaran i vårt samhälle. År 2016 uppgick den totala mängden producerad ballast i Sverige till ca 86 miljoner ton (SGU 2017) eller 8,7 ton per invånare. Användning av ballast är en förutsättning för produktion inom bygg- och anläggningsområdet, t.ex. vägbyggen, järnvägsbyggen och alla former av betongkonstruktioner, såväl hus som broar. Av den totala mängden producerad ballast går drygt hälften till vägbyggen.

Idag utgörs huvuddelen av den ballast som produceras av krossat berg och endast en mindre del är naturgrus och morän. Det finns också en trend där färre bergtäkter producerar större volymer material vilket bland annat kan ses som en följd av att hushållningen av, och konkurrensen om marken har ökat särskilt i storstadsregionerna. År 2016 fanns det totalt omkring 1300 täkter som producerade ballast i Sverige (SGU 2017).

## **SAMHÄLLSPLANERING OCH BALLASTFÖRSÖRJNING**

För att tillgodose samhällets behov av material på ett ändamålsenligt och hållbart sätt är det viktigt att beakta frågan om materialhushållning i samhällsplaneringsprocessen, särskilt i regioner där efterfrågan på material är hög och man samtidigt har en begränsad tillgång till lämpliga markområden. En mindre funktionell ballastförsörjning kan leda till högre kostnader för ballastprodukter och större miljöpåverkan t.ex. på grund av längre transporter av ballast eller fortsatt användning av naturgrus.

Planering med utgångspunkt i de lokala förutsättningarna och behovet av ballast bidrar till en ändamålsenlig användning av mark och hushållning med naturresurser. Det ökar möjligheterna till att ge utrymme till befintliga täkter med god lokalisering utifrån bergets användbarhet, transportavstånd och annan markanvändning. Det medför också att man bör se områden som redan är störda av andra verksamheter, t.ex. industrier eller större infrastrukturleder och som kan samsas med täktverksamhet samt där berggrunden har lämpliga egenskaper, som värdefulla för ballastförsörjningen. Det är också viktigt att ta tillvara överskottsberg-entreprenadberg som blir tillgängligt i samband med t.ex. infrastrukturprojekt och undermarksbyggnationer. Det här kräver tillgång på utrymme för platser där detta material kan bearbetas och behandlas till ballastprodukter.

### **Det mellankommunala perspektivet**

Kommunen ska i sin översiktsplan ange inriktningen för den långsiktiga utvecklingen av den fysiska miljön. Planen ska ge vägledning för beslut om hur mark- och vattenområden ska användas och hur den byggda miljön ska användas, utvecklas och bevaras. Frågan om ballastförsörjning och täktverksamhet har en given plats i översiktsplanen och behöver behandlas där. Ballastförsörjning ska även betraktas och hanteras som en mellankommunal fråga. Detta eftersom ballastförsörjning är en regional frågeställning där det behövs tas hänsyn till regionens behov och förhållanden. Här är det viktigt med en förståelse för att vissa kommuner kan behöva ta ett större ansvar för materialförsörjningen i en region t.ex. på grund av geologiska förutsättningar eller närhet till materialets avsättningsområden.

### **Avvägning mot andra intressen**

Eftersom täktverksamhet ger en oåterkallelig förändring av naturmiljön och verksamheten ger en påverkan på närmiljön, så är täktverksamhet inte förenlig med många andra intressen. Det betyder att det finns stora begränsningar i möjligheterna till att ta områden i anspråk för täktverksamhet. Det är därför väsentligt att även se värdet av områden av berg med god användbarhet som ett allmänt intresse.

Genom sin påverkan på närmiljön kan bergtäkter och materialterminaler inte ligga nära bebyggelse. Det är därför viktigt att bebyggelse inte planeras för nära befintliga täkter som är strategiska för ballastförsörjningen, samt områden som ses som strategiska för materialförsörjningen men där det inte finns täktverksamhet idag. En riktlinje är att mer samlad bebyggelse inte bör ligga närmare en bergtäkt än 500 m. Om täkten anses strategisk eller viktigt för regionens materialförsörjning kan hänsyn behöva tas till att verksamheten kan behöva expandera utanför befintligt verksamhetsområde. Påverkan på närmiljön gör också att täkter bör undvikas där de kan störa områden värdefulla för friluftsliv.

Den oåterkalleliga förändring som täktverksamhet ger på naturmiljön betyder att det är nödvändigt att ta hänsyn till värdefull natur- och kulturmiljöer. Det här innebär att täktverksamhet bör lokaliseras till områden där påverkan på natur- och kulturmiljön blir så liten som möjligt. En bieffekt av täktverksamhet kan ibland bli att nya naturmiljöer skapas vilka kan komma att betraktas som värdefulla.

## BALLASTPRODUKTION OCH PÅVERKAN PÅ MILJÖN

Täktverksamhet och materialterminaler påverkar miljön lokalt genom framförallt buller, damning, vibrationer och förändrade grundvattenförhållanden. Täktverksamhet ger dessutom en oåterkallelig förändring på naturmiljön. Vid produktion av ballast, framförallt krossberg, går det åt energi vilket ger en klimatpåverkan genom utsläpp av koldioxid.

### Transporter av ballast

Ballast är en bulkprodukt som krävs i stor mängd varför det vid ballastförsörjning krävs en stor mängd transporter att ta materialet från där det produceras till där det används. Nästan alla transporter av ballast sker med lastbil vilket ger en klimatpåverkan genom utsläpp av koldioxid. Vid transportavstånd på 15–30 km överstiger utsläppen av koldioxid utsläppen vid produktionen av ballasten (krossberg) (Schoning 2017). Transportavståndet är alltså av väsentlig betydelse för hur stor klimatpåverkan användningen av ballast har och avståndet mellan produktion och avsättning bör alltså om möjligt minimeras.

### Användning av naturgrus

Under lång tid har naturgrus varit den huvudsakliga råvaran till ballast men idag har naturgruset till mycket stor del ersatts av krossat berg. Täkter för naturgrus ligger främst i isälvsavlagringar vilka kan vara stora grundvattenmagasin och därmed värdefulla för vattenförsörjningen. Täktverksamhet i isälvsavlagringar minskar möjligheterna till att användning av grundvattnet som en säker källa för dricksvattenförsörjningen. Täkt av naturgrus kan även leda till att värdefulla natur- och kulturmiljöer, knutna till isälvsavlagringar, skadas eller går förlorade. I miljö kvalitetsmålet grundvatten av god kvalitet är en av preciseringarna: Bevarande av naturgrusavlagringar, Naturgrusavlagringar av stor betydelse för dricksvattenförsörjning, energilagring, natur- och kulturlandskapet är fortsatt bevarade.

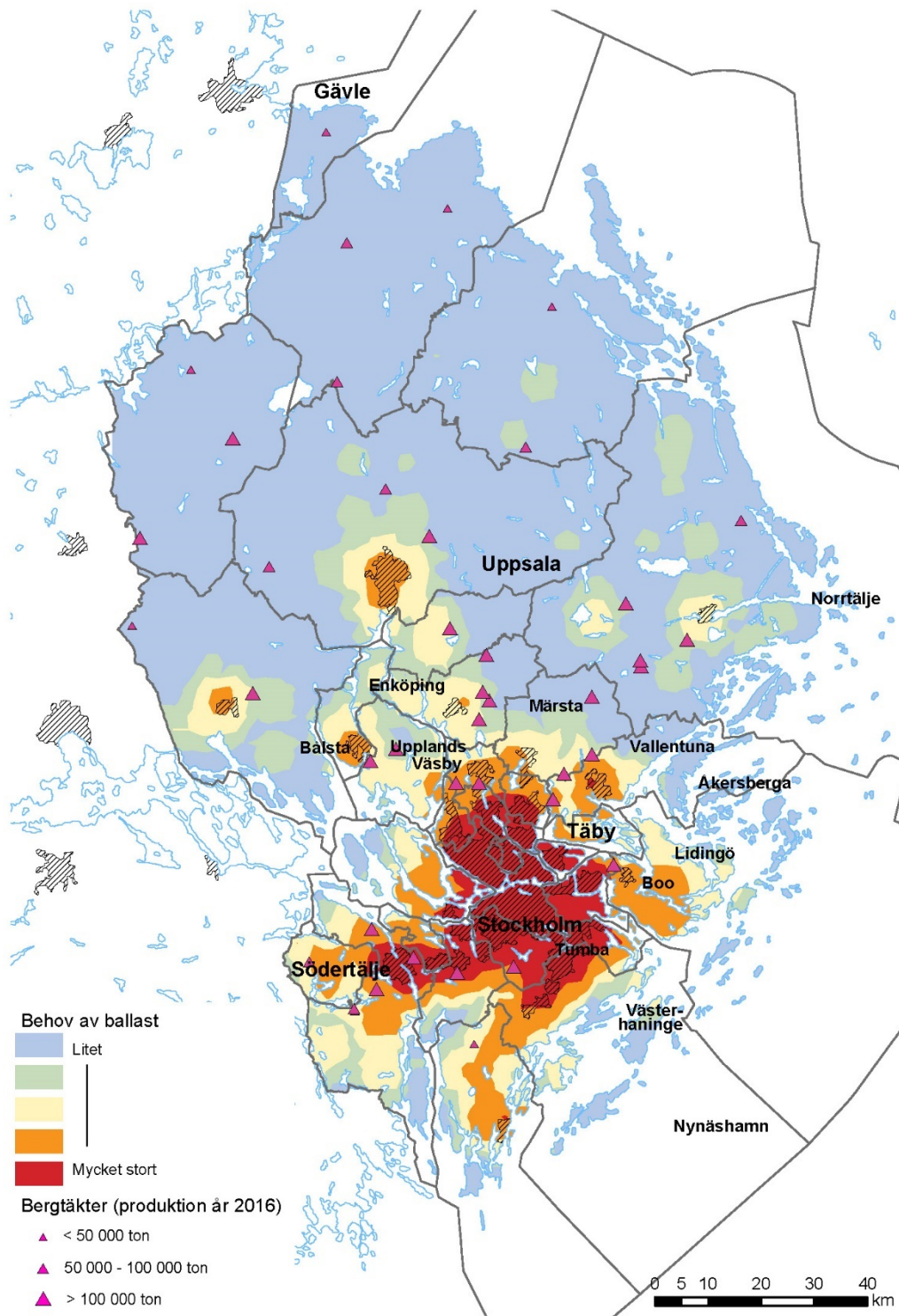
Vissa användningsområden för naturgrus är svårare att ersätta än andra och användningen av grus för kvalificerade ändamål kan idag inte fullt ut ersättas av alternativa material (Göransson 2015). Det är idag inte tillåtet att använda naturgrus till användningsområden där det är ekonomiskt och tekniskt möjligt att använda alternativ. Insatser inom forskning och utveckling gör att användningsområden, inom vilka det idag betraktas som omöjligt ersätta naturgruset, i framtiden kan ses områden där det är fullt möjligt.

