

Emissioner i tunnlar

**Beräkningsprogram
med handledning**

Upphovsman (författare)
Enheten för Samhälle och trafik
Sektionen Bro- och tunnelteknik
Kontaktperson: Bernt Freiholtz

Dokumentets titel
Emissioner i tunnlar – Beräkningsprogram med handledning

Huvudinnehåll
I Tunnel 2004 finns under 5.2.2 en hänvisning till detta dokument, som innehåller dels ett beräkningsprogram, samt en handledning för hur programmet skall användas.

Den teoretiska bakgrunden finns beskriven i ”VTI meddelande 968 • 2004”. Handledningen innehåller dels en översikt samt anvisningar hur tunnelsträckan delas upp i segment. Beräkningen sker i två steg, först görs en kapacitetsanalys med delprogrammet ”Hastighet-Flödesmodell för tunnlar”. I ett andra steg sker själva emissionsberäkningarna.

ISSN 1401-9612

Nyckelord
Tunnel, emissionsberäkningar, luftkvalitet, beräkningshandledning, hastighet-flöde

Samhälle och trafik

| Postadress | Besöksadress | Telefon | Telefax | E-postadress |
|-----------------|--------------|--------------|---------|--------------|
| 781 87 BORLÄNGE | Röda Vägen 1 | 0771-119 119 | | |

Innehållsförteckning

| | | |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 1 | Översikt | 7 |
| 2 | Indelning i segment | 7 |
| 3 | Beräkning av hastighet-flöde | 8 |
| 3.1 | Indata per segment | 9 |
| 3.2 | Resultat per segment | 10 |
| 3.3 | Slutligt resultat | 13 |
| 3.4 | Beräkningsexempel | 13 |
| 4 | Emissionsberäkningar | 19 |
| 4.1 | Start av program | 19 |
| 4.2 | Indata | 19 |
| 4.3 | Resultat | 20 |
| 4.4 | Beräkningsexempel | 21 |

1 Översikt

Beräkning av emissioner för en tunnel vid aktuell utformning och trafikbelastning sker i **tre åtskilda steg** enligt följande:

1. Dela in tunneln i lämpliga segment eller beräkningsblock beroende på utformning och trafikflöde. Detta är en helt manuell procedur.
2. Beräkna hastigheten för varje segment för tre fordonstyper (pb, lb och lbs) beroende på totalt flöde och utformning. Kontrollera att önskat totalt flöde är mindre än kapaciteten för varje segment. Detta steg görs med ett Excelprogram kallat "Hastighets-Flödesmodell för tunnlar.xls".
3. Beräkna emissionerna med flöden och modellberäknade hastigheter som ingångsdata. Utdata från programmet är bränsleförbrukning, koldioxid, NO_x-emissioner samt partiklar av olika slag. Emissionsdata kan väljas normerat som g/km och h eller absolut som g/h. Denna beräkning sker med ett program kallat "Tunnelemissioner".

2 Indelning i segment

Aktuell tunnel för analys skall indelas i lämpliga segment eller beräkningsblock. Detta görs efter utformning samt förekomst av på- och avfarter eller växlingssträcka.

Enbart ett tunnelrör i taget kan beräknas. Själva påfarts- eller avfartsrampen hanteras i egen beräkning.

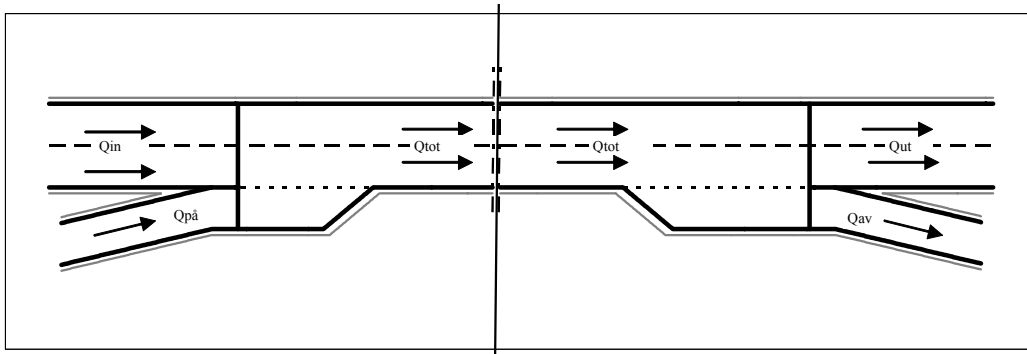
Ändring av nedanstående faktorer medför alltid ett nytt segment:

- Hastighetsgräns
- Antal körfält
- Trafikflöde vid avfarter och påfarter
- Växlingssträcka med additionsfält skall alltid vara ett eget segment
- Lutning

För lutningen kan inga generella regler för nytt segment ges utan detta beror på underlaget och önskad detaljeringsnivå i beräkningarna. Normalt sett torde det vara tillräckligt att ha ett segment för nedförslutning, ett för plan väg och ett för uppförslutning. Ca **hälften av vertikala övergångskurvan kan ingå i lutningen**. Om lutningen uppför ändras markant (mer än 1 %) bör ett nytt segment skapas.

Påfart och avfart

Vid **påfart** läggs gränsen för det nya segmentet precis vid början på anpassningssträckan vid slutet av spärmlinjemålningen (eller kilpåfartens början om sådan finns), se vänstra delen av figur nedan.

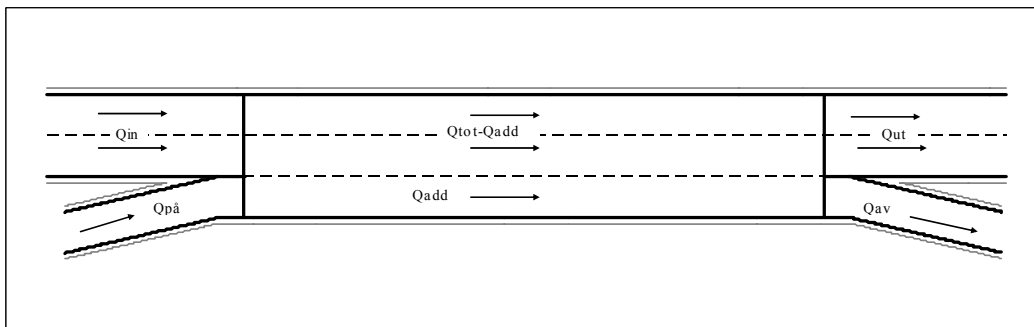


Detta innebär att flödet i det nya segmentet blir **genomgående flöde plus flödet för påfartsramp**, $Q_{tot} = Q_{in} + Q_{pa}$.

