

Samband mellan hastighet och belysning

Sven-Olof Lundkvist
Jonas Ihlström

Förord

Denna studie har genomförts på uppdrag av Trafikverket, där Peter Aalto har varit projektledare.

På VTI har (i bokstavsordning) Stig Englundh, Carina Fors, Jonas Ihlström, Jörgen Larsson, Sven-Åke Lindén, Sven-Olof Lundkvist, Gunilla Sörensen och Mohammad-Reza Yahya deltagit i arbetet. Sven-Olof Lundkvist har fungerat som projektledare.

Ett speciellt tack till vädergudarna som var nådiga denna september 2013!

Linköping december 2013

Sven-Olof Lundkvist
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 7 januari 2014 av Carina Fors. Sven-Olof Lundkvist har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus 8 januari 2014. Projektledarens närmaste chef, Jan Andersson, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 20 januari 2014.

Quality review

Internal peer review was performed on 7 January 2014 by Carina Fors. Sven-Olof Lundkvist has made alterations to the final manuscript of the report on 8 January 2014. The research director of the project manager, Jan Andersson, examined and approved the report for publication on 20 January 2014.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Bakgrund	9
1.1 Möjlig miljövinst.....	9
1.2 Experimentet 2012.....	9
1.3 Synbarhet och upptäckbarhet i trafiken.....	9
1.4 Hypotes.....	10
2 Metod.....	11
2.1 Provsträckor.....	11
2.2 Ljusmätningar	13
2.3 Hastighetsmätningar	14
3 Analys	15
4 Resultat.....	16
4.1 Hastigheten i dagsljus och mörker	16
4.2 Sambandet mellan hastighet och belysningsjämnhet	19
4.3 Regressionsanalys med de tre oberoende variablerna hastighet i dagsljus, belysningsstyrka och belysningsjämnhet	19
4.4 Jämförelse med resultaten i studien 2012	20
5 Diskussion	21
5.1 Metod för mätning av spontant vald hastighet	21
5.2 Hastigheter	21
6 Slutsatser	23
Referenser.....	24

Samband mellan hastighet och belysning

av Sven-Olof Lundkvist och Jonas Ihlström
VTI (Statens väg och transportforskningsinstitut)
581 95 Linköping

Sammanfattning

Sambandet mellan spontant vald hastighet och belysningsnivå har studerats på reell trafik. Hastigheten för personbilar som inte var störda av annan trafik mättes på tio provsträckor i och nära Linköping. Provsträckorna hade valts så att de representerade en stor variation i belysningsstyrka. Mätningarna gjordes både i dagsljus och mörker, där dagsljusmätningarna fick utgöra referensen. Beroendevariabel i studien var skillnaden i spontant vald hastighet mellan dagsljus och mörker. En hypotes var att denna skillnad – hastighet i dagsljus minus hastighet i mörker – skulle ha ett högt värde (med korrekt tecken) på gator med hög belysningsnivå och ett lågt värde på gator med lägre belysning.

En central frågeställning var om en låg belysningsnivå innebar så mycket lägre hastigheter att den komparerade för sämre synbarhet av objekt i vägmiljön. Detta skulle i så fall innebära att synbarhetsavståndet uttryckt i tid skulle vara längre. Om så är fallet skulle den reducerade belysningen spara energi och miljö utan att ge avkall på trafiksäkerheten.

Resultaten visar att det finns en tendens till att en halvering av belysningsstyrkan sänker hastigheten, men endast med ca 3 procent. Andra studier har visat att synbarhetsavståndet till en fotgängare under denna förutsättning reduceras från 118 meter till 95 meter, eller med 23 procent. Detta avstånd är dock betydligt längre än stoppsträckan vid 50 kilometer i timmen, varför försämringen i synbarhetsavstånd i och för sig inte kan anses vara kritiskt.

Synbarhetsavståndet anger det längsta avståndet på vilket ett objekt, till exempel en fotgängare som förväntas finnas vid övergångsstället, kan ses på. En central fråga är på vilket avstånd ett objekt, som föraren inte har någon förväntan ska finnas på eller nära gatan, upptäcks? Detta avstånd är med största sannolikhet kortare än det ovan angivna avståndet, men är det så kort att risken för påkörning av objektet ökar?

The relationship between speed and illumination

by Sven-Olof Lundkvist and Jonas Ihlström
Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
581 95 Linköping, Sweden

Summary

The relationship between spontaneous choice of speed and lighting level on streets with stationary light has been studied. On ten streets in Linköping, the speed of cars which were not disturbed by other traffic, was measured. These measurements were carried out both during daylight and darkness conditions, where the daylight condition measurements were used as reference. The dependent variable was the difference between speed in daylight and darkness. The hypothesis was that this difference would be high (including sign) on streets with high illuminance level and low on streets with lower lighting level.

One important question was if low lighting levels would result in lower speeds that would compensate for the worse visibility of objects in or close to the street. If so, there would be a positive effect on energy and environment without making impairing traffic safety.

The results show a tendency that reducing the lighting level with 50 percent will admittedly reduce speed, but with approximately 3 percent, only. Furthermore, the reduction of lighting level will decrease the visibility distance of a pedestrian at a zebra crossing from on average 118 meter to 95 meter, or 23 percent. However, still the visibility distance is much longer than the stopping distance at 50 kilometer per hour, and the decrease in visibility, in most driving situations, might not be critical.

The visibility distance indicates the longest distance at which an object can be detected, for example at a zebra crossing, where the driver has an expectation that there might be a pedestrian waiting to cross the street. One question raised is at which distance the pedestrian would be detected if the driver has no such expectation, for example between two zebra crossings. Most certain, this distance is shorter than the visibility distance, but could it be that short that the risk of hitting an object increases?

1 Bakgrund

1.1 Möjlig miljövinst

Åtminstone i miljöer med endast ett fåtal oskyddade trafikanter skulle en sänkning av vägbelysningens nivå vara rimlig. Lägre belysningsnivå kommer visserligen att förkorta synbarhets- och upptäcktsavstånd till föremål i vägmiljön, men i viss mån, eller kanske fullt ut, kan detta kompenseras av att trafikanterna kör långsammare. I så fall skulle en sänkt belysningsnivå knappast innebära någon förändring av olycksriskerna, men innebära miljövinster i och med lägre belysningseffekt. Dessutom skulle det vara en ekonomisk fördel för väghållare och i slutänden för skattebetalarna.