### *Användning av naturgrus i regionen*

Naturgrus är en ändlig resurs och tillgången i Stockholm-Uppsala regionen är begränsad (Göransson 2015). Stora delar av isälvsavlagringarna är sedan tidigare exploaterade genom täktverksamhet, bebyggelse och infrastruktur. Åsarna i Mellansverige utgör en stark landskapsidentitet och har ofta stora natur- och kulturvärden. I Stockholm-Uppsala regionen har man ett ansvar att förvalta dessa värden.

I Uppsala och Stockholms län produceras 20–25 % av allt naturgrus i landet (SGU 2016). Det finns alltså en stor potential att kunna minska den totala användningen av naturgrus i Sverige genom att etablera bergtäkter istället. Tillgången på lämpligt berg som kan ersätta naturgruset är begränsad i delar av regionen vilket ställer stora krav på samhällsplanering och exploaterare. Stora delar av berggrunden i den södra delen av Stockholms län har inte lämpliga egenskaper som ersättningsmaterial för flera användningsområden. Detta ska inte ses som en förevändning till att använda naturgrus utan visar istället på hur angeläget det är att de områden med berg som har god användbarhet betraktas som strategiska för ballastförsörjningen.





Figur 1. Uppskattning av behovet av ballast i Stockholm och Uppsala län för perioden 2017–2035. I kartan visas befintliga bergtäkter med produktion av ballast under 2016.

## BEHOVET AV BALLAST I REGIONEN

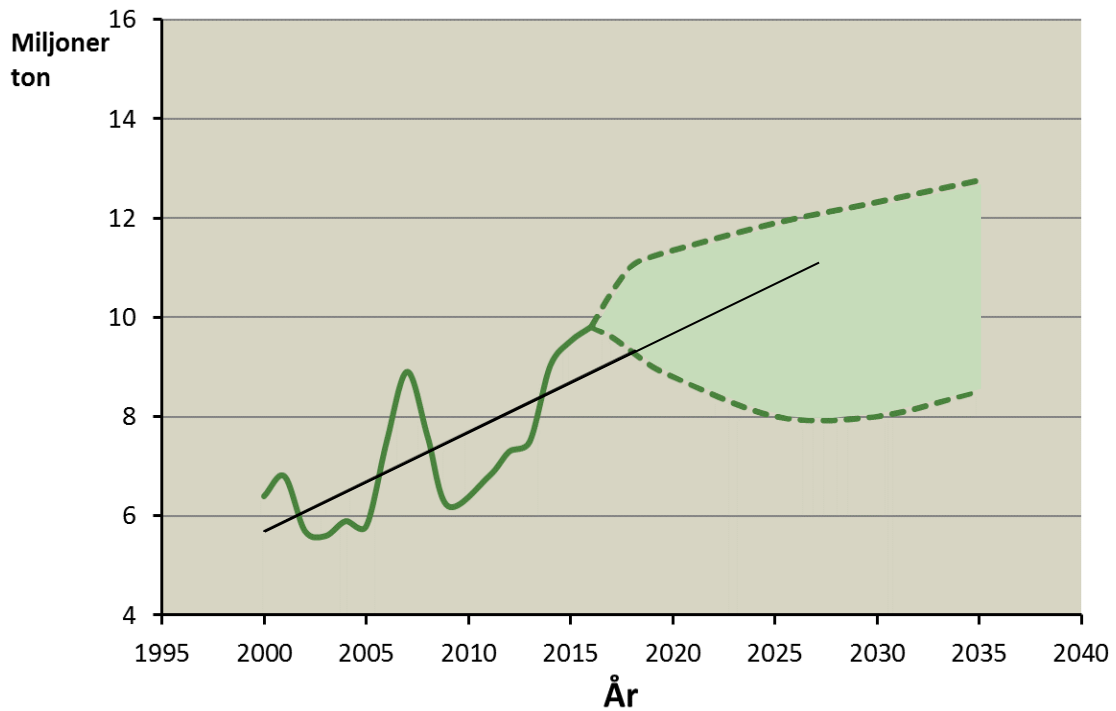
Stockholm-Uppsalaregionen är den mest expansiva regionen i Sverige och inget tyder på att denna situation kommer att förändras inom den närmsta framtiden. De stora investeringarna inom bygg- och anläggningsområdet innebär att behovet av ballast för byggnation av såväl väg/järnväg och byggnader är där för stort och ökande. Mer långsiktigt finns bland annat byggplaner på över 300 000 bostäder fram till 2035 i regionen (t.ex. Boverket 2017, Länsstyrelsen Uppsala län 2017, Länsstyrelsen Stockholms län 2017, Stockholms läns landsting 2017b) som om de realiserar genererar stora behov av material, både till själva byggnaderna och till infrastruktur och andra anläggningar. Befolkningsprognoserna visar på en befolkningsökning i regionen på i storleksordningen 30 % fram till 2035 (SCB 2017, Stockholms läns landsting 2017a, Uppsala kommun 2017).

### Var kommer de största behoven av ballast att finnas?

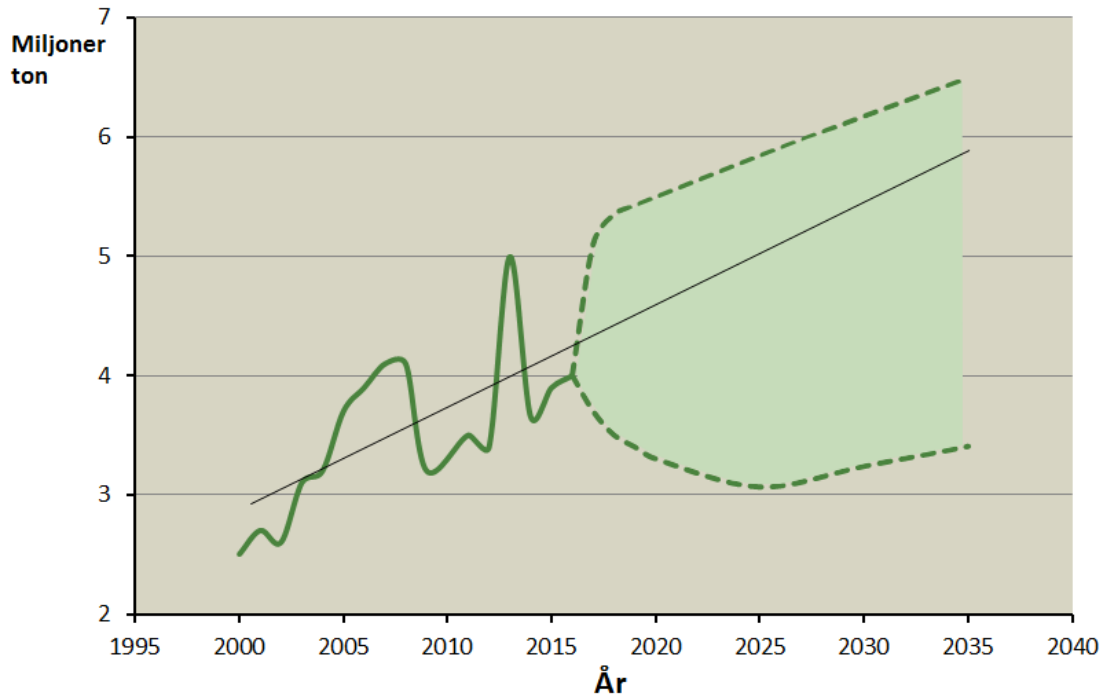
Fördelningen av behovet av ballast i regionen fram till 2035 visas i figur 1. Kartan visar hur behovet av material fördelar sig i regionen men visar inte det faktiska behovet i ton ballast. De i särklass största behoven av ballast fram till 2035 kommer att finnas i tätortsområdet Stockholm (figur 1) (Stockholms läns landsting 2017c). I Uppsala län finns de största behoven av material omkring Uppsala tätort. Analysen är baserad på prognoser för befolkningsförändringar regionen och information från de senaste aktuella översiktsplanerna från kommunerna och RUFs för Stockholms län samt länsstyrelsernas bostadsmarknadsenkäter. Endast mindre hänsyn har tagits till nya avtal om byggande av nya städer (Regeringskansliet 2017) eller möjliga stora infrastrukturprojekt i den nationella planen för transportsystemet (Trafikverket 2017). Stora investeringar i nya städer och infrastruktur till exempel 4-spårig järnväg mellan Stockholm och Uppsala innebär att behovet av ballast skulle öka i den delen av regionen.

### Prognos för behovet av ballast

I figur 2 och 3 visas prognoser för behovet av ballast i Stockholms respektive Uppsala län fram till 2035. Prognosen är baserad på det historiska sambandet mellan befolkning och ballastanvändning samt sambandet mellan aktiviteten i bygg- och anläggningsbranschen och ballastproduktionen (SGU 2016). Behovet av ballast ser ut att vara på en hög nivå i regionen de närmaste åren (figur 2 & 3). På längre sikt är det årliga behovet av material svårare att bedöma, men mot bakgrund av den förmodade befolkningsökning i regionen är prognosen att behovet av material i Stockholmsregionen i medeltal kommer vara omkring 9 miljoner ton per år för perioden 2015 till 2035 vilket är 25 % över medeltalet för perioden 2000–2015 (figur 2). För Uppsala län är prognosen att behovet av material kommer uppgå till 4,2 miljoner ton ballast per år i medeltal för perioden 2015–2035 (figur 3). Vilket är 20 % mer än det genomsnittliga årliga behovet för perioden 2000–2015. I både Stockholms och Uppsala län finns en linjär uppåtgående trend för behovet av material (figur 2 & 3). Trendlinjen i diagrammet kan ses som runt vilken nivå behovet av ballast kommer variera under perioden fram till 2035 om inte konsumtionsmönstret för ballast väsentligt förändras i förhållande till hur det ser ut idag.



Figur 2. Produktionen av ballast från berg- och grustäkter i Stockholms län. För perioden 2000 till 2016 visar diagrammet inrapporterad levererad mängd ballast. De streckade linjerna visar prognos för det framtida behovet vid höga respektive låg aktivitet inom bygg- och anläggningsbranschen.