På motsvarande sätt hanteras **avfart** och där läggs gränsen vid slutet av avfartssträckan vid början på spärrmålningen (eller slutet på kilavfart), se högra delen av figur ovan. Det nya flödet efter avfart blir då **enbart genomgående flödet**, $Q_{ut} = Q_{tot} - Q_{av}$.

Växlingssträcka

Växlingssträcka med additionsfält skall vara ett eget segment. Längden blir från additionsfältets början till dess slut (längd mellan spärrlinjemålningar), se figur nedan.



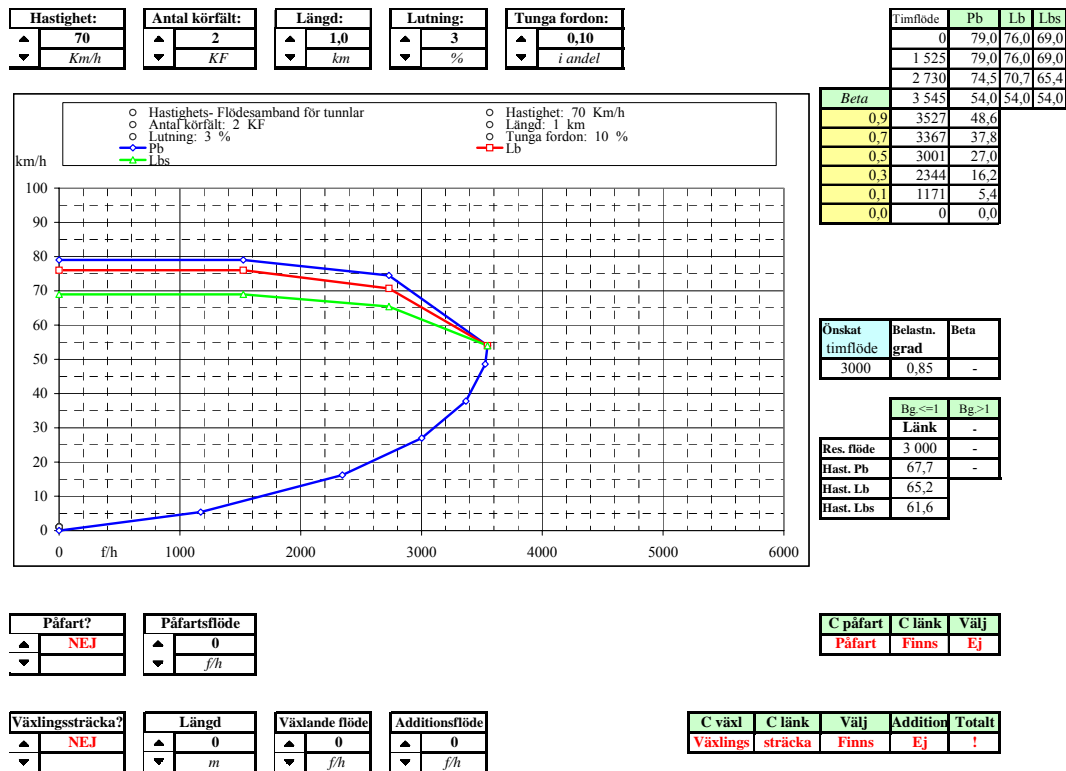
Flödet på växlingssträckan blir det totala ingående flödet, alltså **summan av primärvägens och påfartens flöde**, $Q_{tot} = Q_{in} + Q_{pa}$. Det flöde som enbart kör i additionsfältet från påfart till avfart, Q_{add} , skall särbehandlas. Vid kapacitetsberäkning användes nämligen flödet i genomgående fält, $Q_{tot} - Q_{add}$. Segmentet efter växlingssträckan får ett flöde som är lika med det på **växlingssträckan minus flödet på avfartsramp**, $Q_{ut} = Q_{tot} - Q_{av}$.

Vid längder av additionsfältet över 750 m kan man anse att aktuell sträcka är trefältig länk i stället för en växlingssträcka. Sträckan blir ett eget segment men behandlas som en länk med tre körfält.

3 Beräkning av hastighet-flöde

Steg 2 är att beräkna hastigheten per fordonstyp för varje segment samt att kontrollera om överbelastning råder. Detta görs med programmet "Hastighets-Flödesmodell för tunnlar". För beskrivning av modellen se VTIs dokumentation "Emissionsmodell för tunnlar", bilaga 1.

Enbart första bladet ”Program” i Excelarket skall användas. Detta ser ut enligt figur på nästa sida.



Uppe till vänster i bladet finns knappar för indatahanteringen. För valda indata anges ett hastighetsflödes-diagram i figur och i tabell till höger. Under denna tabell finns en ruta för önskat flöde. När detta anges erhålles belastningsgrad (aktuellt flöde dividerat med kapaciteten). Beroende på om belastningsgraden är under eller över 1,0 (under- eller överbelastning) görs skilda beräkningar.

Nederst till vänster i bladet finns speciella knappar för indatahantering om segmentet är en påfart eller växlingssträcka.

3.1 Indata per segment

För varje valt segment användes tryckknapparna för att ange

- hastighetsgräns
- antal körfält per riktning
- längd av segmentet
- genomsnittslutning för segmentet
- andel tunga fordon i totalflödet

Observera att det är utformning och egenskaper för genomgående väg som skall skrivas in. Accelerationsfält, retardationsfält eller additionsfält i växlingssträcka skall ej ingå.

Det går ej att ange lutningen i delar av procent (promille). Om data önskas för en lutning i promille måste en interpolation göras av resultaten för angränsande hela procent. Vid **nedförslutningar** anges lutningen **0 %** som ur hastighetssynpunkt representerar alla nedförslutningar (samma hastighetsdata).

Slutligen anges i en särskild ruta till höger

- önskat (efterfrågat) flöde mätt i f/h.