1.2 Experimentet 2012

I en tidigare genomförd studie (Lundkvist & Ihlström 2013) testades en metod för att mäta ensamma fordons hastighet som funktion av vägbelysningsnivån. Mycket kort innebar denna metod att försökspersoner körde en slinga som hade varierande belysningsnivå. Slingan hade tio kortare mätsträckor, och kördes i både dagsljus och mörker (vägbelysning) Dagsljuskörningen användes som referens eftersom ljuset då antogs vara lika på samtliga mätsträckor. Under färden registrerades reshastigheten kontinuerligt och färden filmades dessutom framåt. På så sätt kunde sträckor där föraren av någon anledning var störd utgå och den spontant valda hastigheten i vägbelysning analyseras.

Tyvärr visade resultaten att metoden var tidsödande och bortfallet stort. Antalet registrerade spontant valda hastigheter blev därför förhållandevis blygsamt. Ändå kunde en tendens till ett positivt samband mellan belysningsstyrka och hastighet konstateras: ju högre belysningsnivå, desto högre hastighet. Det fanns därför all anledning att försöka förbättra metoden för att få bättre statistiskt underlag för analys.

1.3 Synbarhet och upptäckbarhet i trafiken

Inledningsvis bör de två rubricerade begreppen definieras:

- Med synbarhetsavstånd avses fortsättningsvis det avstånd på vilket ett föremål syns där föraren har en stark förväntan om var det kan finnas. Föraren söker således inom en ganska liten vinkel framför fordonet, t.ex. på trottoaren till höger vid ett övergångsställe.
- Upptäckbarhetsavståndet avser det avstånd på vilket föraren upptäcker ett föremål som inte förväntas finnas i en viss position i vägrummet. Upptäcktsavståndet kommer således att vara relaterat till hur iögonfallande föremålet är.

I de flesta fall kommer synbarhetsavståndet att vara längre än upptäckbarhetsavståndet. Synbarhetsavståndet i vägbelysning är i första hand beroende av föremålets storlek och kontrast mot bakgrunden. Även upptäcktsavståndet är beroende av storlek och kontrast, men också hur långt från förarens siktlinje det återfinns och på förarens förväntan att finna föremålet i vägrummet. Exempelvis kommer en fotgängare som står i begrepp att korsa gatan vid ett övergångsställe att ha ungefär samma synbarhets- och upptäckbarhetsavstånd. Däremot har en fotgängare mitt emellan två övergångsställen sannolikt kortare upptäckbarhetsavstånd än en som står vid övergångsstället.

Synbarhetsavstånden är i allmänhet betydligt längre än stoppsträckan. En fotgängare syns i vägbelysning typiskt på avstånd över 70 m (Lundkvist & Nygårdhs 2012) medan stoppsträckan vid 50 km/h är ca 35 m vid torrt väglag och inte ens vid vått väglag nära

70 m. Upptäcktsavståndet däremot, kan vara betydligt kortare om föremålet har ett stort vinkelavstånd till förarens siktlinje och inte heller förväntas finnas i vägrummet. Det är svårt att ange något avstånd, men åtminstone vid vår väg bana skulle upptäcktsavståndet kunna närma sig stoppsträckan. Tyvärr går det inte att finna några studier av upptäcktsavstånd, såsom det är definierat här, i litteraturen. Begreppet ”upptäckbarhet”, på engelska ”detection distance”, förekommer visserligen, men då avses alltid det som ovan har definierats som synbarhetsavstånd.

1.4 Hypotes

Den grundläggande hypotesen är att det finns ett samband mellan å ena sidan belysningsstyrka och/eller belysningsjämnhet och å andra sidan spontant vald hastighet. Dessutom antas det finnas ett samband mellan den spontant valda hastigheten i dagsljus och i mörker. Dessa tre samband antas vara positiva, d.v.s. hög medelbelysningsstyrka och/eller hög belysningsjämnhet antas ge högre hastigheter. Hög hastighet i dagsljus innebär också hög hastighet i mörker.

2 Metod

2.1 Provsträckor

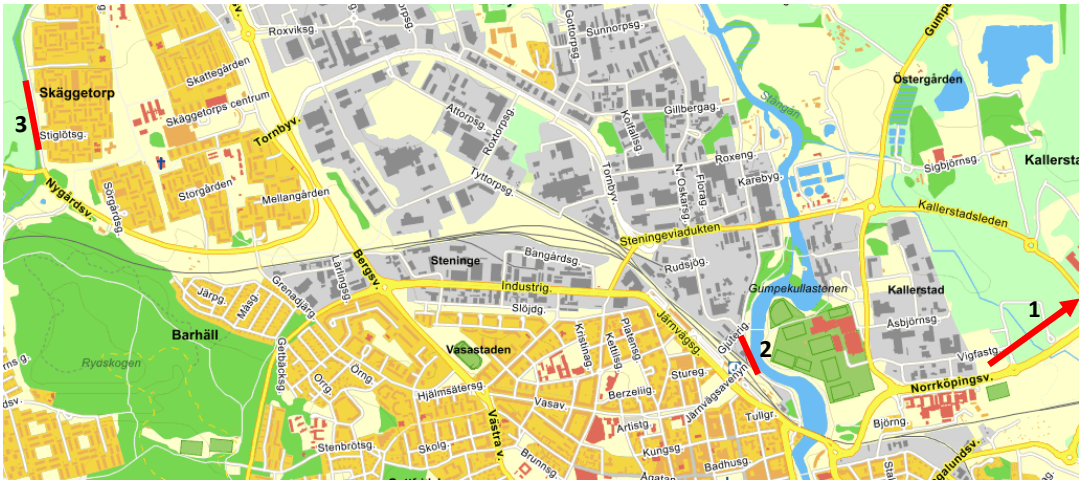
Liksom i förförsöket 2012, valdes 10 provsträckor med varierande medelbelysningsstyrka i området 0–25 lx (se 2.2). Åtta av sträckorna var desamma som användes i föregående studie, medan två hade bytts ut; en p.g.a. alltför lite trafik och en p.g.a. vägarbete. Sträckorna har numrerats 1–10 och hastighetsmätning gjordes i båda köriktningarna. Samtliga sträckor (utom den som helt saknar belysning) har armaturer endast på ena sidan. Samtliga sträckor har två körfält och hastighetsbegränsningen 50 km/h. Tabell 1 och figurerna 1 och 2 beskriver var i Linköping sträckorna är belägna.