Figur 3. Produktionen av ballast från berg- och grustäkter i Uppsala län. För perioden 2000 till 2016 visar diagrammet inrapporterad levererad mängd ballast. De streckade linjerna visar prognos för det framtida behovet vid höga respektive låg aktivitet inom bygg- och anläggningsbranschen.

## DE GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGARNA

De geologiska förutsättningarna är naturgivna och i materialförsörjningssammanhang kan det innebära såväl begränsningar som möjligheter. Begränsningar kan ligga i att berg inte är tillgängligt på önskad plats eftersom det ligger under mäktiga jordlager eller att berggrundens egenskaper inte gör den lämplig som ballast. Möjligheterna kan utgöras av att berget är tillgängligt samt att berggrundens egenskaper är sådana att berget kan användas till mycket kvalificerade ändamål eller att det på ett oproblematiskt sätt kan ersätta naturgrus inom områden där naturgrus oftast används.

### Jordtäcket

Stockholms och Uppsala län ligger i östra Sveriges ler- och bergområden, en region som karaktäriseras av att mäktiga lager av finkorniga jordarter dominerar i dalgångar och lägre liggande områden. I högre terräng är jordtäcket oftast tunt eller saknas helt. Det betyder att regionen har relativt god tillgång på områden där berggrunden är lätt tillgänglig. Regionens isälvsavlagringar utgörs av mycket stora rullstensåsar men tillgången på naturgrus är ändå sammantaget begränsad. Isälvsavlagringarna är i många delar kraftigt påverkade av exploatering, särskilt nära tätorterna.

### Berggrunden

Berggrundens ursprung och den geologiska utveckling med olika geologiska händelser och processer som den gått igenom, påverkar dess egenskaper och användbarhet. För mer detaljerad information om berggrundens utveckling i regionen hänvisas till Wahlgren m.fl. (2018) och kartor med beskrivningar samlade på SGUs webbplats, <http://apps.sgu.se/geologret/>

Berggrunden i Stockholm-Uppsalaområdet är en del av en 2,0–1,8 miljarder år gammal bergskedjebildning (Svekokarelska orogenen) under vilken huvuddelen av berggrunden i östra Sverige, bildades. I ett sent skede av denna bergskedjebildning skedde en omfattande omvandling och deformation. Under denna fas utvecklades bergarternas huvudsakliga strukturer, t.ex. deras gnejsighet och lineation. När bergskedjeprocesserna avstannat och berget svalnat och var relativt fast, sprack berget upp och finkorniga graniter, pegmatiter och apliter trängde upp genom sprickorna.

Generellt sett är omvandlingsgraden hos berget lägre i den norra delen av området jämfört med längre söderut vilket bland annat gör att bergarterna från den norra delen av regionen har tekniska egenskaper som är något mer gynnsamma för användning till ballast.

I figur 4 visas en generaliserad karta över berggrunden i de två länen (SGU kartdatabas 1M). En berggrundskarta ska tolkas som en modell över berggrunden. Det går inte, oavsett av vilken detaljeringsgrad som SGUs kartor är gjorda (skala 1:1 000 000, 1:250 000 eller 1:50 000), att tolka kartan som att den beskriver förhållandena i varje given punkt man befinner sig i. Berggrunden, framför allt i den södra delen av regionen är mycket heterogen och blottade berghällar innehåller vanligen flera olika bergarter. Kartbilden ska alltså ses som en förenkling där t.ex. sannolikheten att hitta en gnejsgranit är större i ett område med brun färg än i ett ljusblått område på kartan.

För Norrtälje kommun finns idag inget modernt berggrundsunderlag och därför heller ingen detaljerad bergkvalitetsinformation. Baserat på den översiktliga geologiska information som finns, kan man säga att berggrunden inom Norrtälje kommun påminner, och därmed bergets användbarhet som ballast, om förhållandena i norra Stockholmsområdet och Uppsalaområdet. Granitiska bergarter dominerar med inslag av gabbro samt ytbergarter av både vulkaniskt och

sedimentärt ursprung. Den metamorfa graden i området är måttlig och bergarterna förväntas ha medelgod till god kvalitet.

### *Sedimentgnejs, (metasedimentär bergart)*

(ljusblå färg i figur 4)

Den dominerande bergarten i södra delen av Stockholmsområdet är sedimentgnejs, där ursprungsmaterialet är omväxlande leriga till sandiga sediment avsatta i ett hav. Genom årmiljonerna har sedimenten omvandlats till bergarter där de en gång lerrika sedimenten idag utgörs av glimmerrika bergarter och mer sandiga sediment utgörs av kvarts-fältspatsrika metasediment.

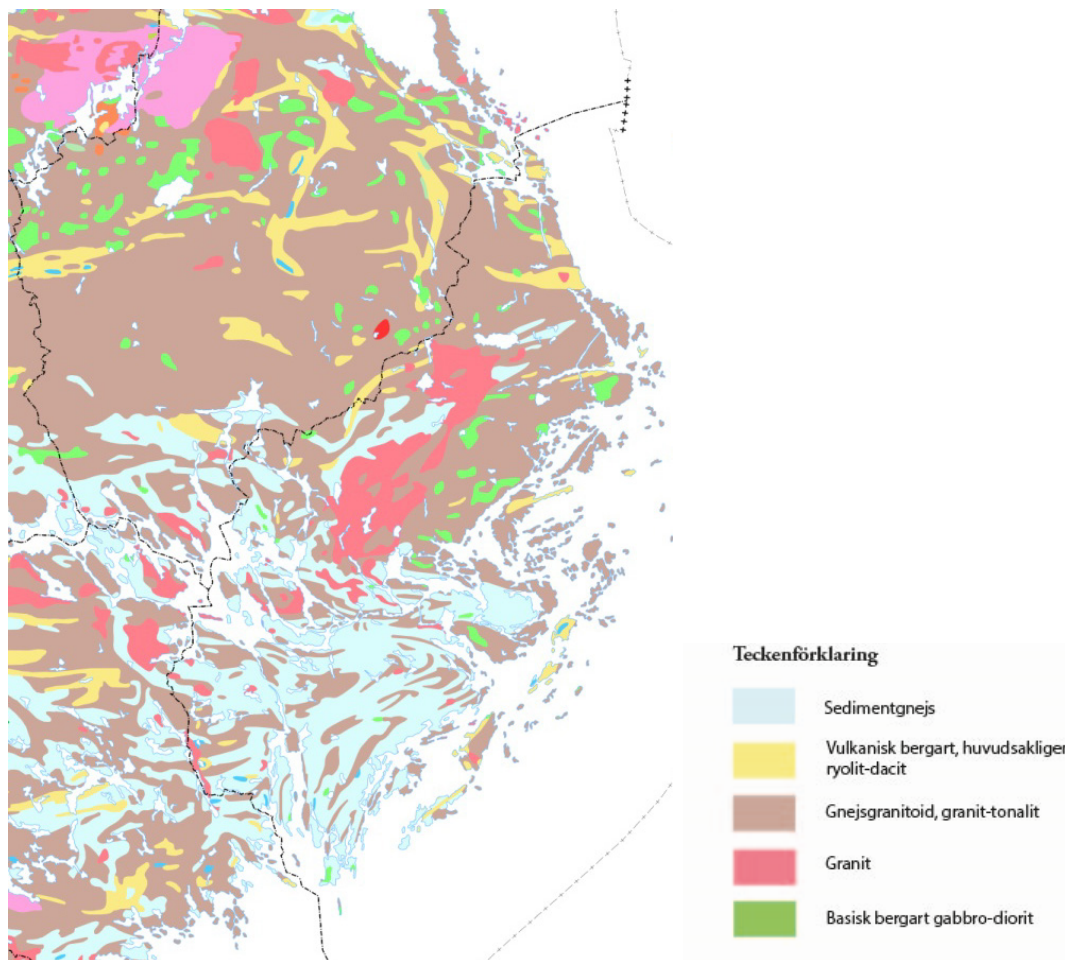
En stark omvandling (metamorfos) har resulterat i att den sedimentära bergarten börjat smälta vilket medfört att kvarts-fältspatsrika ådror har bildats samtidigt som berget har veckats (figur 5a). Bergarten kallas då ofta för sedimentådergnejs, sedimentgnejs eller paragnejs. De tekniska egenskaperna för bergartsgruppen sedimentgnejs varierar kraftigt. Vissa delar som huvudsakligen består av kvarts och fältspat och har en lägre glimmerhalt kan ha goda egenskaper för flertalet ballaständamål. Andra delar med hög glimmerhalt, kraftig omvandling och rikligt av ådror, kan vara direkt olämpliga för samtliga ballaständamål. Förutom förhöjda glimmerhalter har sedimenten till följd av sitt ursprung, ofta förhöjda halter av sulfider, framför allt magnetkis (FeS) och pyrit (FeS<sub>2</sub>) vilket kan medföra problem vid användning som ballast, framför allt genom att regnvatten löser upp exponerade sulfider vilket kan orsaka lokal förurning av dagvatten och grundvatten. De stora variationerna inom bergartsgruppen sedimentgnejs innebär att noggranna studier och analyser krävs innan man anlägger en ny bergtäkt i dessa bergarter.

### *Vulkaniska bergarter*

(gul färg i figur 4)

Omvandlade vulkaniska bergarter, utgör underordnade inslag i Stockholmsområdets berggrund men är vanligare i norra Uppland. De består i första hand av kvarts-fältspatrika, skiktade avlagringar (huvudsakligen ryolit eller dacit). Ryolit motsvarar en granit i sammansättning men har avsatts vid ett vulkanutbrott på ytan och därmed svalnat mycket snabbt. Det medför att mineralkornen i vulkaniska bergarter är betydligt mindre än hos bergarter som svalnat långsamt på större djup. På samma sätt motsvarar en dacit en granodiorit i sammansättning. Vanligen är de vulkaniska bergarterna massformiga eller svagt förskiffrade. Färgen varierar från röd till grå och kornstorleken är finkornig, ofta med millimeterstora strökorn av kvarts och fältspat (figur 5b).

De tekniska egenskaperna för de metavulkaniska bergarterna liknar de för finkornig granit eller granodiorit och är generellt sett goda avseende användning för väg. De används ofta som slitlager då de har goda nötnings- och sprödhetsegenskaper. Det är dock viktigt att vara uppmärksam på bergartens alkalilikareaktivitet (ASR) vid användning till betongballast då det är relativt vanligt att ASR är förhöjt bland de vulkaniska bergarterna. (se bilaga 1 Bergkvalitet).