3.2 Resultat per segment

Generella resultatet för ett segment är ett hastighets-flödesdiagram för fordonstyperna personbil, lastbil samt lastbil med släp. **Hastigheten** för varje fordonstyp anges som funktion av **totala timflödet**, dels i diagram och dels i tabell till höger. Observera att hastigheten för tunga fordon **ej är jämviktshastigheten** utan reshastigheten över segmentet med retardation ner till jämviktshastigheten vid en högre ingångshastighet.

I rutan under tabellen erhålles ett värde på **belastningsgraden**. Denna anger förhållandet mellan önskat timflöde och kapacitetsvärdet som är max flöde i diagrammet (även rad 4 i tabellen), se figur nedan.

| Önskat timflöde | Belastn. grad |
|-----------------|---------------|
| 3000 | 0,85 |

För varje segment kontrolleras om önskat timflöde medför en **belastningsgrad** som är under eller över 1,0. Den fortsatta beräkningsgången beror på utfallet av belastningsgraden i varje segment.

3.2.1 Timflöde under kapacitetsgränsen

Om varje segment har ett önskat timflöde för beräkning som ger belastningsgrad under 1,0 finns ingen flaskhals i systemet och det önskade flödet i varje segment kan avvecklas. I rutorna för flöde och hastighet (kolumnen Bg.<=1) anges flödet och beräknade reshastigheter för tre fordonstyper. Dessa hastigheter har beräknats genom linjär interpolation i tabellen. Önskade timflöden och beräknade hastigheter per fordonstyp och segment användes som indata i nästa beräkningssteg, se tabell nedan.

| | Bg.<=1 |
|------------|--------|
| | Länk |
| Res. flöde | 3 000 |
| Hast. Pb | 67,7 |
| Hast. Lb | 65,2 |
| Hast. Lbs | 61,6 |

3.2.2 Överbelastning

Om valt timflöde överstiger kapaciteten, således belastningsgrad över 1,0 (överbelastning), i något segment skall följande göras:

1. Välj ut alla segment där överbelastning inträffar. Belastningsgraden bg för dessa segment erhålles i ruta under tabellen.
2. Ett "hastighetsindex" β för varje segment beräknas enligt

$$1/\beta = 1+3(bg-1)^2$$

Detta värde på β anges i rutan bredvid den för belastningsgrad, se figur nedan.

| Önskat timflöde | Belastn. grad | Beta |
|-----------------|---------------|------|
| 4500 | 1,27 | 0,82 |

3. Programmet beräknar verkligt flöde och en gemensam hastighet för alla fordonstyper med β -värdet som ingångsparameter. Resultatet anges i kolumnen Bg.>1, se tabell nedan.

| | Bg.<=1 | Bg.>1 |
|------------|--------|-------|
| | - | Länk |
| Res. flöde | - | 3 485 |
| Hast. Pb | - | 44,4 |

I detta fall blir således det resulterande flödet på grund av överbelastning 3 485 f/h i stället för önskade 4 500 f/h. Hastigheten 44,4 km/h gäller för alla fordonstyper.

4. **Flaskhalsen** i systemet blir det segment som har **lägsta timflödet vid överbelastning**. Använd hastigheten för detta segment.

Timflödet vid flaskhalsen och motsvarande hastighet vid överbelastning skall användas för **alla segment uppströms** denna flaskhals. För segment **nedströms användes flödet** för flaskhalsen fram till en eventuell avfart där genomgående flödet minskar. Observera att vid en avfart nedströms skall ursprungligt valt flöde för avfarten reduceras i samma omfattning som för flödet i flaskhalsen uppströms.

Hastigheten nedströms beräknas enligt modellen med överbelastat flöde i flaskhalsen som oberoende variabel. Nedströms flaskhalsen är det nu icke överbelastning (fram till eventuell påfart där ny kapacitetskontroll görs).

3.2.3 Påfart

En påfart med högt flöde på påfartsrampen kan ge en lägre kapacitet än vad som gäller för länken utan påfart. Detta kontrolleras genom att använda beräkningsmodulen för påfart, se figur nedan

| Påfart? | Påfartsflöde |
|---------|--------------|
| ▲ JA | ▲ 1000 |
| ▼ | ▼ f/h |

| C påfart | C länk | Välj |
|----------|--------|-------|
| 3 900 | 4 000 | 3 900 |

Använd tryckknappen för att skriva JA. Skriv in valt flöde för påfartsrampen.

Som resultat erhålles kapacitetsvärdet för segmentet med påfart. Detta jämförs med kapacitetsvärdet för länken enligt tabellen uppe till höger. Det lägsta av dessa värden väljs som kapacitet och som värde för beräkning av belastningsgraden. Vid beräkning av hastighet och resulterande flöde kommer rutan där länk är angiven att bytas till påfart. Detta gäller både för belastningsgrad under och över 1, se tabeller nedan.

| | |
|-----------------|---------------|
| Önskat timflöde | Belastn. grad |
| 3000 | 0,77 |

| | | |
|-----------------|---------------|------|
| Önskat timflöde | Belastn. grad | Beta |
| 4500 | 1,15 | 0,93 |

| | |
|------------|--------|
| | Bg.<=1 |
| | Påfart |
| Res. flöde | 3 000 |
| Hast. Pb | 89,6 |
| Hast. Lb | 81,6 |
| Hast. Lbs | 73,8 |

| | | |
|------------|--------|--------|
| | Bg.<=1 | Bg.>1 |
| | - | Påfart |
| Res. flöde | - | 3 891 |
| Hast. Pb | - | 58,8 |

3.2.4 Växlingssträcka

En växlingssträcka med additionsfält behandlas på liknande sätt som en påfart. Men observera att en växlingssträcka alltid skall vara ett eget segment eftersom flödet ändras vid påfart och avfart. Beräkningsmodulen för växlingssträcka ser ut enligt figur nedan

| | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-----------------|----------------|--------|--------|-------|----------|--------|
| Växlingssträcka? | Längd | Växlande flöde | Additionsflöde | C växl | C länk | Välj | Addition | Totalt |
| ▲ JA | ▲ 400 ▼ m | ▲ 1200 ▼ f/h | ▲ 250 ▼ f/h | 3 638 | 4 000 | 3 638 | 250 | 3 888 |

Följande data skall skrivas in med tryckknapparna:

- JA för växlingssträcka
- Längd på additionsfältet som är samma som längden för segmentet
- Växlande timflöde. Detta är summan av de flöden som på växlingssträckan kör från och till additionsfältet (på- och avsväng). I figuren på sid 2 blir växlande flödet $Q_{på}+Q_{av}-Q_{add}$.
- Flödet på additionsfältet. Det är flödet för de fordon som kör från påfart till avfart och ej byter körfält, Q_{add} i figuren på sidan 2.