Tabell 1 De 10 provsträckorna som ingick i försöket. *L* avser sträckans längd [m].

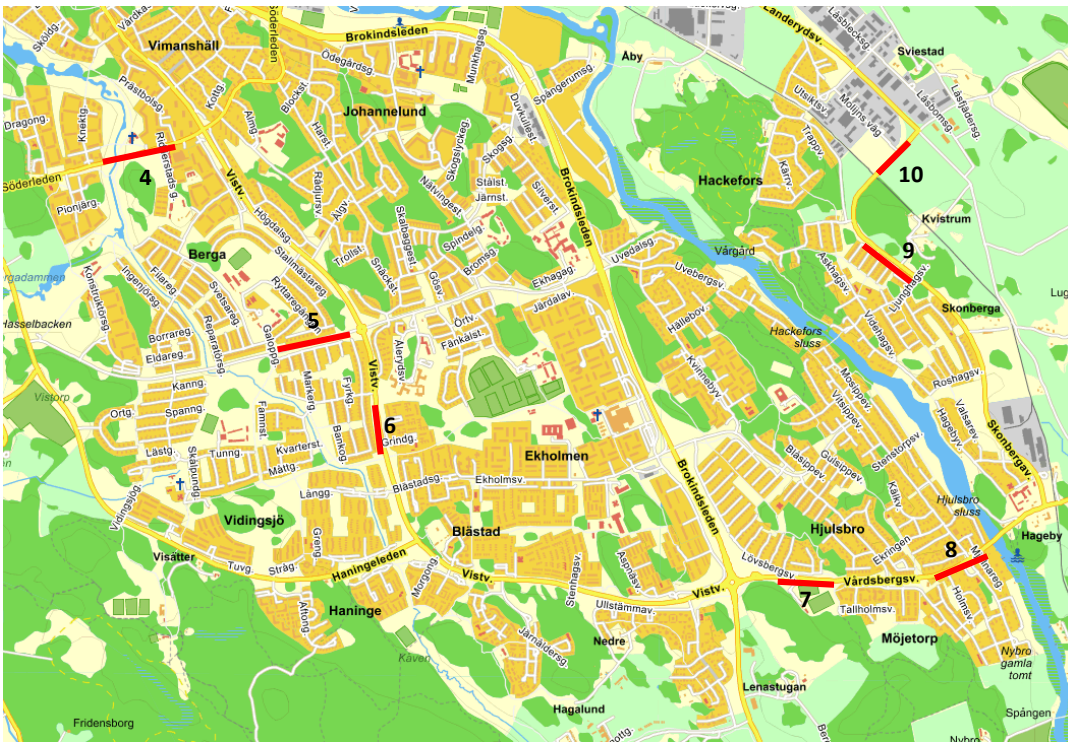
Nr	Provsträcka	<i>L</i>
1	Lv 758 vid Vårdsbergs golfbana	280
2	Södra Stånggatan	240
3	Nygårdsvägen vid busshpl Ullevi	330
4	Söderleden vid Berga kyrka	215
5	Ålerydsvägen vid Lillhagsskolan	340
6	Vistvägen vid busshpl Grindgatan	395
7	Vårdsbergsvägen strax öster om Brokindsleden	370
8	Vårdsbergsvägen strax väster om bro över Stångån	295
9	Skonbergavägen vid busshpl Vårgård	455
10	Fordonsvägen strax norr om järnvägs korsning	210

Provsträckorna har valts så att de har ungefär samma omgivning; de ligger i tätort, men inte direkt i centrum av staden och den trafik som har mätts kan betraktas vara genomfartstrafik. Undantaget är provsträcksträcka 1 som ligger på en väg som närmast kan betecknas som en landsbygdsväg, även om det finns några villor i närheten. Valet av denna sträcka kan sägas vara en nödlösning för att få med en obelyst väg med hastighetsbegränsningen 50 km/h. Sådana vägar finner man sällan i tätbebyggt område och därför kom således en landsbygdsväg att ingå. Syftet med provsträcka 1 var att kunna skatta vägbelysningens inverkan på hastigheten, d.v.s. med/utan vägbelysning. Provsträcka 2 ligger visserligen nära Linköpings centrum, men kan ändå betraktas som en genomfartsgata, genom ett mindre industriområde. Bilder på provsträckorna i dagsljus återfinns i bilaga A.

Samtliga provvägar har körfältsbredden 3,3–3,8 m och försedda med ljuskällor av typen högtrycksnatrium (HNa). Detta gäller således inte provsträcka 1 som inte hade någon vägbelysning.



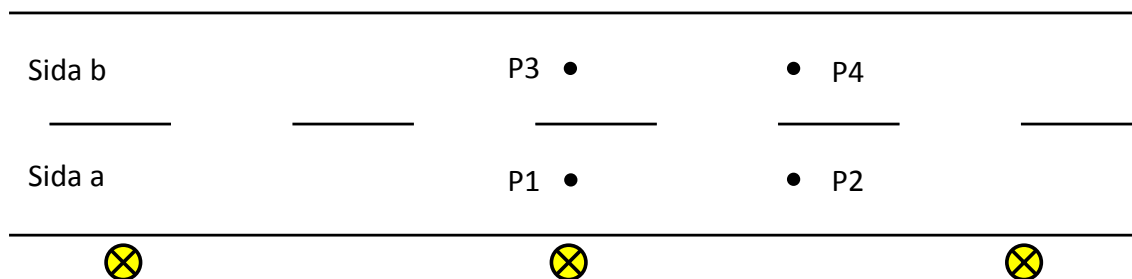
Figur 1 Läget för provsträckorna 1, 2 och 3. Provsträcka 1 är belägen utanför kartan, på lv 758 nära Vårdsbergs golfbana.