Figur 4. Berggrundsgeologiska kartan, utsnitt ur SGUs kartdatabas 1:1 000 000. För mer detaljerad information om berggrunden i området se SGUs övriga databaser och tryckta produkter över området (se SGUs webbplats för referenser <http://apps.sgu.se/geolagret/>).

## Gnejsgranitoider

(Brun färg i figur 4)

I den norra delen av Stockholmsområdet och i större delen av Uppsalaområdet utgörs berggrunden av omvandlade och deformerade bergarter bildade på djupet i jordskorpan s.k. Granitoider (även kallade metagranitoider eller gnejsgranitoider) (figur 5c). Dessa bergarter varierar i kemisk sammansättning från granit via granodiorit till tonalit. Kvartshalten sjunker och mängden plagioklas ökar när man går från granit till tonalit vilket generellt sett även halten av glimmer gör. Granitiska till granodioritiska sammansättningar är vanligast förekommande i området. Bergarterna är vanligen gnejsiga och har genomgått en måttlig metamorfos. I södra delen av regionen kan de vara ådergnejsomvandlade eller migmatitiserade på liknande sätt som sedimentgnejserna. Färgen varierar från rödgrå till grå. Som framgår av figur 4 har de i den södra delen av Stockholmsområdet ofta formen av mer eller mindre långa, utdragna kroppar, medan de i norr utgör större sammanhängande massiv. Inneslutningar av de metasedimentära bergarterna är vanliga, framförallt i den södra delen av området. Om inte omvandlingsgraden är för hög är de tekniska egenskaperna för gnejsgranitoiderna ofta goda eller medelgoda. De är vanligen ojämnkorniga med ojämna och flikiga kornfogar vilket är fördelaktigt för nötnings- och sprödhetsegenskaperna. De har också generellt sett en lägre glimmerhalt och är mer homogena än sedimentgnejserna.

## *Granit*

(Röd färg i figur 4)

Framför allt i norra delen av Stockholmsområdet finns stora inslag av yngre granit. Dessa är till övervägande del grå, men röda varianter förekommer också. De är vanligtvis mer eller mindre massformiga, men kan ibland uppvisa en tydlig planstruktur (foliation). Två olika typer av yngre granit förekommer. Den ena är jämnkornig, fin- till medelkornig, s.k. ”Stockholmsgranit” (figur 5d), medan den andra är medelkornig och småporfyrisk. De yngre graniterna har intruderat efter huvudfasen av bergskedjebildningen, men de långsträckta formerna och att de ibland är folierade och följer deformationsmönstret visar att graniterna bildats i slutfasen av bergskedjeveckningen när berget fortfarande varit varmt och plastiskt. Gångar av aplit och pegmatit (figur 5d) förekommer tillsammans med de yngre graniterna, pegmatiterna förekommer även som oregelbundna mindre kroppar.

De yngre graniterna har ofta bra tekniska egenskaper med goda nötnings- och sprödhetsegenskaper. Vid planerad användning av materialet till betong bör man vara uppmärksam på att graniterna lokalt har förhöjda halter av uran och torium. Översiktliga strålningskartor finns på SGUs kartvisare (<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-uranstralning.html>)

## *Basiska bergarter*

(Grön färg i figur 4)

Mindre massiv och inneslutningar av basiska bergarter förekommer i området, ofta tillsammans med granitoiderna. Lokalt kan de bilda större sammanhängande förekomster. De varierar i sammansättning från ultramafit till gabbro (figur 5e), diorit och kvartsdiorit. Basiska massiv kan utgöra bra ballastmaterial, framför allt för järnvägsballast då de har en högre densitet än granitoiderna och därmed bättre klarar belastningen från tåg. Detta gäller under förutsättning att inte glimmerhalten eller sulfidhalten är för hög.





Figur 5a. Sedimentär bergart omvandlad till sedimentgnejs "Sörmlandsgnejs" (Foto: SGU)



Figur 5d. Stockholmsgranit, Färingsö (Foto: Stefan Persson)



Figur 5b. Metavulkanisk bergart från Östhammar (Foto: SGU)



Figur 5e. Gabbro från Gimö (Foto: SGU)



Figur 5c. Metagranitoid (Foto: SGU)



## **BERGGRUNDEN OCH DESS ANVÄNDBARHET SOM BALLAST**

Berggrund finns överallt men den kan ha egenskaper som gör den olämplig eller problematisk att använda som ballast. I bilaga 1 redovisas de metoder som används för att bestämma ett materials lämplighet som ballast. Stora variationer förekommer inom olika bergartstyper, ett naturligt bergmaterial är sällan alltigenom homogent och därför krävs tekniska analyser direkt från platsen för en tänkt etablering av en bergtäkt för att kunna bedöma bergets användbarhet.

Kännetecknen hos bergmaterial med god användbarhet som ballast är att det har låg glimmerhalt, en medelkornig kornstorlek och ojämna kornfogar. Dessa egenskaper återfinns t.ex. hos en måttligt omvandlad medelkornig granit eller vulkanit. Bergarter som är medelhögt metamorfoserade (omvandlade) har ofta mer gynnsamma egenskaper jämfört med kraftigt metamorfoserade bergarter. Detta beror på att mineralkornen under hög metamorfosgrad blir mer runda istället för flikiga och ojämna. Flikiga mineralkorn häktar i varandra och ger materialet en bättre motståndskraft mot nötning. Rundade mineralkorn gör också materialet sprödare. För mer detaljerad information se bilaga 1 Bergkvalitet.

### **Sulfider och innehåll av uran**

Egenskaper som kan vara problematiska för användbarheten är t.ex. höga sulfidhalter eller förhöjda uranhalter. Uran sönderfaller till radon vilket har betydelse vid användning av ballast framför allt i betong som används vid husbyggnation. Sulfider är vanligt förekommande i små mängder hos de flesta bergarter, men orsakar problem först vid förhöjda halter. En detaljerad beskrivning av de problem som kan uppstå vid sulfidförande berg finns i (Trafikverket 2015). Framför allt finns sulfider, inom Stockholm-Uppsalaregionen, i sedimentgnejserna men kan även förekomma i förhöjda halter i de basiska bergarterna. Sulfider kan även förekomma som sprickmineral i samtliga bergartsgrupper, vilket innebär att sprickrika bergarter kan ha problem med högt innehåll av sulfider. Man bör vara uppmärksam på rostiga missfärgningar av berget vilket kan indikera förekomst av sulfider. För att helt säkerställa att sulfider inte förekommer behöver man undersöka materialet kemiskt eller med hjälp av tunnslip.

### **Berggrundens egenskaper och olika användningsområden**

Bergets tekniska egenskaper avgör vilket användningsområde det är lämplig för. De huvudsakliga användningsområdena är som redan nämnts som, vägballast, järnvägsballast och betongballast. För vägballast är det också avgörande vilken del av vägen som materialet ska användas. Ett förstärkningslager i en mindre väg har t.ex. betydligt lägre krav på sig avseende nötning- och sprödhetstal som ett slitlager på en högtrafikerad motorväg. Ett material som ska användas som järnvägsballast har med fördel en högre densitet vilket gör att materialet ligger mer stabilt på järnvägsbanken. Ballast som ska användas till betong ska bl.a. kontrolleras för uraninnehåll som kan ge problem med radon och ASR vilket kan ge problem med betongens beständighet. Används bergmaterial med mindre goda egenskaper för betong kan recepten för framställning behöva justeras och innebära att mer cement behöver användas.

### **SGUs bergkvalitetskartor**

SGU har sammanställt bergkvalitetskartor över stora delar av Stockholms och Uppsala län (se SGUs webbplats för referenser <http://www.sgeolagret.se/GeoLagret/>). Kartorna har nyligen harmoniserats och upgraderats i regionen. I SGUs kartvisare för ballast (<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-ballast.html>) visas bergets kvalitet som väg-, järnväg- och betongballast. Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som visar hur lämplig berggrunden är för framställning av ballast till byggnation av vägar och järnvägar samt som ballast till betong. I bergkvalitetskartorna urskiljs områden med fyra kvalitetsklasser,

Tabell 1. Klassning av berggrundens användbarhet är gjord mot bakgrund av klassning av berggrunden i SGUs bergkvalitetskarter. Tabellen visar sambandet mellan klassificeringen i användbarhet och SGUs bergkvalitetskarter.

Klass	Benämning	Bergkvalitetsklass Betong	Bergkvalitetsklass Väg	Bergkvalitetsklass Järnväg
1	Berg med god användbarhet för flertalet användningsområden	1	1–2	1–2
2	Berg med viss begränsning i användbarheten	1	2–3	2–3
2	Berg med viss begränsning i användbarheten	2	1–2	1–2
3	Berg med begränsad användbarhet	2	2–3	2–3
3	Berg med begränsad användbarhet	3	1–2	1–2
4	Berg med olämpliga egenskaper för flertalet användningsområden	3	2–3	2–3

där kvalitet 1 anses som mycket stor användbarhet inom gällande ändamål och kvalitet 4 anses som olämplig ballastråvara. Kartorna bygger på att man med hjälp av analysresultat och mätningar på representativa bergarter i ett område kan göra en generell tolkning över berggrundens lämplighet som ballast för olika användningsområden. Information om bergets kvalitet som ballast saknas för Norrtälje kommun eftersom det geologiska underlaget här är för översiktligt.