Om information saknas om flödet på additionsfältet, Q_{add} , kan detta schablonmässigt sättas till **10 % av summan av på- och ingående flöde**, således $Q_{add} = 0,1 * (Q_{på} + Q_{ut})$.

Som resultat erhålles kapaciteten i växlingssträckan för totalt inkommande fordon minus flödet på additionsfältet. Detta värde jämföres med kapaciteten för länk utan additionsfält enligt tabellen. Det lägsta av dessa värden väljs som kapacitet och som basvärde för beräkning av belastningsgraden. Dessutom skall flödet för additionsfältet läggas till för att få totala flödet i segmentet.

Vid beräkning av hastighet och resulterande flöde kommer rutan där länk är angiven att bytas till växling. Detta gäller både för belastningsgrad under och över 1, se tabeller nedan. Vid beräkning av belastningsgrad ingår **inte** flödet på additionsfältet utan detta flöde ligger utanför beräkningarna. Men i rutan för önskat timflöde skall det totala flödet anges, programmet justerar sedan för flödet på additionsfältet.

| Önskat timflöde | Belastn. grad |
|-----------------|---------------|
| 3000 | 0,76 |

| Önskat timflöde | Belastn. grad | Beta |
|-----------------|---------------|------|
| 4500 | 1,17 | 0,92 |

| | Bg.<=1 |
|------------|---------|
| | Växling |
| Res. flöde | 3 000 |
| Hast. Pb | 89,6 |
| Hast. Lb | 81,6 |
| Hast. Lbs | 73,8 |

| | Bg.<=1 | Bg.>1 |
|------------|--------|---------|
| | - | Växling |
| Res. flöde | - | 3 876 |
| Hast. Pb | - | 58,1 |

Observera att rutan för resulterande flöde alltid innefattar hela flödet på additionsfältet, **utan reduktion både vid över- och underbelastning.**

3.3 Slutligt resultat

Som resultat av hastighets-flödesberäkningar och kapacitetsanalys skall följande data finnas per segment:

1. Totalt flöde och flöde per fordonstyp enligt trafiksammansättning.
2. Hastighet per fordonstyp, vid överbelastning en gemensam hastighet.
3. Längd
4. Lutning.

Dessa data behövs för emissionsberäkningarna.

3.4 Beräkningsexempel

3.4.1 Icke överbelastning

Indata

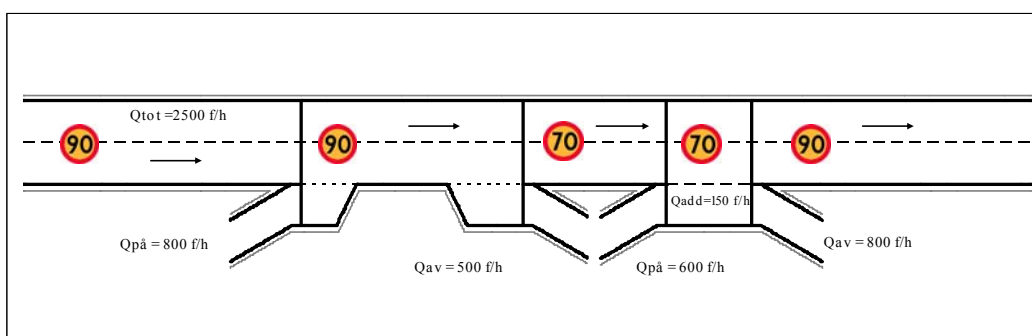
Som exempel beräknas emissioner för en tunnel av längden 3,5 km. Beräkningsexemplet gäller för en riktning. Följande indelning i segment på grund av utformning och hastighetsgräns görs:

1. Länk med 2 körfält med hastighetsbegränsning 90 km/h. Längden 1,0 km med lutningen -4,0 %. Timflödet är 2 500 f/h med 12 % tunga fordon.
2. Påfart plus länk med 2 körfält på länken och med hastighetsbegränsning 90 km/h. Längden 0,8 km med lutningen -2,0 %. Timflödet in på påfarten är 800 f/h med 15 % tunga fordon. Länken avslutas med avfart.
3. Länk direkt efter avfart i trafikplats med två genomgående körfält och med hastighetsbegränsning 70 km/h. Längden är 0,4 km med lutningen 0 % (plan väg). Timflödet ut på avfarten är 500 f/h med 10 % tunga fordon.
4. Växlingssträcka med två genomgående körfält och ett additionsfält och med hastighetsbegränsning 70 km/h. Längden är 0,3 km med lutningen 0 % (plan väg). Trafiken in i växlingssträckan är 600 f/h

med 10 % tunga fordon. Trafiken ut ur växlingssträckan är 800 f/h med 15 % tunga fordon. Av de 600 f/h in på sträckan beräknas 150 f/h köra av och således köra i additionsfältet.

5. Länk med 2 körfält med hastighetsbegränsning 90 km/h. Längden 1,0 km med lutningen +4,0 %.

Figuren nedan visar en översiktlig bild av hela anläggningen uppdelad i segment och med önskade flöden.



I varje trafikström kan 50 % av de tunga fordonen anses vara lastbil utan släp och 50 % lastbil med släp.