Figur 2 Läget för provsträckorna 4 – 10.

2.2 Ljusbmätningar

På var och en av de 10 provsträckorna har belysningsstyrkan mätts i de punkter som figur 3 visar.



Figur 3 Mätpunkter för belysningsstyrka.

Från dessa mätningar har medelbelysningsstyrkan beräknats som:

$$E = \frac{\sum_{p=1}^4 E_p}{4} \quad \text{och} \quad U = \frac{E_{\min}}{E}$$

där E [lx] är medelbelysningsstyrkan och U belysningsjämnheten [-]. E_p och E_{\min} avser belysningsstyrkan i mät punkt p respektive belysningsstyrkan i den av mätpunkterna p , $p = 1, 2, 3, 4$ som har lägst värde.

Tabell 2 redovisar belysningsstyrkan och belysningsjämnheten på de 10 provsträckorna. Någon uppdelning på körriktning har inte gjorts.

Tabell 2 Medelbelysningsstyrkan, E_i [lx] och belysningsjämnheten, U_i [-] på provsträckorna.

$i =$	E_i [lx]	U_i [-]
1	0,0	-
2	13,4	0,34
3	10,1	0,63
4	19,3	0,24
5	16,1	0,09
6	21,2	0,21
7	9,6	0,34
8	19,9	0,38
9	20,7	0,25
10	18,0	0,40

2.3 Hastighetsmätningar

Hastigheten registrerades genom tidtagning. En observatör fanns i vardera änden av provsträckan. Endera var start och stopp en busshållplats, där observatören för bilisterna framstod som väntande busspassagerare, eller också stod de dolda för passerande bilister. Observatörerna mätte restiden på sträcka i i riktningarna a och b för fordonet j , t_{ij} [s], där fordonet j alltid var ett ensamt, ostört fordon. Detta innebar att endast fordon som har kunnat köra sträckan helt utan påverkan från annan trafik registreras. Huruvida ett fordon kan anses vara ensamt och ostört bedömde de två observatörerna på platsen. En grundregel var dock att inga andra fordon (även cyklister) fick finnas närmare tre sekunder före eller efter fordonet som registrerades, någonstans på provsträckan. Vidare registrerades endast personbilar och mindre skåpbilar.

Om fordonen $j = 1, 2, 3 \dots n$ registreras på sträcka i kan medeltiden för att passera denna sträcka, t_i , beräknas som:

$$t_i = \frac{\sum_{j=1}^n t_j}{n} \quad (1)$$

Därefter kan den spontant valda hastigheten på den L_i långa sträckan i , v_i , beräknas som:

$$v_i = \frac{L_i \cdot 3,6}{t_i} \text{ [km/h]}, \text{ där } i = 1_a, 1_b, 2_a \dots 10_b. \quad (2)$$

Hastighetsmätningar gjordes både i dagsljus och mörker och i fortsättningen betecknas dessa reshastigheter $v_{i,dag}$ respektive $v_{i,natt}$. Vid dagsljusmätningen ansågs samtliga sträckor ha samma ljusförhållanden, varför dessa mätningar användes som referens. Samtliga mätningar gjordes under goda visuella förhållanden och på torra vägbanor.

Mätningarna i dagsljus gjordes i lågtrafik mellan 9.00 och 12.00. Mörkermätningar påbörjades omedelbart efter mörkrets inbrott och pågick till trafiken avtog.

3 Analys

Om medelvärdet för den spontant valda hastigheten i mörker och dagsljus betecknas $v_{mörker}$ respektive v_{dag} , medelbelysningsstyrkan, E , samt belysningsjämnheten, U , kan med multipel regressionsanalys följande samband beräknas:

$$v_{mörker} = a + b \cdot v_{dag} + c \cdot E \quad (3)$$

$$v_{mörker} = d + f \cdot v_{dag} + g \cdot U \quad (4) \text{ samt}$$

$$\Delta v = v_{mörker} - v_{dag} = h + j \cdot E + k \cdot U \quad (5)$$

där a, b, c, d, f, g, h, j och k är konstanter.

I figurer visas sambanden mellan å ena sidan hastighetsskillnaden i mörker och dagsljus samt å andra sidan belysningsstyrkan eller belysningsjämnheten. Dessutom visas i figur 6 sambandet mellan predicerade och uppmätta Δv .

Data redovisas även deskriptivt, i avsnitt 4.1.

4 Resultat

4.1 Hastigheten i dagsljus och mörker

Tabell 3 visar medelhastigheten och antalet observationer i dagsljus och mörker på de 10 provsträckorna $i = 1, 2, \dots, 10$. Δv_i avser skillnaden mellan hastigheten i mörker och i dagsljus.

Tabell 3 Medelhastigheten [km/h] i dagsljus, v_{dag} , och i mörker, v_{natt} . n avser antalet observationer. Δv signifikant skilt från 0 ($p < .05$) är markerat med fet stil.

$i =$	$V_{i,dag}$	n_{dag}	$V_{i,mörker}$	$n_{mörker}$	Δv_i
1	59,3	129	63,3	36	+4,0
2	49,2	211	49,7	75	+0,5
3	53,0	205	55,1	86	+2,1
4	51,0	238	52,4	109	+1,4
5	59,6	141	59,6	84	$\pm 0,0$
6	54,9	174	54,5	85	-0,4
7	57,4	197	55,1	98	-2,3
8	52,1	140	53,2	64	+1,1
9	56,6	84	59,8	48	+3,2
10	57,8	154	59,8	84	+2,0

Studerar man data finner man att hastigheterna på provsträckorna nästan uteslutande är normalfördelade. Endast i mörker avviker hastigheterna på fyra platser något från normalfördelningen. Tar man bort extremvärdena på dessa platser skulle hastighetens medelvärde ha påverkats med högst 0,2 km/h. Det finns således ingen anledning att ta bort s.k. outliers.