### Begreppet berggrundens användbarhet som ballast

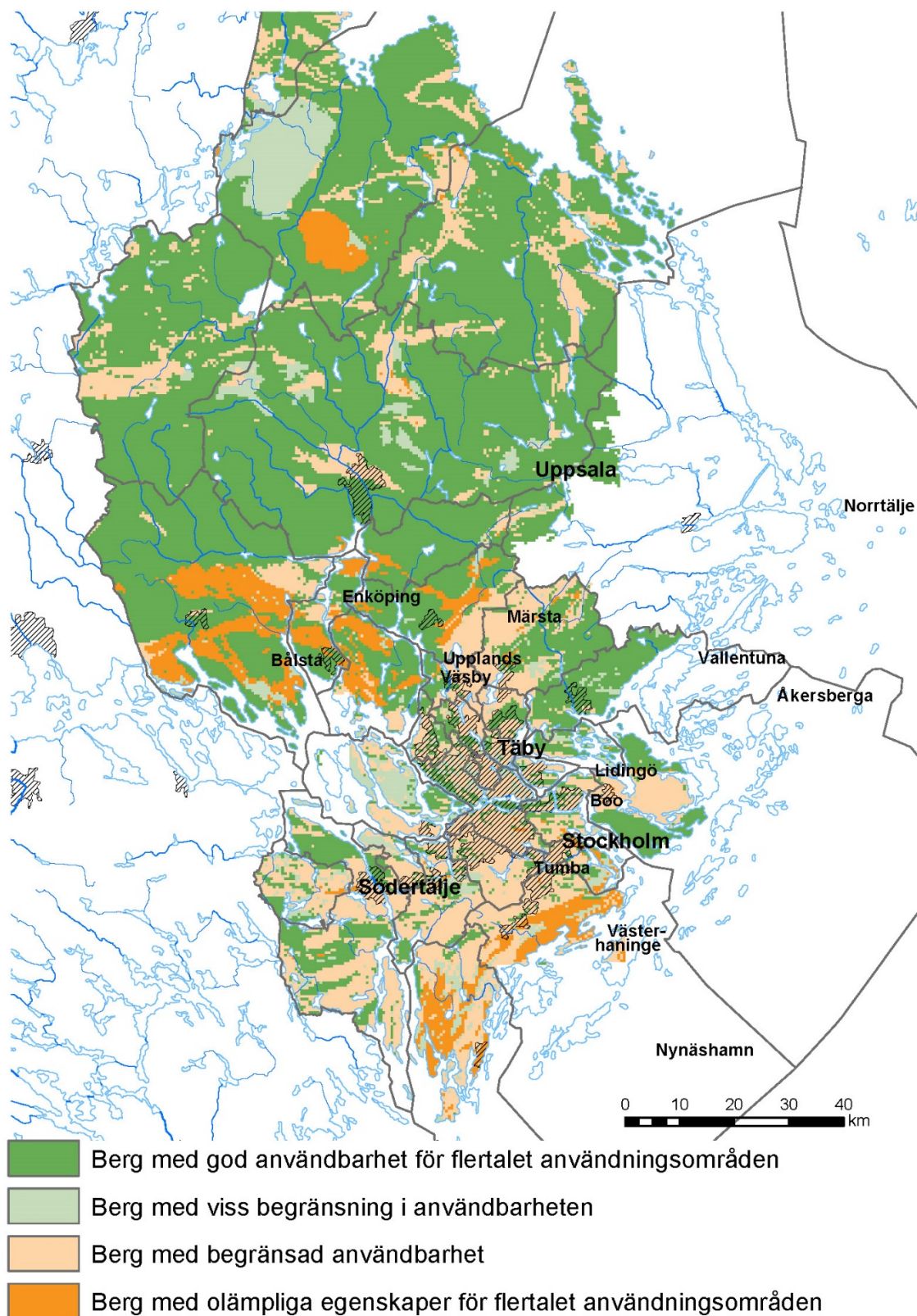
Med begreppet användbarhet avses bergets samlade egenskaper som ballastmaterial med utgångspunkt i SGUs bergkvalitetskarter (bilaga 1) (tabell 1) vilket ger en generell bild över bergets lämplighet som ballast. Denna generalisering ger möjlighet att visa på områden som har potential till att tillgodose samhällets behov av ballast med god kvalitet för flera olika användningsområden. I figur 6 visas klassificeringen av berggrundens användbarhet som ballast för Stockholms och Uppsala län. De områden som finns inom klassen ”God användbarhet för flertalet användningsområden” kan ses som särskilt värdefulla för ballastförsörjningen. Områden som anges ha god användbarhet har större potential och möjligheter att ha berg med god användbarhet än områden som klassats som att ha låg användbarhet. Det innebär dock att det även kan finnas områden av berg med god användbarhet i områden vilka klassats som att ha mycket begränsad användbarhet, även om sannolikheten här är mycket mindre.

### *Berggrundens användbarhet som ballast i Stockholm och Uppsala län*

I södra delarna av Stockholms län är berggrundens användbarhet mycket begränsad (figur 6) och de områden där berget har god användbarhet är få. Andelen områden av berg med god användbarhet ökar i norra delen av Stockholms län och från norra delarna av Enköpings kommun och Knivsta kommun och norrut är berggrundens användbarhet i huvudsak god (figur 6).

### **Bergets användbarhet och lokalisering av bergtäkter**

Berggrundens användbarhet som ballast är en viktig faktor att ta hänsyn till vid lokalisering av täkter. Ur naturressurssynpunkt är lokalisering av bergtäkter till områden där berggrunden har en god användbarhet för flera områden mer lämplig och får ses som god hushållning med markområden, eftersom den kan fylla flera av samhällets behov av material. Bergtäkter ger dessutom ett oåterkalleligt intrång i naturmiljön samt påverkar närmiljön under driftperioden varför störning måste kunna motiveras av behovet av material. En täkt som kan producera berg av god användbarhet för många olika områden motiverar intrånget i miljön på ett sätt som överensstämmer med god naturresurshushållning. Att materialet har en god användbarhet gör även att det vid framställning av vissa produkter krävs färre processteg. Exempelvis krävs lägre andel cement vid produktion av betong, vilket påverkar utsläppen av växthusgaser på ett gynnsamt sätt.



Figur 6. Berggrundens användbarhet som ballast i Stockholms och Uppsala län. Kartan är en sammanvägning av SGUs bergkvalitetskarter för olika användningsområden. Fördelningen av berg med god användbarhet återspeglar berggrundens sammansättning och utveckling.

## TILLGÄNGLIGHET TILL OMRÅDEN AV BERG MED GOD ANVÄNDBARHET

Det finns många värden och intressen i landskapet där behovet av täkter för ballast vägs mot andra intressen. Etablering av täktverksamhet ger ofta upphov till konflikter mot andra sakfrågor i samhället som bebyggelse, friluftsliv och naturvärden. Samtidigt bör täkter placeras nära där materialbehovet finns för att undvika långa transporter. Det här gör att det, särskilt i en storstadsregion, finns begränsat med platser som kan komma ifråga för bergtäktverksamhet.

### Regionens förutsättningar

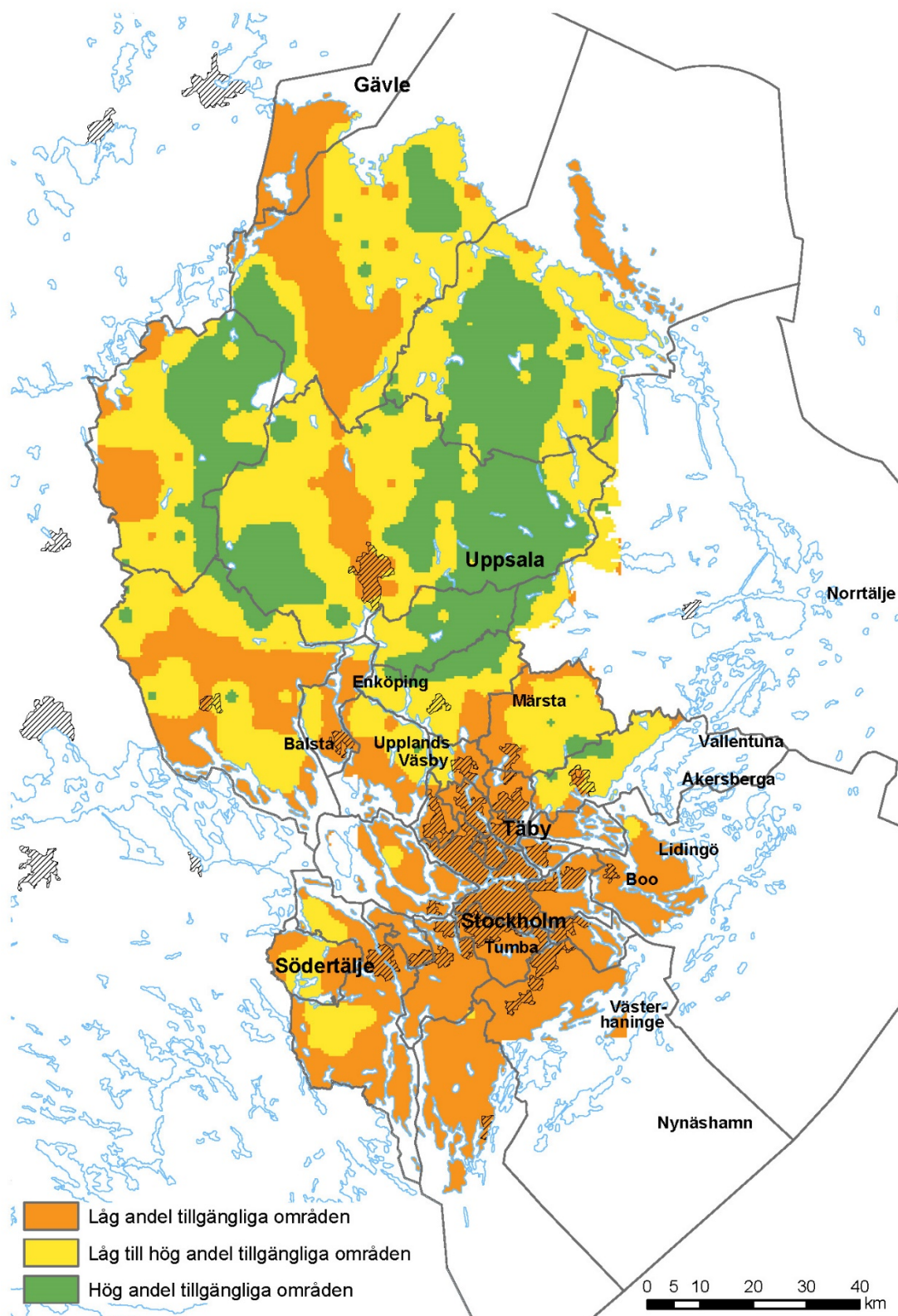
I figur 7 visas hur stor andelen teoretiskt tillgängliga områden det finns inom regionen, där täktverksamhet kan komma ifråga. I analysen har ett antal olika intressen och förutsättningar (tabell 2) räknats som att de omöjliggör täktverksamhet. Utöver de faktorer som anges i tabellen finns även andra faktorer som inte behandlats i analysen men som även de kan ha väsentlig betydelse och begränsar möjligheterna till täktverksamhet, bland annat andra riksintressen och områden klassade som tysta områden.

I Stockholms län är andelen tillgängliga områden av berg med god användbarhet låg (figur 7). Det här beror till stor del på att området är tätbefolkat I Uppsala län är bilden till viss del annorlunda, där tillgången på områden är större (figur 7). Annan markanvändning och geologiska förutsättningar gör dock att det är låg tillgång på områden av berg med god användbarhet i södra delen av Uppsala län.