Trafiksammansättning och belastningsgrad

Lämpligen beräknas först antalet tunga fordon och därpå andelen tunga för varje segment ur de indata som anges ovan. Därpå kontrolleras om någon del av anläggningen har överbelastning. Detta görs genom att för varje segment skriva in önskat flöde och kontrollera belastningsgraden. Observera att för de två första segmenten användes lutningen 0 % som ur hastighetssynpunkt representerar alla nedförslutningar. Följande tabell över önskade flöden, antal och andel tunga fordon och belastningsgrad erhålles:

| Segment nr | Flöde f/h | Antal tunga | Andel tunga % | Belastningsgrad |
|------------|-----------|-------------|---------------|-----------------|
| 1 | 2 500 | 300 | 12,0 | 0,60 |
| 2 | 3 300 | 420 | 12,7 | 0,84 |
| 3 | 2 800 | 370 | 13,2 | 0,76 |
| 4 | 3 400 | 430 | 12,6 | 0,95 |
| 5 | 2 600 | 310 | 11,9 | 0,70 |

Vid indatahanteringen avrundas värdet för andel tunga fordon till närmsta hela procentvärde. Som framgår av tabellen ovan är högsta värdet för belastningsgrad 0,95 i segment nr 4 (växlingssträckan), vilket innebär att ingen överbelastning finns och att all önskad trafik kan avvecklas. Figuren nedan visar indata för växlingssträckan och resulterande kapacitet:

| Längd | Växlande flöde | Additionsflöde | C växl | C länk | Välj | Addition | Totalt |
|-------|----------------|----------------|--------|--------|-------|----------|--------|
| ▲ 300 | ▲ 1250 | ▲ 150 | 3 424 | 3 662 | 3 424 | 150 | 3 574 |
| ▼ m | ▼ f/h | ▼ f/h | | | | | |

Observera att det växlande flödet är 600 (påfart) +800 (avfart) -150 (additionsfältet) = 1 250 fordon/h. Additionsfältet med 150 f/h deltar ej i växlingen. Kapaciteten för de två genomgående fälten blir 3 424 f/h vilket jämföres med värdet för länk som är 3 662 f/h, således högre. Totalt kan således 3 574 f/h avvecklas med flödet på additionsfältet inräknat.

Belastningsgraden i detta fall blir 3 250 (önskat flöde minus additionsfältet) dividerat med 3 424, vilket blir 0,95, se figur nedan. Notera att det totala önskade timflödet för hela anläggningen skrivs in med 3 400 f/h, programmet drar automatiskt ifrån flödet på additionsfältet.

| | |
|------------------------|----------------------|
| Önskat timflöde | Belastn. grad |
| 3400 | 0,95 |

| | |
|-------------------|----------------|
| | Bg.<=1 |
| | Växling |
| Res. flöde | 3 400 |
| Hast. Pb | 60,4 |
| Hast. Lb | 59,2 |
| Hast. Lbs | 58,7 |

Beräknade hastigheter

Tabellen ovan visar beräknade hastigheter för tre fordonstyper i segment nr 4. Dessa hastighetstabeller skall beräknas för varje segment. Resultatet blir slutliga data enligt tabellen nedan. Enligt förutsättningarna är antalet tunga fordon lika fördelat utan och med släp.

| Segment nr | Flöde f/h | Pb | | Lb | | Lbs | |
|------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| | | Antal | Hast km/h | Antal | Hast km/h | Antal | Hast km/h |
| 1 | 2 500 | 2 200 | 92,1 | 150 | 84,1 | 150 | 81,4 |
| 2 | 3 300 | 2 880 | 86,0 | 210 | 79,0 | 210 | 77,0 |
| 3 | 2 800 | 2 430 | 74,6 | 185 | 70,8 | 185 | 69,3 |
| 4 | 3 400 | 2 970 | 60,4 | 215 | 59,2 | 215 | 58,7 |
| 5 | 2 600 | 2 290 | 89,8 | 155 | 78,8 | 155 | 67,8 |

Längd och lutning finns i indatabeskrivningen. Dessa data sammanfattas i nästa tabell nedan:

| Segment nr | Längd km | Lutning % |
|------------|----------|-----------|
| 1 | 1,0 | -4 |
| 2 | 0,8 | -2 |
| 3 | 0,4 | 0 |
| 4 | 0,3 | 0 |
| 5 | 1,0 | +4 |

Ovanstående två tabeller innehåller alla nödvändiga data för emissionsberäkningarna, se kapitel 4.

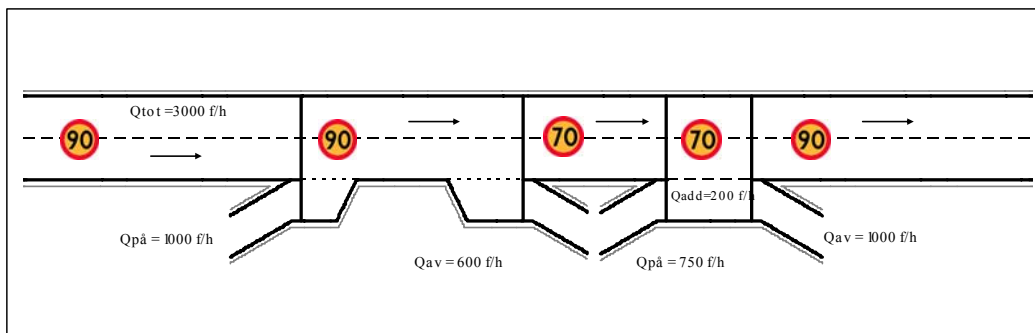
3.4.2 Överbelastning

Indata

Samma anläggning som ovan användes men nu är efterfrågat timflödet i varje relation ca 20-25 % högre men antalet tunga fordon är oförändrat, vilket innebär att andelen tunga fordon minskar med ca 2-3 %-enheter. Följande trafikciffror gäller som indata per segment:

1. Timflöde 3 000 f/h med 10 % tunga fordon, vilket innebär 300 tunga fordon per h.
2. Timflödet på påfarten är 1 000 f/h med 12 % tunga fordon vilket blir 120 tunga fordon/h.
3. Timflödet ut på avfarten är 600 f/h med 8,3 % tunga fordon, vilket innebär 50 tunga fordon per timme.
4. För påfarten på växlingssträckan är timflödet 750 f/h med 8 % tunga fordon (60 tunga/h). På avfarten försvinner 1 000 f/h med 12 % tunga (120 per timme). Av de 750 f/h in på sträckan kör 200 f/h på additionsfältet och ut på avfarten.
5. Kvarvarande fordon kör i två fält genom sista segmentet.

Figuren nedan visar en översiktlig bild av hela anläggningen uppdelad i segment och med efterfrågade flöden.



Precis som i exempel 1 ovan antas att i varje trafikström 50 % av de tunga fordonen är lastbil utan släp och 50 % lastbil med släp.