Som tidigare nämnts avviker provsträcka 1 från de övriga nio: Den ligger utanför Linköping på en sekundär länsväg. Mätplatsen var den enda 50-vägen utan vägbelysning som gick att hitta, men den låg tyvärr vid en golfbana. Detta kom med största sannolikhet att påverka resultatet; på dagen rörde sig folk på och nära vägen, medan den låg helt tom i mörkret på kvällen. Det finns därför starka skäl att utesluta provsträcka 1, vilket också görs i kommande analyser.

Med klusteranalys kan *hastighetsdifferenserna* indelas i tre grupper:

Grupp 1	Sträckorna 3, 9 och 10	medelhastighetsförändring + 2,4 km/h
Grupp 2	Sträckorna 2, 4, 5, 6 och 8	medelhastighetsförändring + 0,5 km/h
Grupp 3	Sträcka 7	medelhastighetsförändring – 2,3 km/h

Vidare kan, med klusteranalys, medelbelysningsstyrkan och belysningsjämnheten indelas i tre grupper vardera:

För *medelbelysningsstyrkan* erhålls:

Grupp 1	Sträckorna 4, 6, 8, 9 och 10	medelbelysningsstyrka 21 lx
Grupp 2	Sträckorna 2 och 5	medelbelysningsstyrka 13 lx
Grupp 3	Sträckorna 3 och 7	medelbelysningsstyrka 10 lx

Motsvarande för *belysningsjämnheten* blir:

Grupp 1	Sträcka 3	medelbelysningsjämnhet 0,63
Grupp 2	Sträckorna 2, 4, 7, 8, 9 och 10	medelbelysningsjämnhet 0,33
Grupp 3	Sträckorna 5 och 6	medelbelysningsjämnhet 0,15

Tabell 4 visar ett försök att åskådliggöra dessa resultat. I tabellen borde, om hypoteserna i avsnitt 1.4 är korrekta, flera provsträckor ligga i grön ruta och ingen i röd ruta.

Beträffande belysningsstyrkan kan detta sägas uppfyllas för platserna 9 och 10: Dessa har hög medelbelysning och även högre hastighet i mörker än i dagsljus. Även provsträcka 7 verifierar hypotesen, men här är förhållandet tvärtom. Provsträcka 3 har däremot låg medelbelysning, men högre hastighet i mörker, vilket går emot hypotesen i 1.4.

Vad gäller belysningsjämnheten ger tabell 4 intrycket av denna inte påverkar hastigheten speciellt mycket. Endast provsträcka 3 hamnar i grön ruta – dock ingen i röd.

Tabell 4 Relationen mellan skillnaden i hastighet i mörker och dagsljus, medelbelysningsstyrkan och belysningsjämnheten. Indelningen baseras på klusteranalys

Medelbelysning	Högre hastighet i mörker	Lika i mörker och dagsljus	Lägre hastighet i mörker
ca 20 lx	9, 10	4, 6, 8	
10 – 20 lx		2, 5	
ca 10 lx	3		7
Belysningsjämnhet			
ca 0,6	3		
0,1 – 0,6	9, 10	2, 4, 8	7
ca 0,1		5, 6	

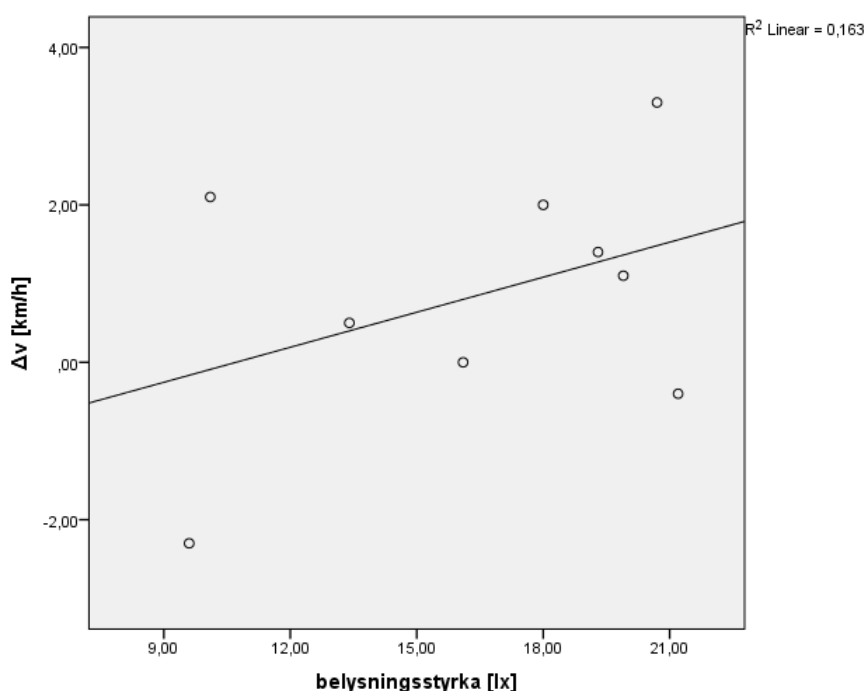
Det ska understrykas att tabell 4 inte baseras på någon statistisk analys. Data-de skattade hastighetsskillnaderna dag/natt–har på matematisk väg indelats i kluster på så sätt att avståndet från centrum av varje kluster till det observerade medelvärdet har minimerats. Detta utförs oavsett om hastighetsskillnaden i tabell 3 är signifikant eller inte. Tabell 4 visar således en deskriptiv analys och försöker inte påvisa några statistiskt säkerställda effekter.

En multipel regressionsanalys med hastigheten i mörker, $v_{mörker}$, som beroende variabel samt hastigheten i dagsljus, v_{dag} , och medelbelysningsstyrkan, E , som oberoende variabler visar följande linjära samband:

$$v_{mörker} = 2,8 + 0,92 \cdot v_{dag} + 0,15 \cdot E, r = 0,913 \quad (6)$$

Av regressionskoefficienterna framgår att hastigheten i mörker nästan uteslutande beror på hastigheten i dagsljus, d.v.s. på gatu- eller vägmiljön. Endast ca 4 % av variansen i hastighetsmätningarna i mörker förklaras av belysningsstyrkan, medan 80 % förklaras av hastigheten i dagsljus. Resten, 16 %, är en felvarians som i huvudsak kan härledas till en hastighetsskillnad mellan enskilda fordon.