Tabell 2. Områden som angivits som inte tillgängliga för bergtäktverksamhet och som ligger grund för analysen av tillgängliga områden.

Benämning	Behandling av data	Källa
Bostadsbebyggelse	Buffring 500 m	Svenskt marktäckedata
Friluftsanläggningar	Buffring 500 m	Svenskt marktäckedata
Kust- och strandlinje samt vattendrag	Buffring 300 m	Lantmäteriet, Terrängkartan
Skyddade områden naturreservat, nationalparker		Vic natur
Riksintresse för naturvård och Kulturmiljö		Länsstyrelsernas webGIS
Natura 2000-områden		Vic natur
Jorddjup > 5 m		SGU jorddjupsmodell





Figur 7. I Stockholms län är tillgången på tillgängliga områden av berg med god användbarhet låg i princip hela länet. I norra delen av Uppsala län finns stora områden med relativt god tillgänglighet på områden av berg med god användbarhet.

## Framtidens ballastförsörjning i tätbebyggda områden

I en snabbt växande storstadsregion är det en utmaning att planera för en balanserad och hållbar markanvändning där hänsyn tas till många olika användningsområden och värden. Eftersom konkurrensen om markanvändningen här är stor kan det vara svårt att ta hänsyn till ballastförsörjning. Samtidigt, mot bakgrund av det stora behovet av material, är det viktigt att planera så att transporter av ballast blir så korta som möjligt för att minska störning samt miljöpåverkan.

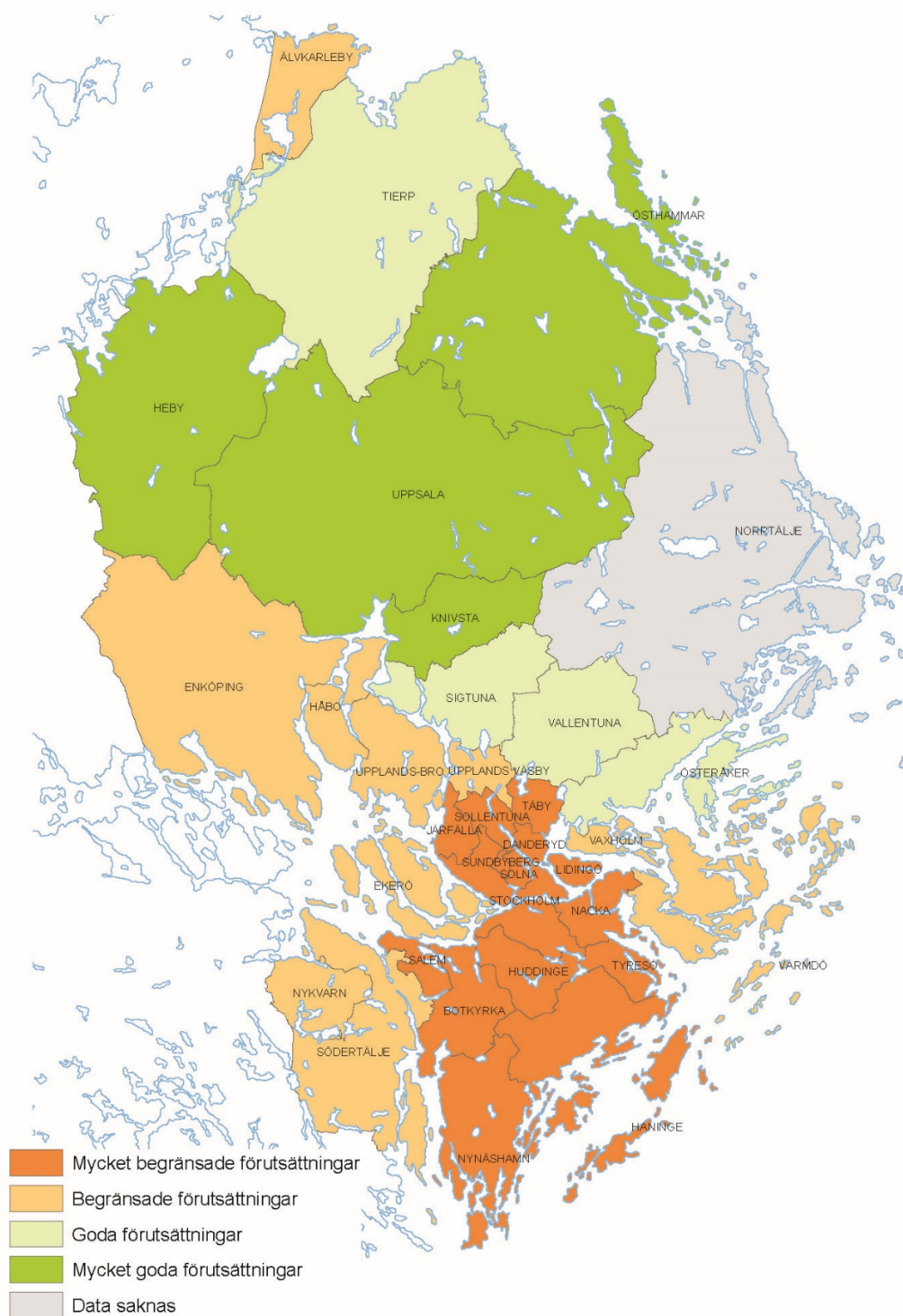
SGU vill i detta sammanhang uppmärksamma tänkbara möjligheter för ballastförsörjning i ett allt mer tätbebyggt område.

- Befintliga och nya täkter där berget har en god användbarhet bör ses som strategiska eller viktiga för samhället. De ska ses som långsiktiga och marken i dess omedelbara närhet bör reserveras för eventuellt kommande utökning av täkttillstånd.
- Täkter som är större till ytan ger möjlighet till att verksamheten kan fortsätta längre genom att man kan utöka täkten mot djupet. Färre men djupare täkter kan vara en lösning för framtiden.
- Om konkurrensen om marken blir för stor kan det även bli nödvändigt att planera för helt underjordiska bergtäkter vilket idag är tekniskt men inte ekonomiskt möjligt.
- Vid större byggnationer och infrastrukturprojekt genereras stora mängder bergmaterial, entreprenadberg. Det är av stor vikt att se detta material som en resurs att använda och inte som ett avfall. För ett effektivt utnyttjande av entreprenadberg krävs terminalplatser för mellanlagring och bearbetning av material.

## FÖRUTSÄTTNINGAR PÅ KOMMUNNIVÅ – EN SAMMANFATTNING

Förutsättningarna att bidra till ballastförsörjningen i regionen skiljer sig åt mellan de olika kommunerna i regionen. Kommunernas generella förutsättningar visas i figur 8. I de kommuner där förutsättningarna är mycket begränsade eller begränsade är det särskilt viktigt att betrakta ballastförsörjning som ett allmänt intresse och en väsentlig fråga att behandla i översiktsplaneringen. I dessa kommuner kan det vara nödvändigt att se på befintliga bergtäkter som kan producera bergmaterial med god användbarhet för flertalet användningsområden som strategiska för ballastförsörjningen. Även områden med god potential att producera bergmaterial med god användbarhet för flera användningsområden bör ses som strategiska för ballastförsörjningen.

För kommuner med bättre förutsättningar och stor yta, samt stort behov av material, t.ex. Uppsala kommun, kan det vara av betydelse att särskilt ta hänsyn till frågan om ballastförsörjning eftersom förutsättningarna kan vara begränsade i närområdet till där behovet av material finns. Kommuner med goda förutsättningar kan också ha stor betydelse för regionens totala ballastförsörjning särskilt om de har tillgång på berg med god användbarhet i en region där de geologiska förutsättningarna i övrigt är begränsade.



Figur 8. Sammanfattning över förutsättningarna på kommunnivå för ballastförsörjning i regionen.



## SLUTSATSER

De stora investeringar som planeras inom bygg- och anläggningsområdet i regionen, tillsammans med en ökande befolkning tyder på ett ökat behov av ballast fram till 2035, jämfört med behovet för perioden 2000–2015. Det största behovet av material kommer finnas i de mest tätbebyggda delarna av Stockholms län och i ett stråk upp mot Uppsala tätort. På grund av motstående intressen och stora områden där berggrunden har begränsad användbarhet som ballast finns det få tillgängliga områden för ny täktverksamhet nära där behovet av material finns.

Den begränsade tillgången på tillgängliga markområden där berggrunden har en god användbarhet som ballast tillsammans med det ökade behovet av ballast gör att det är väsentligt att i samhällsplaneringen betrakta berg med god användbarhet som en naturresurs viktig för samhällets behov och utveckling. Ett förhållningssätt där tillgång på berg med god användbarhet som ballast ses som viktigt för samhällsutvecklingen och att försörjningen ska ske på ett sådant sätt att så liten miljöpåverkan som möjligt uppstår bidrar till en ändamålsenlig och hållbar markanvändning.

Där det är låg tillgång på områden med berg av god användbarhet är det därför nödvändigt i en hållbar samhällsplanering att:

- se på landområden med berg god användbarhet som strategiska och av allmänt intresse för materialförsörjningen vid avvägning mot andra intressen och behöver ges denna status i den kommunala översiktsplaneringen.
- se på befintliga täkter som kan producera material med god användbarhet för flera användningsområden som strategiska och av allmänt intresse för materialförsörjningen vid avvägning mot andra intressen och behöver ges denna status i den kommunala översiktsplaneringen.
- se på ballastförsörjning som en mellankommunal fråga eftersom försörjningsperspektivet av material är regionalt.

Lokalisering av bergtäkter bör i första hand göras till områden där berggrunden ger en god användbarhet för flera användningsområden. Ur naturressurssynpunkt är en sådan lokalisering mer lämplig och är en god hushållning med markområden. Lokaliseringen bör även ta hänsyn till avståndet till var materialet i huvudsak kommer användas, eftersom transporter ger en stor påverkan på miljön. Täktverksamhet tar ett markområde i anspråk och ger en oåterkallelig förändring av miljön på platsen och måste motiveras av att det ger en resurs som är mångsidigt användbar.

Stora infrastrukturprojekt och byggnationer genererar ofta stora mängder berg, så kallat entreprenadberg, vilket kan lagras vid terminaler om det inte används direkt på plats. Vid användning av terminaler för lagring och bearbetning kan berget användas vidare efter behov på samma sätt som annan ballast. Ett problem är att det berg som frigörs inte är valt utifrån kvalitetsegenskaper vilket medför begränsade användningsmöjligheter. Det är därför av stor vikt att ha kontroll över vilken kvalitet entreprenadberget har samt att använda berget på ett optimalt sätt så att det kan vara en väsentlig resurs i ballastförsörjningen.