Trafiksammansättning och belastningsgrad

Inledningsvis beräknas precis som i exempel 1 antalet tunga fordon och därpå andelen tunga för varje segment ur de indata som anges ovan. Därpå kontrolleras för varje segment om det finns överbelastning. Detta görs genom att för varje segment skriva in önskat flöde och kontrollera belastningsgraden. Vid överbelastning kompletteras tabellen i exempel 1 med en kolumn för resulterande flöde vid överbelastning. Följande tabell över önskade flöden, antal och andel tunga fordon, belastningsgrad och resulterande flöde erhålles. (Vid icke överbelastning är det för segmentet resulterande flödet samma som efterfrågat flöde).

| Segment nr | Flöde f/h | Antal tunga | Andel tunga % | Belastningsgrad | Result. flöde f/h |
|------------|-----------|-------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 3 000 | 300 | 10,0 | 0,72 | 3 000 |
| 2 | 4 000 | 420 | 10,5 | 1,03 | 3 900 |
| 3 | 3 400 | 370 | 10,9 | 0,92 | 3 400 |
| 4 | 4 150 | 430 | 10,4 | 1,27 | 3 264 |
| 5 | 3 150 | 310 | 9,8 | 0,82 | 3 150 |

Överbelastning observeras i två segment, nr 2 och 4. Men som framgår av tabellen är det segment nr 4, växlingssträckan, som utgör den största flaskhalsen. Belastningsgraden är 1,27 och det resulterande flödet i detta segment är 3 264 f/h. Men observera att av dessa kör 200 f/h på additionsfältet och 3 064 i de två genomgående fälten. Se indatahanteringen nedan och kapacitetsberäkningen.

| Växlingssträcka? | Längd | Växlande flöde | Additionsflöde | C växl | C länk | Välj | Addition | Totalt |
|------------------|-------|----------------|----------------|--------|--------|-------|----------|--------|
| ▲ JA | ▲ 300 | ▲ 1550 | ▲ 200 | 3 116 | 3 714 | 3 116 | 200 | 3 316 |
| ▼ | ▼ m | ▼ f/h | ▼ f/h | | | | | |

Det växlande flödet är nu 1 550 f/h och på additionsfältet kör 200 f/h. Kapaciteten för de två genomgående fälten blir 3 116 f/h vilket jämföres med värdet för länk som är 3 714 f/h vid 10 % tunga fordon, således markant högre för länk. Totalt kan som mest 3 316 f/h avvecklas med 200 f/h på additionsfältet medräknat.

Men nu råder överbelastning med belastningsgrad 1,27. Det innebär att det resulterande flödet blir lägre än kapaciteten. Det resulterande flödet finns i tabellen till vänster om v-q-diagrammet. Nedan i figur redovisas resulterande timflöde och hastighet vid belastningsgrad 1,27:

| Önskat timflöde | Belastn. grad | Beta |
|-----------------|---------------|-------|
| 4150 | 1,27 | 0,823 |

| | Bg.<=1 | Bg.>1 |
|-------------------|--------|----------------|
| | - | Växling |
| Res. flöde | - | 3 264 |
| Hast. Pb | - | 44,5 |
| Hast. Lb | - | |
| Hast. Lbs | - | |

Det resulterande flödet är således 3 064 f/h för de två genomgående fälten och 200 f/h för additionsfältet. Resulterande hastighet är 44,5 km/h för alla fordonstyper.

Flöde och hastighet vid överbelastning

Detta innebär att resulterande flöden från första ”varvet” i tabellen ovan måste reduceras. I segment 1-4 kan inte mer än 3060 f/h (avrundat) framföras med hastigheten 44,5 km/h eftersom detta gäller i flaskhalsen i segment 4.

Antalet tunga fordon reduceras i motsvarande grad men andelen hålls konstant. Segment 5 kan bara matas med 3 060 f/h men här finns inte någon överbelastning. Ny hastighet måste beräknas för önskat flöde 3 060 f/h. Följande resulterande flöde och hastighet erhålles per segment:

1. Flödet är oförändrat 3 000 f/h med 300 tunga per h men hastigheten blir 44,5 km/h för alla fordonstyper.
2. Flödet blir 3 060 f/h med 320 tunga fordon/h (10,5 % enligt tabell på sid. 10). Hastighet 44,5 km/h för alla fordonstyper.
3. Flödet blir 3 060 f/h med 330 tunga/h (10,9 %). Hastighet 44,5 km/h för alla fordonstyper.
4. Flödet är 3 260 f/h med 340 tunga/h (10,4 %) och hastighet 44,5 km/h enligt tabellen ovan.
5. Flödet är 3 060 f/h med 300 tunga/h (9,8 %). Hastigheten erhålles till 84,6, 75,0 respektive 66,1 km/h för de tre fordonstyperna.

Härmed är samtliga beräkningar genomförda. Slutresultatet redovisas i tabell nedan på samma sätt som för exempel 1. Enligt förutsättningarna är antalet tunga fordon lika fördelat utan och med släp.

| Segment nr | Flöde f/h | Pb | | Lb | | Lbs | |
|------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| | | Antal | Hast km/h | Antal | Hast km/h | Antal | Hast km/h |
| 1 | 3 000 | 2 700 | 44,5 | 150 | 44,5 | 150 | 44,5 |
| 2 | 3 060 | 2 740 | 44,5 | 160 | 44,5 | 160 | 44,5 |
| 3 | 3 060 | 2 730 | 44,5 | 165 | 44,5 | 165 | 44,5 |
| 4 | 3 260 | 2 920 | 44,5 | 170 | 44,5 | 170 | 44,5 |
| 5 | 3 060 | 2 760 | 84,6 | 150 | 75,0 | 150 | 66,1 |

Längd och lutning finns i indatabeskrivningen och är samma som för exempel 1. Dessa data finns sammanfattade i tabell på sid. 9. Den tabellen och ovanstående resultat innehåller alla nödvändiga data för emissionsberäkningarna.

4 Emissionsberäkningar

4.1 Start av program

Om ingen alternativ plats markerats under installationen av programmet startas detta genom att klicka på Tunnelemissioner i Tunnelemissioner-gruppen under program i start-menyn.