Figur 4 visar sambandet mellan å ena sidan hastighetsskillnaden i dagsljus och mörker, Δv , samt å andra sidan belysningsstyrkan.



Figur 4 Sambandet mellan å ena sidan skillnad i reshastighet, Δv [km/h], i dagsljus och mörker samt å andra sidan belysningsstyrkan, E [lx], vid vägbanan.

Den linjära regressionslinjen i figur 4 visar ett svagt, icke signifikant ($p > .05$) samband mellan hastighetsskillnaden dag/natt och belysningsstyrkan:

$$\Delta v = -1,6 + 0,15 \cdot E, r = 0,404 \quad (7)$$

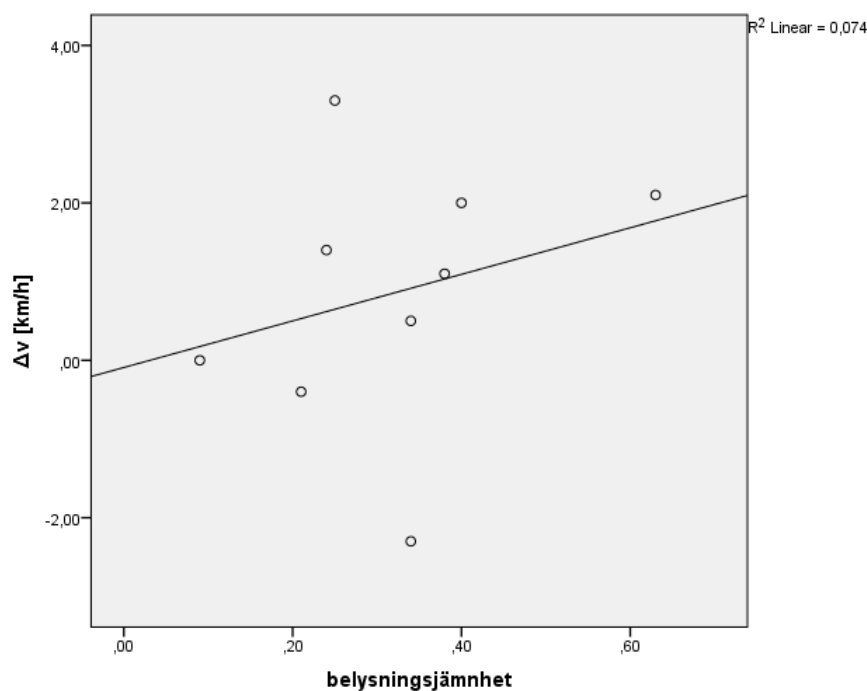
Ekvationen indikerar att då medelbelysningsstyrkan ökas från 10 lx till 20 lx finns en tendens till att hastigheten i mörker ökar. Regressionsekvationen skattar denna ökning till 1,5 km/h, vilket kan tolkas som att detta är den mest sannolika hastighetsökningen. Detta är en osäker skattning, men den bästa som är möjlig från tillgängliga data.

4.2 Sambandet mellan hastighet och belysningsjämnhet

En multipel regressionsanalys med hastigheten i mörker, $v_{mörker}$, som beroende variabel samt hastigheten i dagsljus, v_{dag} , och belysningsjämnheten, U , som oberoende variabler visar följande linjära samband:

$$v_{mörker} = 2,0 + 0,96 \cdot v_{dag} + 2,7 \cdot U, r = 0,900 \quad (8)$$

Belysningsjämnheten förklarar 5 % av variansen i data och figur 5 visar att hastighetsskillnaden dag/natt har ett svagt, icke signifikant ($p > .05$), samband med belysningsjämnheten.



Figur 5 Sambandet mellan å ena sidan skillnad i reshastighet, Δv [km/h], i dagsljus och mörker samt å andra sidan luminansjämnheten, U [-], vid vägbanan.

$$\Delta v = 0,1 + 2,96 \cdot U, r = 0,273 \quad (9)$$

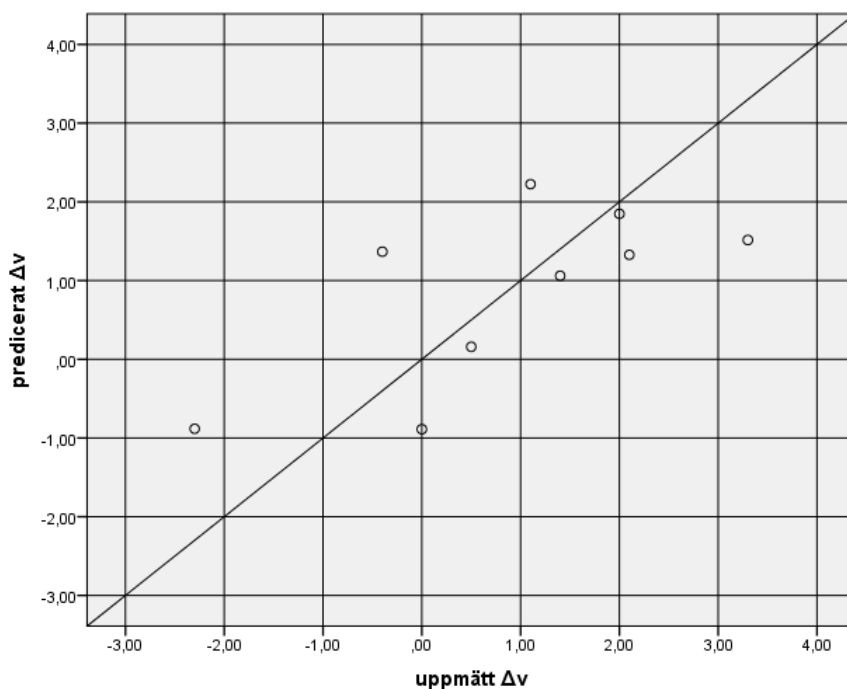
Denna ekvation indikerar att en förbättring av belysningsjämnheten från 0,06 till 0,60 ger en tendens till ökad hastighet i mörker. Denna hastighetsökning skattas till 1,6 km/h. Detta är den bästa skattningen som kan göras med tillgängliga data, men den är osäker.