## REFERENSER

- Boverket, 2017: Beräkning av behovet av nya bostäder till 2025. *Rapport 2017:17*.
- Göransson M, 2015: Ersättningsmaterial för naturgrus– kunskapssammanställning och rekommendationer för användningen av naturgrus. *SGU-rapport 2015:35*. Sveriges geologiska undersökning.
- Länsstyrelsen Uppsala län, 2017: Bostadsmarknadsenkäten, Uppsala län 2017.
- Länsstyrelsen Stockholms län, 2017: Bostadsmarknadsenkäten, Stockholms län 2017. *Rapport 2017:2*.
- SCB, 2017: Sveriges framtida befolkning 2017–2060. BE 18 SM 1701.
- Schoning K, 2017: Metodutveckling för regional materialförsörjningsplanering. *Rapportering av regeringsuppdrag 2017:02*. Sveriges geologiska undersökning.
- SGU, 2016: Grus, sand och krossberg 2015. *SGU periodiska publikationer 2016:3*. Sveriges geologiska undersökning.
- SGU, 2017: Grus sand och krossberg 2016. *SGU periodiska publikationer, 2017:2*. Sveriges geologiska undersökning.
- Stockholms läns landsting, 2017a: Befolkningsprognos 2017–2026/50 - Stockholms län – huvudrapport. *Demografisk rapport 2017:02*.
- Stockholms läns landsting, 2017b: Kommunernas bostadsbyggnadsplaner Stockholms län 2017–2026/2030. *Demografisk rapport 2017:03*.
- Stockholms läns landsting 2017c: Tekniska försörjningssystem för masshantering och täkter. *Tillväxt och regionplaneförvaltningen, Kunskapsunderlag 2017:7*.
- Regeringskansliet, 2017: Delredovisning av Uppdrag att samordna större samlade exploateringar med hållbart byggande.
- Trafikverket, 2015d: Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter. *Rapport 2015:057*, 51 s.
- Trafikverket, 2017: Förslag till nationell plan för transportsystemet 2018–2029.
- Uppsala kommun, 2017: Befolkningsprognos för Uppsala kommun 2017–2050.
- Wahlgren C.-H., Schoning K., Tenne M. & Hansen L. M., 2018: Stockholmsområdets berggrund, jordarter, geologiska utveckling och erfarenheter från infrastrukturprojekt. *SGU-rapport 2018:08*. Sveriges geologiska undersökning.

## BILAGA 1: BERGKVALITET

Nedan ges en sammanställning av de huvudsakliga tekniska egenskaperna som är viktiga vid användningen av ballast. Sammanställningen är hämtad ur Møl Mortensen & Göransson (under produktion).

### Bergkvalitetsklassning

En klassning av analysprover görs på de för användningsområdet mest kritiska parametrarna, se förenklade klassningsprinciper för väg, järnväg och betong i tabell 1 nedan. I bergkvalitetskartorna urskiljs områden med fyra kvalitetsklasser, där kvalitet 4 anses som olämplig för användning inom gällande ändamål. Mer detaljerad information om parametrarna finns i avsnittet *Bergarternas kvalitet — allmänna kriterier*. I det fall analysdata är inkomplett, om det t.ex. saknas en kritisk nyckelegenskap, har tekniska egenskaper från likvärdiga bergarter beaktats.

Tabell 1. SGUs förenklade klassningsprinciper för väg, järnväg och betong.

VÄG	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4
Kulkvarnsvärde, $A_N$ 11/16 mm	< 10 %	10–18 %	> 18 %	
Los Angelesvärde, $LA_{10/14}$ mm	< 30 %	< 30 %	> 30 %	> 50 %
MicroDevalvärde, $M_{DE}$ 10/14 mm	< 7 %	7–14 %	> 14 %	> 30 %

JÄRNVÄG	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4
Glimmerhalt	< 10 %	10–25 %	25–50 %	> 50 %
Los Angelesvärde, $LA_{10/14}$ mm <sup>1</sup>	< 25 %	25–30 %	30–50 %	> 50 %
MicroDevalvärde, $M_{DE10/14}$ mm <sup>2</sup>	< 17 %	< 17 %	17–24 %	> 24 %

<sup>1</sup> Korrelerat från fraktion 10/14 mm, <sup>2</sup> korrelerat från kulkvarnsvärde fraktion 10/14.

1 Kraven på järnvägsmakadamballast är satta för relevant kornfraktion, nämligen LA-analysfraktion 32/63. En svagt positiv korrelation föreligger mellan LA-analysfraktionerna 10/14 mm och 32/63 mm varför den senare uppskattats med hjälp av den förra.

2 Kraven på järnvägsmakadamballast är satta för relevant kornfraktion, nämligen  $M_{DE}$ -analysfraktion 32/63. En starkt positiv korrelation föreligger mellan  $M_{DE}$ -analysfraktionerna 10/14 mm och 32/63 mm varför den senare uppskattats med hjälp av den förra.

BETONG	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4
Glimmerhalt	< 10 %	10–20 %	> 20 %	> 50 %
Aktivitetsindex	< 1	1–2	> 2	
Alkalisilikareaktivitet <sup>3</sup>	1	2	3	

<sup>3</sup> Modifierad RILEM AAR1

## Allmänna kriterier

### *Kulkvarns- och microDevalvärde — bergmaterials förmåga att motstå skavande nötning*

Ett bergmaterials förmåga att motstå nötning mäts med kulkvarnsmetoden  $A_N$ , SS-EN 1097-9:2014 (Svensk Standard 2014) för asfaltbundna lager och med microDevalmetoden  $M_{DE}$ , SS-EN 1097-1:2011 (Svensk Standard 2011) för obundna lager. Bergmaterialets förmåga att motstå nötning styrs framför allt av dess kornstorlek, kornstorleksfördelning, mineralsammansättning, kornfogarnas utseende, och struktur.

Kulkvarns- och microDevalvärden redovisas som den procentuella andel av den invägda provfraktionen (vanligen 11,2/16 mm eller 10/14 mm) som efter nötning passerar en sikt på 2 respektive 1,6 mm. Om en liten andel av stenmaterialet nöts bort, fås ett lågt tal som alltså anger gott motstånd mot skavande nötning. Ett kulkvarnsvärde under 6 % innebär mycket god motståndskraft. För ordinärt granitiskt ballastmaterial är kulkvarnsvärdet ca 8–14 %.

### *Los Angeles-värde — bergmaterials förmåga att motstå fragmentering*

För att förutsäga en bergarts sprödhet, förmåga att motstå fragmentering, provar man idag bergmaterial genom Los Angeles-metoden LA, SS-EN 1097-2:2010 (Svensk Standard 2010). De viktigaste parametrarna som styr bergmaterialets sprödhet är de samma som för kulkvarnsvärde, men vanligen i en annan ordning och med en annan påverkningsgrad, nämligen först mineralsammansättning och sedan kornstorleksfördelning, kornfogning, och strökor.

LA-apparaturen utgörs av en 0,71 m stor trumma, där provfraktionen som Trafikverket kravsätter (Trafikverket 2015c) för obundet vägmateriäl, och som också används som Europänorm, är 10/14 mm. Motstånd mot fragmentering av ballast till järnväg ska deklarerat för fraktion 31,5/50 mm (Trafikverket 2015b). I trumman får provfraktionen rotera tillsammans med elva stålkulor under 500 varv. LA-talet definieras som den andel material som krossas ner till mindre än 1,6 mm efter körning uttryckt som viktprocent av det invägda provet, dvs. ett lågt tal anger gott motstånd mot fragmentering. För ordinärt granitiskt ballastmaterial är Los Angelesvärdet ca 18–35 %.

### *Aktivitetsindex — ett mått på naturlig strålning*

Allt bergmaterial innehåller små mängder av de naturligt radioaktiva ämnena uran (radium) och torium samt den radioaktiva isotopen kalium-40. Kalium finns naturligt i bergarter som innehåller kaliummineral så som kalifältspat, biotit och muskovit. Halterna av uran och torium varierar i olika typer av bergarter på grund av deras olika bildningssätt och kemisk och mineralogisk sammansättning. Halter av uran i granitiska bergarter ligger vanligen mellan 1–10 ppm (gram per ton). Innehållet av torium är normalt högre med halter mellan 5 och 30 ppm (Jelinek & Eliasson 2015). Förhöjda halter av uran och torium kan till exempel påträffas i vissa graniter och alunskiffer.

Förhöjda halter av radioaktivitet i ett bergmaterial kan orsaka problem dels på grund av för hög gammastrålningen dels genom en ökad radonavgång. Detta medför att det finns vissa restriktioner vid användning av bergmaterial med förhöjd strålningsnivå eller hög radonavgång till husbyggnadsändamål.

Gammastrålningens nivå från ett bergmaterial kan anges som ett aktivitetsindex (AI). Aktivitetsindex beräknas utifrån halterna av uran (radium), torium och kalium. Enligt rekommendationerna från de nordiska ländernas strålskyddsmyndigheter bör aktivitetsindex för byggnadsmateriäl vara mindre än 2. För närvarande pågår en omarbetning av EU-direktivet ("Rådets direktiv 2013/59/Euratom av den 5 december 2013 om fastställande av grundläggande

säkerhetsnormer för skydd mot de faror som uppstår till följd av exponering för joniserande strålning”) till skydd mot joniserade strålning, där man nu lägger till regler för strålning från byggnadsmaterial för bostadshus. EU-direktivet ska vara implementerat i svensk lagstiftning den 6 februari 2018. Gränsen för stråldos från byggnadsmaterial kommer att bli 1 mSv per år. Man kommer då att använda aktivitetsindex som ett verktyg för att se om ett byggnadsmaterial riskerar att gränsen överskrids. Om aktivitetsindex för ett byggnadsmaterial är över 1 måste man räkna på vilken dos det kan ge i den färdiga byggnaden. Vid dosberäkningen ska man t.ex. ta hänsyn till i hur stor mängd materialet används, och vilken densitet och tjocklek det har. Ett europeiskt standardiseringsarbete pågår om hur aktivitetsindex ska mätas i materialen. Man tittar också på hur dosen ska beräknas. Teorin bakom anger att om ett material har aktivitetsindex 1, ger det upphov till en stråldos på 1 mSv/år. Då har man bland annat beaktat att man vistas i bostaden en viss tid och att materialet har en viss densitet (Europeiska Kommissionen 1999). Det är viktigt att notera att detta bara gäller om man har använt samma material för golv, väggar och tak (för mer information, se Jelinek & Eliasson 2015).