Programmets huvudfönster visas enligt figur nedan:

| Segment nr. | Längd: [m] | Lutning: [%] | Pb, Medelhastighet: [km/h] | Pb, Flöde: [f/h] | Lb, Medelhastighet: [km/h] | Lb, Flöde: [f/h] | Lb |
|-------------|------------|--------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

4.2 Indata

För att beräkning ska vara möjlig måste beräkningsår, minst ett tunnelsegment, SPS-tal samt andel dubbade personbilar anges. Dessutom kan en beskrivande text till körningen anges under "Scenario". Denna text används för att identifiera indata- och resultatfiler samt resultatutskriften.

Beräkningsår kan väljas till något av 2005, 2010 eller 2020. Detta görs genom alternativrutan "Beräkningsår". Vid val av beräkningsår väljs grundemissioner per fordonskategori, försämringsfaktorer för personbils kategorier samt fördelning på trafikarbete per fordonskategori. Detta görs enligt de data som finns i EVA 2.31.

Tunnelsegment anges genom att klicka på knappen "Lägg till" i segmentgruppen, varvid dialogen i figuren nedan visas:

The image shows a software dialog box titled "Lägg till tunnelsegment". It has a blue title bar with a close button (X) on the right. The main area is light beige and contains several input fields. At the top, there are three fields labeled "Nummer:", "Längd: [m]", and "Lutning: [%]". Below these is a group box titled "Hastighet/Flöde" which contains three rows of input fields. Each row has a label on the left and two input fields on the right. The labels are "Personbil:", "Lastbil:", and "Lastbil med släp:". The input fields on the right are labeled "Medelhastighet: [km/h]" and "Flöde: [l/h]". At the bottom of the dialog are two buttons: "OK" and "Avbryt".

Rutan nummer anger segmentens relativa placering i tunneln, där segmentet med lägst nummer är placerat först i tunneln. I rutorna "Längd" och "Lutning" anges segmentets längd och lutning. I gruppen "Hastighet/flöde" ska resulterande hastigheter och flöden per fordonstyp vid önskad längd och lutning anges. Dessa värden beräknas enligt kapitel 3 ovan. När inmatningen är klar klickar man på "OK" för att acceptera eller alternativt "Avbryt" för att återgå till huvudfönstret utan att spara segmentet. Om man klickar på "OK" läggs det nya segmentet in i listan för tunnelsegment.

För att lägga till flera segment användes knappen "Lägg till" önskat antal gånger. Det är också möjligt att ändra eller ta bort segment genom att först markera önskat segment i listan och därefter klicka på "Ta bort" eller "Ändra".

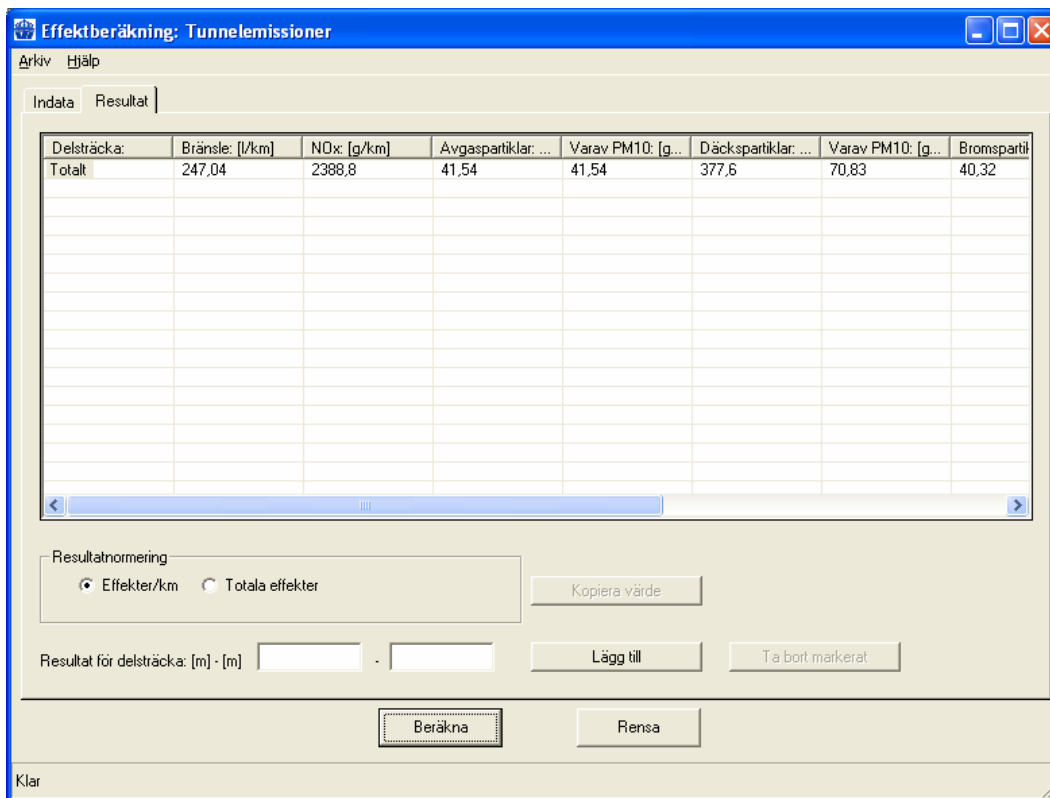
Slutligen måste information om dubbslitage anges i Dubbsslitage-gruppen. SPS-tal samt andel dubbade personbilar som ett värde mellan 0 och 1 krävs. Om beräkning utan dubbade fordon önskas anges 0 i rutorna för SPS-tal och andel dubbade personbilar.

För att utföra beräkning klickar man nu på knappen "Beräkna". När beräkningarna är klara visas fliken "Resultat". För att istället börja om med en ny tunnelbeskrivning kan man använda knappen "Rensa".

Efter att indata matats in finns möjlighet att spara indata i Arkiv-menyn. Vid senare körningar kan också sparad indata öppnas via Arkiv-menyn. Denna indatafil är en tabulerad textfil och det är alltså möjligt att för andra ändamål läsa in den i t.ex. Excel.

4.3 Resultat

När beräkningarna är klara visas "Resultat" fliken enligt nedan.



Normerade effekter per km och timme för hela tunneln återfinns direkt i resultatlistan. Önskas resultat för delsträckor, t.ex. beroende på placeringen av ventilationsfläktar, anges detta genom att ange önskade sektionvärden i "Resultat för delsträcka" och klicka på "Lägg till". Delresultat kan raderas genom att markera det i listan och därefter klicka på "Ta bort markerat". Vill man radera samtliga resultat trycker man på "Rensa".