4.3 Regressionsanalys med de tre oberoende variablerna hastighet i dagsljus, belysningsstyrka och belysningsjämnhet

De två regressionsekvationerna i 4.2 och 4.3 kan slås samman i en ekvation med tre oberoende variabler:

$$v_{mörker} = -7,8 + 1,03 \cdot v_{dag} + 0,28 \cdot E + 7,5 \cdot U, r = 0,945 \quad (10)$$

Sambandet mellan Δv och den prediktion som erhålls från E och U visas i figur 6.



Figur 6 Sambandet mellan uppmätta och predicerade värden på Δv . Linjen visar $y = x$.

Figur 6 visar att med kännedom om hastigheten i dagsljus kan hastigheten i mörker prediceras med hjälp av regressionsekvationen

$$v_{\text{mörjer}} - v_{\text{dag}} = \Delta v_{\text{pred}} = -5,9 + 0,27 \cdot E + 7,1 \cdot U, r = 0,693 \quad (11)$$

Sambandet är inte signifikant ($p > .05$), d.v.s. en regressionslinje i figur 6 skulle inte vara signifikant skild från horisontalitet.

4.4 Jämförelse med resultaten i studien 2012

Studien 2012 gjordes med försökspersoner som fick köra åtta av de tio provsträckorna i tabell 1 i både dagsljus och mörker, sträckorna 3–10. Två övergripande resultat var:

- Förutsatt att medelhastigheten i dagsljus var 50 km/h, innebar en fördubbling av medelbelysningsstyrkan från 15 lx till 30 lx en skattad, ej signifikant hastighetshöjning på 1,7 %.
- Det fanns en tendens till samband mellan hastighetsskillnaden i dagsljus/mörker och belysningsjämnheten.

Studien 2013 gav följande (ekvationerna 6 och 8):

- Förutsatt att medelhastigheten i dagsljus var 50 km/h, innebar en fördubbling av medelbelysningsstyrkan från 10 lx till 20 lx en skattad, ej signifikant hastighetshöjning på 3,1 %.
- Förutsatt att medelhastigheten i dagsljus var 50 km/h, innebar en fördubbling av belysningsjämnheten från 0,20 till 0,40 en skattad, ej signifikant hastighetshöjning på 1,1 %.

5 Diskussion

5.1 Metod för mätning av spontant vald hastighet

År 2012 gjordes försök att mäta den spontant valda hastigheten med försökspersoner som körde en instrumenterad bil. Det visade sig vara svårt att få in tillräckligt med användbara data. Dels var metoden tidsödande, dels blev bortfallet p.g.a. störningar från annan trafik större än väntat, trots att inte allt för högratifierade gator och vägar hade valts ut.

2013 gjordes istället ett försök att mäta på reell trafik. Här uppstår ett annat problem: Gator med ingen eller låg belysningsnivå har nästan alltid mycket liten trafik. Det blir således svårt att få in tillräckligt med data på dessa gator, om de nu överhuvudtaget går att hitta.

Generellt kan sägas att fältstudier i mörker under stabila yttre förhållanden är vanskliga. Stabila förhållanden innebär i praktiken torra vägbanor och sådana finns i Sverige i huvudsak under perioden april till mitten av oktober. Under denna tid är dygnet alltför ljus fram till mitten av augusti. Fältförsök i mörker är således möjliga att genomföra under två månader, från mitten av augusti till mitten av oktober. Vill man mäta på reell trafik är detta knappast möjligt förrän tidigast i mitten av september. Innan dess går solen ner så sent att trafiken har hunnit avta. Det återstår således endast fyra–fem veckor som är användbara för sådana studier.

Bortfallet, d.v.s. störda fordon, blir i stort sett lika med de två metoderna: försökspersoner i instrumenterad bil och mätning på reell trafik. Den senare metoden blir ändå mer effektiv eftersom urvalet, d.v.s. all trafik, är stort. Detta gör att denna metod är att föredra. Emellertid är den personalkrävande: På varje mätplats klockar två personer fordonen som passerar. Om det ska vara möjligt att mäta på många mätplatser under den tidsrymd som är tillgänglig krävs det kanske tre–fyra sådana mätpar per kväll. Mätmetoden är dock enkel–i stort sett vem som helst kan utföra dessa mätningar.

Det finns andra metoder att mäta hastighet. Radar och laser vore möjligt, men då erhålls endast punkthastigheten. Reshastigheten (mellan två punkter) är att föredra efter som variansen över sträckan reduceras. Koaxialkablar eller gummislangar är också möjliga att använda, även för mätning av reshastighet. Det är dock svårt att identifiera fordon som har fått köra helt utan störning från sådana mätningar. Dessutom finns knappast så många utrustningar tillgängliga att mätning kan göras i två körriktningar på ett stort antal mätplatser.

Sammanfattningsvis kan sägas att med försökspersoner kan man mäta på många platser, men med få fordon (försöksfordon). Med mätningar på reell trafik kan det vara svårt att hinna med många mätplatser, men antalet ensamma fordon blir ändå tillräckligt. Den sistnämnda metoden är därför att föredra. Framtida studier borde dock genomföras i Malmö, där torra vägbanor kan förväntas finnas ytterligare några veckor in på hösten, jämfört med Linköping.

5.2 Hastigheter

Trots svårigheter att få in tillräckligt med data i båda studierna, 2012 och 2013, har dessa i stort sett gett samma resultat: Det finns en tendens till att högre belysningsstyrka ger högre hastighet, men inte i någon av de två studierna har denna hastighetshöjning påvisats vara signifikant. Vidare såg man i studien 2012 inte något samband mellan hastighet och belysningsjämnhet, vilket det däremot fanns en tendens till i årets studie.