### *Alkalisilikareaktivitet*

Alkalisilikareaktivitet (ASR) är risken för ett bergmaterial att bilda en geléartad massa (alkalisilikagel) som ett resultat av att reaktiv kvarts från ballasten reagerar med den starkt alkalina porlösningen i betongen (Lagerblad & Trägårdh 1992). Problem med ASR uppstår endast när ballastmaterialet används för betong. Gelen kan i vissa fall expandera vilket innebär risk för att betongen spricker. Exempel på reaktiva varianter av kvarts och ogynnsamma texturer är, i fallande skala: flinta, deformerad kvarts (t.ex. ”ribbon quartz”), suturerade kornfogar och mikrokristallin kvarts.

En tregradig indelning för förenklad okulär bedömning av risken för ASR utförd på tunnslip enligt RILEM AAR-1 (RILEM 2000a) av CBI Betonginstitutet lyder:

1. Berget är mycket osannolikt alkalisilikareaktivt.
2. Osäker eller potentiell risk finns.
3. Berget är mycket sannolikt alkalisilikareaktivt.

### *Sulfidmineral*

Många bergarter innehåller små mängder sulfidmineral. I bergarter som inte är mineraliserade är pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) följt av magnetkis (även benämnt pyrrhotit,  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ) vanligast förekommande. Dessa två järnsulfider förekommer i många olika magmatiska bergarter men företrädesvis i mörka bergarter som t.ex. gabbro och kvartsdiorit. I metamorfa bergarter, som t.ex. amfibolit, är pyrit och magnetkis också vanligt förekommande. Sedimentära bergarter som glimmerskiffer, glimmerrika gnejser och även vissa kalkstenar kan lokalt innehålla förhöjda halter pyrit och magnetkis.

Ett högt innehåll av sulfidmineral i bergmaterial kan orsaka problem dels vid användning av bergmaterialet som obunden ballast i väg- och järnvägsanläggningar dels i vid framställning av betong.

I samband med byggnation av vägar och järnvägar utnyttjas i så hög grad som möjligt bergmaterial i anläggningens linje. Bergmassorna som loss hålls och krossas från bergskärningar lagras vanligen i tillfälliga upplag för att senare användas i projektet. Om ballasten innehåller sulfider kan dessa i kontakt med vatten och syre oxideras, varvid pH-värdet i lakvattnet sänks. Detta sker vanligen genom att det (i första skedet) bildas järnsulfater och svavelsyra. Vid oxidationen kan även metaller frigöras och gå i lösning i lakvattnet. Lakvatten med lågt pH-värde och höga metallkoncentrationer kan orsaka skador på miljön. Trafikverket (2015d) beskriver hur

man ska hantera sulfidförande bergarter i väg- och järnvägsprojekt för att minimera miljöpåverkan. Vid t.ex. lagring och användning av ballast med höga sulfidhalter bör tillgången på syresatt vatten minskas genom t.ex. övertäckning eller deponering under grundvattenytan.

Bergballast som innehåller sulfidmineral kan också orsaka problem vid framställning av betong. Sulfidmineral som pyrit och magnetkis oxiderar förhållandevis lätt till järnsulfat eller vattenhaltiga järnhydroxider. Järnsulfater kan under ogynnsamma förhållanden störa betongblandningens härdning och ge en volymökning som på sikt kan spräcka upp betongen. Dessutom kan vittrande sulfidmineral missfärga en betongkonstruktion. I *Ballast för betong* (Svensk Standard 2008) anges att speciella försiktighetsåtgärder krävs om magnetkis förekommer i ballasten. Om förekomsten av detta mineral är känd, ska den totala svavelhalten i ballasten inte överstiga 0,1 %.

### *Kornform, glimmermineral, reologi och arbetbarhet*

Vid framställning av s.k. helkrossad ballast till betong används krossat berg till alla fraktioner, även till finfraktionen (0–8 mm). För flera betongändamål, t.ex. sprutbetong, är pumpbarhet och arbetbarhet viktiga egenskaper för betongmassan. Ballastens påverkan på dessa egenskaper beror bl.a. på materialets partikelsortering och dess kornform. Förenklat uttryckt hakar flisiga korn lättare i varandra och kräver mer vatten och cement i betongblandningen för att få bra flytegenskaper.

Exempel på bergarter som vid krossning ofta genererar ett aggregat med flisig kornform är skifferar och vissa gnejser. Bergarter med en hög halt av glimmermineral genererar ofta en ballast med olämplig, flisig kornform i finfraktionen vid krossning. Bergarter som tenderar att generera mycket flisiga eller stängliga aggregat, bör därför undvikas.

*Glimmermineral* som frigjorts från bergartsmaterialet vid krossningen åstadkommer störst problem vid användandet av helkrossad ballast till betong p.g.a. sin mycket ogynnsam, flakig kornform (Lagerblad m.fl. 2008). För bergarter med en låg glimmerhalt, mindre än 7 %, anses glimmern inte utgöra en kritisk parameter för arbetbarheten för betong.

Plastisk viskositet är ett mått på materialets inre friktion, dvs. hur trögt ett bruk tillverkat av materialet flyter när det väl är satt i rörelse (*reologiska egenskaper*). Det är därmed ett indirekt mått för ett bergmaterials lämplighet som råvara i en betong som kräver god *arbetbarhet*. Ett bruk eller en betongs reologiska egenskaper styr dess arbetbarhet, pumpbarhet och flytbarhet. Detta är viktiga egenskaper inom betongindustri. De reologiska egenskaperna förbättras ju mer runda kornformer en ballast har vilket medger en god rörlighet partiklarna emellan.

### *Leromvandlat eller vittrad berggrund*

Kraftigt vittrad berggrund har dålig till mycket dålig beständighet och är olämplig för samtliga användningsområden. Vittrad berggrund förekommer vanligen inom mindre områden eller längs med sprickzoner i berggrunden.

Ett leromvandlat eller vittrat bergmaterial kan uppträda volyminstabil. Med detta menas att materialet vid betonganvändning kan ge upphov till mekanisk avskalning, kraterbildning och krympning vilket i sin tur kan leda till allvarliga konstruktionsskador (Lagerblad & Trägårdh 1995). Bergarter som vanligen kan ge upphov till volyminstabilitet är t.ex. lerskifferar, omvandlade metagråvackor och basalter.

## Vattenabsorption

Vattenabsorptionen ger ett mått på bergmaterialets öppna porositet, det vill säga porer som står i förbindelse med ballastkornens yta. Sluten porositet förekommer också vilket innebär att porer saknar förbindelse med ballastkornens yta. Vattenabsorption definieras som massan av vatten som finns i ett vattenmättat bergartsprov som en procentsats av dess initiala torrsvikt.

Vid anläggande av betongkonstruktion i vattenmiljö är betongballastens frostbeständighet kritisk. Om vattenabsorptionen för ett bergmaterial inte överskrider 0,5 vikt-% kan ballasten anses vara frostbeständig (Trafikverket 2015b). Normalt klarar det svenska urberget detta. Bergarter som kan vara frostkänsliga är t.ex. skiffer, glimmerskiffer, fyllit, mägersten, lerskiffer, porös flinta, omvandlad porös basalt, vissa konglomerat och breccior, porösa sand- och kalksten samt vittrade bergarter.

## Kvartshalt

På grund av arbetsmiljöskäl (silikoserisk) ska bergmaterialets kvartshalt redovisas, då bergmaterial med hög kvartshalt fordrar särskilda skyddsåtgärder (Trafikverket 2015b). Arbete med kvartsrika bergarter ska följa föreskriften AFS 2015:2 (Arbetsmiljöverket 2015).

## Referenser

- Arbetsmiljöverket, 2015: Kvarts – stendamm i arbetsmiljön (AFS 2015:2). *Arbetsmiljöverkets föreskrifter, AFS 2015:2*, 21 s.
- Europeiska Kommissionen, 1999: Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials. Radiation protection 112. *European commission, directorate-general environment, nuclear safety and civil protection*, 16 s.
- Jelinek, C. & Eliasson, T., 2015: Strålning från bergmaterial. *SGU-rapport 2015:34*. Sveriges geologiska undersökning, 26 s.
- Lagerblad, B. & Trägårdh, J., 1992: Alkalisilikareaktioner i svensk betong. *CBI-rapport 1992:4*, CBI Betonginstitutet, 74 s.
- Lagerblad, B. & Trägårdh, J., 1995: Ballast för betong – egenskaper, karaktärisering, beständighet och provningsmetoder. *CBI-rapport 1995:4*. CBI Betonginstitutet, 78 s.
- Lagerblad, B., Westerholm, M. & Fjällberg, L., 2008: Bergkrossmaterial som ballast i betong. *CBI Betonginstitutet, CBI-rapport 2008:1*. CBI Betonginstitutet, 121 s.
- RILEM, 2000: A – TC 106-2 – Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – The ultra-accelerated mortar bar test. *Materials and Structures* 33, 283–289.
- RILEM, 2003: AAR-1 – Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Petrographic method. *Materials and Structures* 36, 480–496.
- Svensk Standard, 2008: SS-EN 12620/A1:2008 – Ballast för betong. *Swedish Standards Institute*, 64 s.
- Svensk Standard, 2010: SS-EN 1097-2:2010 – Ballast - Mekaniska och fysikaliska egenskaper - Del 2: Metoder för bestämning av motstånd mot fragmentering. *Swedish Standards Institute*, 44 s.
- Svensk Standard, 2011: SS-EN 1097-1:2011 – Ballast - Mekaniska och fysikaliska egenskaper - Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval). *Swedish Standards Institute*, 24 s.

- Svensk Standard, 2014: SS-EN 1097-9:2014 – Ballast - Mekaniska och fysikaliska egenskaper - Del 9: Bestämning av motstånd mot nötning av dubbdäck. *Swedish Standards Institute*, 24 s.
- Trafikverket, 2015a: Krav – Bitumenbundna lager. *TDOK 2013:0529, Version 2.0*, 130 s.
- Trafikverket, 2015b: BVS 585.52 – Makadamballast för järnväg. *TDOK 2014:0759, Version 1.0*, 23 s.
- Trafikverket, 2015c: Krav – Obundna lager för vägkonstruktioner. *TDOK 2013:0530, Version 2.0*, 80 s.