Det är även möjligt att visa totala effekter per timme för godtycklig delsträcka. Resultatredovisningen styrs genom gruppen "Resultatnormering".

När önskade resultat visas i listan kan resultatet sparas till fil eller skrivas ut genom att välja "Spara resultat" respektive "Skriv ut resultat" i Arkivmenyn. Filen med utdata är också en tabulerad textfil redigerad på samma sätt som i "Resultatfliken" ovan. Data kan läsas in i en Excel-fil för fortsatta beräkningar. Det finns även möjlighet att direkt kopiera önskade data till en annan fil, t.ex. en tabell i ett Word-dokument. Klicka på valfritt fält i resultatlistan. Värdet i rutan blir rött. Genom att klicka på knappen "Kopiera värde" sparas värdet. Genom t.ex. Ctrl+V kan sedan värdet klistras in i valfritt dokument.

För att ändra i indata och göra om beräkningarna på nytt klickar man på fliken "Indata".

4.4 Beräkningsexempel

Samma exempel som i kapitel 3.4 användes. Då beräkningsgången inte skiljer sig åt beroende på belastningsgrad visas endast beräkningarna för fallet "Icke överbelastning". Emissioner skall beräknas för en tunnel av längden 3,5 km. Beräkningsexemplet gäller för en riktning. På sidan 9 finns två tabeller med alla nödvändiga indata.

Dessutom skall beräkningarna göras för år 2005. Exemplet avser en timme under vinterhalvåret med 55 % dubbade personbilar och tunnelns beläggning har ett SPS-tal på 10 g/fkm.

Under ”Scenario” anges ett identifierande namn på beräkningen. För det här exemplet väljs som exempel: ”Beräkningsexempel: Ingen överbelastning”. Beräkningarna ska göras för år 2005, detta väljs i alternativrutan ”Beräkningsår”.

För varje segment ifylles dialogrutan ”Lägg till tunnelsegment”. Segment nr 1 får följande utseende:

Slutligen anges data för dubbslitage i huvudfönstret. När samtliga data är inmatade ser huvudfönstret ut enligt figuren nedan:

| Segment nr: | Längd: [m] | Lutning: [%] | Pb, Medelhastigh... | Pb, Flöde: [f/h] | Lb, Medelhast... | Lb, Flöde: [f/h] | Lbs, Medelhas... | Lbs, F |
|-------------|------------|--------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| 1 | 1000 | -4 | 92.1 | 2200 | 84.1 | 150 | 81.4 | 150 |
| 2 | 800 | -2 | 86.0 | 2880 | 79.0 | 210 | 77.0 | 210 |
| 3 | 400 | 0 | 74.6 | 2430 | 70.8 | 185 | 69.3 | 185 |
| 4 | 300 | 0 | 60.4 | 2970 | 59.2 | 215 | 58.7 | 215 |
| 5 | 1000 | 4 | 89.8 | 2290 | 78.8 | 155 | 67.8 | 155 |

Effektberäkning: Tunneemissioner

Arkiv Hjälp

Indata Resultat

| Delsträcka: | Bränsle: [l/km] | NO _x : [g/km] | Avgaspartiklar: ... | Varav PM10: [g...] | Däckspartiklar: ... | Varav PM10: [g...] | Bromspartiklar |
|-------------|-----------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| Totalt | 247,04 | 2388,8 | 41,54 | 41,54 | 377,6 | 70,83 | 40,32 |
| 0 - 1000 | 94,95 | 350,81 | 16,14 | 16,14 | 224,53 | 37,96 | 107,01 |
| 1000 - 1800 | 196,95 | 1366,12 | 31,95 | 31,95 | 240,11 | 42,46 | 41,58 |
| 1800 - 2200 | 242,93 | 2454,6 | 37,27 | 37,27 | 206,48 | 38,2 | , |
| 2200 - 2500 | 272,72 | 2658,18 | 35,45 | 35,45 | 226,9 | 40,87 | 2,82 |
| 2500 - 3500 | 433,16 | 5137,82 | 78,15 | 78,15 | 754,32 | 148,42 | , |

Resultatnormering

Effekter/km Totala effekter

Kopiera värde

Resultat för delsträcka: [m] - [m] -

Klar

Emissioner per km i exempeltunneln för fallet "Icke överbelastning" sammanfattas av tabellen nedan:

| Delsträcka: [km] | Bränsle: [l/km] | NO _x : [g/km] | CO ₂ : [kg/km] | Partiklar: | | | | | | | |
|------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|---------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| | | | | Avgas: [g/km] | | Däck: [g/km] | | Beläggning: [g/km] | | Broms: [g/km] | |
| | | | | Totalt: | PM ₁₀ : | Totalt: | PM ₁₀ : | Totalt: | PM ₁₀ : | Totalt: | PM ₁₀ : |
| Totalt | 247,0 | 2 388,8 | 608,8 | 41,5 | 41,5 | 377,6 | 70,8 | 15 337,6 | 408,9 | 40,3 | 34,7 |
| 0-1,0 | 94,5 | 350,8 | 231,2 | 16,1 | 16,1 | 224,5 | 38,0 | 14 880,7 | 393,4 | 107,0 | 92,0 |
| 1,0-1,8 | 196,9 | 1 366,1 | 482,9 | 32,0 | 32,0 | 240,1 | 42,5 | 18 193,0 | 483,8 | 41,6 | 35,8 |
| 1,8-2,2 | 242,9 | 2 454,6 | 599,2 | 37,3 | 37,3 | 206,5 | 38,2 | 13 319,5 | 358,1 | 0 | 0 |
| 2,2-2,5 | 272,72 | 2 658,2 | 672,0 | 35,5 | 35,5 | 226,9 | 40,9 | 13 185,7 | 359,4 | 2,8 | 2,4 |
| 2,5-3,5 | 433,1 | 5 137,8 | 1 071,9 | 78,2 | 78,2 | 754,3 | 148,4 | 15 103,1 | 399,7 | 0 | 0 |

Resultatet visas från början som normerade effekter per km. Önskas istället totala effekter, väljs detta enkelt genom gruppen "Resultatnormering". För det aktuella exemplet blir de totala effekterna enligt figuren nedan.