En rimlig slutsats är därför att förbättrad vägbelysning ger något högre hastigheter och att en reduktion av vägbelysningen ger något lägre hastigheter. Hastighetsskillnaden är emellertid knappast så stor att den helt kan förväntas kompensera försämrade syn- och upptäcktsavstånd. En central fråga är nu om upptäcktsavstånden förkortas så mycket att de kan leda till försämrad trafiksäkerhet. I en tidigare utförda studie (Lundkvist & Nygårdhs, 2012) har synbarhetsavstånd då föraren förväntar sig en fotgängare vid exempelvis ett övergångsställe registrerats. En grov skattning blev:

$$S = 72 + 2,3 \cdot E, \quad (12)$$

där S är upptäcktsavståndet [m] och E belysningsstyrkan [lx]. En halvering av belysningsstyrkan från 20 lx till 10 lx skulle således reducera upptäcktsavståndet från ca 118 m till 95 m, eller med 23 %. Samtidigt innebär den sänkta hastigheten med 1,5 km/h, eller 3 %, att stoppsträckan (reaktionssträckan + bromssträckan) på torr vägyta minskar från ca 26 m till 25 m. I detta fall är således stoppsträckan betydligt kortare än upptäcktsavståndet.

Det ska understrykas att de angivna synavstånden avser då föraren förväntar sig ett objekt framför bilen och även ungefär känner till var objektet ska finnas. Om något plötsligt dyker upp blir, låt oss kalla det för det spontana upptäcktsavståndet, betydligt kortare. En central fråga är hur stor risken är att detta avstånd blir så kort att det närmar sig stoppsträckan och hur det spontana upptäcktsavståndet varierar med belysningsstyrkan. I en förlängning av denna studie borde en metod för mätning av detta upptäcktsavstånd utvecklas.

6 Slutsatser

En slutsats från denna studie är att det sannolikt finns ett samband mellan förarnas spontant valda hastighet och belysningsnivån på gatan. En halvering av belysningsstyrka beräknas reducera hastigheten med 1–2 km/h på en 50-väg i tätort. Detta förväntas minska konsekvensen av en olycka, men samtidigt öka risken för en påkörning av en oskyddad trafikant. En central fråga är hur mycket upptäcktsavståndet till exempelvis en fotgängare förkortas vid en reduktion av belysningsstyrkan. Hur mycket kan belysningen reduceras med oförändrad trafiksäkerhet?

Det ska understrykas att en reduktion av belysningsstyrkan inte förändrar endast upptäcktsavstånd och hastighet, utan även komfort, framkomligheten och trygghet. Detta har inte beaktats i denna studie.

Referenser

Lundkvist, S-O, Ihlström, J., *Samband mellan belysningsnivå och spontant vald hastighet, Förstudie*, VTI Notat 15-2013, Linköping, 2013.

Lundkvist, S-O, Nygårdhs, S., *Vägbelysningens betydelse för fotgängares synbarhet i mörker*, VTI Rapport 751, Linköping, 2012.

Denna bilaga visar de 10 provsträckorna i dagsljus.

Provsträcka 1 Länsväg 758



Provsträcka 2 Södra Stånggatan



Provsträcka 3 Nygårdsgatan



Provsträcka 4 Söderleden



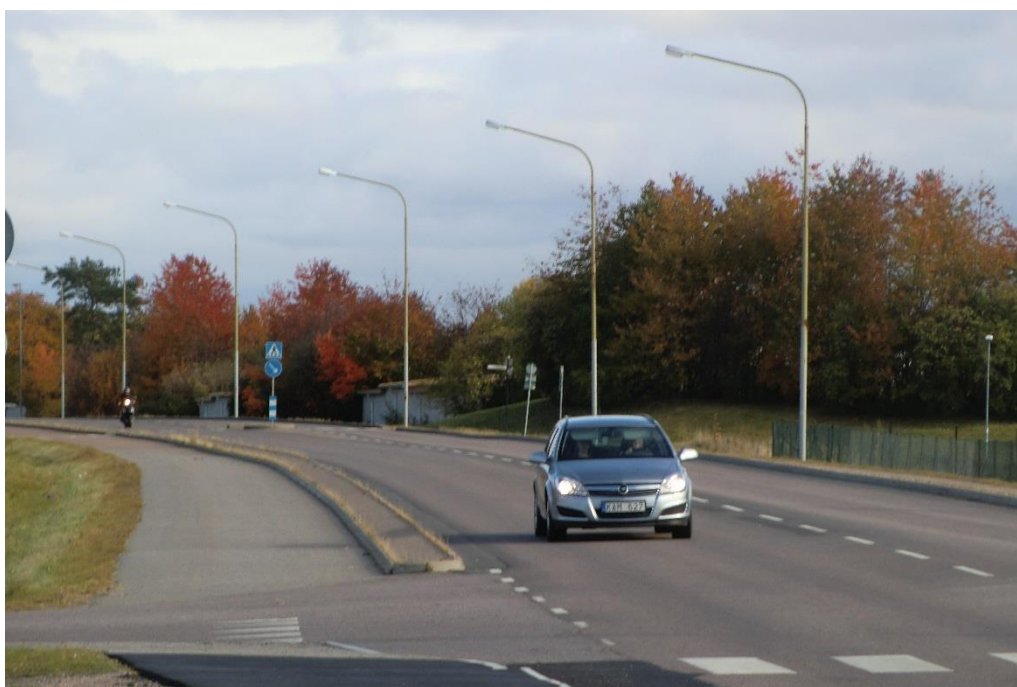
Provsträcka 5 Ålerydsvägen



Provsträcka 6 Vistvägen



Provsträcka 7 Vårdsbergsvägen vid Brokindsleden



Provsträcka 8 Vårdsbergsvägen vid Stångån



Provsträcka 9 Skonbergavägen



Provsträcka 10 Fordonsvägen



VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.



HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE
LINKÖPING
POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING
TEL +46(0)13 20 40 00
www.vti.se

BORLÄNGE
POST/MAIL BOX 92
SE-721 29 BORLÄNGE
TEL +46(0)243 446 860
www.vti.se

STOCKHOLM
POST/MAIL BOX 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
TEL +46(0)8 555 770 20
www.vti.se

GÖTEBORG
POST/MAIL BOX 8072
SE-402 78 GÖTEBORG
TEL +46(0)31 750 26 00
www.vti.se

LUND
POST/MAIL Medicon Village
SE-223 81 LUND
TEL +46(0)46 540 75 00
www.vti.se